

# Terremotos y edificaciones con pisos sísmicamente suaves

Por: R. OSIRIS DE LEÓN  
Ingeniero Geólogo  
ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA



Por su repentina ocurrencia, por su carácter generalmente catastrófico, su hasta hoy impredeción y por la vulnerabilidad de las vidas y las propiedades ante tanto poder natural, los terremotos han constituido y siguen constituyendo una de las mayores preocupaciones del ser humano, especialmente para quienes, como los dominicanos, vivimos en zonas sísmicamente activas debido a importantes roturas de la corteza terrestre, roturas que generalmente se desplazan lateral o subverticalmente gracias a las corrientes de convección que se generan en el interior de nuestro planeta.

Anualmente, y alrededor de todo el mundo, ocurren más de 100 terremotos con magnitud superior a 5 grados en la escala de Richter, muchos de los cuales llegan a ser catastróficos produciendo cientos de miles de víctimas y daños materiales que alcanzan varios billones de dólares.

La República Dominicana, que conforme a nuestros cronistas ha sido sacudida en el pasado por múltiples sismos, seis de ellos devastadores y concentrados todos en la costa norte, lugar donde existe una rotura de la corteza terrestre, fue nuevamente sacudida el 22 de septiembre de 2003 por un sismo de muy corta duración, de magnitud igual a 6.5 grados en la escala de Richter y localizado en las cercanías de Puerto Plata, el cual, afortunadamente, produjo daños mínimos gracias a su magnitud media, a su corta duración y a la hora en que se produjo (12:45 a.m.).





La escuela Gregorio Urbano Gilbert, localizada en la ciudad de Puerto Plata, próximo a las coordenadas 19° 47' 28" de latitud norte y 70° 41' 39" de longitud oeste, colapsó en su bloque noreste, debido a la presencia de un primer piso sísmicamente suave, lo cual, de haber ocurrido en horario de clases hubiese provocado la muerte de cientos de niños y de algunos maestros.

De igual modo, el centro comercial La Amiga de los Pobres, localizado en la misma ciudad de Puerto Plata, colapsó por el mismo efecto de un primer piso sísmicamente suave; y otra vivienda, localizada en el área suroeste de esa misma ciudad, próximo a las coordenadas 19° 47' 15" de latitud norte y 70° 41' 45" de longitud oeste, colapsó por igual razón.

Este fenómeno de los pisos sísmicamente suaves, es decir, pisos que se aplastan por completo durante un terremoto mientras los restantes pisos permanecen de pie, ha sido bien documentado luego de los terremotos de

Loma Prieta, California, el 17 de octubre de 1989; luego del terremoto de Northridge, California, el 17 de enero de 1994; el terremoto de Kobe (Japón), el 17 de enero de 1995 (justo un año después), y luego del terremoto de Izmit, Turquía, el 17 de agosto de 1999, (curiosamente todos ocurrieron un día 17). Con sus efectos, gran cantidad de edificios altos, cuyo primer piso era dedicado al estacionamiento de vehículos o a centros comerciales con amplios cristales perimetrales, colapsaron por disponer de columnas muy separadas y no poseer muros capaces de absorber el esfuerzo cortante generado por las ondas sísmicas liberadas por el terremoto.

Pero el fenómeno de los pisos sísmicamente suaves, aunque es mucho más común en los edificios altos cuyo primer piso ha sido dejado abierto para ser utilizado como área de estacionamiento, también ocurre en niveles superiores donde hay un marcado contraste entre los elementos estructurales utilizados y el nivel de rigidez de los mismos,

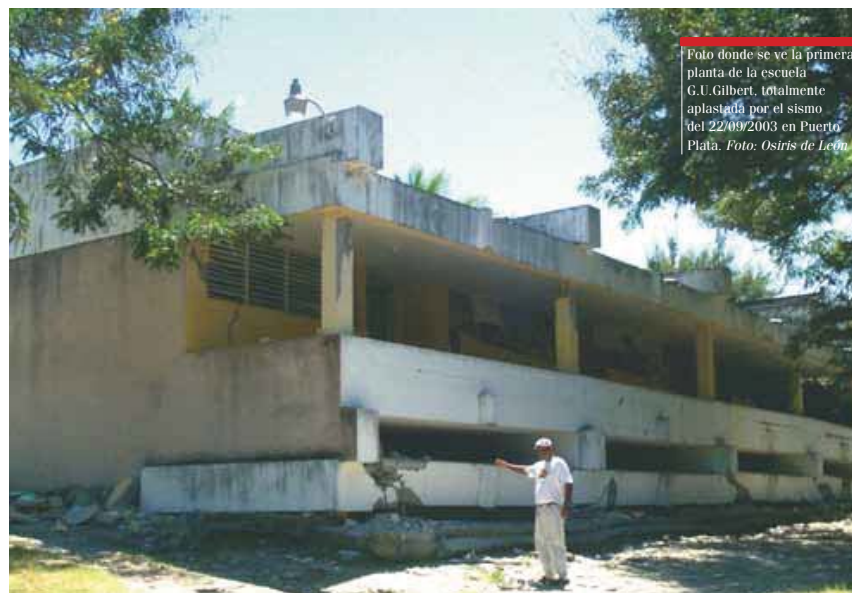


Foto donde se ve la primera planta de la escuela G.U. Gilbert, totalmente aplastada por el sismo del 22/09/2003 en Puerto Plata. Foto: Osiris de León



Centro Comercial La Amiga de los Pobres, con su primer piso totalmente aplastado por el sismo del 22/09/2003. Foto: Fuente externa

tal y como ocurrió en el terremoto de Kobe, Japón, donde una gran cantidad de edificios multipisos, todos con más de 20 años de haber sido construidos, colapsaron a nivel del quinto piso, ya que la antigua versión del código japonés de construcción permitía superestructuras más débiles a partir del quinto piso de un edificio. Eso debió ser posteriormente revisado y corregido en la nueva versión del código de construcción.

Posteriormente, en mayo del pasado año 2003, se observó que luego del sismo de 6.5 grados Richter que afectó la provincia turca de Bingol, muchos edificios multipisos colapsaron a nivel del tercer, cuarto o quinto piso, ratificando así que el fenómeno de los pisos sísmicamente suaves no es exclusivo de los primeros pisos, sin muros, dedicados al estacionamiento de vehículos, aunque estos primeros pisos construidos bajo este criterio son los más susceptibles al colapso. De ahí que algunos especialistas en el diseño de estructuras prefieren distinguir entre un primer piso para parqueos y un primer piso sísmicamente suave y dedicado a parqueos, ya que los expertos consideran que si el primer piso de parqueos dispone de al menos tres paredes perimetrales que provean resistencia al

esfuerzo cortante, sin grandes aberturas en las paredes, el espacio dedicado a la cuarta pared puede quedar abierto u ocupado por la puerta de acceso al estacionamiento, sin riesgos de que ese primer piso se comporte como un piso sísmicamente suave, es decir, que no colapse o que no se aplaste durante las sacudidas producidas por el terremoto.

Las construcciones modernas de la ciudad de Santo Domingo, especialmente en el polígono central, y las de algunas ciudades del interior del país, exhiben una gran cantidad de torres multipisos cuyo primer piso se ha dedicado al estacionamiento de vehículos, primer piso que al estar perimetralmente abierto, es decir, donde solo hay columnas aisladas que sirven de apoyo a los pisos suprayacentes y no hay muros de absorción de los esfuerzos cortantes generados por las ondas sísmicas liberadas por el terremoto, automáticamente se convierten en primeros pisos sísmicamente suaves, expuestos a colapsar al momento de un terremoto, aplastando todo lo que esté en ese primer piso.

Evidentemente que esta no es la única causa capaz de provocar el colapso de una edificación durante un terremoto, ya que el tipo de suelo donde se ha construido

la edificación, el diseño estructural de la edificación y sus condiciones de simetría o asimetría, la calidad del hormigón, la de los elementos de refuerzos y la de los restantes materiales utilizados en la construcción, especialmente su peso, elasticidad y ductilidad, así como la magnitud, localización, profundidad y duración del terremoto, serán finalmente los factores determinantes para que una edificación resista o colapse al momento de dicho terremoto.

De ahí que los grandes constructores de la antigüedad, egipcios, incas, mayas y aztecas, construían pirámides y otras edificaciones capaces de soportar grandes sismos, en momentos en que se desconocía el hormigón y el acero, y hoy día esas edificaciones se mantienen de pie, no obstante haber soportado decenas de sismos ocurridos a lo largo de miles de años.

Inclusive, las construcciones levantadas en el siglo XVI para la fundación de la ciudad de Santo Domingo, entre ellas la Catedral Primada de América, el Alcázar de Colón y otras, han resistido seis grandes y catastróficos terremotos gracias a una excelente concepción arquitectónica

y a la escogencia de un emplazamiento caracterizado por una caliza coralina de excelente calidad, donde las ondas sísmicas compresionales y las de cizallamiento viajan a muy altas velocidades, lo que impide que el espectro sísmico se amplifique bajo la estructura.

La resistencia sísmica de una edificación dependerá de las características del terremoto, pero también de las características de nuestras construcciones y de sus emplazamientos construya sobre roca.

#### ¿Qué hacer DESPUES de un terremoto?

- Revise que sus familiares y compañeros hayan llegado al punto de reunión apropiado.
- No regrese a la edificación hasta estar seguros de que la estructura no sufrió daños significativos.
- Infunda la más absoluta confianza y calma a cuantas personas tenga a su alrededor.
- No use el teléfono y para usarlo debe ser para casos graves y urgentes.



Muro de mampostería inca construido a prueba de sismos en Macchu Pichu. Foto: Osiris de León.

#### Obras muy antiguas que han resistido grandes terremotos por estar construidas sobre rocas de buena calidad.



Esfinje en Egipto. Foto: Osiris de León.



Pirámide de Egipto. Foto: Osiris de León.



**Obras muy antiguas que han resistido grandes terremotos por estar construidas sobre rocas de buena calidad.**



Pirámide de Chichén Itza en Cancún, México.



Pirámide de Tikal, en Guatemala. Foto: Osiris de León.

**Obras muy antiguas que han resistido grandes terremotos por estar construidas sobre rocas de buena calidad.**



Muros construidos por los Incas para resistir grandes sismos en la zona sísmica de Macchu Pichu, Cuzco, Perú. Fotos: Osiris de León





**Obras muy antiguas que han resistido grandes terremotos por estar construidas sobre rocas de buena calidad.**



Conjunto de arcos que dan soporte al acueducto romano en Estambul. Foto: Osiris de León.



Basílica Hagia Sofia en Estambul, Turquía. Foto: Osiris de León.

**Obras muy antiguas que han resistido grandes terremotos por estar construidas sobre rocas de buena calidad.**



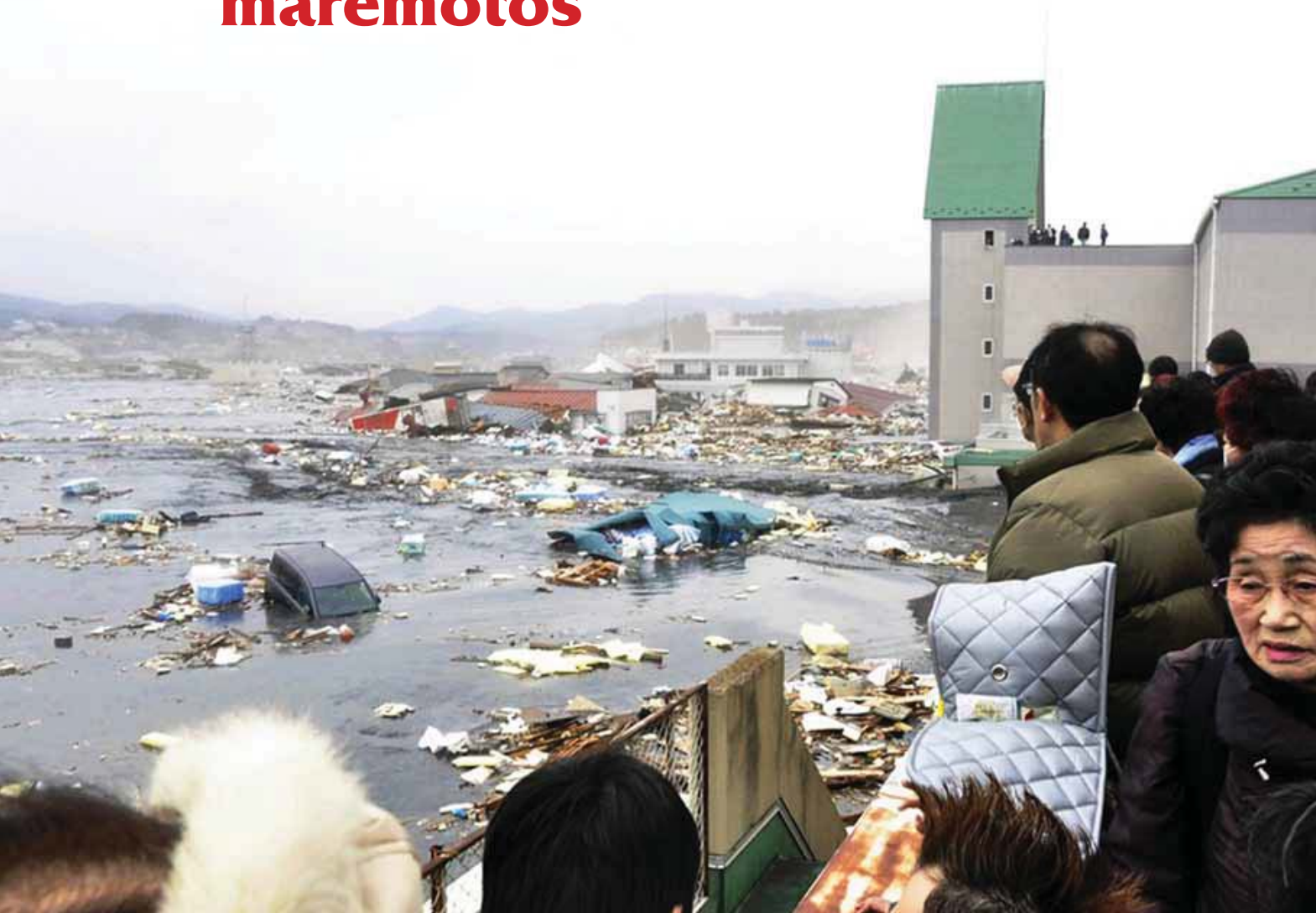
Catedral colonial de Cuzco, Perú. Foto: Osiris de León.



Viviendas en cuevas de rocas volcánicas de Capadocia, Turquía. Foto: Osiris de León.

# Terremotos y maremotos

Por: R. OSIRIS DE LEÓN  
Ingeniero Geólogo  
ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA REPUBLICA DOMINICANA



## Resumen

La historia sísmica de la isla Hispaniola registra siete devastadores terremotos ocurridos en los años 1562, 1783, 1842, 1887, 1904, 1946 y 2010, con epicentros en diferentes zonas sísmicamente activas, y tres maremotos ocurridos en Azua (1751), Manzanillo (1842) y Matanzas de Nagua (1946), eventos que tienen un alto riesgo de próxima repetición, principalmente en la zona norte donde los grandes terremotos tienen altas probabilidades de repetirse cada 50-70 años, con el agravante de que no tenemos un plan de ordenamiento territorial, mientras nuestras escuelas, hospitales, iglesias, puentes e importantes edificaciones públicas y privadas se construyen en cualquier lugar y sin tomar en consideración los tipos de suelos y la vulnerabilidad sísmica de las estructuras levantadas sobre los suelos flexibles de mal comportamiento sísmico.

El hecho de que los terremotos de los últimos 450 años destruyeran importantes ciudades dominicanas y haitianas como Santiago, La Vega, Cabo Haitiano, Port de Paix, Mole de San Nicolás y Puerto Príncipe, todas construidas sobre suelos arcillosos y arenosos flexibles; mientras la ciudad Colonial de Santo Domingo, cimentada sobre las rocas calizas coralinas rígidas de la franja sureste de la isla resistió todas esas fuertes sacudidas, es una clara demostración de que el comportamiento de una edificación ante un terremoto no sólo depende de los