

**MINISTERIO DE CIENCIA,
TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE**

CENAIIS-CITMA

**TALLER SOBRE MANEJO DE RIESGO
SISMICO**

**PELIGROSIDAD Y RIESGO SISMICO EN
CUBA**

AUTOR: Ing. Leonardo Alvarez

SANTIAGO DE CUBA
1995.



Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales

PELIGROSIDAD Y RIESGO SISMICO EN CUBA

Leonardo Alvarez

Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas

La peligrosidad o amenaza y el riesgo sísmicos son dos conceptos diferentes pero estrechamente relacionados. En la peligrosidad o amenaza entran a jugar factores exclusivamente sismológicos. Ella no es más que la probabilidad (valor entre 0 y 1) de que los terremotos provoquen un efecto determinado en un lapso de tiempo específico. El más común de los efectos considerados es la intensidad sísmica (valor entre I y XII), que no es más que una medida de como el terremoto afecta a las personas, los animales, las construcciones y el medio ambiente. Sin embargo, para los constructores son más útiles otras medidas del efecto, siendo el más requerido por ellos el valor de la aceleración horizontal máxima a esperar. El lapso de tiempo a considerar varía en dependencia de los objetivos. Si se considera el período de recurrencia o de retorno (un 63 % de probabilidad de ocurrencia) son habituales los valores de 100 años para construcciones corrientes, como es el caso de la norma actual vigente en Cuba (NORMA CUBANA, 1985), y 10 000 años para obras especiales como las centrales electrónucleares. No obstante está bastante generalizado, y la nueva propuesta de norma así lo incluye, el considerar los efectos (aceleración horizontal) que no pueden ser igualados o excedidos con una probabilidad de 0.9 en 50 años.

El paso al riesgo sísmico incluye considerar la vulnerabilidad y el "valor". La vulnerabilidad es un factor que se mide también entre 0 y 1, y nos indica, para un efecto específico (que ya fue determinado en los estimados de la peligrosidad o amenaza), que parte de una obra civil cualquiera es afectada en caso de ocurrir ese efecto (la aceleración, la intensidad o cualquier otro parámetro que se este usando). Como es lógico suponer, la afectación a obras civiles puede provocar víctimas, sean fatales o no, y los estudios de vulnerabilidad para grandes ciudades deben contener estimados de las víctimas a esperar.

Si dejamos hasta aquí el análisis no llegamos hasta el riesgo sísmico. Para ello es imprescindible considerar el valor monetario de las obras bajo amenaza sísmica. El riesgo se estima de forma muy simple como:

$$\text{riesgo} = \frac{\text{peligrosidad}}{\text{amenaza}} \times \text{vulnerabilidad} \times \text{valor}$$

y es utilizada en lo fundamental por las compañías de seguros para determinar las primas a cobrar por seguro contra terremotos.

En Cuba los esfuerzos fundamentales de las investigaciones sismológicas han estado dirigidos hacia la solución del primero de los problemas; la estimación de la peligrosidad sísmica.

A fines de los años 60 se hizo el primer mapa de zonación basdo en las intensidades máximas sentidas en toda Cuba (Alvarez, 1970). Sobre esa línea se preparó un nuevo mapa a fines de los años 70, que incluía además algunos criterios cuantitativos (Chuy y Rodríguez, 1980). Este último mapa de intensidades a esperar en 100 años fue actualizado con posterioridad (Chuy et al., 1983) y es el que está incluido en la norma para construcciones sismo-resistentes actualmente vigente.

En las investigaciones iniciales para la CEN de Juraguá a fines de los 70 se comenzó a trabajar con un nuevo enfoque el problema de la peligrosidad sísmica, acorde con los requerimientos internacionales (Fremd y Shebalin, ed., 1983). Este trabajo sirvió de base para el desarrollo posterior de las investigaciones sismológicas en 3 líneas fundamentales (delimitación de zonas fuente o de origen de terremotos, establecimiento de las características magnitud - frecuencia de ocurrencia de terremotos y determinación de los patrones de atenuación de las intensidades) y condujo, a mediados de los 80, a estimados de la peligrosidad sísmica cualitativamente diferentes a los anteriores (Alvarez y Bune, 1985; Alvarez et al., 1985; Rubio, 1985; Alvarez et al. 1991), donde en lugar de un solo mapa se presentaba un conjunto de ellos, fundamentalmente del tipo:

- intensidades a esperar para períodos de recurrencia (o retorno) de 100, 500, 1000 y 10000 años.
- intensidades que no pueden ser igualadas o excedidas con probabilidad de 0.7 ó 0.9 para tiempos de espera de 20 y 50 años.

Estos mapas pretendían dar mejores opciones para la toma de decisiones que el mapa simple incluido en la norma de construcciones sismo-resistentes. Lamentablemente no se realizó una revisión de la norma y no fueron incluidos los nuevos mapas; tan solo fueron publicados en el Nuevo Atlas Nacional de Cuba (Alvarez et al, 1989). En ellos se usan 2 conceptos diferentes:

- período de recurrencia o retorno: intervalo medio de ocurrencia de eventos con intensidad mayor o igual que el valor I (representado en el mapa)
- tiempo de espera: habitualmente se toma como el tiempo de vida útil de una construcción, durante el cual se espera que no ocurran sacudidas como la especificada en el mapa con el nivel de probabilidad indicado.

La escala de estos mapas fue de 1: 2 000 000 y no reunían los requisitos para ser utilizados para la estimación de la peligrosidad sísmica en los lugares de emplazamiento de objetivos

nucleares o hidrotécnicos. Esto motivó la realización en el período 1988-1994 de diversos trabajos mas detallados por regiones (occidental, central y oriental) que respondían a objetivos específicos: Centro de Investigaciones Nucleares (CIN), CEN Juraguá -2a etapa, Depósito de residuos radiactivos - Taller 9, CEN Holguín, Complejo Hidroenergético Toa-Duaba (Orbera et al., 1990; Mirzoev et al., 1990; Chuy et al., 1992; González et al., 1993). Como resultado se obtuvieron mapas a escala 1: 1 000 000 del mismo tipo de los anteriormente mencionados a escala 1: 2 000 000, pero en algunos casos incluyendo, aparte de la intensidad, estimados en términos de aceleración, velocidad y desplazamiento. El trabajo concluido más recientemente fue la generalización de los resultados para el CIN, la CEN Juragua - Taller 9 y el Toa Duaba en un solo mapa de aceleraciones que no pueden ser igualadas o excedidas en tiempos de espera de 50 años con un nivel de 0.9 de probabilidad (Chuy y Alvarez, inédito)

Sin embargo no se pueden considerar concluidos estos trabajos. Actualmente está en ejecución un proyecto de zonación sísmica de Cuba, que está sometiendo a una revisión crítica todos los datos iniciales usados en los distintos trabajos de estimación de la peligrosidad sísmica realizados hasta la fecha, donde se deben realizar nuevos estimados por diferentes metodologías y que al final tendrá como resultado un mapa de zonación sísmica de Cuba obtenido con las más modernas técnicas de procesamiento de la información.

Debe señalarse que los estimados de peligrosidad sísmica se dan para grandes áreas y reflejan el comportamiento medio esperado de los suelos en caso de terremotos. Ellos deben ser obligatoriamente complementados con los estudios de microzonación que caracterizan la influencia de los suelos sobre la intensidad de las oscilaciones. Trabajos de este tipo han realizado para las ciudades de Santiago de Cuba, Guantánamo, San Luis, Palma Soriano y numerosos emplazamientos de obras industriales.

Antes de concluir, debe señalarse que estudios de vulnerabilidad sólo se han realizado para la ciudad de Santiago de Cuba y para algunas obras industriales, y no se tienen noticias de que se haya llevado a cabo algún trabajo de evaluación del riesgo sísmico.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, H. (1970): Intensidad sísmica de Cuba. En: Atlas Nacional de Cuba, p. 20. La Habana.
- ALVAREZ, L.; BUNE, V.I. (1985): Sacudibilidad sísmica de Cuba oriental (en ruso). Fizika Zemli, No. 10, pp. 3-12.

- ALVAREZ, L. et al. (1989): Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Sección "Características Geofísicas", Peligrosidad sísmica de Cuba. Madrid, 1989, p. II.3.3
- ALVAREZ, L.; CHUY, T.; COTILLA, M. (1991): Peligrosidad sísmica de Cuba. Una aproximación a la regionalización sísmica del territorio nacional. Revista Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, vol 35, pp. 125-150.
- ALVAREZ, L.; RUBIO, M.; CHUY, T.; COTILLA, M. (1985): Informe final del Tema 31001 "Estudio de la sismicidad del Caribe y evaluación preliminar de la peligrosidad sísmica en Cuba". Fondos del CENAIIS, MCTMA.
- CHUY, T.; ALVAREZ, L.; ZAPATA, J.; GONZALEZ, B. et al. (1992): Investigaciones sismológicas complejas para el Complejo Hidroenergético Toa-Duaba. Informe, Fondos del CENAIIS, MCTMA.
- CHUY, T.; GONZALEZ, B.E. y ALVAREZ, L. (1983): Sobre la peligrosidad sísmica en Cuba. Investigaciones Sismológicas en Cuba, No. 4, pp. 37-52.
- CHUY, T.; RODRIGUEZ, M. (1980): La actividad sísmica de Cuba por datos históricos. Investigaciones Sismológicas en Cuba, No. 1, pp. 5-17.
- FREMD, V.M.; SHEBALIN, N.V., ed. (1983): Investigación de la sismicidad en zonas sísmicas de baja actividad (Cuba central) (en ruso). Moscú, NAUKA, 136 p.
- GONZALEZ, B.E. et al. (1993): Estudio sismológico regional complejo de Cuba centro oriental para el emplazamiento de objetivos nucleares. Informe, Fondos del CENAIIS, MCTMA.
- MIRZOEV, K.M. et al. (1990): Informe de estimación de la peligrosidad sísmica (en ruso). CEN Holguín, Tomo 1, Trabajos Sismológicos, Libro 9, partes 4/1 y 4/2. Fondos del MINBAS.
- NORMA CUBANA (1985): Elaboración de Proyectos de Construcción. CONSTRUCCIONES SISMO-RESISTENTES. Especificaciones de proyecto y métodos de cálculo. NC 53-114. La Habana, CEN, 60p.
- ORBERA, L.; GONZALEZ, B.; CHUY, T.; ORO, J. (1990): Investigación sísmica en la región de emplazamiento del Centro de Investigaciones Nucleares. Informe, 344 p. + anexos gráficos, Fondos del CENAIIS, MCTMA.
- RUBIO, M. (1985): The assesment of seismic hazard for the Republic of Cuba. Proceedings of the 3rd. International Symposium on the Analysis of Seismicity and on Seismic risk, Liblice Castle, Czechoslovaqia, June 17-22, pp. 424-431.