

COSTRUCIONES SEGURAS

Manuel A. Iturralde-Vinent

Académico de Mérito, Academia de Ciencias de Cuba. iturralde@ceniai.inf.cu

Los ingenieros civiles y arquitectos tienen los conocimientos para diseñar y construir obras con toda la seguridad necesaria, sin embargo, algunos contratistas y personas sin la calificación requerida, a menudo incurren en errores que incrementan la vulnerabilidad de las edificaciones. Este mismo problema puede surgir cuando a los constructores se les exige cumplir plazos o introducir modificaciones incompatibles con la seguridad de la obra.

En Cuba, de acuerdo con su ubicación geográfica y constitución geológica, están presentes una serie de amenazas de origen geológico (terremotos, tsunamis, desplomes de cavernas, etc.), no vinculadas al clima, que en su mayoría solo pueden anticiparse tomando en cuenta la información histórica, pues la ciencia no ha logrado pronosticarlos, sino a largo plazo. No es el caso de la mayoría de los eventos hidrometeorológicos, que pueden pronosticarse con algunos días y horas de antelación. Por tal razón, la mejor manera de prepararse para enfrentar estos fenómenos de la naturaleza, es tomar medidas preventivas que reduzcan la exposición y vulnerabilidad de la infraestructura. Una de ellas es disponer de construcciones seguras.

Sobre la base de las experiencias que han dejado los recientes eventos extremos de diversa índole, se ha venido desarrollando el concepto de *hospitales seguros y escuelas seguras*, en la inteligencia de que estos dos tipos de edificaciones juegan un papel fundamental para preservar la vida de los más necesitados; pues las escuelas pueden servir de refugio temporal y los hospitales deben estar preparados para atender a los lesionados durante un evento desastroso. No obstante, el concepto de construcciones seguras tiene que abarcar todo tipo de obra, incluyendo caminos, puentes, elevados, líneas de ferrocarril, industrias, minas, embalses, y toda la infraestructura urbana, para lograr que el impacto de los eventos peligrosos sea mínimo.

Todo esto es bien conocido, pero después que se observan los daños provocados por los huracanes que recientemente han cruzado por el Caribe y su entorno, o de los terremotos en Haití, Ecuador, El Salvador, Guatemala y México, es evidente que el concepto de construcciones seguras tiene que enfatizarse para que se convierta en un paradigma bien enraizado en la cultura nacional y en la práctica cotidiana.

Entonces nos debemos preguntar: ¿qué es una construcción segura? De una manera sencilla se puede afirmar que una construcción segura es toda obra cuyo diseño y elaboración garanticen su resistencia y estabilidad ante los peligros a que está sometida. Con el propósito de asegurar estos resultados existen normas de

construcción para los diferentes tipos de peligros. Por eso, la primera tarea del inversionista es determinar cuáles son las amenazas naturales presentes en la región donde se desarrolla el proyecto constructivo. Algunas amenazas comunes en Cuba son, en independencia de sus causas:

1. Vientos fuertes sostenidos y en rachas
2. Sequía prolongada
3. Lluvias intensas y prolongadas
4. Inundaciones
5. Penetraciones del mar
6. Oleaje intenso
7. Terremotos
8. Suelos poco resistentes
9. Erosión
10. Deslizamiento de laderas
11. Colapso de cavernas

Estos peligros se han venido estudiando en casi todo el territorio, de manera que la Defensa Civil, los gobiernos municipales, las delegaciones de Planificación Física y del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, disponen de mapas e informes sobre Peligros, Vulnerabilidades y Riesgos de cada municipio, que han de utilizarse ante la necesidad de planificar un proyecto constructivo o de erigir una obra de cualquier tipo. Esta actitud de conocer bien los peligros antes de tomar decisiones de reconstrucción o localización de nuevas obras, es premisa imprescindible para lograr construcciones seguras; lo cual no resulta válido solamente para las entidades estatales y las empresas privadas, sino que con el mismo énfasis debe ser tomado en cuenta por las familias que deciden construir sus propias casas. Entonces, antes de autorizar la ejecución de una obra, se debería verificar que cumpla con todas las normas, leyes y reglamentos relacionados con los peligros que debe enfrentar y la resistencia de la construcción.

De estos razonamientos emerge la necesidad de recordar el llamado *efecto de sitio*, o dicho en otras palabras, las características del lugar de emplazamiento de una obra, que determinan las acciones que deben tomarse para asegurar su estabilidad y reducir razonablemente su vulnerabilidad y exposición a las amenazas presentes en su entorno. Serían diferentes, por ejemplo, las medidas a tomar en las obras a construir en regiones de relieve montañoso, en terrenos bajos, en zonas costeras, o en territorios con alto peligro sísmico.

Instituciones cubanas, como la Universidad de Ciencias Técnicas “José Antonio Echeverría” (antigua IPSJAE), y el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, entre otras, que han desarrollado proyectos y diseñado modelos de casas resistentes, tanto a los terremotos como al impacto de las penetraciones del mar y los vientos fuertes. Sería muy importante que esos resultados, y las normas de construcción

existentes, fueran más accesibles a todos, para que los constructores privados puedan consultarlos fácilmente.

Lo cierto es que una construcción segura, en nuestro territorio, debe cumplir las siguientes reglas mínimas, de acuerdo a su localización:

En **regiones montañosas**:

1. Cimentación adecuada en dependencia del tipo de suelo
2. Dotarlas de características sismorresistentes, de acuerdo con el peligro sísmico del lugar donde se proyecta realizar la obra
3. Estar impermeabilizadas correctamente para evitar filtraciones desde el techo y las paredes
4. Poder soportar vientos de gran intensidad, tanto sostenidos como por rachas
5. Estar alejadas de las laderas con peligro de deslizamiento
6. Asegurarse que no haya cavernas en el subsuelo
7. Disponer de un sistema de captación de agua de lluvia

En **zonas bajas inundables**:

1. Una cimentación adecuada en dependencia del tipo de suelo
2. Asegurarse que no haya cavernas en el subsuelo
3. Dotarlas de características sismorresistentes de acuerdo con el peligro sísmico local
4. Estar bien impermeabilizadas para impedir filtraciones desde el piso, el techo y las paredes
5. Poder soportar vientos de gran intensidad, tanto sostenidos como en rachas
6. Disponer de un sistema de captación de agua de lluvia
7. Situarlas en las partes altas del relieve local
8. Erigirlas sobre pilotes a una altura acorde con la experiencia local de inundaciones anteriores
9. Si es una estructura con varios pisos y/o sótano, colocar los sistemas de abastecimiento de agua, electricidad y gas por sobre el nivel de inundación
10. En el sótano y primer piso colocar solamente elementos de fácil evacuación

En **zonas costeras**:

1. Una cimentación adecuada en dependencia del tipo de suelo
2. Asegurarse que no haya cavernas en el subsuelo
3. Dotarlas de características sismorresistentes de acuerdo con el peligro sísmico local
4. Estar bien impermeabilizadas para evitar filtraciones desde el piso, el techo y las paredes
5. Poder soportar vientos fuertes y de gran intensidad, tanto sostenidos como en rachas
6. Disponer de un sistema de captación de agua de lluvia

7. Que sean resistentes al embate de las olas
8. Edificarlas a una altura superior al nivel máximo histórico de la altura de penetración del mar, tomando en cuenta el proceso de elevación del nivel medio del mar en ese tramo de la costa
9. Ubicar por debajo del nivel que alcanza la penetración del mar solamente elementos de fácil evacuación
10. Colocar por encima del nivel de inundación los sistemas de abastecimiento de agua, electricidad y gas.

En general, hay bastante información sobre estos temas, pero lo más importante es que se hagan cumplir las normas existentes, revisarlas periódicamente de acuerdo a las experiencias recientes y que se publiquen y divulguen las recomendaciones constructivas para los casos aquí analizados. Basta con hacer una búsqueda en Internet para encontrar diversos documentos con información útil, pero no siempre la experiencia ajena se puede adoptar sin una adecuación correcta, debido a que las medidas a tomar dependen de las condiciones locales (efecto de sitio). Así, resulta esencial que toda la población tenga una verdadera percepción del riesgo, para que prevalezcan las prácticas de prevención o precautorias, destinadas a reducir los daños.

Algunas Experiencias y Recomendaciones

Durante algunos años el autor estuvo a cargo de un grupo de control de la calidad de las investigaciones ingeniero geológicas en el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), se especializó en sistemas cársticos, y en las últimas décadas ha trabajado en la prevención de desastres. Sobre la base de estas experiencias a continuación se comparten algunas notas que no pretenden más que servir de pauta para que estos temas sean desarrollados adecuadamente en el futuro.

1. En algunas ciudades de Argentina es obligatorio construir sistemas de captación de agua en los edificios, con lo cual no solo se enfrenta la sequía, sino que se dispone de agua adicional para la limpieza y la jardinería, o durante la fase de recuperación de los huracanes. En Cuba existía una gran experiencia al respecto, pues durante la colonia se fabricaron fortalezas y casas con eficientes sistemas de captación de agua de lluvia. Esta práctica debe rescatarse y generalizarse, pues cuando hay inundación o sequía extrema, se interrumpe el abastecimiento de agua por varios días. Sin embargo, hay que enfatizar que el agua de lluvia no se puede beber sin tratamiento previo.
2. En los años recientes se han producido enormes daños y pérdidas de vida en algunos países, a consecuencia de derrumbes, deslaves y deslizamientos de laderas de montañas. También ocurre la obstaculización de carreteras por la caída de rocas desde lo alto de los taludes. En Cuba hemos tenido la suerte de que estos procesos no han costado vidas, pero han interrumpido temporalmente tramos de carretera en Guantánamo, Holguín, Artemisa y otras

regiones. Para reducir este riesgo se pueden tomar diversas medidas, que empiezan por un buen diseño de los taludes artificiales de los caminos, la colocación de galpones en los taludes y mejoramiento del drenaje en las cañadas. Sin embargo, la mejor solución para evitar los daños por grandes deslizamientos y derrumbes consiste en alejar las casas y poblados del cono de influencia de estos fenómenos.

3. En Santiago de Cuba se introdujo la tecnología constructiva de edificios tipo Tashken (Gran Panel Soviético), muy resistentes a los eventos sísmicos. Sin embargo, modificaciones introducidas por los habitantes redujeron su resistencia, haciéndolos más vulnerables. En estos edificios se diseñaron los cuartos de baño con gran resistencia, para que sirvieran de refugio en la propia casa. Es un ejemplo interesante a replicar.
4. Hay techos que decididamente no soportan los vientos fuertes sostenidos y en rachas, como demuestra la experiencia de estos años. En respuesta a este problema se han establecido sistemas que aumentan su resistencia, pero en la práctica, muy pocas veces se aplican, sobre todo cuando se trata de restablecer la habitabilidad de las casas en breve tiempo.
5. En muchos lugares del país había la práctica de construir las casas sobre pilotes cuando se levantaban en el entorno del cauce de un río, o cercanas a la costa, evitando así que fueran afectadas por las inundaciones. En contraste, las construcciones realizadas en las últimas décadas se apartaron de esta experiencia y fueron colocadas directamente sobre el terreno, donde han sido inundadas y hasta destruidas durante las crecidas de ríos y las penetraciones del mar. Hay que retomar este sistema, como han hecho en otros países, donde las casas ubicadas en las zonas con peligro de inundación, oleaje extremo y penetraciones del mar, están adecuadas para reducir su vulnerabilidad ante tales eventos. Habría que generalizar en Cuba el uso de estos modelos.
6. Las experiencias de estos años han demostrado que las edificaciones situadas en las zonas inundables, ya sea por el mar como por las aguas pluviales, deben estar diseñadas de manera que los sistemas de abastecimiento de agua potable, gas y electricidad, no estén localizados en los niveles que se inundan, es decir: ni en el sótano ni en los primeros pisos. Los diseños de casas seguras no pueden colocar los sistemas vitales en los pisos potencialmente inundables y dejarlos solo para elementos de fácil evacuación.
7. En las zonas costeras donde se han construido malecones, como en La Habana, se ha planificado establecer una serie de modificaciones y obras secundarias para reducir la fuerza del mar que penetra durante los eventos de oleaje extremo. Esa experiencia hay que ponerla en práctica y adaptarla a todas las localidades con situaciones semejantes.
8. Muchas carreteras construidas dentro de la zona de peligro por inundación y oleaje, tanto en las costas como en el valle de los ríos, han sido reiteradamente

afectadas por efecto de la erosión y el oleaje, que es capaz de arrancar grandes trozos del cimiento hormigonado. Esto nos enseña que es necesario proteger los tramos que están amenazados, construyendo contenes y otras obras que impidan que las olas erosionen y destruyan la carretera. A primera vista puede parecer costoso, pero mucho más cuesta repararla una y otra vez, siempre en condiciones de emergencia, para restablecer el tránsito.

9. Las poblaciones y caseríos situados en las costas rocosas, están sometidos al peligro del oleaje fuerte (oleaje extremo) que arrastra consigo bloques de rocas y pedazos de estructuras con enorme fuerza destructiva, que pueden llegar a pesar más de 15 toneladas. Para reducir esta amenaza se deberían construir rompeolas que reduzcan la energía del oleaje, sembrar uvas caletas y alejar las casas de la zona de peligro. Hay personas que colocaron muros frente al mar para evitar el oleaje, y a la primera marejada intensa, estos fueron convertidos en fragmentos que golpearon el interior de la propiedad. Un simple muro no es un rompeolas.
10. Los campesinos tenían la costumbre de construir cerca de sus bohíos un “vara en tierra”, resistente a los vientos huracanados, que les servía de refugio para las personas y algunos animales domésticos. Esta costumbre se debe recuperar en los campos cubanos.
11. En las zonas urbanas sería recomendable evitar la construcción de edificios con extensos ventanales, que requieren ser recubiertos con tableros de protección ante el peligro del viento, y que un terremoto puede fracturar y convertirlos en una cascada de enorme navajas al precipitarse desde lo alto. No todos los cristales “resistentes al impacto”, pueden resistir el golpear reiterado de objetos a gran velocidad.
12. Hay lugares donde las casas tienden a agrietarse, con fracturas en el piso, paredes y techo, como ocurre en Fontanar, en el entorno de la ciudad de Camagüey, en Río Cauto y Vado del Yeso, y en la carretera Tunas-Bayamo. En estos casos los cimientos fueron colocados sobre suelos arcillosos y arenarcillosos, que se expanden ante la humedad y se encojen en época de sequía. La solución de este problema está en diseñar un cimiento adecuado que aisle la casa de los desplazamientos verticales del substrato.
13. Durante los terremotos, al paso de las ondas sísmicas, los suelos arenarcillosos húmedos tienden a perder coherencia y fluir en estado plástico-líquido, provocando severos daños en los edificios, caminos y puentes. Este proceso se llama licuefacción o licuación. Existe la tecnología para evitar que esto suceda, de manera que es primordial conocer en qué tipo de substrato se edifican las obras antes de diseñarlas. Por lo general, aquellos edificios contruidos con características sismorresistentes, sobre roca sólida, soportan mejor los eventos sísmicos.

Recomendaciones

La mejor recomendación es estar bien informado antes de tomar decisiones constructivas, ya sea para ejecutar obras nuevas como para la reconstrucción de las que han sido afectadas. Se necesita disponer de un banco de soluciones, que se pongan en práctica cada vez que se planifique una obra de cualquier tipo. Estos modelos de construcciones seguras deben ser accesibles para todo ciudadano que necesite consultarlo, no solo por Internet, sino también en centros de documentación y bibliotecas. Además, hay que informar reiteradamente a la población cuál es la localización de dichos documentos. No menos importante es el papel del Instituto de Planificación Física a la hora de autorizar y controlar el proceso constructivo.

Lecturas recomendadas

Ley de Costas, Ley de Aguas, Ley de bosques, Ley de Medio Ambiente, Ley de Minas

Normas técnicas cubanas: www.nconline.cubaindustria.cu/

1971. Estudio ingeniero-geológico del carso cubano. Academia de Ciencias de Cuba, Serie Espeleológica y Carsológica, 31: 1-57. (*)
1971. Investigaciones ingeniero-geológicas con fines hidroeconómicos en Cuba. Publicación Especial del Grupo Hidráulico del DAP, La Habana, 53 pág. (*)
1991. Deslizamientos y descensos del terreno en el flanco meridional de la Sierra Maestra, Cuba sudoriental. En: Morfotectónica de Cuba Oriental, Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba, pág. 24-27. (*)
2009. Geología de Cuba para todos. Editorial Científico-Técnica, Instituto del Libro, La Habana, 150 pág. (*)
2011. Desarrollo científico y tecnológico en las construcciones cubanas: Especialización, industrialización y aplicaciones en tiempos de Revolución. Revista Anales de la Academia de Ciencias de Cuba. Año 1, no. 1. <http://www.revistaccuba.cu/index.php/acc/article/viewFile/94/78>
2012. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. La Habana, realizado en el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cuba al Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. (*)
2013. Terremotos en Cuba. Editorial Científico-Técnica, 231 pág.
2015. Cuba: El ABC de la prevención de desastres naturales. Editorial Oriente, Santiago de Cuba, 140 pág. Ministerio de Educación.
2016. Peligros y vulnerabilidades de la zona marino-costera de Cuba: Estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100. Editorial Academia, 72 pág., La Habana. (*)
2017. Folletos de la serie: Protege a tu familia de... disponibles en www.redciencia.cu/cdorigen/arca/protegefam.html (*)

(*) Estas publicaciones están disponibles en www.redciencia.cu/geobiblio/inicio.html