



ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES, A.C.



Universidad Veracruzana

MEMORIAS

PROCEEDINGS



® © **TERCER CONGRESO INTERNACIONAL
DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES**

® © ***THIRD INTERNATIONAL CONGRESS
OF SCIENCES, ARTS, TECHNOLOGY, AND HUMANITIES***

ISBN 978-607-7807-00-1

ACADEMIA MEXICANA DE CIENCIAS, ARTES, TECNOLOGÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Responsables de la edición / *Editorial Responsible People*

Mrs. Prof. Dr.-Ing. / Profa. Dra. en Ing. María del Carmen Durán-de-Bazúa
Mr. Prof. Dr.-Ing. / Prof. Dr. en Ing. Carlos Octavio Rivera-Blanco

Comité de apoyo / *Supporting Committee*

M.en C., Q.A. Rolando Salvador García-Gómez
Dra. Marisela-Bernal-González

México D.F., Coatzacoalcos, Veracruz, México

La presentación y contenido de los trabajos publicados son responsabilidad única de los autores / *Presentation and contents of published papers are the sole responsibility of authors*



IV.MR.01.	La educación desde la perspectiva de la formación médica / Education from the perspective of the medicine scope Dr. Ángel Puig-Nolasco, Universidad Veracruzana	753
IV.MR.02.	La ingeniería eléctrica en México, evolución tecnológica / <i>Electric engineering in Mexico: Technological evolution</i> Ing. Salvador Vélez-García, Comisión de Tecnología de la AMCATH	758
IV.MR.03.	El desarrollo tecnológico, una opción para México / <i>Technological development, an option for Mexico</i> Ing. Félix Guajardo, Mexichem Derivados, Planta Coatzacoalcos, Veracruz, México	
	CONTRIBUCIONES LIBRES / <i>ORAL PAPERS</i>	776
IV.01	Catálogo sísmico instrumental del estado de Veracruz (1910-2008) / <i>Instrumental earthquake catalogue of Veracruz State (1910-2008)</i> Sara Pérez, Guadalupe Riquer, Francisco Williams, Regino Leyva-Soberanis	777
IV.02.	Ampliación de la red de registro sísmica del estado de Veracruz fundamentada en una propuesta de regionalización sismotectónica / <i>Extension of the seismic network of registry of the state of Veracruz based on a proposal of seismotectonic regionalization</i> Guadalupe Riquer-Trujillo, Francisco Williams-Linera, Regino Leyva-Soberanis, Javier Lermo-Samaniego	785
IV.03.	Caracterización dinámica de suelos para la reducción del riesgo sísmico en las construcciones del estado de Veracruz / <i>Dynamic ground characterization for the reduction of the seismic risk in the constructions of the state of Veracruz</i> Francisco Williams-Linera, Guadalupe Riquer-Trujillo, Regino Leyva-Soberanis, Javier Lermo-Samaniego, Felicita Limaymanta-Mendoza	794
IV.04.	Secador de madera con un controlador difuso / <i>Dryer of wood with a fuzzy controller</i> Itzel Guadalupe Salazar-Martínez, Javier Geovanni Ríos-Sánchez, Leticia Cuéllar-Hernández	804
IV.05.	Propiedades químicas y mecánicas de la ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA), como material con propiedades puzolánicas Héctor E. Hernández, Guillermo Fox, Erick Maldonado-Bandala, Miguel A. Baltazar-Zamora, Demetrio Nieves-Mendoza	812
IV.06.	Determinación de la viscosidad y su incertidumbre en fluidos de perforación usados en la construcción de pozos geotérmicos: aplicación en el campo de Los Azufres, Michoacán, México Jorge Andaverde, Efraín Gómez-Arias, Edgar Santoyo, Gustavo Urquiza	813



IV.03. Ingeniería sísmica / Seismic engineering

Caracterización dinámica de suelos para la reducción del riesgo sísmico en las construcciones del estado de Veracruz

Dynamic ground characterization for the reduction of the seismic risk in the constructions of the state of Veracruz

Francisco Williams-Linera^{1,2*}, Guadalupe Riquer-Trujillo^{1,2}, Regino Leyva-Soberanis^{1,2},
Javier Lermo-Samaniego³, Felicita Limaymanta-Mendoza³

¹Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana

²Facultad de Ingeniería Región Veracruz de la Universidad Veracruzana

³Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

*Ponente: Tel. (229)7752000 ext. 7, Fax: ext. 22216 y 775-20-09, E-mail: ranciscowilliamslinera@yahoo.com.mx

Resumen:

La caracterización dinámica de los suelos para el diseño sísmico, representa un reto en la provincia mexicana para fundamentar una reglamentación urbana, que permita determinar parámetros para las construcciones sismorresistentes, sobre todo para aquella gran mayoría donde el costo porcentual de los estudios es significativo. Es por ello que este trabajo propone una metodología basada en la evaluación del efecto de sitio, para obtener como parámetro principal el período dominante del suelo, y es aplicada en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río (ZCV). Las funciones de transferencias empíricas (FTE) obtenidas de registros de microtemores, se agrupan en familias de formas espectrales y con información geológica, geotécnica, y geofísica se delimitan 4 zonas, donde con refracción sísmica, se tienen los perfiles sísmicos y velocidades de onda de cortante asociadas de los estratos. El modelo estratigráfico del suelo se obtiene con el método de Haskell, ajustando la función de transferencia teórica (FTT) con la FTE y geotecnia. Las 4 zonas identificadas se representan en un mapa referenciado geográficamente de fácil manejo.

Abstract:

The dynamic characterization of soils for seismic design, represents a challenge in the Mexican province to justify a regulatory urban to determine parameters for earthquake-resistant buildings, especially those where the vast majority of studies cost percentage is significant. That is why this paper proposes a methodology based on the evaluation of the effect of site, as main parameter for the dominant period of the soil, and is implemented in the metropolitan area Veracruz-Boca del Río (ZCV). Empirical transfer functions (FTE) from microtremors records are grouped into families of spectral forms and geological information, geotechnical, geophysical and identifies 4 areas, with seismic refraction, are the profiles and velocities of seismic wave shear associated strata. The stratigraphic model of soil is obtained



with the method of Haskell, by adjusting the transfer function theory (FTT) with FTE and geotechnics. 4 The areas identified are represented in a geographically referenced map easy.

Palabras clave: Efecto de sitio, período dominante, microtremores, formas espectrales

Key Words: Site effect, dominant period, microtremors, spectral forms

Antecedentes

Se ha observado que la distribución de las construcciones dañadas y la magnitud de los daños que sufren ante un sismo, están íntimamente relacionadas con el tipo de terreno donde se desplantan. Construcciones con características estructurales similares pueden colapsar en un sitio, mientras que otras ubicadas a unos cuantos metros, no sufren daño alguno. Históricamente el estado de Veracruz ha sufrido sismos infausto, y como suele suceder con este fenómeno, siempre nos han sorprendido. A pesar de ello, no se cuenta con un reglamento de construcción vanguardista, basado en condiciones locales.

Introducción

Frecuentemente para establecer la respuesta dinámica local de los diferentes tipos de terrenos ante un sismo, se recurre al Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE 1993 (MDOC-93). En éste se divide al estado de Veracruz en tres zonas de peligro sísmico: baja, mediana y alta sismicidad, y se propone una clasificación del tipo de terreno de cimentación en función de dos parámetros principales: el período dominante y la velocidad efectiva de propagación de onda del sitio. Sin embargo, el MDOC-93 reconoce la necesidad de una identificación del efecto de sitio más precisa, pues éste depende de las características geológicas, topográficas, hidrológicas y geotécnicas entre otras, y pueden variar de un sitio a otro en unos cuantos metros. La obtención de estos parámetros, significan una inversión generalmente fuera del alcance de la mayoría de las construcciones. Es por ello que el objetivo que se persigue en estos estudios es establecer una metodología para elaborar mapas en ciudades que delimiten principalmente las microzonas a partir de los efectos de sitio, esta metodología fue aplicada en la ZCV. El mapa obtenido, constituye un instrumento para establecer los parámetros de diseño sísmico que se deban aplicar a las construcciones, considerando su ubicación geográfica, y que puede usar la autoridad responsable de emitir los permisos de construcción. Además del MDOC-93, se analizaron reglamentos como: la propuesta en revisión de las Normas Técnicas Complementarios del Reglamento de Construcciones del Estado de Veracruz del 2005 (NTCV-2005), The International Building Code de EEUU, IBC-2000 y el Eurocode 8-2004, entre otros. Como antecedentes se conocen los trabajos de Esquivel et al. (1976) y Páez (2001), que proporcionan información geológica-geotécnica de la ZCV, y Lermo et al. (1995), quienes propusieron una microzonificación sísmica preliminar de la misma zona.

Geología, geotécnica e hidrología

La zona en estudio, abarca aproximadamente 180 km² (Fig. 1), con más de 800 000 habitantes y fue delimitada evaluando la extensión, ubicación y magnitud de los efectos locales de los sismos históricos pre-instrumentales (1523-1910) e instrumentales (1910-2000), así como el crecimiento urbano y su proyección futura. Los trabajos de Esquivel y colaboradores y Páez dividen a la ZCV en cinco formaciones geológicas- geotécnicas: Depósito de Arenisca-Conglomerado T(ar-cg), Depósito de Coral (Qc), Depósito de Playa (Qp), Depósito de Dunas (Qd), Depósito Aluvial (Qal), como se muestra en la Figura 1. Se recopilieron 24 estudios geotécnicos con un total de 40 sondeos de exploración con muestreo alterado, combinado con pruebas de penetración estándar (SPT), con los que se propusieron perfiles estratigráficos representativos, tomando las características medias de los sondeos. Se localizaron antiguos cauces de ríos y caudales, espejos de agua, zonas de relleno, y áreas ganadas al mar, actualmente dentro de la mancha urbana, donde el suelo puede presentar características dinámicas especiales.

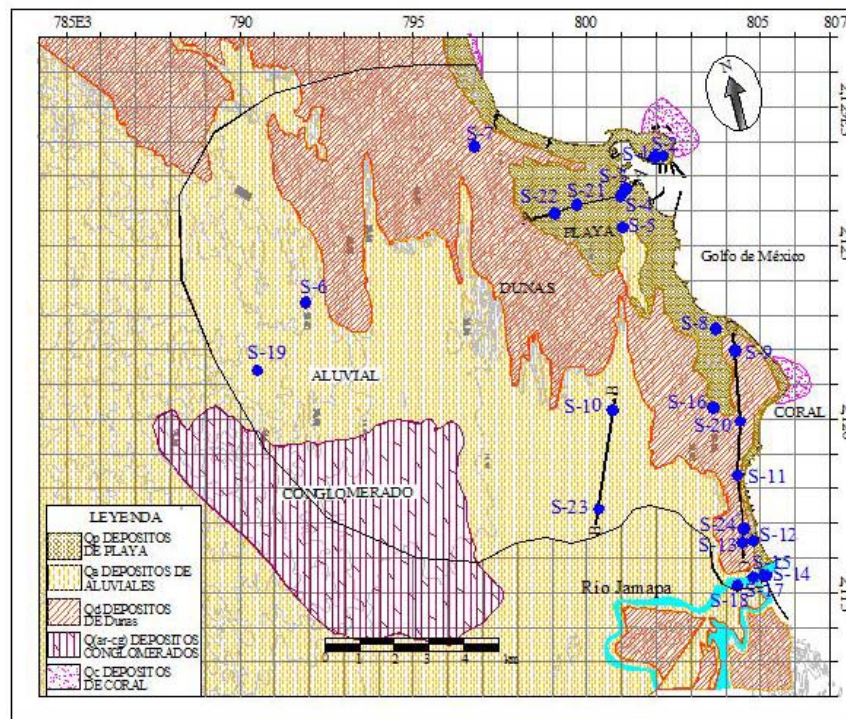


Figura 1. Geología y límite de estudio de la ZCV. Los puntos representan los sondeos geotécnicos (SPT) y las líneas, los ejes de los perfiles estratigráficos (A-A, B-B y C-C).

Estudios geofísicos

Función de transferencia empírica (FTE)

El uso de microtremores (vibración ambiental) para estimar la respuesta de un sitio, es un método atractivo por su sencillez de operación, bajo costo y rapidez, en especial cuando es

interpretado utilizando la razón espectral entre las componentes horizontales y la vertical de un mismo registro (*técnica de Nakamura, 1989*: HVNR). Los 187 registros de microtremores (Fig. 2), se realizaron con un acelerógrafo GSR-18, y fueron analizados con HVNR para obtener las FTE. Se estimaron las frecuencias y períodos de cada sitio, sin embargo la amplificación del movimiento obtenida con este método es burda. Por ello para obtener la amplificación real, paralelamente y con registros de sismos locales y regionales, obtenidos de la Red Acelerográfica de la Universidad Veracruzana (Williams et. al. 2003) (Fig. 2), se determinaron los cocientes espectrales de algunas áreas, aplicando: el método estándar (SSR), donde se usó como estación de referencia la estación POVE y el HVNR para algunos casos.

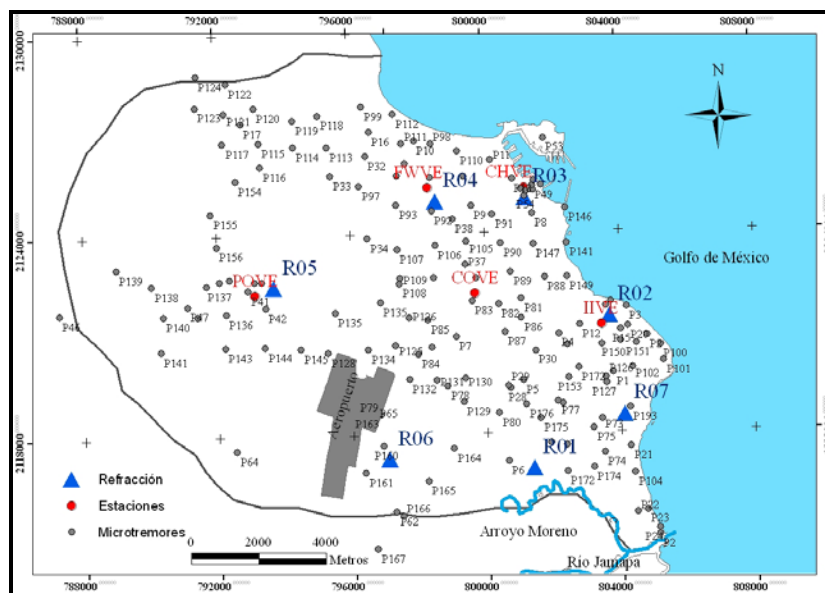


Figura 2. Mapa con los puntos de: microtremores, refracciones sísmicas y estaciones acelerográficas

Familias de formas espectrales de las FTEP

En cada punto de vibración ambiental se tienen varios registros, por lo que se obtuvo la función de transferencia empírica promedio (FTEP), tanto en la dirección NS como en la EW (Fig. 3). Las FTEP se agruparon de acuerdo al depósito geológico al que pertenecían, pero se encontró que no todos los puntos de medición tenían el mismo comportamiento dinámico. Por ello en este trabajo se propone reagrupar sin tener en cuenta la clasificación geológica, con lo que se encontraron cuatro diferentes zonas de familias de formas espectrales (FFE), delimitadas en la Figura 4.

Función de transferencia teórica (FTT) y modelos estratigráficos

Para validar las zonas encontradas, se determinaron las FTT, ya que esta función depende de las propiedades del suelo (Fig. 3). Se usó el método de Haskell (1962), que permite calcular la función de transferencia en la superficie de un medio estratificado. Se hizo refracción sísmica (Fig. 2) en cada una de las cuatro zonas de FFE para obtener la velocidad de onda SH de los

estratos, y el espesor se calculó con el cambio de resistencia de los suelos observado en los perfiles estratigráficos de la zona.

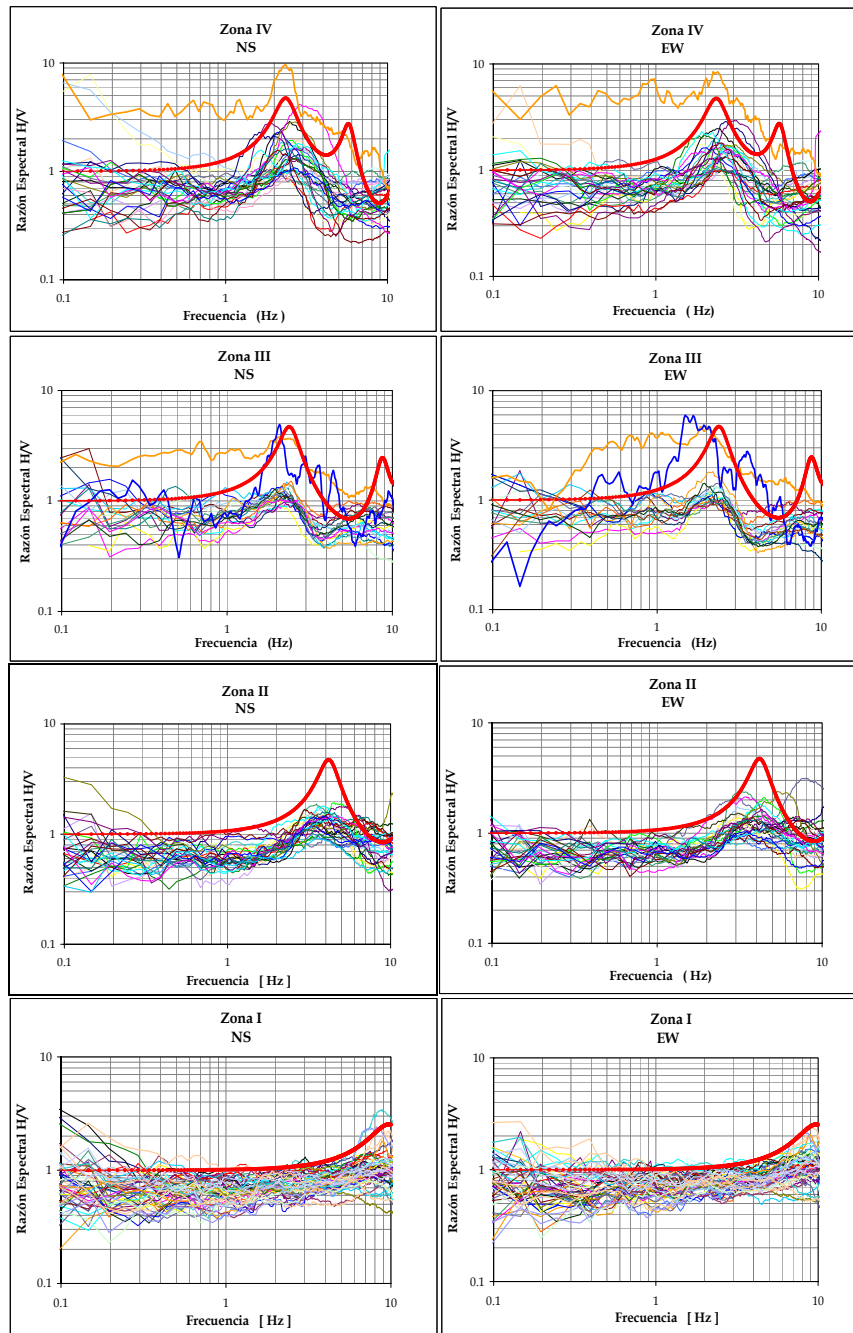


Figura 3. Formas espectrales encontradas en la ZCV, FTT, líneas punteadas; FTEP, línea Gruesa; FTT como una envolvente de las FTEP

El amortiguamiento crítico se estableció analizando las diversas propuestas hechas por Seed e Idris (1970) y Avilés y Trueba (1991) basadas en la naturaleza del suelo. Finalmente, partiendo de las velocidades SH de los diferentes estratos y el perfil estratigráfico ajustado con refracción sísmica y perfiles geotécnicos, se aplicó el método de Haskell para obtener un modelo estratigráfico de cada zona.

Descripción de las microzonas

Zona IV. Zona con el mayor efecto de sitio; es el área más baja de los depósitos de aluviales en zona de inundación que fueron pantanos formados por el río Jamapa. Se determinó la resistencia media del subsuelo con el corte estratigráfico B-B y otros perfiles estratigráficos de la zona o en los límites. Para determinar el modelo estratigráfico se usaron los espesores definidos a partir de las resistencias mostradas en la Tabla 1. La densidad se estimó con los sondeos geotécnicos y las SH asignadas son un promedio de los valores obtenidos en las refracciones R01 y R02 (Tabla 2).

Tabla 1. Resistencia promedio de los estratos de la zona IV

Profundidad aproximada (m)	Resistencia promedio	Número de golpes (N)
0.0 - 0.30	baja	5<N<20
3.00 - 5.00	media	10<N<30
5.00 - 11.00	baja	5<N<20
1100 - 16.00	alta	30<N<50

Tabla 2. Modelo estratigráfico unidimensional de la zona IV

Nº	H (m)	ρ (t/m ³)	β (m/s)	ξ (1)
1	3.0	1.4	144.92	0.04
2	2.0	1.6	357.14	0.04
3	6.0	1.4	147.05	0.04
4	5.0	1.6	380.00	0.04
5	6.0	1.5	200.00	0.04
Base	-	1.9	900.00	0.01

ρ =densidad del estrato, β =velocidad de onda de corte y ξ =amortiguamiento

Zona III. Esta zona abarca parte de los depósitos de playa y de dunas. Se usó el corte estratigráfico A-A para obtener la Tabla 3. Con efecto de sitio importante, con período dominante en el rango de 2.0 a 3.0 Hz, con material de baja resistencia a los 4 m de profundidad y amplificación moderada (4 veces).

Tabla 3. Resistencia promedio de los estratos de la zona III

Profundidad aproximada (m)	Resistencia promedio	Número de golpes (N)
0.0 - 4.00	Baja a media	5<N<30
4.00 - 7.00	alta	30<N<40
7.00 - 15.50	baja	5<N<10
15.5 - 21.0	alta	30<N<40

Las SH se obtiene de la refracción R03 y R04, y queda el modelo estratigráfico de la Tabla 4.

Tabla 4. Modelo estratigráfico unidimensional de la zona III

Nº	H (m)	ρ (t/m ³)	β (m/s)	ξ (l)
1	4.0	1.4	166.13	0.04
2	3.0	1.6	444.20	0.04
3	8.5	1.4	150.00	0.04
4	6.0	1.7	635.80	0.04
Base	-	1.9	900.00	0.01

Zona II. Abarca la mayor parte del depósito de dunas. El subsuelo está formado básicamente por depósitos de arena fina limosa cuya resistencia promedio se presenta en la Tabla 5. El efecto de sitio es moderado, pero se debe tener especial cuidado con el efecto bidimensional por el efecto topográfico debido a la orientación de las dunas, donde la amplificación en la componente NS menor a la EW.

Tabla 5. Resistencia promedio de los estratos de la zona II

Profundidad aproximada (m)	Resistencia promedio	Número de golpes (N)
0.0 - 3.00	baja	5<N<10
3.00 - 4.50	media	10<N<30
4.50 - 8.0	baja	5<N<10
8.0 - 11.0	alta	30<N<50

Se supusieron los valores de SH con el análisis de refracción R02 y R04. El modelo se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Modelo estratigráfico unidimensional de la zona II

Nº	H (m)	ρ (t/m ³)	β (m/s)	ξ (l)
1	3.0	1.4	162.3	0.04
2	1.5	1.5	250.0	0.04
3	4.5	1.4	150.0	0.04
4	3.0	1.7	580.0	0.04
Base	-	1.9	900.0	0.01

Zona I. Esta zona abarca la mayor parte de los depósitos aluviales, parte de los depósitos de playa y de dunas. Es la de menor efecto de sitio. En la Tabla 7 se muestra la resistencia promedio de los estratos.

SH se supone de los perfiles sísmicos R02, R05, R06 y R07, dando el modelo de la Tabla 8.

Tabla 7. Resistencia promedio de los estratos de la zona I

Profundidad aproximada (m)	Resistencia promedio	Número de golpes (N)
0.00 - 3.00	baja	$5 < N < 20$
3.00 - 5.00	media	$10 < N < 30$
5.00 - 9.50	alta	$40 < N < 60$

Tabla 8. Modelo estratigráfico unidimensional de la zona I

Nº	H (m)	ρ (t/m ³)	β (m/s)	ξ (1)
1	3.00	1.4	195.00	0.04
2	2.00	1.5	355.00	0.04
3	4.50	1.7	150.00	0.04
Base	-	1.9	900.00	0.01

Discusión de los resultados

De acuerdo con el MDOC-93, se requiere alcanzar un estrato firme con velocidades de propagación $\beta_0 \geq 700$ m/s o un módulo de rigidez $G_0 \geq 85000$ ton/m² sin límite de profundidad para establecer el modelo estratigráfico y obtener la velocidad efectiva de propagación. La IBC-2000 establece, para definir el modelo estratigráfico, calcular la velocidad de onda de corte hasta 30 m de profundidad (VS30). La NTCV-2005 considera suficiente 30 m de exploración para definir la velocidad efectiva de propagación. Estos criterios presentan principalmente la dificultad de alcanzar la profundidad establecida, ya sea con fuentes que generen mayor energía que las aplicadas (peligroso en zonas urbanas), o con la aplicación de otras técnicas. Generalmente en Veracruz los estudios de penetración estándar llegan como máximo a 30 m, y la información a mayor profundidad es muy limitada. El modelo estratigráfico más profundo obtenido en la ZCV fue a 21 m, y no se alcanzaron los parámetros establecidos por el MDOC-93, por lo que se propone asumir que la última capa se extiende hasta los 30 m. A pesar de estas dificultades la información obtenida es más detallada que lo existente. La discusión está abierta, y los trabajos de investigación se continúan ampliando en área y profundidad.

Las 4 zonas identificadas se representan en un mapa referenciado geográficamente de fácil manejo (Fig. 4).

Reconocimientos / Acknowledgements

Los trabajos fueron financiados por CONACYT y el Gobierno del Estado de Veracruz (FOMIX), período 2007-2009.

The work was funded by CONACYT and the Government of the State of Veracruz (FOMIX), 2007-2009.

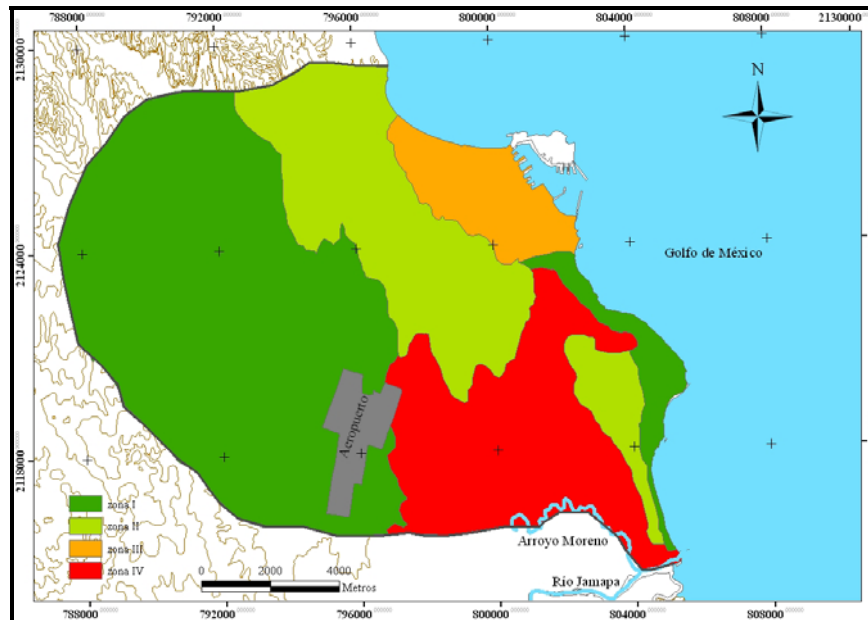


Figura 4. Microzonificación dinámica de la ZCV

Referencias

- Borcherdt, R.D., (1994). Estimates of site dependent response spectra for design (methodology and justification), *Earthquake Spectra*, 10, pp. 617-653.
- Boore D. M. (2004). Estimating $V_s(30)$ (or NEHRP site classes) from shallow velocity models (depths < 0 m). *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 94, pp.591-597.
- Dobry R., R. D. Borcherdt, C. B. Crouse, I. M. Idriss, W. B. Joyner, G. R. Martin, M. S. Power, E. E. Rinne and R. B. Seed, (2000). New site coefficients and site classification system used in recent building seismic code provisions. *Earthquake Spectra*, 16, pp. 41-67.
- Esquivel R (1976). Información General acerca del subsuelo de 17 Ciudades de México, *Memorias de la VIII reunión Nacional de Mecánica de suelos*, Tomo II, pp. 245-256.
- Lermo J., Torres G., Almanza P., Vargas A., Cruz J. y Hernández J.A. (1995). Efectos de sitio en el Puerto de Veracruz, México, *Microzonificación Sísmica Preliminar*, *Memorias del XX congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, A.C.*, pp.115-120, Veracruz, Ver., México.
- Limaymanta M. (2009). Uso de familias espectrales obtenidas con registros de sismos y microtremores para la clasificación de terrenos con fines de diseño sísmico. Aplicación en las ciudades de Veracruz-Boca del Río, Oaxaca y Acapulco. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Páez I (2000). Características Geotécnicas y Criterios Básicos para el Diseño de Cimentaciones en la Zona Conurbada de Veracruz, Ver., Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Villa Rica. México.



-
- Riquer G, F Williams, J Lermo, Torres G, R Leyva (2003). Microzonificación Sísmica de la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río, Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. México.
- Williams F., G. Riquer, R Leyva, A Vargas, A Zamora, J Lermo, F Limaymanta (2008). Estudios para la reducción de daños por sismos en las construcciones del estado de Veracruz. Memorias del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. México.