

# Análisis de la Vulnerabilidad de las Construcciones Educativas y de Salud en la ciudad de Santiago de Cuba, Cuba.

Sierra L., Oliva R. y Marisy J.  
Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas

## RESUMEN

Se presenta un análisis preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones que se utilizan en la ciudad de Santiago de Cuba, para los centros educativos y de la salud, tales como círculos infantiles, hospitales, escuelas, y policlínicos sobre la base del tipo de construcción, estado y calidad actual de las mismas.

Se consideró para esta valoración su ubicación en las zonas de diferentes riesgos planteados en los mapas de microzonificación y vulnerabilidad sísmica de la ciudad.

## ABSTRACT

The preliminary analysis of Seismical Vulnerability of building used in Santiago de Cuba for health and educational purposes, as children daycase centers, hospitals, schools, polyclinicals, etc, taking into account the type of construction, quality of building and present status.

Their ubication considering different risk areas, such defined on the microzoning and seismic vulnerability maps of the city is taken into account.

## INTRODUCCION

Desde tiempos remotos el hombre ha ajustado sus soluciones habitacionales a los requerimientos del medio ambiente. Las construcciones más duraderas han sido aquellas capaces de resistir tanto las acciones propias del procedimiento del uso, como la de las distintas amenazas naturales, entre las que se incluyen las causadas por terremotos.

Durante el presente siglo y como resultado de la aplicación de los principios de la resistencia de materiales y del análisis estructural, ese lento y costoso proceso de acumulación de experiencias, es rápidamente sustituido por una elevada capacidad para reproducir el comportamiento de estructuras sometidas a acciones externas.

Paralelamente, el crecimiento acelerado de núcleos poblacionales con la consiguiente concentración de personas y bienes en una sola edificación y el desarrollo vertical de éstas, crea otras nuevas situaciones, especialmente en las zonas donde es mayor la peligrosidad sísmica.

Es por todo ello que se realizan investigaciones con vistas a mejorar las normas constructivas, crear los mecanismos de control necesarios y elevar el conocimiento de cómo y dónde construir. Las experiencias acumuladas están siendo estudiadas a nivel mundial, habiéndose logrado algunos adelantos en este importante aspecto de la ciencia en aras de salvaguardar la vida del hombre ante los desastres sísmicos.

En Cuba se han realizado estudios que permiten por sus resultados acometer una serie de medidas tendientes a disminuir el riesgo a que están sometidas las estructuras. Entre estos estudios se destacan el Mapa de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba (1 y 2), que permitió una evaluación más detallada de la peligrosidad sísmica en cada una de las zonas definidas. En este trabajo se establecen además, los diferentes grados de intensidad probables a esperar al producirse sismos perceptibles y fuertes en las zonas sismogeneratoras potencialmente peligrosas para esta ciudad.

Posteriormente y teniendo en cuenta esos resultados conjuntamente con una evaluación cuantitativa de los tipos constructivos; así como su distribución, uso, estado actual, densidad poblacional y elementos geólogo-tectónicos locales se obtuvo el Mapa de la Vulnerabilidad Sísmica (3) el cual permitió subdividir la ciudad en zonas con diferentes niveles de riesgo de acuerdo a las condiciones de cada elemento en caso de un evento de gran intensidad.

Con estos antecedentes y conociendo de experiencias anteriores (4 y 5), se desarrolló este trabajo que persigue el objetivo de analizar la situación en que se encuentran las obras de educación y la salud en la ciudad de Santiago de Cuba, desde el punto de vista de la Vulnerabilidad Sísmica.

#### **CARACTERISTICAS DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA.**

La vulnerabilidad de una región es variable en el tiempo, dependiendo de los cambios que puedan sufrir los elementos considerados y de las condiciones socio-políticas y económicas a que esté sometida.

Vulnerabilidad Sísmica, en correspondencia con lo establecido por la UNDR0 (6) no es más que el grado de pérdida de un elemento o un conjunto de éstos, que corren riesgos como consecuencia de este fenómeno natural.

Un sismo de gran intensidad ( $I \geq 7$ ) puede producir destrucción en una región o localidad dada, según la vulnerabilidad de ésta. Los elementos que corren riesgos serán dañados en mayor o menor grado en dependencia de una serie de factores entre los que se encuentran:

- la violencia de las sacudidas sísmicas,
- la interacción suelo-estructura,
- la calidad del material de las construcciones,
- el uso de las normas constructivas,
- el tipo de edificaciones y su estado técnico,
- la densidad poblacional y otros.

La vulnerabilidad sísmica (V) está comprendida entre los valores de 0 a 1 (3) de la siguiente forma:

$V = 0$	.....	no vulnerable
$0 < V \leq 0,25$	.....	vulnerabilidad baja
$0.25 < V \leq 0,50$	.....	vulnerabilidad media
$0.50 < V \leq 1$	.....	vulnerabilidad alta

La ciudad de Santiago de Cuba es considerada la de mayor vulnerabilidad sísmica de la isla, debido fundamentalmente a:

- su cercanía al contacto entre las placas de Norteamérica y del Caribe, que es la principal zona sismogeneradora de la región y en la que se han reportado sismos de magnitudes  $M > 7$ , llegando a producir Intensidades de hasta IX grados (MSK) en esta propia ciudad (7).
- se encuentra enclavada en el bloque tectónico activo limitado por las fallas Boniato, Baconao, y Bartlett-Caimán.
- el territorio donde está ubicada tiene características ingeniero-geológicas complejas que pueden incrementar las amplitudes sísmicas (8).
- es una de las ciudades más densamente pobladas de Cuba, con 444.592 habitantes.
- el estado técnico de muchas de sus construcciones se encuentra entre regular y malo, debido fundamentalmente a que fue una de las primeras villas fundadas (1514) y ha sido además afectada por 21 terremotos de gran intensidad.
- abundan la tipología constructiva A y B que son las de menor resistencia sísmica según la escala MSK.
- existen muchos centros que almacenan sustancias nocivas capaces de producir focos secundarios (escape de gases, incendios y otros).
- un gran porcentaje de sus edificaciones están construidas por medios propios, muchas de las cuales no cumplen las Normas Sísmicas establecidas.

## CONSIDERACIONES ACERCA DE LA VULNERABILIDAD DE LAS OBRAS EDUCACIONALES Y DE SALUD.

Luego de la amarga experiencia de los terremotos ocurridos en México (19 de septiembre de 1985) y en Armenia (7 de diciembre de 1988) y el conocimiento de que la ciudad de Santiago de Cuba se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico, se concibió la necesidad de confeccionar el Plan de Medidas para Caso de Sismos de Gran Intensidad en esta ciudad (9), el cual se elaboró a nivel de Distritos y Centros de Trabajo.

No obstante, se hacía necesario lograr un mayor grado de detalle de este plan, por lo que se valoró la posibilidad de realizar estudios de diferentes objetivos socio-económicos que fueran foco de posibles grandes daños materiales y humanos, tales como escuelas, hospitales, cines, teatros, centros deportivos, centros que manipulan productos nocivos, entre otros.

En el caso de los centros hospitalarios y estudiantiles se tuvieron en cuenta con nivel prioritario por:

- En ellos se encuentra la mayor concentración de personas a cualquier hora del día.
- En ellos radican permanentemente la mayor cantidad de personas sin condiciones de autodefensa (enfermos, niños, impedidos físicos y mentales, ancianos y otros que presentan distintos padecimientos físico-motores).
- En experiencias anteriores han sido estas edificaciones las que han tenido mayores afectaciones humanas (terremotos de México, California, Armenia, Japón, India y otros).

En la ciudad de Santiago de Cuba los dos primeros aspectos alcanzan un alto grado, por cuanto las mismas posibilidades que brinda el Estado para la salud y educación del pueblo, hacen que el número de personas en ellas sea elevado. De igual forma, existen muchas escuelas, círculos infantiles, policlínicos y demás, que se instalaron en edificaciones antiguas que presentan hoy un nivel desfavorable de riesgo sísmico.

La experiencia cubana se centra en las afectaciones tanto materiales como humanas, producidas específicamente en los terremotos de Jagüey Grande (10) en la región central de Cuba, el de Pílon en la región oriental (11) y el del 3 de febrero de 1932 en Santiago de Cuba (12) donde el 33 % de las víctimas se localizaron en centros hospitalarios.

Sobre estas consideraciones se desarrolló este trabajo y para ello se realizó un inventario de los centros educacionales y de la salud radicados en la ciudad, donde se tuvo en cuenta:

- su uso,
- tipología constructiva,
- estado técnico,

- año de construcción,
- cantidad de usuarios y
- ubicación geográfica.

Luego se ubicaron todas estas obras en las diferentes zonas en que se divide la ciudad de Santiago de Cuba, de acuerdo a la microzonificación y vulnerabilidad sísmica de la misma.

En las tablas 1 a la 4 se muestran los resúmenes de las instituciones de la salud y educación que fueron objetos de estudios, según su distribución en los diferentes Distritos de la ciudad de Santiago de Cuba.

Para realizar los cálculos se tuvo en cuenta la ubicación de las obras en las diferentes zonas de intensidad dadas por el Mapa de Microzonificación Sísmica.

La fórmula utilizada para el cálculo de la Vulnerabilidad Sísmica en función de las características de cada instalación fue:

$$V = D + E + C$$

donde:

- D - índice que representa el grado de pérdidas humanas; determinado en función del número de víctimas fatales y heridas. Su valor oscila entre 0 y 0.5. En este análisis se consideró la instalación trabajando a plena capacidad.
- E - índice que representa el grado de pérdida en las construcciones, determinado en función del número de instalaciones colapsadas (Ic) y dañadas (Id). Se tiene en cuenta el grado sísmico base considerado en el Mapa de Microzonificación y la tipología constructiva (se consideró VIII grados). Este índice toma valores entre 0 y 0.3
- C - índice que representa la calidad de las construcciones, determinado por el estado técnico de las mismas (Bueno, Regular y Malo). Su valor oscila entre 0 y 0.2.

En las tablas 1 a la 4 se presentan además los valores calculados de la Vulnerabilidad Sísmica para cada tipo de instalación.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos permiten realizar una valoración del comportamiento de las instalaciones de referencia en caso de ocurrencia de un evento de gran intensidad lo cual se refleja en los aspectos siguientes:

- las obras de la salud (hospitales, policlínicos y clínicas estomatológicas) en todos los Distritos presentan un índice de vulnerabilidad bajo.

- el área correspondiente al distrito "26 de Julio" (casco histórico), la de mayor densidad poblacional, se caracteriza por tener del total un 64,8 % de obras entre regular y mala y un 72,7 % del tipo A y B, lo que sumado a que se encuentra en la zona donde se esperan mayores incrementos de la intensidad, es la más vulnerable.

- las escuelas primarias en todos los Distritos son las que presentan mayor índice de vulnerabilidad, debido fundamentalmente a la concentración escolar y a las características estructurales de las instalaciones, lo que hace que el 38.7 % de la población escolar está sometida a riesgo en horario de clases.

Por lo que se dan las siguientes recomendaciones:

- que este trabajo sirva como base para continuar estudios más detallados de estos tipos de instalaciones; así como establecer los análisis correspondientes de otras edificaciones de uso público como cines, teatros, centros deportivos, hoteles y otros.

- elevar el nivel de información del personal que labora en estos centros con vistas a su preparación psicológica en caso de una catástrofe sísmica.

- analizar los valores de vulnerabilidad y sus causas en estas instalaciones para su utilización en la toma de medidas para reducir los niveles de riesgo sísmico a que están sometidas.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Los Autores quieren agradecer a las Direcciones de Salud y Educación de la Provincia de Santiago de Cuba su colaboración en la obtención de los resultados de este trabajo.

#### **BIBLIOGRAFIA.**

- 1.- Alvarez, H. et al (1982). "Metodología de la Microzonificación Sísmica de Santiago de Cuba."
- 2.- González, B.; Chuy, T. et al (1984). "Microzonificación Sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba."
- 3.- Oliva, R.; Rubio, R.; Marisy, J. (1988). "Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba."
- 4.- Martín, J. y García, A. "Estimación por su aplicación a Protección Civil de los daños que un terremoto catastrófico ocasionaría en Andalucía", IGN, España (1984).
- 5.- Martín, J. "Plan de Adecuación para Caso de Catástrofe Sísmica", IGN, España.

- 6.- UNDRO, Natural Disasters and Vulnerability Analisis Report of Expect Group Meeting (1978).
- 7.- Chuy, T.; Dzhuraev, R.; Alvarez, L.; t al (1988) "Informe Técnico de las investigaciones macrosísmicas en el territorio de Cuba Oriental y en la región de emplazamiento de las variantes No.2 y 10 de la CEN de Holguín. Fondos del CENAI S y de la UPI-CEN.
- 8.- Oliva, R.; Heredia, L; Seisdodos, J. (1982). " Análisis Ingeniero-Geológico de la ciudad de Santiago de Cuba y sus alrededores con fines constructivos."
- 9.- Oliva, R.; Domínguez, M.; Sierra, L. et al (1988). "Plan de Medidas en Caso de Sismos de Gran Intensidad de la ciudad de Santiago de Cuba.
- 10- Chuy, T.; Vorioboba, E. et al (1988). "El Sismo del 16 de diciembre de 1982". Corriente Jaguey Grande, provincia Matanzas.
- 11- Alvarez, L.; Serrano M. et al (1984). "El terremoto del 19 de Febrero de 1976. Pilón, región oriental de Cuba.
- 12- Inédito. Dpto. Sismología. "Informe del terremoto de 1932".

Tabla No.1

## DISTRITO "26 DE JULIO"

TIPOS DE OBRAS	CANTIDAD	ESTADO			TIPO			TOTAL POBLACION	V
		B	R	M	A	B	C		
Circuitos Infantiles	4	1	3	-	-	3	1	1048	0.09
Escuelas Primarias	15	4	8	3	3	9	3	8437	0.28
Escuelas Secundarias	7	-	5	2	2	4	1	4781	0.32
Escuelas Especiales	3	1	-	2	2	1	-	5271	0.20
Pre-Universitarios	12	2	9	1	1	10	1	1538	0.15
Escuelas Técnicas y de Oficios	6	3	3	-	1	3	2	4048	0.15
Hospitales, policlínicos y Clínicas Estomatológ.	7	7	-	-	-	-	7	4987	0.16
TOTAL (hasta Julio/89)	54	18	28	8	9	30	15	30110	0.88

Tabla No.2

DISTRITO "ANTONIO MACEDO"

TIPOS DE OBRAS	CANTIDAD	ESTADO			TIPO			TOTAL POBLACION	V
		B	R	M	A	B	C		
Circuitos Infantiles	6	6	-	-	-	-	6	1435	0.11
Escuelas Primarias	17	7	10	-	-	9	8	7710	0.25
Escuelas Secundarias	5	5	-	-	-	-	5	3675	0.12
Escuelas Especiales	1	1	-	-	-	-	1	779	0.06
Pre-Universitarios	3	1	2	-	-	3	-	330	0.07
Escuelas Tecnicas y de Oficios	2	2	-	-	-	-	2	209	0.06
Hospitales, policlínicos y Clínicas Estomatológ.	6	6	-	-	-	-	6	818	0.08
TOTAL (hasta Julio/89)	40	28	12	-	-	12	28	14985	0.48

Tabla No.3

DISTRITO "JOSE MARTI"

TIPOS DE OBRAS	CANTIDAD	ESTADO				TIPO			TOTAL POBLACION	V
		B	R	M	A	B	C			
Circuitos Infantiles	15	15	-	-	-	-	-	15	3366	0.15
Escuelas Primarias	21	12	6	3	3	7	11	11201	0.33	
Escuelas Secundarias	7	6	1	-	-	-	7	5378	0.16	
Escuelas Especiales	2	2	-	-	-	-	2	1476	0.07	
Pre-Universitarios	1	-	1	-	-	1	-	76	0.05	
Escuelas Tecnicas y de Oficios	3	2	1	-	-	1	2	3434	0.11	
Hospitales, policlínicos y Clínicas Estomatológ.	5	5	-	-	-	-	5	957	0.08	
<b>TOTAL (hasta Julio/89)</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>42</b>	<b>25978</b>	<b>0.70</b>	

Tabla No.4

DISTRITO "ABEL SANTAMARIA"

TIPOS DE OBRAS	CANTIDAD	ESTADO			TIPO			TOTAL POBLACION	V
		B	R	M	A	B	C		
Circuitos Infantiles	15	13	2	-	-	2	13	2941	0.16
Escuelas Primarias	14	11	3	-	-	5	9	5441	0.20
Escuelas Secundarias	7	5	1	1	1	1	5	4949	0.16
Escuelas Especiales	2	2	-	-	-	-	2	2640	0.10
Pre-Universitarios	11	3	8	-	1	10	-	1481	0.15
Escuelas Tecnicas y de Oficios	4	3	1	-	-	-	4	3135	0.12
Hospitales, policlínicos y Clínicas Estomatológ.	5	5	-	-	-	-	5	1105	0.09
<b>TOTAL (hasta Julio/89)</b>	<b>58</b>	<b>42</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>21692</b>	<b>0.69</b>



**PAHO/WHO INTEROFFICE MEMORANDUM**  
**Representacion en Cuba**



*Calle 4 No. 407 e/17 y 19  
Vedado, Habana, Cuba*

*TELEFONOS: 32-3666-32-3406  
FAX: 33-3375 TELEX: 511681  
DIRECCION CABLEGRAFICA: OFSANPAN  
E-Mail: OPSCUBA@INFOMED.CU  
cc: Mail #CUB:Email(REM) at PAHO/HQ*

From: Dr. Miguel Márquez, PWR-Cuba	To: Dr. Claude De Ville /PED
Our Ref: PED/CUB/RPD-010-211-94	Attention:
Your Ref:	Subject: Nota y Documento sobre Desastre.
Originator:	Date: 20 de Mayo de 1994.

Tengo el agrado de adjuntar nota y documento del Ing. Luis O. Sierra Quesada, Director del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas de la Academia de Ciencias, los que se explican por sí mismos.

Cordial Saludo.

Adj.

MM/yv.