

Vulnerabilidad física ante tsunamis de edificaciones costeras en la ciudad de Baracoa

Physical vulnerability to tsunamis of coastal buildings in Baracoa city

Evaleydis Borges-Marzo¹, Madelin Villalón-Semanat¹ Dario Candebat-Sánchez^{1*}

¹Empresa del Arquitecto de la Comunidad, Baracoa, Guantánamo, Cuba.

²Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para la correspondencia: dario@cenais.cu

Resumen

Se evaluó la vulnerabilidad física ante tsunamis en edificaciones ubicadas dentro del área costera del municipio de Baracoa, provincia de Guantánamo. Se identificaron 29 obras vulnerables emplazadas en el área de inundación: cinco pertenecientes al ministerio de salud, quince al de educación, siete patrimoniales y dos de la industria alimentaria. Para el análisis de vulnerabilidad se utilizó la metodología de Papathoma y Dominey-Howes, ajustada a las condiciones cubanas. Se reveló que los edificios de mayor vulnerabilidad ante tsunamis pertenecen al sector de educación, con el 67 % de sus edificaciones clasificadas como de alta y muy alta vulnerabilidad. Los más altos niveles de vulnerabilidad están determinados, principalmente, por la existencia de edificaciones de un nivel estructural, con cimentación superficial, ubicadas en zonas con una profundidad de inundación mayor que cuatro metros.

Palabras clave: tsunamis, ciudades costeras, vulnerabilidad física, edificaciones, Baracoa

Abstract

The physical vulnerability of buildings to tsunamis was evaluated in the coastal area of the municipality of Baracoa, Guantánamo province, Cuba. Twenty-nine vulnerable work areas were identified in the flood area: five belonging to the Ministry of Health, fifteen to the Ministry of Education, seven Heritage buildings, and two from the food industry. The Papathoma & Dominey-Howes methodology, adapted to Cuban conditions, was used for analyzing vulnerability. Results showed that the most unprotected facilities belong to the education sector, with 67 % of their buildings classified as highly

and very highly vulnerable. The highest levels are determined, mainly, by the existence of buildings of a structural level with superficial foundations, located in areas with a flood depth greater than four meters.

Keywords: tsunamis, coastal cities, physical vulnerability, buildings, Baracoa

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático se considera actualmente como la mayor amenaza ambiental del planeta (Barreira-Rodríguez y García-O`Reilly, 2024) acrecentando el riesgo de huracanes, deslizamientos de tierra, sismos y tsunamis sobre todo en ciudades costeras e insulares (Santos *et al.*, 2024; Winckler *et al.*, 2024).

Los tsunamis constituyen un peligro geológico global ya que pueden desplazar grandes volúmenes de sedimentos marinos y desencadenar olas que representan para las ciudades costeras una grave amenaza (Dai *et al.*, 2023). Las costas son especialmente vulnerables a este fenómeno, por ser zonas frágiles que se encuentran en riesgos de inundación ya sea provocada por tsunamis u otros eventos adversos (Herrmann-Lunecke, y Villagra, 2020; Oetjen *et al.*, 2022; Sandoval-Díaz *et al.*, 2023).

Baracoa está ubicada en el tramo costero que se extiende entre Punta Maternillo y Punta Maisí. Presenta una plataforma estrecha y abierta a los vientos del primer cuadrante, lo que favorece la afectación por oleaje oceánico, que se desplaza por un largo *fetch*. El fuerte oleaje en esta zona es generado por la influencia de anticiclones migratorios, la interacción de estos con bajas extratropicales, así como por tormentas tropicales y huracanes (Perigó *et al.*, 2020). En este tramo se halla expuesto todo el litoral del municipio de Baracoa.

El malecón de la ciudad de Baracoa no solo constituye el tramo costero de la provincia más vulnerable a los embates de inundaciones costeras, sino que también presenta una de las mayores frecuencias de afectación por este tipo de evento en Cuba. Las inundaciones costeras generadas por situaciones meteorológicas extremas son las que más afectan a Baracoa, aunque la magnitud de las mismas es mucho menor que las provocadas por ciclones tropicales (Perigó *et al.*, 2020).

La distribución espacial del período de retorno de las inundaciones costeras en Cuba muestra que el mayor peligro para los eventos moderados y fuertes en el archipiélago cubano ocurre en los malecones de La Habana y Baracoa, así como en los asentamientos costeros del golfo de Batabanó donde se

espera la ocurrencia de un evento de inundación, al menos una vez entre tres y cinco años (Hidalgo y Mitrani, 2022).

Según Lores-Hernández *et al.* (2025), la topografía de Baracoa es fundamental para entender la vulnerabilidad de la región. Su ubicación en una cuenca rodeada de montañas provoca que el agua de lluvia se acumule de manera rápida y efectiva.

De acuerdo con la evaluación del peligro de tsunami realizada por Moreno-Toirán *et al.* (2021), el municipio Baracoa es uno de los más afectados en caso de ocurrir un terremoto de gran magnitud tsunamigénico en la falla Norte de La Española. No obstante, en general, los estudios de peligro de inundación para la ciudad de Baracoa consideran la acción de eventos climatológicos extremos y ninguno menciona como elevada la probabilidad de ocurrencia de inundaciones por un tsunami provocado por un sismo fuerte cercano.

Según la Norma Sísmica Cubana (2017) se esperan valores de la aceleración pico (S0) para los municipios de Baracoa e Imías de 0,207 g y 0,244 g respectivamente, que pueden ser empleados para el diseño de las construcciones y para análisis de estabilidad de taludes (Rosabal y Oliva, 2018).

La amenaza sísmica en Baracoa, aunque no es un fenómeno frecuente, ha sido documentada (Makarov, 1987; Cotilla-Rodríguez, 1998; Iturralde-Vinet y Arango-Arias, 2000; Villalón-Semanat *et al.* 2011; Cotilla-Rodríguez y Córdoba-Barba, 2015). La estructura tectónica más importante y de mayor influencia en el área es un segmento de la falla Norte de La Española (NHFZ), al norte de Haití y República Dominicana (Figura 1), donde han ocurrido terremotos fuertes que han generado tsunamis. Uno de estos eventos, como consecuencia del terremoto (M=8,1) del 4 de agosto de 1946, con epicentro en República Dominicana, produjo un fuerte oleaje en las playas del litoral norte del centro y el occidente del país (González *et al.*, 2009).

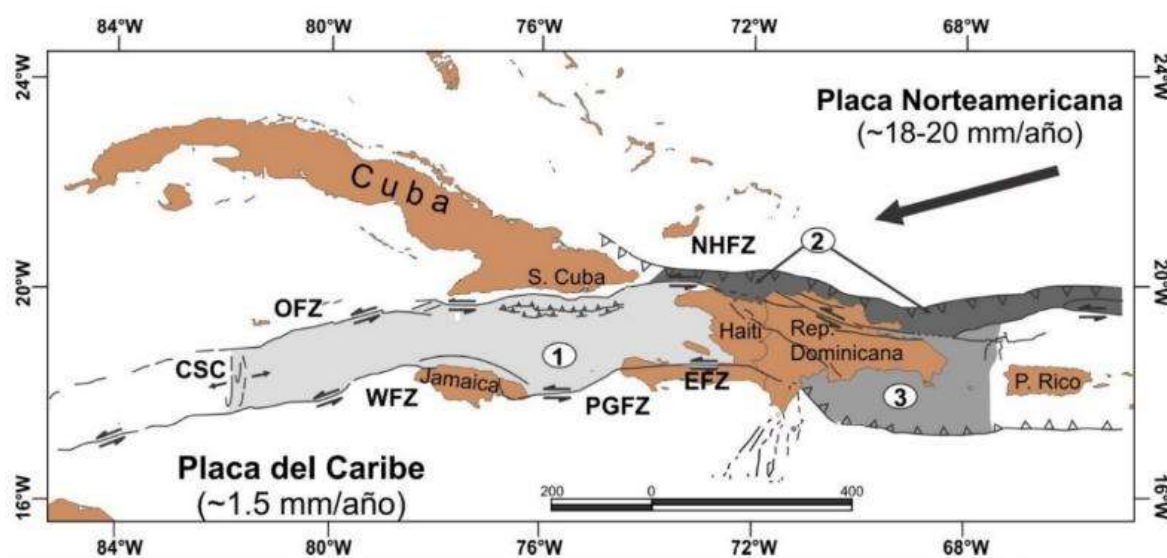


Figura 1. Marco tectónico del norte del Caribe. 1. Microplaca Gonave, 2. Microplaca Norte, 3. Microplaca Puerto Rico-La Española, NHFZ- Zona de falla Norte La Española, OFZ- Zona de falla Oriente, PGFZ- Zona de falla Plantain-Garden, EFZ- Zona de falla Enriquillo, CSC- Centro de dispersión Caimán, WFZ- Zona de falla Walton. S. Cuba- Santiago de Cuba. Modificado de Ávila-Barrientos *et al.* (2019).

Según Moreno-Toirán *et al.* (2021), en algunas zonas de la costa el mar alcanzaría una altura máxima de nueve metros, disminuyendo a medida que penetra en el interior de la tierra.

El objetivo del trabajo fue determinar el nivel de vulnerabilidad física que poseen algunas edificaciones ubicadas en la zona costera de la ciudad de Baracoa, emplazadas en el área de inundación. Para el análisis de vulnerabilidad se utilizó la metodología de Papathoma y Dominey-Howes (2003), ajustada a las condiciones cubanas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el levantamiento de 29 edificaciones esenciales, monumentos y plazas, ubicadas en la zona de inundación. En la Figura 2 se muestra la ubicación de las obras identificadas y diagnosticadas.

Se utilizó el modelo de evaluación de vulnerabilidad ante tsunamis propuesto por Papathoma y Dominey-Howes (2003). Este modelo ha sido actualizado en función de los resultados que se han obtenido de su aplicación en diversas partes del mundo: Grecia, Indonesia, Australia, Chile, Italia y las Maldivas (Dominey-Howes y Papathoma, 2007; Fritis *et al.*, 2018; Rasyif *et al.*, 2023).

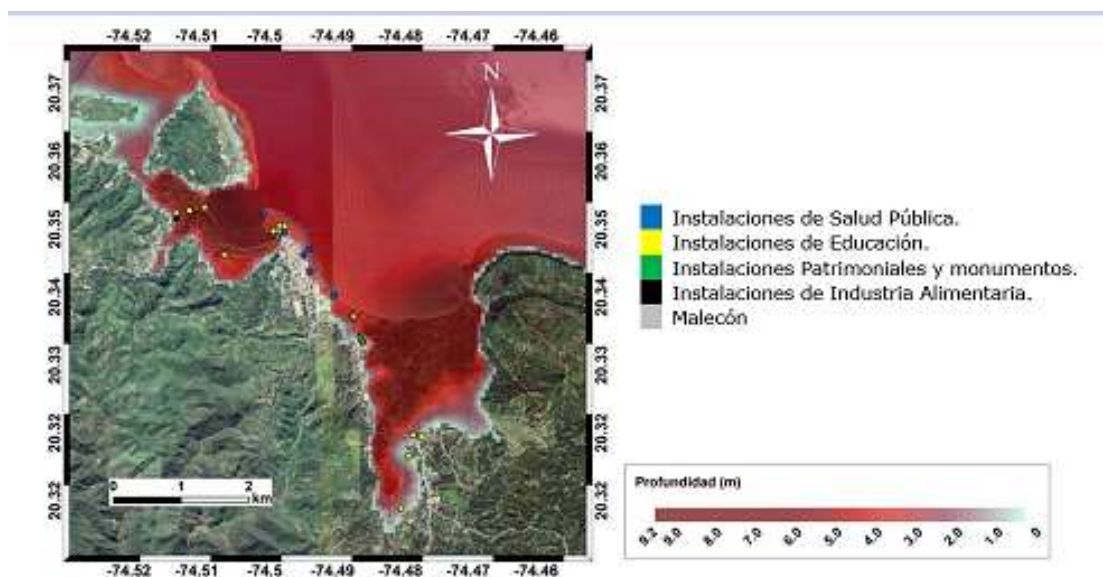


Figura 2. Mapa de peligro ante tsunami. Zona costera de Baracoa. Ubicación de las obras en el área de inundación.

Al decir de Contreras-López *et al.* (2019), el objetivo de la metodología es identificar características de fácil reconocimiento en edificaciones amenazadas por inundación, y valorarlas de acuerdo con la vulnerabilidad; incorpora atributos de las edificaciones y su entorno, y permite construir mapas de riesgo.

El modelo fue desarrollado para identificar y cuantificar la vulnerabilidad de cada estructura por separado ante un tsunami hipotético, con una evaluación multicriterio, pero sin considerar las características hidrodinámicas de la inundación (Papathoma y Dominey-Howes, 2003). Se analiza y clasifica individualmente cada edificación y espacio abierto dentro de la zona de inundación estimada para el peor escenario posible. Los parámetros evaluados para el análisis de la vulnerabilidad física ante tsunamis propuestos por Papathoma y Dominey-Howes (2003) fueron:

- Número de plantas
- Forma y orientación
- Línea de edificación
- Materialidad
- Riesgo por objetos móviles
- Protección natural
- Estado de conservación
- Protección costera
- Tipo de cimentación
- Edad
- Muros perimetrales

Cada atributo es evaluado con una escala estandarizada y ponderado con factores que se han validado con casos reales y juicios de expertos (método Delphi).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 expone las 29 instalaciones evaluadas, el sector al que pertenecen y el nivel de profundidad de inundación donde están ubicadas según el estudio de peligro ante tsunami realizado.

Tabla 1. Descripción de áreas estudiadas

No .	Sector	Profundidad (m)	Descripción
1	Salud (5)	2,31	Banco de Sangre
2		6,60	Policlínico Fermín Valdez Domínguez
3		4,29	Policlínico Comunitario Hermanos Martínez
4		0,00	Hospital General Docente Octavio de la Concepción
5		0,30	Clínica Estomatológica Ramón Guevara Montano
6	Educación (15)	4,56	ESBU Ho Chi Min
7		4,20	IPU Julio Antonio Mella
8		4,20	Escuela Primaria Manuel Fuentes Borges
9		4,52	Escuela Especial Horacio Matheo Orihuela
10		5,75	Escuela Primaria Constantino Lorez
11		6,92	Anexo a la Escuela Primaria Constantino Lorez
12		6,00	Círculo Infantil Conchitas del Mar
13		4,56	Centro Universitario Municipal
14		1,14	Base de transporte escolar
15		0,23	Escuela Especial Perucho Figueredo
16		1,23	Círculo Infantil Ismaelillo
17		0,44	Escuela Primaria Salvador Pascual
18		0,06	IPU Salvador Pascual Salcedo
19		4,47	Círculo Infantil Eddi González Martínez
20		4,02	ESBU Glicerio Blanco Lores
21	Industria	4,98	Almacén MINCIN Turey
22	Alimentaria (2)	4,98	Oficinas Almacén MINCIN Turey
23	Patrimonio (7)	4,09	Museo Fuerte Matachín

24	4,71	Restaurante Fuerte La Punta
25	0,00	Arquitectura doméstica de madera, Viviendas Martí No 73 y 75
26	4,57	Oficina administrativa
27	3,69	Hotel La Rusa
28	1,63	Parque José Martí (antigua plaza del Mercado)
29	2,40	Parque La Victoria (antigua Plaza de la Victoria)

3.1. Caracterización de las edificaciones

El sector salud, representado por cinco instituciones, posee edificaciones de uno, dos y tres niveles, predominando las de un solo nivel estructural. Las tipologías estructurales corresponden a mampostería simple, pórticos de hormigón armado y tres de ellas al sistema constructivo Girón, esencialmente compuesto por pórticos prefabricados de hormigón armado (vigas y columnas) y losas TT de hormigón armado. Los elementos de cierre y división de espacios también de hormigón armado, algunos de los cuales, llamados tímpanos contribuyen a soportar cargas horizontales de viento o sismo.

En el sector de educación, representado por 15 instituciones de todos los niveles educacionales y la base de transporte escolar, predominan las estructuras de un nivel estructural, de mampostería simple, además de la presencia del sistema constructivo Sandino, que consiste en una solución constructiva de elementos ligeros, basados en paredes compuestas por elementos prefabricados (columnas y paneles), conjuntamente con edificaciones de pórticos de hormigón armado y tres objetos de obra construidos con el sistema prefabricado Girón.

El sector de la industria alimentaria posee en el área dos instituciones, una de mampostería simple y la otra de hormigón armado, ambas de un solo nivel estructural.

Las cinco edificaciones patrimoniales (Figura 3 a-e) ubicadas en la zona se caracterizan por poseer, en su mayoría, un solo nivel estructural, con excepción del Hotel La Rusa, y estar construidas en mampostería y madera; responden a las técnicas de construcción de su época de creación. Entre las patrimoniales se incluyen, además, dos plazas con valor histórico significativo (Figura 3 f-g).



Figura 3. Edificaciones patrimoniales. a) Museo Forte Matachín. b) Arquitectura Doméstica de Madera: Viviendas Martí No 73 y 75. c) Oficina administrativa. d) Restaurante Forte La Punta. e) Hotel La Rusa. f) Parque José Martí. g) Parque La Victoria.

3.2. Resultados del cálculo de la vulnerabilidad física

En el análisis con la metodología de Papathoma (Tabla 2) no se incluyen los parques José Martí y La Victoria debido a que no son inmuebles; sin embargo, se concluye que los componentes de estos espacios de valor patrimonial (vegetación, bancos, luminarias) serían dañados por la inundación de un potencial tsunami.

La Figura 4 revela que el 41 % de las edificaciones evaluadas por la metodología de Papathoma (27), presenta vulnerabilidad muy alta. Dentro de las once edificaciones con esta categoría se encuentran siete de educación, (el 47 % de las de este sector), una instalación de salud (20 %) y tres obras que representa el 60 % de las instalaciones con valor patrimonial evaluadas. Otras siete edificaciones presentaron vulnerabilidad alta, de las cuales tres son de educación, que hacen un 20 % del total de este sector.

Tabla 2. Vulnerabilidad física de las edificaciones ante el peligro de tsunamis

Descripción	Vulnerabilidad
Banco de Sangre	Media
Policlínico Fermín Valdez Domínguez	Alta
Policlínico Hermanos Martínez Tamayo	Muy alta
Hospital Octavio de la Concepción	Menor
Clínica Estomatologica Ramón Guevara Montano	Menor
ESBU Ho Chi Min	Alta
IPU Julio Antonio Mella	Alta
Escuela Primaria Manuel Fuentes Borges	Muy alta
Escuela Especial Horacio Matheo Orihuela	Muy alta
Escuela Primaria Constantino Lorez	Muy alta
Anexo a la E. Primaria Constantino Lorez	Muy alta
Círculo Infantil Conchitas del Mar	Muy alta
Centro Universitario Municipal de Baracoa	Muy alta
Base de transporte escolar Baracoa	Media
Escuela Especial Perucho Figueredo	Menor
Círculo Infantil Ismaelillo	Moderada
Escuela Primaria Salvador Pascual	Menor
IPU Salvador Pascual Salcedo	Menor
Círculo Infantil Eddi González Martínez	Muy alta
ESBU Glicerio Blanco Lores	Alta
Oficinas almacén MINCIN Turey	Alta
Naves almacén MINCIN Turey	Alta
Museo Fuerte Matachín	Muy alta
Restaurante Fuerte La Punta	Muy alta
Viviendas Martí No 73 y 75	Menor
Oficina administrativa	Muy alta
Hotel La Rusa	Alta

Con la menor vulnerabilidad se reportan tres instalaciones de educación (20 %), dos de salud (40 %) y una patrimonial (20 %). Estas seis

edificaciones se ubican en áreas con profundidades de inundación entre 0 m y 1 m, lo que explica su baja exposición al peligro.

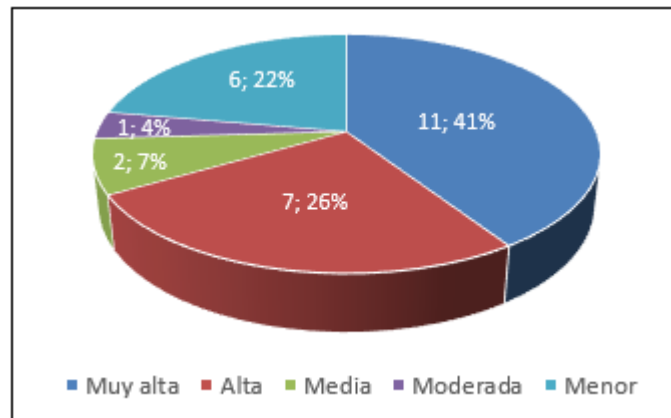


Figura 4. Distribución de las vulnerabilidades obtenidas en las 27 obras analizadas.

El gráfico de la Figura 5 muestra la distribución, por sectores, de las obras con vulnerabilidad muy alta. El sector de educación resultó ser el más vulnerable ante el peligro de tsunami, al tener el 67 % de sus instalaciones (10 obras) con vulnerabilidad entre alta y muy alta. En segundo lugar están las edificaciones patrimoniales, al presentar vulnerabilidad entre alta y muy alta el 80 % de ellas.

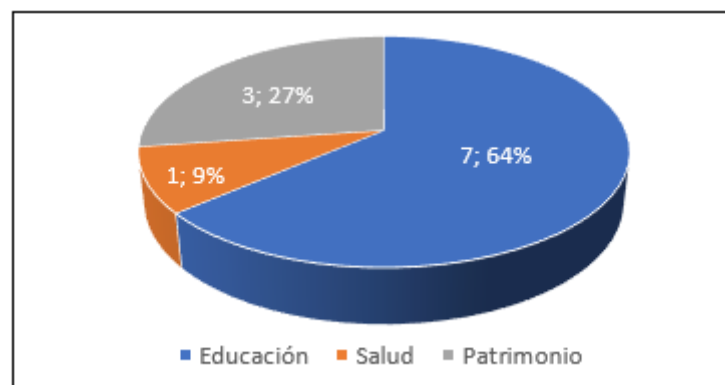


Figura 5. Distribución por sectores de la vulnerabilidad muy alta.

Las causas que inciden en las mayores vulnerabilidades son las siguientes:

- El 56 % de las edificaciones posee un solo nivel estructural.
- El 64 % de las edificaciones está ubicado en áreas con profundidad de inundación mayor que 4 m.

- Las edificaciones poseen cimentación superficial.
- El 76 % de las edificaciones fueron diseñadas y construidas antes del 1999, fecha de aprobación del código sísmico anterior.
- El 96 % de las edificaciones es cerrada con ventanas lo que incide negativamente en su resistencia hidrodinámica.
- El 100 % de las edificaciones carece de protección natural contra el peligro de tsunami.

La distribución de la vulnerabilidad para las instalaciones del sector salud se grafica en la Figura 6. El 40 % de las edificaciones de este sector reflejó vulnerabilidad menor. No obstante, el policlínico Hermanos Martínez Tamayo presenta una muy alta vulnerabilidad y el policlínico Fermín Valdez Domínguez, vulnerabilidad alta; ambas instalaciones están ubicadas en zonas de significativa profundidad de inundación (6,60 m y 4,29 m, respectivamente), lo que refleja que otro 40 % está expuesto a mayor peligro de inundación, y un 20 % a peligro medio.

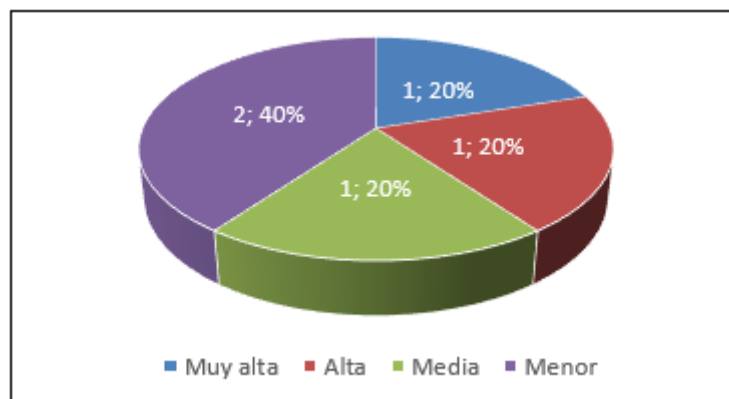


Figura 6. Distribución de la vulnerabilidad en el sector salud.

4. CONCLUSIONES

- Los edificios de mayor vulnerabilidad ante tsunamis en Baracoa pertenecen al sector de educación, siendo el 67 % de sus edificaciones clasificadas como de vulnerabilidad entre alta y muy alta.
- Los niveles de vulnerabilidad más altos están determinados, principalmente, por la existencia de edificaciones de un nivel estructural, con cimentación superficial y ubicadas en zonas con profundidades de inundación mayores que cuatro metros.

- Las edificaciones de menor vulnerabilidad (tres de educación, dos de salud y una patrimonial) están ubicadas en zonas de profundidad de inundación de un metro como máximo.
- La menor vulnerabilidad del 40 % de las edificaciones de salud obedece a la tipología constructiva de estas.
- Los parques José Martí y La Victoria (antiguas plazas), que poseen valor patrimonial, se consideran zonas inundables, por tanto, ante el peligro de tsunamis sus componentes serán seriamente afectados.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del programa "Desarrollo de Investigaciones Sismológicas aplicadas (DISA)" del Sectorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, liderado por el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas de Cuba.

6. REFERENCIAS

- Ávila-Barrientos, L., Pérez-Flores, M. A., Arango-Arias, E. D., y Batista-Rodríguez, J. A. (2019). Evaluación sismotectónica del sureste de Cuba en el contexto geodinámico del norte del Caribe. *GEOS*, 39(1), 1-15.
- Barreira-Rodríguez, Y. y García-O`Reilly, L. (2024). Estudios de peligros, vulnerabilidades y riesgos en comunidades costeras frente al cambio climático. *Revista Panameña de Ciencias Sociales*, 7, 56-67.
https://revista.up.ac.pa/index.php/rev_pma_ciencias_sociales/article/download/3260
- Contreras-López, M., Araya, P., Figueroa-Sterquel, R., Breuer W. A., Igualt, F., Larraguibel-González, C. y Oberreuter, R. (2019). Evaluación de la vulnerabilidad ante tsunamis para el sector turismo en Valparaíso, Chile. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 3(1), 5-23. <https://doi.org/10.55467/reader.v>
- Cotilla-Rodríguez, M. O., y Córdoba-Barba, D. (2015). Guantánamo, neo-estructura atípica del Caribe Norte. *Investigaciones Geográficas*, 50, 51-88.
estudiosdeadministracion.uchile.cl/index.php/IG/article/download/42717
- Cotilla-Rodríguez, M. O. (1998). Terremotos de Cuba. *GEOS*, 18(3).
<https://geo.cicese.mx/index.php/geos/article/view/232>
- Dai, Z., Li, X., y Lan, B. (2023). Modelado tridimensional de olas de tsunamis provocadas por deslizamientos submarinos basado en el método de hidrodinámica de partículas suavizadas. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/jmse11102015>
- Dominey-Howes, D. y Papathoma, M. (2007). Validating a tsunami vulnerability assessment model (the PTVA Model) using field data from

- the 2004 Indian Ocean tsunami. *Natural Hazards*, 40(1), 113-136.
<https://doi.org/10.1007/s11069-006-0007-9>
- Fritis, E., Izquierdo, T. y Abad, M. (2018). Assessing the tsunami building vulnerability PTVA-3 and PTVA-4 models after the 16S 2015 event in the cities of Coquimbo–La Serena (Chile). *Natural Hazards and Earth System Science* 18(6), 1703-1716. <https://nhess.copernicus.org/preprints/nhess-2018-25/nhess-2018-25.pdf>
- González, B., Chuy, T. J. y Iturralde-Vinent, M. A. (2009). *Riesgos naturales de origen geológico*. En: Iturralde-Vinent, M. A. (editor) *Geología de Cuba para todos*. Científico–Técnica, La Habana, 82–103.
<https://www.redalyc.org/journal/6378/637869233004/637869233004.xml>
- Herrmann-Lunecke, M. G., y Villagra, P. (2020). Community resilience and urban planning in tsunamiprone settlements in Chile. *Disasters*, 44(1), 103-124. <https://doi.org/10.1111/disa.12369>
- Hidalgo, A. y Mitrani, I. (2022). Período de retorno de las inundaciones costeras en el NATURALES archipiélago cubano. *Ingeniería Hidráulica Ambiental XLIII*(01), 3-11.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1680-03382022000100003
- Iturralde-Vinet, M. A. y Arango-Arias, E. D. (2000). Ciudades de Cuba en alerta sísmica. *Minería y Geología*, 36(4), 366-376.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-580122020000400366&script=sci_arttext
- Lores-Hernández, N., Abreu-Rodríguez, Y., Abreu-Rodríguez, Y., Romero-Cala, C. T. y Díaz-Chaviano, D. A. (2025). Factores que provocaron inundaciones en el municipio Baracoa luego del paso del Huracán Oscar. *Ciencia y Futuro*, 15(2), 134–145.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1028659>
- Makarov, V. I. (1987). Recent tectonics of eastern Cuba. Part 2. The Sierra Maestra-Baracoa orogenic system. General conclusions. *Geotectonics*, 21(2), 169-174.
- Moreno-Toirán, B., Arango-Arias, E. D. y González-Matos, O. F. (2021). Informe de estudio de peligro ante tsunami. Proyecto sectorial: Gestión del riesgo de tsunamis en Cuba e implementación de un sistema de alerta temprana. Fondos del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas y de la Agencia de Energía Nuclear y Tecnología de avanzada (AENTA).
- Oetjen, J., Sundar, V., Venkataharam, S., Reichrter, K. Engel, M., Schuttrumpf, H. y Sannasiraj, S. A. (2022). Una revisión exhaustiva de las contramedidas estructurales contra tsunamis. *Natural Hazards*, 113(3), 1419-1449. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05367-y>
- Oficina Nacional de Normalización. (2017). *Norma Cubana NC 46:2017: Construcciones Sismorresistentes. Requisitos Básicos para el Diseño y*

Construcción.

<https://es.scribd.com/document/379933097/Construcciones-Sismorresistentes>

- Papathoma, M. y Dominey-Howes, D. (2003). Tsunami vulnerability assessment and its implications for coastal hazard analysis and disaster management planning, Gulf of Corinth, Greece. *Natural Hazards and Earth System Science*, 3(6), 733-747. <https://doi.org/10.5194/nhess-3-377-2003>
- Perigó, E., Laborde, N., Machado, A., Soler, Y., Rojas, Y. y Suárez, R. (2020): Inundaciones costeras en Guantánamo. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(1), 1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=701977548009>
- Rasyif, T. M., Fritz, H. M., Idris, Y. y Rusydy, I. (2023). Caracterización basada en la fragilidad de edificios de evacuación de tsunamis en Banda Aceh, Indonesia. *Revista Internacional de Reducción de Riesgo de Desastres*, 88. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2023.103607>
- Rosabal, S. y Oliva, R. (2018). Susceptibilidad por deslizamientos en el sector Baracoa-Cajobabo, provincia Guantánamo, *Cuba GEOS*, 38(2), 341-355. <https://geo.cicese.mx/index.php/geos/article/view/27>
- Sandoval-Díaz, J., Navarrete-Muñoz, M. y Cuadra-Martínez, D. (2023). Revisión sistemática sobre la capacidad de adaptación y resiliencia comunitaria ante desastres siconaturales en América Latina y el Caribe. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(2), 187-203. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.132>
- Santos, G., Castillo, A. M., Troya, G. (2024). Políticas locales para el cambio climático y reducción de riesgos de desastres en la ciudad Esmeraldas. *Código Científico*, 5(E4), 623-643. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/513>
- Villalón-Semanat, M., Rivera-Álvarez, Z. C., Chuy-Rodríguez, T. J. y Candebat, D. (04-08 de abril de 2011). *Modelo de Base de Datos geo-espacial en apoyo a la gestión del riesgo sísmico: Caso de Estudio municipio de Baracoa*. IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEOCIENCIAS '2011, Cuba. http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2011_Villalon_Semanat_Geo11-P12.pdf
- Winckler, P., Mora, J., Esparza, C. y Vicuña, S. (2024). Una metodología de diseño de infraestructura costera considerando el cambio climático. *Obras y Proyectos*, 36, 5-22. <https://dx.doi.org/10.21703/0718-2813.2024.36.2998>

Información adicional

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de autores

EBM: Levantamientos, diagnóstico y evaluación. Aplicación de metodología para evaluar la vulnerabilidad física ante tsunamis. Redacción del manuscrito. MVS: Confección de mapa de peligro, ubicación espacial de las obras estudiadas. Determinación de las profundidades de inundación. Redacción y revisión del manuscrito. DCS: Levantamientos, diagnóstico y evaluación. Aplicación de metodología para evaluar la vulnerabilidad física ante tsunamis. Supervisión. Redacción y revisión del manuscrito.

ORCID

EBM, <https://orcid.org/0009-0002-9952-5300>

MVS, <https://orcid.org/0000-0002-9367-1828>

DCS, <https://orcid.org/0000-0002-0066-4937>

Recibido:19/09/2025

Aceptado:17/10/2025