

**Catálogo sísmico instrumental del Estado de Veracruz
(1910-2008)**

**Instrumental earthquake catalog of Veracruz State
(1910-2008)**

Sara Pérez Torres^{1,*}, Guadalupe Riquer Trujillo^{1,2}, Francisco Williams Linera^{1,2},
Regino Leyva Soberanis^{1,2}

¹ Facultad de Ingeniería Región Veracruz, Universidad Veracruzana, México.

² Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, México.

* Ponente: Tel.: (229) 1043125, E-mail: exactas_sara@hotmail.com

Resumen:

Este trabajo aporta el conocimiento de algunos de los principales elementos que permiten conocer el peligro sísmico del Estado de Veracruz, como son la ubicación de los sismos y la identificación de las características que los hacen potencialmente dañinos. Este estudio se enfoca a la época instrumental, sin ignorar los datos históricos. La información del catálogo de sismos instrumentales se representa mediante el Sistema de Información Geográfica (ArcGIS) y el análisis de la homogeneidad y completitud de dicho catálogo se realiza con el programa ZMAP, el cual considera el impacto que tiene la red de registro. Como resultados se obtiene un catálogo instrumental que consta de 3244 sismos y posee datos confiables a partir de $M_S = 2.7$, con un periodo de reporte homogéneo y continuo entre 1959-2008, por ello el análisis de la sismicidad se lleva a cabo en este lapso. Con la información generada es posible identificar zonas sismogénicas que pueden acentuar riesgos sociales, económicos o ambientales por el fenómeno, dependiendo de la proximidad de ciudades importantes.

Palabras clave: Veracruz, catálogo sísmico instrumental, ArcGIS, homogeneidad, completitud, ZMAP, zonas sismogénicas.

Abstract:

This work brings the knowledge of some key elements that we can detect the seismic hazard of the State of Veracruz, including the location of earthquakes and to identify the characteristics that make them potentially harmful. This study focuses on the instrumental era, without ignoring the historical data. The instrumental earthquake catalog is represented by the Geographic Information System (ArcGIS) and the analysis of uniformity and completeness of the catalog is done with the program ZMAP, which considers the impact of network registration has. The result is a catalog that is instrumental earthquakes of 3244 and has reliable data from $M_S = 2.7$, with a uniform and continuous reporting between 1959-2008, so the analysis of the seismic activity is carried out at this time. With the information generated is possible to identify seismogenic areas that may increase risks social, economic or environmental by the phenomenon, depending on the proximity of important cities.

Key Words: Veracruz, instrumental earthquake catalog, ArcGIS, homogeneity, completeness, ZMAP, seismic zones.

Código: x-

Introducción

El catálogo de sismos históricos para el Estado de Veracruz (1523-1912), concluye con la instalación de las primeras estaciones de registro sísmico en México (año 1910), y es el punto de partida del catálogo instrumental, que considera factores como; la diversidad, permanencia y las imprecisiones atribuibles a la distancia de los aparatos de registro, así como las técnicas usadas para la obtención de parámetros sísmicos, entre otros. Se recurrió a catálogos de sismos instrumentales de la República Mexicana elaborados por investigadores y organismos nacionales e internacionales. Se estableció una zona de estudio cuyas coordenadas son: Latitud Norte: 17° a 23° y Longitud Oeste: 93° a 99° (Fig. 1).



Fig. 1. - Zona de estudio.

Programa ZMAP Versión 6.0

Con el ZMAP se hizo el mapeo de la sismicidad de la zona, información que fue manejada con un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), y se obtuvieron algunos parámetros asociados a la tasa de sismicidad. Este programa es de uso cotidiano en varios observatorios sismológicos mundiales, y se emplea también para el análisis de la homogeneidad y completitud del catálogo instrumental, lo que hace con un conjunto de subrutinas y despliega gráficos MATLAB. El ZMAP requiere que los parámetros estén en una misma escala y con un formato preestablecido, por lo que se consideraron las magnitudes en M_S y la hora GMT.

Recopilación y selección de la información

Se consultaron diversos catálogos como: el Catálogo de Sismicidad de México, sin publicar, 2008 de F. R. Zúñiga, el del Servicio Sismológico Nacional (SSN) con datos hasta mayo 2008, la red sísmica local de Laguna Verde-CFE, la Red Veracruzana de Instrumentación Sísmica (REVIS), el de I. Mora para el Estado de Veracruz y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Solo se consideraron sismos con epicentros dentro del Estado de Veracruz y una franja exterior a partir de sus límites políticos de aproximadamente 20 Km de ancho; para incluir sismos de importancia con epicentros cercanos, incluye sismos en parte del Golfo de México. En algunos reportes, se realizó el cambio de horario, considerando el horario de verano e invierno vigente. Se ajustaron coordenadas y magnitudes, estas últimas a escala M_S mediante la técnica de ajuste de Valor b (valores negativos se asentaron como ceros). Se consultaron estudios a detalle de eventos particulares, con localizaciones y magnitudes más actuales y precisas, y a éstos, se les dio prioridad. Finalmente cada evento se enlista en el catálogo, como se muestra en la tabla 2 y contiene información de 3244 eventos (Fig.2).

Código: x-

Tabla 2.- Ejemplo del formato del catálogo de sismos instrumentales

No.	Año	Mes	Día	Hora	Minuto	Longitud	Latitud	Magnitud M_S	Profundidad Km	Referencia
2856	2002	1	26	12	54	-94.31	17.39	2.9	172	6
2857	2002	1	30	8	42	-95.97	18.10	5.4	109	6
2858	2002	2	3	16	56	-94.64	17.31	2.4	50	6

Referencia: Indica las fuentes de información

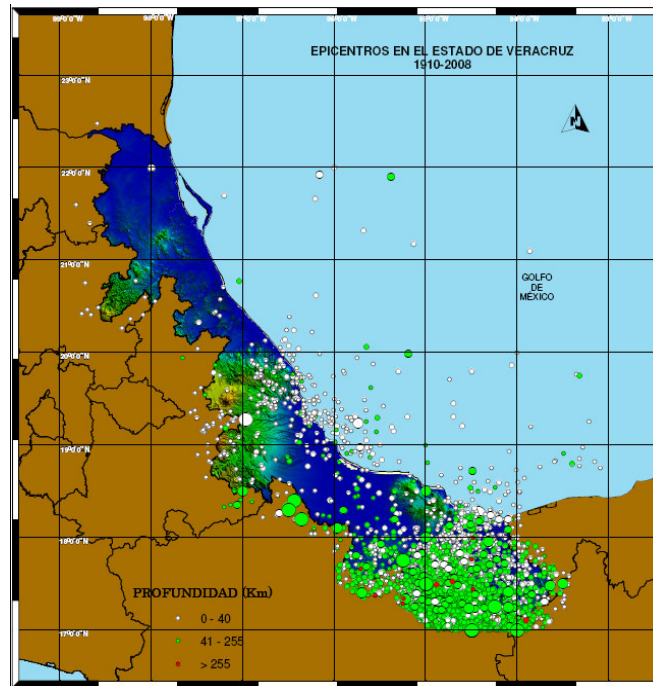


Fig. 2.-Epicentros en el Estado de Veracruz (1910-2008).

Períodos de Reporte Homogéneo

La figura 3 indica que a partir de 1959 se inicia un incremento en la capacidad de detección de la sismicidad regional. Por tal razón el análisis de la sismicidad de la región se debe realizar para el periodo 1959-2008, dada la mayor cantidad de eventos que aparecen en el catálogo y donde se tiene un reporte más homogéneo y continuo. En la figura 4, se muestra la sismicidad acumulada, con respecto al tiempo. Se consideran los eventos con magnitudes $M_S \geq 0.1$ y se determinan cortes cada 0.1. Las curvas rojas son magnitudes menores a la magnitud de corte y las azules magnitudes mayores a la magnitud de corte. Cuando la pendiente de la curva es constante, significa que los reportes no manifiestan variación. Las variaciones en el trazo de la curva no es posible que ocurran por causas naturales, pues la amplia región que se analiza tiene diversos regímenes tectónicos, y los cambios en las condiciones de esfuerzo, no llegan a alterar a toda la región al mismo tiempo. Aquellas marcadas variaciones de la pendiente, nos indican que hubo algún cambio en la operación de la red y/o compilación de datos. La figura 5 muestra los resultados de aplicar el algoritmo GenAS, donde se observan cambios en la tasa de sismicidad, los cuales son representados por líneas horizontales, aquellas con valores de Z superiores a 2.595, indican que existe una variación con un grado de confiabilidad superior al 99%. Los valores positivos indican un decrecimiento y los valores negativos indican un incremento en la tasa de sismicidad.

Código: x-

Magnitud de completitud

El catálogo instrumental posee datos confiables a partir de la magnitud de completitud $M_c=2.7$ (Fig. 6). Se observa una desviación en la curva para sismos de magnitud $M_s \geq 6$, sin embargo esto puede ser a falta de un mayor número de registros en un período más largo. La figura 6 representa gráficamente la relación de recurrencia, donde M_c es la magnitud de completitud o magnitud mínima de reporte homogéneo durante un período, a partir de la cual los datos pueden representarse por una línea recta cuya pendiente es b . El valor de a es la tasa de sismicidad cuya magnitud describe la ocurrencia promedio de eventos (Reiter, 1990).

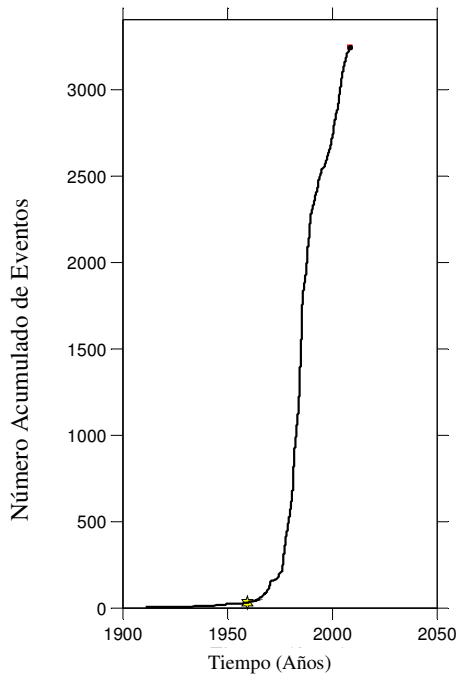


Fig. 3.- Número Acumulado de sismos.

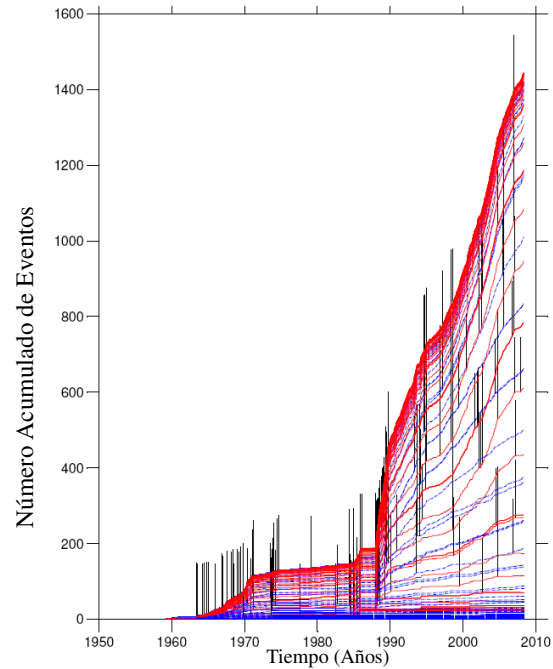


Fig. 4.- Gráfica de acuerdo al algoritmo GenAS

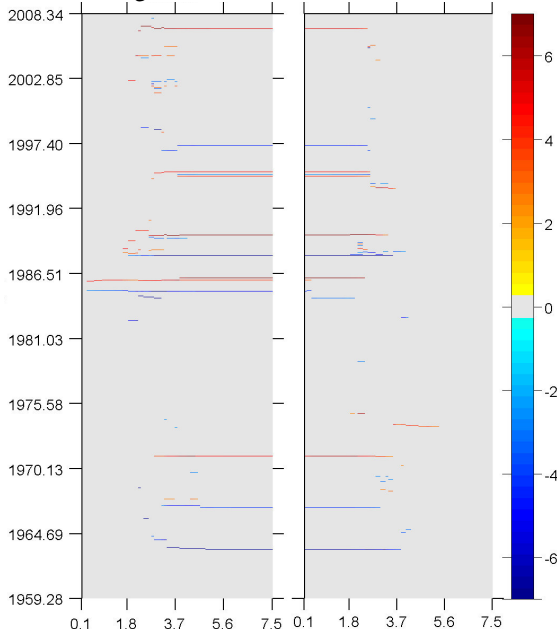


Fig. 5.- Gráfica de tiempo contra magnitud de corte y valor significativo de Z.

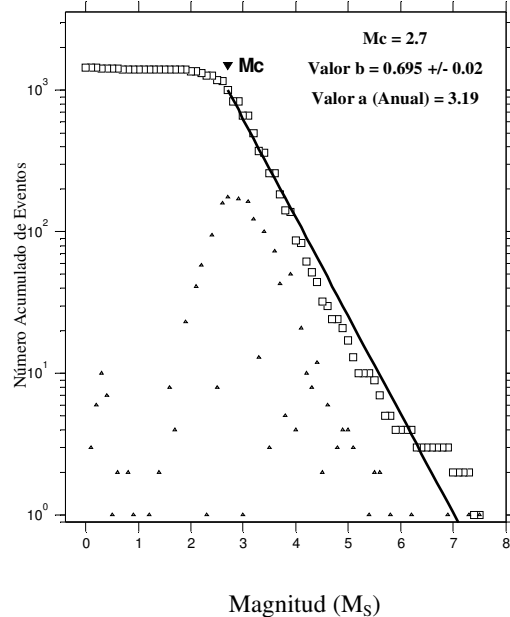


Fig. 6.- Relación Magnitud – Frecuencia.

Código: x-

Actividad Sísmica en el Estado de Veracruz

La sismicidad es de mayor densidad al centro y sur del Estado. Al centro con menor tasa de sismicidad, y en su mayoría asociados a eventos intraplacas someros o poco profundos, sismos similares tienen un gran potencial destructivo en las construcciones. Destacan sismos como: el de Xalapa(4/1/1920) con $M_S=6.4$, Jáltipan(26/8/1959) con $M_S=7.5$ Veracruz (11/3/1967) con $M_S=5.6$ y Orizaba(28/8/1973) con $M_S=7.3$. Las figuras de la 7 a la 10 muestran la distribución de los sismos con diferentes rangos de magnitudes y profundidades.

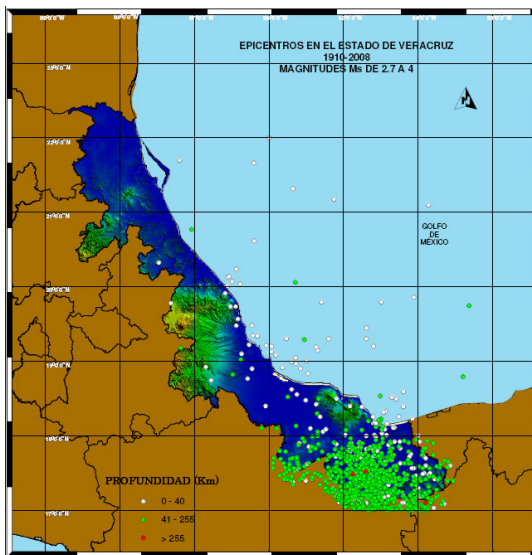


Fig. 7.- Magnitudes de 2.7 a 4

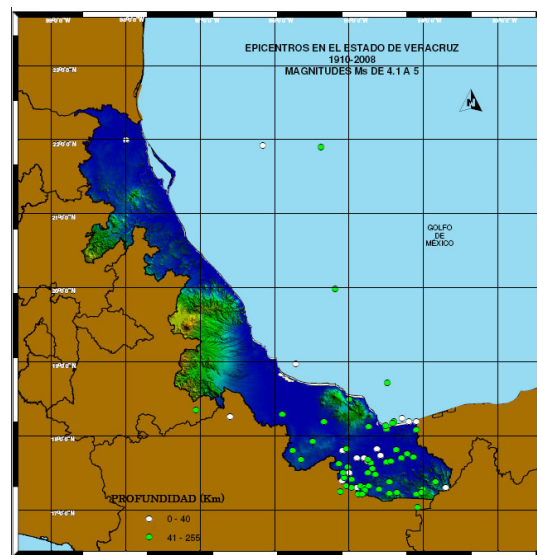


Fig. 8.- Magnitudes de 4.1 a 5

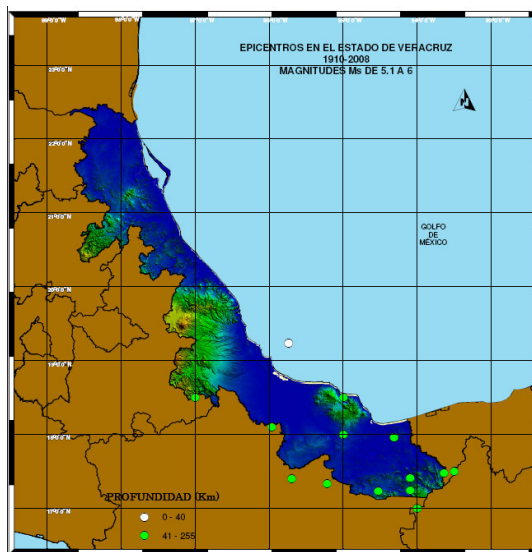


Fig. 9.- Magnitudes de 5.1 a 6

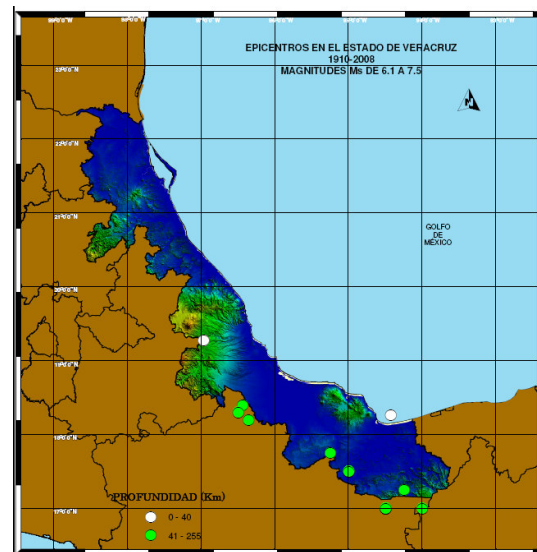


Fig. 10.- Magnitudes de 6.1 a 7.5

Sismos en el Estado de Veracruz a través del tiempo

En los histogramas siguientes, los sismos corresponden al periodo de estudio considerado como completo y homogéneo (1959-2008), con magnitud $M_S \geq 0.1$. Los eventos que al estandarizar a M_S dan cero, no se consideran para el análisis, de lo contrario podría apreciarse una gran cantidad de éstos eventos, sin embargo obtenemos que, durante este periodo, se

Código: x-

presenta un mayor número de sismos de pequeña y mediana magnitud, aunque también, se observa la escasa, pero significativa ocurrencia de eventos de magnitudes grandes (Fig.11). A los sismos con profundidad indefinida, se les consideró de 33 kilómetros como sismos de subducción, por lo que se debe tener precaución al estimar parámetros con base en los datos listados. En la figura 13 se aprecia que además de éstos sismos se presentan sismos cercanos a los 150 y 200 kilómetros de profundidad. También se observa que a pesar de ser evidente el incremento de eventos poco antes de 1990, no es a consecuencia de una mayor actividad sísmica sino de una mayor instrumentación. También se observa el caso contrario.

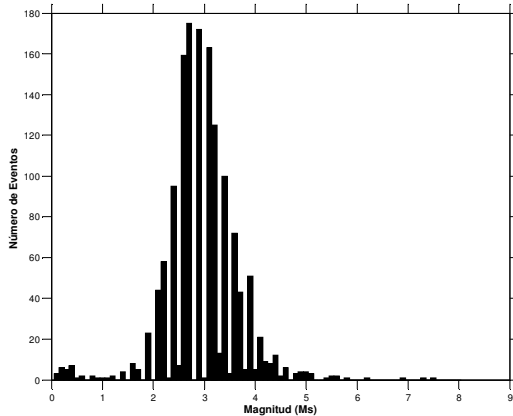


Fig. 11.- Número de eventos acumulados contra Magnitudes (M_s).

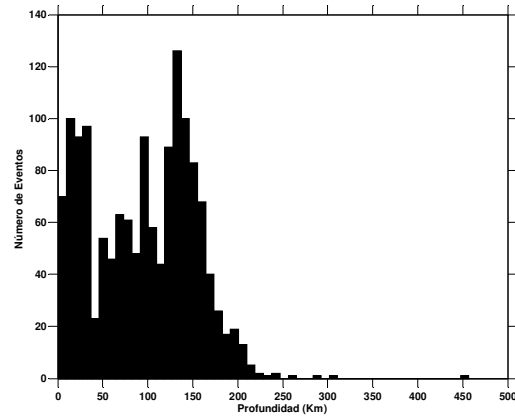


Fig. 12.- Número de eventos acumulados contra Profundidad (Km).

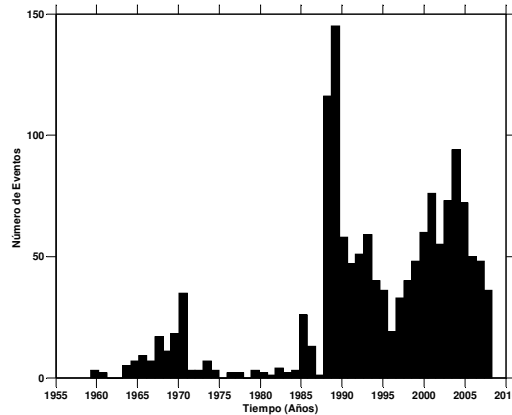


Fig. 13.- Histograma número de eventos acumulados contra tiempo (Años).

Conclusiones

Ante el reto de crecimiento de un Estado como Veracruz, los ingenieros civiles debemos recurrir a reglamentos de construcción que se apeguen a las condiciones locales para el análisis, diseño y construcción de las estructuras resistentes a los sismos. Además, por la cercanía con ciudades importantes en el Estado, tanto al centro como al sur del mismo, los sismos representan un peligro potencial que no debe menospreciarse. Por ello, conocer el peligro y disminuir el riesgo en las construcciones principalmente, puede suavizar los efectos sociales, económicos y ambientales de un sismo, y es el camino correcto que nos permitirá contar con las herramientas para la prevención de desastres.

Código: x-

Referencias

- Riquer G. et al. (2008). Ampliación de la red de registro sísmico basada en una regionalización sismotectónica preliminar del Estado de Veracruz. En Memorias del XVI Congreso Nacional de Ingeniería Estructural. Veracruz, México.
- Zúñiga F.R. (2008). Catálogo de la sismicidad de México, sin publicar.
- Castro R. y Nava E. (1986). Análisis de la actividad sísmica local en la zona de Laguna Verde, Ver., durante 1985. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Zúñiga F.R. y Wyss M. (1995). Inadvertent changes in magnitude reported in earthquake catalogs: Influence on b-value estimates. Bulletin of the Seismological Society of America, V.85, 1858-1866.
- Zúñiga R. et al. (1997). Proyecto: Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe. Reporte final, Capítulo 2; Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa, Canadá.
- Bendito A. et al. (2002). Variación espacio-temporal de los parámetros de recurrencia sísmica en el occidente de Venezuela. Boletín técnico instituto de materiales y modelos estructurales, Vol.40, No.1 UCV.
- Rivero P. et al. (2005). Análisis de posibles actividades precursoras en el occidente venezolano. Boletín técnico instituto de materiales y modelos estructurales, Vol.43, No.1 UCV.

Agradecimientos

Al M. en C. Javier Lermo Samaniego, Investigador del Instituto de Ingeniería, UNAM, por su invaluable apoyo para la realización de este trabajo.

Estos trabajos son financiados por Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Veracruz Llave (FOMIX) y forma parte del proyecto: "Propuesta de zonificación sísmica para el Estado de Veracruz" (2007-2009).