

XXV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica

Acapulco, Guerrero

VOLUMEN 1



SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA A.C.

Copyright, México, 2010

Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.
Valle de Bravo No. 19 Col. Vergel de Coyoacan,
14340 México, D.F., MÉXICO
Tel. +(52)(55)5677-37-30, Fax+(52)(55)5679-36-76
Página web: www.smig.org.mx
Correo electrónico: smig2009@prodigy.net.mx

ISBN 978-607-95506-1-5

Prohibida la reproducción parcial o total de esta publicación, por cualquier medio, sin la previa Autorización escrita de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.

Total or partial reproduction of this book by any medium requires prior written consent of the Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica, A.C.

Las opiniones expresadas en este volumen son responsabilidad exclusiva de los autores.
Opinions expressed in this volume are the sole responsibility of their authors.

Edición: *Norma Patricia López Acosta.*

Revisión de formato: *José Luis Lezama Campos y Cupertino García Flores.*

	Página
Derrumbe de grandes dimensiones en el portal de túnel carretero, problemática geológica y soluciones implementadas <i>V. H. Macedo, P. Lé y A. Castro</i>	195
Soluciones geotécnicas de protección para evitar daños por caídos de roca al pie de una ladera natural <i>A. Rábago-Martín</i>	203
The unvirgin theoretical equation of compressibility applied to grainstone rockfill <i>E. Juárez-Badillo</i>	213
SESIÓN 4. CARACTERIZACIÓN DE SUELOS	215
Conferencia Magistral	
Some geotechnical properties to characterize Mexico City Clay <i>E. Ovando-Shelley</i>	217
Aportaciones	
Actualización de la zonificación geotécnica del valle de Toluca, en el Estado de México <i>G. García-Rocha, R. Rodríguez-González, F. García-Cruz, M. Martínez-Govea y B. Silva-Zárata</i>	229
Estudios preliminares de microzonificación sísmica para la ciudad de Coatzacoalcos, Ver. <i>J. A. Guzmán, F. de J. Trejo, F. Williams, G. Riquer, R. Leyva y J. Lermo</i>	241
Propuesta de zonificación geotécnica de la zona urbana de la ciudad de Coatzacoalcos, Ver. <i>L. Astudillo, J. A. Guzmán, F. de J. Trejo, F. Williams, G. Riquer y R. Leyva</i>	247
Una investigación sobre los módulos de deformabilidad y compresibilidad de los fenómenos de expansión y recompresión en suelos finos saturados <i>C. Zea, R. Rivera y G. López, J. L. Umaña y E. Elizalde</i>	253
Suelos expansivos <i>A. Jaime y R. J. Ballinas</i>	259
Comparación entre los valores teóricos y reales de los asentamientos de un terraplén desplantado en suelos arcillosos muy blandos, y observado a lo largo de tres años <i>H. Moreno y A. Sámano</i>	269
Propagación de ondas dinámicas en muestras de suelos en una cámara triaxial <i>M. Flores-Guzmán, E. Ovando-Shelley y C. Valle-Molina</i>	277
Prueba de campo para control del módulo de deformación de un relleno granular con una fracción arcillosa significativa <i>H. Moreno y A. M. López</i>	283
Caracterización del material denominado “Tepetate” <i>T. López-Lara, J. B. Hernández-Zaragoza, J. Horta-Rangel, M. L. Pérez-Rea, D. Rosales-Hurtado y V. M. Castaño-Meneses</i>	289
Caracterización de las arcillas expansivas de San Francisco Totimehuacan, Puebla <i>O. Linares, O. Flores, A. Hernández y A. Aguilar</i>	295

Estudios preliminares de microzonificación sísmica para la ciudad de Coatzacoalcos, Ver.

Preliminary studies of microzoning seismic from the city of Coatzacoalcos, Ver.

Juan Antonio Guzmán Ventura, Facultad de Ingeniería, UV, Coatzacoalcos, Ver. México
Francisco de J. Trejo Molina, Facultad de Ingeniería, UV, Coatzacoalcos, Ver. México
Francisco Williams Linera, Instituto de Ingeniería, UV, Veracruz, Ver. México
Guadalupe Riquer Trujillo, Instituto de Ingeniería, UV, Veracruz, Ver. México
Regino Leyva Soberanis, Instituto de Ingeniería, UV, Veracruz, Ver. México
Javier Lermo Samaniego, Instituto de Ingeniería, UNAM

RESUMEN: Se presenta los avances realizados en la zona para la clasificación del tipo de terreno de cimentación para diseño sísmico en Coatzacoalcos. Se registraron microtemores en 60 puntos, y se les aplicó la técnica de Nakamura para obtener las funciones de transferencias empíricas promedios (FTEP). Con ello se trazó un mapa preliminar de microzonificación con 2 zonas, que agrupa familias de formas espectrales. Se partió de una propuesta de zonificación geotécnica que delimita 4 zonas: 1) Zona Geotécnica Alta, 2) Zona Geotécnica Baja, 3) Zona Geotécnica de Transición y 4) Zona Geotécnica Costera.

ABSTRACT: One appears the advances realised in the zone for the classification of the type of land of laying of foundations for seismic design in Coatzacoalcos. Microtremors in 60 points were registered, and the technique of Nakamura was applied to them to obtain the empirical transition functions averages (FTEP). In this way a preliminary map of microzoning with 2 zones drew up, that groups families of spectral forms. It was left from a proposal of geotechnical zoning that delimits 4 zones: 1) High Geotechnical zone, 2) Geotechnical Zone Loss, 3) Geotechnical Zone of Transition and 4) Coastal Geotechnical Zone.

1 INTRODUCCIÓN

La historia sísmica del Estado de Veracruz revela sucesos desafortunados que invariablemente han sorprendido a la población con escasa o ninguna medida preventiva. Un reglamento de construcciones que incluya normas para el diseño sísmico, es una herramienta de gran valor, sin embargo el reglamento vigente para el Estado no dispone de consideraciones para las condiciones dinámicas locales, por ello, en el mejor de los casos es práctica común recurrir al Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE.

2 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 Localización

La ciudad de Coatzacoalcos se encuentra ubicada en el Istmo de Tehuantepec, en el Golfo de México, en la parte limítrofe sudeste del Estado de Veracruz en las coordenadas; a 18°09' latitud norte y 94°26' longitud oeste con una altura media de 10 m s.n.m.

Su población es de 280,363 habitantes según el último censo oficial realizado (INEGI 2005) aunque para este 2010 se estima que la población supere los 300,000 habitantes. El municipio colinda al norte con el Golfo de México, al sur con los municipios de Moloacán, Ixhuatlán del Sureste, Nanchital, Cosoleacaque y Minatitlán; al este con el municipio de Agua Dulce y al Oeste con los

municipios de Chinameca y Cosoleacaque, todos municipios pertenecientes al Estado de Veracruz.

La zona en estudio quedó delimitada tomando en consideración la densidad de las construcciones (Fig. 1).



Figura 1. Ubicación del área de estudio.

3 ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

Para iniciar con los trabajos de microzonificación sísmica, se contó con una caracterización geotécnica previa de los suelos que constituyen la ciudad de Coatzacoalcos. La zona urbana de la ciudad presenta cuatro zonas geotécnicas (Fig. 2) (Astudillo, 2010); Zona Geotécnica Alta (ZGA), Zona Geotécnica Baja (ZGB), Zona

Geotécnica de Transición (ZGT) y Zona Geotécnica Costera (ZGC).



Figura 2. Mapa de zonificación geotécnica.

Zona Geotécnica Alta (ZGA). Esta zona está formada por arenas de dunas y médanos en espesores que van de los 15 a 30m, cuya compacidad, como es su propia característica debido a su origen eólico, aumenta con la profundidad. La compacidad varía de muy suelta a suelta desde la superficie hasta aproximadamente 4 a 6 m de profundidad, después se incrementa hasta adquirir la mediana compacidad en un espesor de aproximadamente 10m, para llegar alrededor de 15 m de profundidad. Finalmente la compacidad es alta entre los 15 a 30 m. Es escasa la información de los suelos que subyacen a estas arenas; sin embargo se infiere que subyacen los suelos arcillosos y limosos de origen marino o aluvial a partir de los 20 m de profundidad.

Zona Geotécnica Baja (ZGB). En esta zona se tiene una secuencia de depósitos principalmente de origen fluvial, constituidos en la parte superficial por arenas uniformes, muy sueltas a medianas, con espesores pequeños (2 a 4 m), a las que subyacen arenas pocos limosas, limos arenosos de baja plasticidad, arenas limpias, medias a finas de compacidad mediana a compacta y arcillas limosas de plasticidad media a alta con apreciable cantidad de materia orgánica; abajo y a profundidades del orden de 18 m se encuentran arenas limpias y arenas pocos limosas con bolsas de arcilla; esta secuencia se encuentra en los sondeos hechos a lo largo de la margen izquierda del río Coatzacoalcos. El origen fluvial de estos depósitos es evidente ya que esta zona forma parte de la zona de inundación de los ríos “Calzadas” y “Coatzacoalcos”.

Zona Geotécnica de Transición (ZGT). En esta zona, el espesor de arenas de origen eólico existente también en la ZGA se reduce entre 2 y 4 m, suprayaciendo a estratos cohesivos muy blandos o arenosos sueltos que se alternan hasta llegar a los 20 m de profundidad; a partir de la cual la resistencia del suelo se incrementa, a diferencia del incremento significativo de resistencia en la ZGB que ocurre a los 35 m de profundidad aproximadamente.

Zona Geotécnica Costera (ZGC). Esta zona igualmente está formada por dunas y médanos al igual que la ZGA, solo que aquí se aprecian claramente que las arenas sueltas tienen un espesor menor (entre 2 y 4 m). Para profundidades mayores la compacidad del suelo se incrementa rápidamente. Este incremento en la compacidad del suelo, se atribuye a la cercanía y el efecto dinámico de las aguas del mar.

4 MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PRELIMINAR

Con la finalidad de conocer la amplificación real de los suelos que constituyen las cuatro zonas geotécnicas, se instaló una estación temporal de registro sísmico (FICO), en la Facultad de Ingeniería, Región Coatzacoalcos de la Universidad Veracruzana, la cual próximamente será reubicada en otros sitios de interés. El equipo de registro usado es un sismómetro de banda ancha digital marca Guralp modelo GURCMG-6TD (Fig. 3) y los registros son procesados para obtener sus acelerogramas en las tres direcciones de registro (Fig. 4).



Figura 3. Estación temporal FICO.

SISMO 14 DE AGOSTO DE 2009 (GMT)					
Estación:	FICO (Facultad de Ingeniería UV en Coatzacoalcos, Ver.)				
Localización:	30 km al SUROESTE de SAVILA DE ALEMÁN, VER.				
Epicentro	Profundidad	Magnitud	Hora (local)	Hora (GMT)	
17:63	-95.08	141 Km	4.4	21:17:20	02:17:20

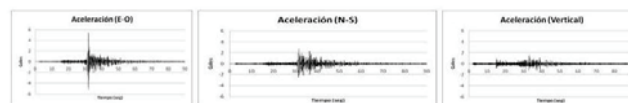


Figura 4. Registro sísmico.

4.1 Vibración Ambiental

En el siglo XVIII ya se intuía la relación entre las características del suelo y la respuesta de ciertas construcciones ante un sismo, quedando claramente reconocido a principios del siglo pasado. En la ciudad de México este efecto se manifiesta claramente en el sismo de 1957, pero fue el sismo de 1985 el detonante para su estudio. Dado que el efecto de sitio se puede identificar conociendo el período dominante y éste es un parámetro que depende directamente de las propiedades estratigráficas del suelo, se ubicaron los puntos para

realizar la vibración ambiental (registro de microtremores) en el mapa de zonificación geotécnica (Fig. 5).

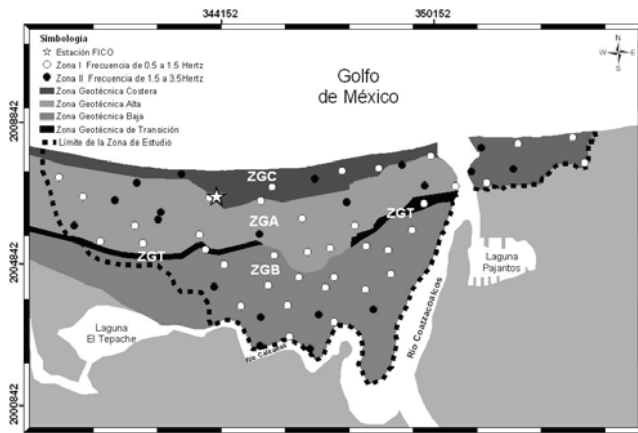


Figura 5. Distribución de puntos de vibración ambiental y ubicación de la estación temporal FICO.

El registro de microtremores para estimar la respuesta de un sitio fue introducido en Japón por los años 50 (Kanai et al., 1954) y sigue presentando un alto atractivo para la caracterización de la respuesta de sitio, tanto por su sencillez de operación y su bajo costo, como por la rapidez con que permiten obtener resultados (Lermo y Chávez-García). En especial cuando es interpretado utilizando la razón espectral entre las componentes horizontales y la vertical de un mismo registro (técnica de Nakamura), propuesta originalmente por Nakamura (1989). Se registraron 60 puntos de vibración ambiental cubriendo la mayor parte de la zona delimitada (Fig. 6) a razón de un punto por km². El equipo de registro usado fue un acelerógrafo marca ETNA de Kinometrics, con un rango dinámico de 108 dB, que adquiere las señales analógicas del acelerómetro y las graba digitalmente con una resolución de 18 bits a una velocidad de muestreo de 100 mps en sus tres direcciones ortogonales. Después de orientar y nivelar el aparato, en cada punto se registraron 5 eventos, utilizando un pre-evento de 1 segundo y un post-evento de 120 segundos. Los datos registrados se transfieren a una computadora para su análisis.

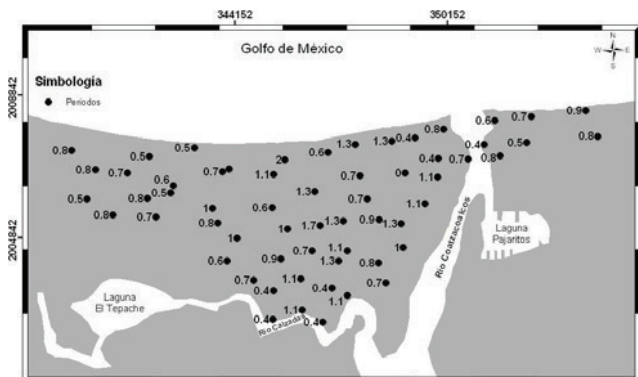


Figura 6. Periodos dominantes.

4.2 Determinación de la Función de Transferencia Empírica Promedio (FTEP).

La primera parte consistió en la visualización de las trazas de cada registro para seleccionar aquellos segmentos que no estén contaminados por transitorios de corta duración que puedan afectar la estacionalidad de las señales (principalmente vehículos y peatones en la proximidad del instrumento). Dentro de los registros, se seleccionaron ventanas de 40 segundos de duración para cada punto, las cuales se utilizaron para calcular espectros de amplitudes de Fourier. Para obtener estimaciones robustas del espectro de Fourier, se seleccionaron varias ventanas de un registro para cada punto. Los espectros de amplitudes de Fourier fueron suavizados con una ventana rectangular de 1/3 de octava de ancho, con objeto de disminuir la varianza. Posteriormente, para obtener las funciones de transferencia empíricas (FTE), se aplica la técnica de Nakamura (cociente espectral entre los espectros de amplitud de Fourier de las componentes horizontales, NS y EW y la vertical) para cada uno de los 60 puntos y calculando la media geométrica de las FTE en cada uno de ellos se encuentra la FTEP, con la cual se determinó una estimación de la frecuencia dominante del sitio.

5 MAPA PRELIMINAR DE FAMILIAS DE FORMAS ESPECTRALES

Se observó que las FTEP no tienen la misma forma espectral o componente dinámico, a pesar de pertenecer a la misma zona geotécnica, por lo que se agruparon sin tomar en cuenta esta última (zonificación geotécnica) y se encontraron diferentes familias de formas espectrales. Como resultado de esta agrupación, se obtuvieron 2 zonas, representadas en el mapa preliminar de familias de formas espectrales. Con estas familias la ciudad de Coatzacoalcos queda dividida en dos zonas según el efecto de sitio del terreno (Fig. 7).

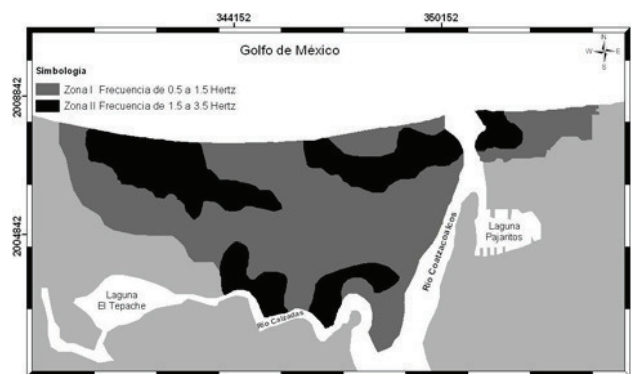


Figura 7. Zonificación de acuerdo al efecto de sitio.

A continuación se describen cada una de las zonas:

Zona I. La frecuencia dominante para esta zona se encuentra en el rango de 0.5 a 1.5 Hz, con amplificaciones relativas hasta de 4 veces. Una estación acelerográfica

temporal (FICO) se ubica en esta zona. La familia de formas espectrales de esta zona se muestra en la Figura 8. El promedio de 5 sismos registrados en la estación temporal FICO aplicando la técnica de Nakamura se observa en la Figura 9. En la cual se aprecia una amplificación de 3 en la frecuencia de 1.3 Hz.

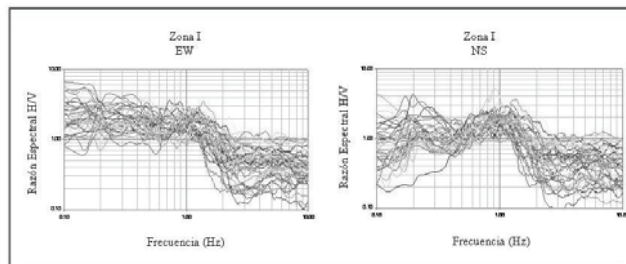


Figura 8. Familia de formas espectrales para la Zona I, frecuencia de 0.5 a 1.5 Hz con Vibración Ambiental.

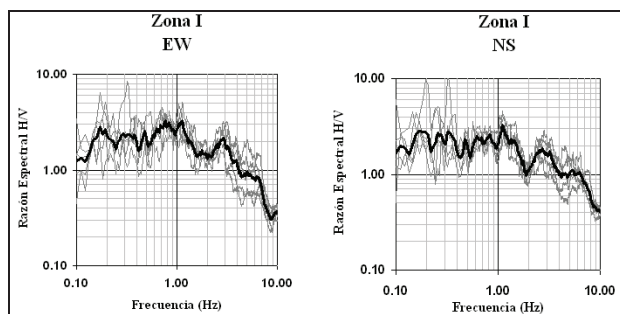


Figura 9. Promedio con la técnica de Nakamura con sismos registrados en FICO, en la zona I.

Zona II. La frecuencia dominante para esta zona se encuentra en el rango de 1.5 a 3.5 Hz, con amplificaciones relativas hasta de 4 veces. La familia de formas espectrales se muestra en la Figura 10.

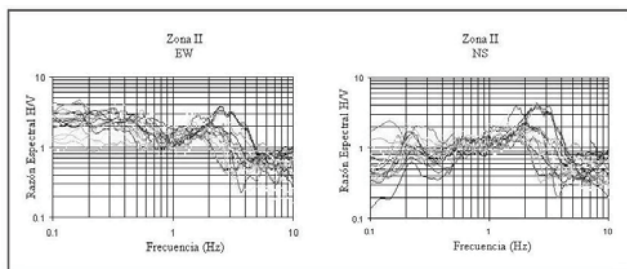


Figura 10. Familia de formas espectrales para la Zona II, frecuencia de 1.5 a 3.5 Hz.

6 CONCLUSIONES

La microzonificación sísmica presentada en este trabajo, aunque es a nivel preliminar, nos da una buena idea del efecto de sitio y en dónde es necesario aumentar la densidad de puntos de vibración ambiental en campañas futuras, ya que a partir de la zonificación geotécnica se puede distinguir hasta cuatro tipos de zonas, en las cuales

será necesario tener mayores puntos de vibración ambiental para caracterizar su respuesta dinámica.

También es necesario estudiar con mayor detalle la zona II, debido a que tiene una frecuencia comprendida entre 1.5 a 3.5 Hz, los cuales presentan periodos dominantes bajos, cercanos a los modos de vibrar de las estructuras más comunes que se encuentran en la ciudad de Coatzacoalcos (edificaciones de 2 a 5 niveles). Por otro lado, una gran parte de la zona II, coincide en gran medida con la Zona Geotécnica Alta (ZGA), la cual será formada por arenas de dunas y médanos en espesores que van de los 15 m a 30 m de profundidad.

Con respecto a la Congregación de Allende es necesario determinar las características geotécnicas y aumentar la densidad de registros de vibración ambiental.

El periodo de vibrar de los suelos de la Ciudad de Coatzacoalcos varía entre 0.25 a 2.0 segundos, con amplificaciones relativas hasta de 4 veces.

RECONOCIMIENTOS

Estos trabajos son financiados por los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Veracruz (FOMIX) y forma parte del proyecto; "Determinación de la respuesta dinámica de los suelos de las zonas conurbadas de Coatzacoalcos y Veracruz, para el desarrollo de normas técnicas para diseño sísmico del estado de Veracruz", (2009-2011), clave 109287.

A la Ing. Sara Pérez Torres por su participación en el proceso de la información y el dibujo de mapas.

REFERENCIAS

- Astudillo, L., Guzmán, J., Trejo, F., Williams, F., Riquer, G., Leyva, R., (2010). "Propuesta de zonificación geotécnica de la zona urbana de la Cd. de Coatzacoalcos, Ver.". *XXV Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*. Acapulco, Gro., México.
- Benavides, L., (1956).). "Geología petrolera de México". *Simposio Internacional del Petróleo*. México, D.F.
- De la Orta S., Aguilar F., (1989). "Estudio de riesgo sísmico para la determinación de espectros de diseño sísmico para las zonas petroleras de Coatzacoalcos, Ver. y Salina Cruz, Oax.". *VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*. Acapulco, Gro., México.
- Lermo, J., Chavez-García, F., (1993). "Site effect evaluation using spectral ratios with only one station". *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 83, pp 1574-1364.
- Lermo, J., Limaymanta, F., (2007). "Uso de las funciones de transferencias empíricas (HVNR) obtenidas con microtemores para construir mapas con la clasificación de los terrenos de cimentación para diseño sísmico".

- XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Publicación SMIS. Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero. México.*
- Lermo, J., Limaymanta, F., Williams, F., Riquer, G., Leyva, R., (2009). "Land characterizing for seismic design in the urban zone of Veracruz-Boca del Río, México (ZCV) ". 8th International Workshop on Seismic Microzoning Risk Reduction, Almería, Spain.
- Leyva, R., Williams, F., Riquer, G., Lermo, J., (2009). "Regiones sismogénicas de mayor peligro sísmico para el estado de Veracruz". XVII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Publicación SMIS. Puebla, Puebla. México.
- Nakamura, Y.,(1989)."A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremorson the ground surface". QR of RTRI, Vol. 30, No.1, pp. 25-33.
- Riquer, G., Williams, F., Lermo, J., Leyva, R., Neri, I., Santamaría, J., (2008)."Ampliación de la red de registro sísmico basada en una regionalización sismotectónica preliminar del estado de Veracruz". XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Veracruz, Veracruz. México.
- Williams, F., Limaymanta, F., Riquer, G., Leyva, R., Lermo, J.,(2007). "Clasificación dinámica de terrenos de cimentación con fines de diseño sísmico en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río (ZCV)". XVI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Publicación SMIS. Ixtapa-Zihuatanejo. Guerrero. México.