

**MINISTERIO DE LA CIENCIA,
TECNOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE
CENAI - CITMA**

**TALLER SOBRE MANEJO DE RIESGO
SISMICO**

**ESTUDIO DE CASO: VULNERABILIDAD
EN SANTIAGO DE CUBA.**

AUTOR: Ing. Ricardo Oliva Alvarez.

SANTIAGO DE CUBA
1995.



Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales

RESUMEN

La ciudad de Santiago de Cuba, segunda en importancia, se encuentra ubicada en la zona con mayor peligro sísmico del país. sus construcciones son de diferentes tipologías (A,B y C según la escala sísmica MSK), estado técnico (bueno,regular y malo) y época de construcción (del siglo XVI al XX), donde habitan alrededor de 400,000 personas para una densidad de población de 423 hab/Km2.

Para fundamentar el plan de medidas para casos de catástrofes correspondiente a sismos y una política adecuada de planificación, armonización, proyección y construcción se realizó un análisis de la vulnerabilidad de las viviendas a nivel de manzanas, donde se valoró el riesgo sísmico (daños a las viviendas y estimados generales de pérdidas humanas) y se estableció el índice de vulnerabilidad de las manzanas, clasificandose la misma en alta, media y baja. Las instalaciones de salud y educacionales fueron tratadas de igual forma, independientemente de su ubicación espacial.

Como resultado principal del presente estudio se presenta un mapa esquemático de la vulnerabilidad de la ciudad de Santiago de Cuba, (en una escala original de 1:10 000).

INTRODUCCION

Adoptamos la definición de vulnerabilidad propuesta por los órganos del sistema de Naciones Unidas, grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos sometidos a riesgo de ocurrencia de un evento sísmico.

La ciudad de Santiago de Cuba, la segunda en importancia y la de mayor densidad poblacional de la República de Cuba, está sometida a un mayor peligro sísmico, debido a su cercanía a la zona de contacto entre las Placas Litosféricas de Norteamérica y del Caribe, la cual es capaz de producir eventos sísmicos de magnitud mayor que 7, con efectos en la ciudad de VII a IX grados de intensidad (Escala MSK) y aceleraciones superiores al 25% de la gravedad. En el pasado ha sido afectada por 21 sismos fuertes, por lo que es lógico suponer que en el futuro será afectada por sismos de iguales características.

Más del 90% de sus edificaciones están ubicadas en zonas de grados VIII y IX, según los trabajos de microzonificación sísmica realizados. Predominan las construcciones de tipo A y B de la referida en la escala sísmica y un gran porcentaje de las edificaciones se encuentran en estado técnico de regular a mal y no poseen diseño sísmoresistente; esta situación se torna más compleja si tenemos en cuenta que el relieve de la ciudad es accidentado y las edificaciones se han adaptado al mismo; además, las calles de la parte más antigua de la ciudad son muy angostas y pueden ser obstruidas fácilmente, dificultando las labores de rescate y reparación de averías.

Otro aspecto que motivó la realización de este estudio, fué que la recurrencia de sismos fuertes, es de aproximadamente de 60 a 70 años el último ocurrió en 1932 con intensidad media en la ciudad de VIII grados.

Los resultados de este estudio han sido considerados en el Plan Director de la ciudad. el Plan de Medidas para caso de Catástrofes correspondiente a sismo y para observar determinadas normas preventivas aún antes de que ocurra un terremoto fuerte para evitar la improvisación de acciones.

CARACTERISTICAS DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA

En la ciudad de Santiago de Cuba existen construcciones con características arquitectónicas, técnicas constructivas, materiales y edad muy diversas. Algunas instituciones como la de Planificación Física y de la Vivienda han utilizado diferentes criterios para su clasificación por lo que se realizó una revisión de esta y se agruparon de acuerdo con la clasificación de la escala MSK (A,B y C).

De acuerdo con el período de construcción, se diferenciaron en tres grupos:

- Edificaciones coloniales (construidas antes de 1900)
- Edificaciones republicanas (1901 - 1958)
- Edificaciones de etapa revolucionaria (1959-)

Las edificaciones coloniales están formadas por un entramado de maderas de vigas y columnas bien unidas, de uno o dos niveles, las paredes de ladrillos, agregados, cujes y madera; la cubierta de tejas criollas o francesas sobre un entablado. Estas construcciones tienen cierta protección contra los sismos adquirida de la sabiduría popular.

Las edificaciones Republicanas se caracterizan por técnicas y estilos arquitectónicos importados de Europa y E.U.A. abandonándose hasta cierto punto las tradiciones constructivas heredadas hasta ese momento y basadas en las características propias del lugar: zona sísmica, altas temperaturas, escasez de agua, ciclones, etc. Se aplicó el hormigón armado, la mampostería y el acero, estas edificaciones no tienen un diseño sísmoresistente.

En esta época, alrededor del centro histórico, se fueron desarrollando los barrios obreros, que realizaron sus construcciones con medios propios, predominando el factor económico, las mismas eran construidas con materiales de mala calidad y los ladrillos se colocaban de forma alicatada. Este tipo de construcción y las anteriormente señaladas sufrieron fuertemente durante el terremoto del 3 de febrero de 1932 (M=6.75 Richter).

La etapa revolucionaria se ha caracterizado por el auge de la actividad constructiva, empleándose diferentes técnicas y diversos materiales de construcción, así como sistemas prefabricados para obras de tipo social, viviendas e industrias. Entre los siguientes prefabricados para obras de tipo social, viviendas e industrias. Entre los sistemas prefabricados más utilizados en la ciudad mencionaremos los siguientes:

- Sistema Gran Panel (Soviético) de 2 a 5 niveles, viviendas
- Sistema I.M.S (Yugoeslavo) de 2 a 18 niveles, viviendas
- Sistema E-14 (Cubano) hasta 5 niveles, viviendas
- Sistema Girón (Cubano) fundamentalmente para obras sociales
- Sistema Sandino (Cubano) viviendas, muy poco utilizado
- Sistema S.A.E (Cubano) un solo caso

Todos están concebidos para soportar las cargas sísmicas características de esta región.

Los pobladores han construido, reparado y ampliado sus viviendas sin un control riguroso del empleo de normas sismoresistentes. El uso de bloques de hormigón se ha generalizado bastante en esta etapa.

Materiales y Metodos

Para el análisis de la vulnerabilidad sísmica se utilizó la siguiente información:

- Poblacion, tipologia constructiva y estado técnico de los construcciones archivos del Instituto de Planificación Física, del Instituto de la Vivienda y del Comité Estatal de Estadísticas; el dato utilizado de población fue el residente (censos de 1981 y 1986) y se asume que el sismo ocurra en horas en que la mayoría de las personas estan en sus casas.
- Intensidad sísmica a esperar para cada manzana tomada del mapa de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba (Gonzalez B. et al., 1984), esquematizado a escala 1: 10,000.
- Fallas geológicas que atraviesan la ciudad tomadas del Análisis ingeniero geológico de Santiago de Cuba y sus alrededores, escala 1:25 000,a (Heredia N., 1983).
- Cotas topograficas del terreno y alturas de las edificaciones, tomadas del mapa topográfico a escala 1:2,000 editado por el Instituto de Geodesia y cartografía (1986).
- Datos sismológicos del Instituto de Geofísica y Astronomía.

Para el cálculo de la vulnerabilidad se procedió de la forma siguiente:

- 1.- La vulnerabilidad de la manzana (v) se forma como la sumatoria de los siguientes índices: el de pérdidas humanas (PH), el de pérdidas de las construcciones (PC), el de la calidad de las construcciones (CA), de la altura (AL) y el de pendiente del terreno (PE) o sea que: $V = PH + PC + CA + AL + PE$. Como se mencionó en la parte introductoria del trabajo, la vulnerabilidad sísmica toma valores entre cero y uno (vulnerabilidades mínima o máxima respectivamente). Los autores seleccionaron los índices y rangos de valores que cada uno de ellos toman a partir del sentido práctico y la experiencia personal. Los rangos asignados a la vulnerabilidad son los siguientes: baja (0 a 0.25); media (de 0.26 a 0.5) y alta (0.6 a 1.0), de forma conservadora.
- 2.- El índice de pérdidas humanas se determina en función del número de víctimas fatales y heridos en la manzana (Martín J., y García A. 1984), y varía entre un valor máximo de 0.033 y mínimo de 0.
- 3.- El índice de pérdidas de las construcciones se valora en dependencia del número de construcciones colapsadas (NC) y del número de edificaciones dañadas (ND), se tiene en cuenta el grado sísmico de la manzana (Martín J., García A., 1984). El valor máximo es de 0.333 y el mínimo 0.
- 4.- El índice de calidad de las construcciones (CA) se determina en función del número de construcciones que se encuentra en cada estado técnico (bueno, regular y malo); este índice toma valores entre 0 y 0.1.
- 5.- El índice de altura (AL) se obtiene a partir de la cantidad de construcciones de un determinado número de niveles que existan en la manzana, toma un valor máximo de 0.03.
- 6.- El índice de pendiente (PE) se valora en dependencia del ángulo de inclinación del terreno, su valor máximo es de 0.004 y ocurre cuando el ángulo es igual o supera los 30 grados.

Resultados y Conclusiones.

De las 1,267 manzanas estudiadas (el 90% de las existentes en la ciudad), el 61.7% están ubicadas en zonas que pueden esperar efectos sísmicos de IX grados y el 38.3% de VIII grados. La mayor parte de las construcciones (59%), se localizan en áreas de grado IX, donde habita hasta el 64% de la población que vive de forma permanente en las manzanas. El 8.5% de las construcciones es del tipo A y el 29.8% de las construcciones se encuentran en estado técnico malo .

Las instalaciones de Salud y Educativas tienen una vulnerabilidad sísmica baja de forma mayoritaria (más del 80%).

El porcentaje de manzanas con vulnerabilidad sísmica alta y media es superior al 89% siendo su distribución de la forma siguiente: baja (10.7%), media (69.3%) y alta (20%), como se muestra en la Figura 1.

Las partes más vulnerables de la ciudad son aquellas donde predominan las construcciones de la época colonial (casco histórico) y la Republicana, con el 15% de las manzanas con vulnerabilidad alta.

Alrededor del 31.5% de las construcciones pueden sufrir daños graves, y el 43.9% de las construcciones pueden sufrir daños diversos (no graves).

Es posible esperar entre 1,000 a 2,000 víctimas fatales y entre 5,000 a 10 000 heridos. Estas cifras son apreciablemente mayores que las producidas por todos los terremotos que han sacudido a la ciudad con anterioridad, lo cual se corresponde con la población actual, la densidad de la población, su extensión y el estado técnico de las construcciones.

Además, es lógico pensar que por la antigüedad de las redes técnicas en algunos sectores de la ciudad (acueducto, electricidad, teléfonos, alcantarillados etc. y debido a que no están diseñadas para soportar cargas sísmicas, éstas puedan colapsar o sufrir serios daños; al igual que pueden existir escapes de sustancias nocivas como amoníaco, cloro, etc. e incendios, que pueden provocar mayores daños que los previstos en este estudio. Los viales angostos en la parte vieja de la ciudad dificultarán las labores de rescate por el grado de obstrucción que puedan alcanzar (el rescate de las víctimas atrapadas entre los escombros, según la experiencia internacional, debe realizarse en las primeras 72 horas posteriores al sismo para que sea alta la probabilidad de salvar la vida de los atrapados).

También debemos señalar que todavía no existe la suficiente cultura sísmica en la población, que permita condicionar correctamente la conducta a seguir en caso de terremoto fuerte y después de éste, aspecto en que se viene trabajando desde hace algunos años.

En base a la clasificación adoptada para la vulnerabilidad (baja, media y alta) se simbolizó ésta y se representó su distribución en el esquema de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba a escala 1:10,000, lo cual se muestra en la Figura 2. Es de destacar que en la ciudad se han construido más de 1,000 edificios prefabricados del tipo "Gran Panel", que alojan un porcentaje importante de población. Este tipo de proyecto tuvo un comportamiento excelente en la región de Spitak, Armenia (en diciembre de 1988), como pudieron apreciar en el terreno los autores del presente trabajo (ningún edificio correspondiente a este tipo de proyecto colapsó o fué demolido con posterioridad).

Grandes áreas urbanizadas poseen este tipo de edificios como los Distritos: José Martí, Antonio Maceo y Abel Santamaría (el último de gran extensión y fuera del área señalada en la Figura 2).

Este trabajo fue culminado en 1989, en la actualidad se está realizando un trabajo detallado en la ciudad a nivel de cuadra con una base de datos automatizada y la creación de un programa con la salida gráfica del inventario urbano con la valoración de la vulnerabilidad y otras particularidades que influyen en la misma.