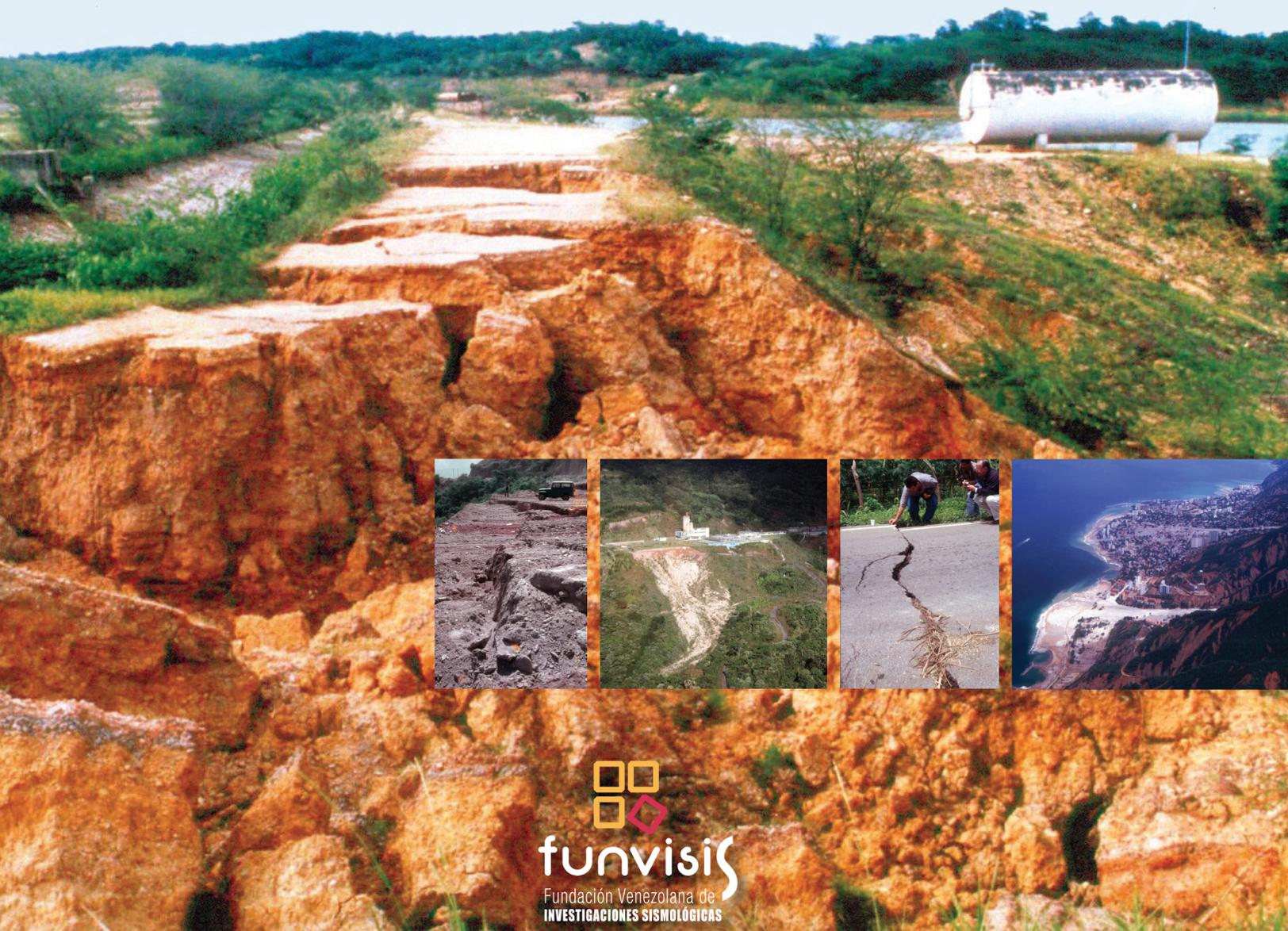


BIBLIOTECA POPULAR DE SISMOLOGÍA VENEZOLANA

Vivienda segura ante amenazas naturales

Introducción a las amenazas naturales. Evaluación de la amenaza sísmica

André Singer




funvisis
Fundación Venezolana de
INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencia, Tecnología e Innovación

**MINISTERIO DEL PODER POPULAR
PARA CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN**

Jorge Arreaza M.

Ministro

**FUNDACIÓN VENEZOLANA DE
INVESTIGACIONES SISMOLÓGICAS (FUNVISIS)**

Víctor H. Cano P.

Presidente

CONSEJO DIRECTIVO

Ministerio del Poder Popular
para Ciencia, Tecnología
e Innovación

Ministerio del Poder Popular
para la Educación Universitaria

Fondo Nacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación

Dirección Nacional
de Protección Civil y

Administración de Desastres

DIRECTORIO

Aura E. Fernández

Directora Técnica

Manolo González P.

*Director de Administración
y Servicios*

Gloria González M.

*Directora de Planificación
y Presupuesto*

Elena Valera

Consultora Jurídica

V i v i e n d a s e g u r a a n t e a m e n a z a s n a t u r a l e s

Introducción a las amenazas naturales. Evaluación de la amenaza sísmica

André Singer



B I B L I O T E C A P O P U L A R D E S I S M O L O G Í A V E N E Z O L A N A



Primera edición 2012
©Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas - FUNVISIS

Hecho el Depósito de Ley
ISBN 978-980-6069-19-0
ISBN 978-980-6069-20-6
Dep. Legal: If81020125511973
Dep. Legal Ifi81020125511972

Proyecto Fonacit N° 2011000438
(Proyectos Estratégicos 2011)
“La vivienda segura ante las amenazas naturales
y otros riesgos: fascículos para
la construcción popular”

Proyecto:
Víctor Cano
Francisco Garcés
Alejandro López
Oscar A. López
Guy Vernáez

Coordinación General:
Ana Rosa Massieu

Comité editorial:
Víctor Cano
Antonio Conti
Jorge González
Oscar A. López
Alejandro López
Ana Rosa Massieu

Secretaria
Milagros Naveda

Asesoría del Proyecto Editorial:



Edición, revisión y coordinación
de producción: *Helena González*

Diseño, diagramación
y coordinación gráfica: *Michela Baldi*

Concepto gráfico: *Douglas Muñoz, Michela Baldi*

Mapas y dibujos: *Elisa Ferrán, Marina Peña*

Fotografías de portada:
André Singer
*Antoine Mocquet y Rommel Contreras. Informe sobre el terremoto de
Cariaco (Venezuela) del 9 de Julio de 1997.*



Proyecto financiado por Fonacit en el marco de la Ley Orgánica de
Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI)

Presentación

Venezuela está sujeta a la acción de amenazas naturales y tecnológicas, como aludes torrenciales, inundaciones, deslizamientos, terremotos e incendios, eventos que sumados a las limitaciones de la planificación territorial y de la construcción popular, conllevan la posibilidad de que ocurran desastres.

Los desastres son la materialización del riesgo que se construye socialmente. Decir que “*los desastres son naturales*” es algo erróneo. Para que haya un desastre no sólo es necesario que se presente el desbordamiento de un río, un deslizamiento de tierra o un terremoto, sino también que existan construcciones que se puedan inundar, tapiar o que no cumplan con exigencias sismorresistentes. En otras palabras, un desastre se presenta no solamente cuando un evento natural ocurre sino cuando asentamientos humanos u otros bienes de la sociedad están expuestos a dichos eventos peligrosos y cuando, además, presentan niveles de vulnerabilidad adversos. Dicha vulnerabilidad es el resultado de actividades humanas y por esta razón los desastres son más fenómenos sociales que sucesos naturales.

La construcción de vivienda popular en Venezuela, en su mayoría, se realiza por autogestión o de manera informal: sin proyecto; sin asistencia técnica; de forma progresiva y, en particular, sin las consideraciones sismorresistentes y geotécnicas necesarias para que dichas viviendas sean seguras ante la ocurrencia de eventos naturales. Esto ocurre, principalmente, debido a los escasos conocimientos que de la materia tienen los constructores de vivienda popular y por la falta de herramientas que brinden a dichos constructores informales orientaciones prácticas, sistematizadas y validadas por los entes rectores en las distintas temáticas.

Basado en lo anterior y teniendo en cuenta: 1) que una de las cinco prioridades del Marco de Acción de Hyogo de las Naciones Unidas, hace referencia a la utilización del conocimiento, la innovación y la educación para crear una cultura de seguridad y resiliencia ante el riesgo de desastres a todo nivel; 2) que una de las directrices del Proyecto Nacional Simón Bolívar 2007-2013 hace referencia a la Suprema Felicidad Social, específicamente en el propósito de garantizar el acceso a una vivienda digna, fomentando y apoyando la participación y el compromiso para la construcción de la vivienda, donde la puesta en marcha de la Gran Misión Vivienda Venezuela es una solución estructurada, y 3) que el Programa Nacional de Reducción del Riesgo Sísmico que está desarrollando la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) busca contribuir a mitigar el riesgo sísmico a que están expuestas las viviendas en Venezuela, se elaboró la presente colección *Vivienda segura ante amenazas naturales*.

Dicha colección ha sido desarrollada por un grupo de expertos en cada una de las áreas temáticas (Conceptualización del Riesgo de Desastres; Amenaza por Terremotos; Amenaza por Aludes Torrenciales e Inundaciones Fluviales; Amenaza por Inestabilidad del Terreno; Hábitat Urbano y Vivienda; Vivienda de Mampostería Confinada Sismorresistente e Instalaciones para Vivienda de Mampostería), bajo la coordinación de FUNVISIS, con el apoyo financiero del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT), del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Innovación (MPPCTI), en el marco de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI).

Con esta colección se intenta contribuir a la construcción de una vivienda popular más segura en el país, suministrando a los constructores populares, a la comunidad organizada, a las medianas y pequeñas empresas de construcción y a la población en general, una herramienta orientadora, sencilla y didáctica para la selección del terreno y para la construcción de viviendas resistentes a los terremotos y a otros eventos como inundaciones y deslizamientos. Sin embargo, se tiene claro que el desarrollo y la entrega de esta colección no es suficiente para prevenir y mitigar el riesgo susceptible de acarrear desastres. Todos debemos reconocer la gran responsabilidad que tenemos en la construcción social del riesgo, y, basados en el principio constitucional de la corresponsabilidad, declaramos que el problema de los desastres es de todas y todos. En consecuencia debemos trabajar coordinadamente para encontrar una solución a este problema. Leer y usar esta colección es un buen comienzo.

Víctor H. Cano P.

Presidente de FUNVISIS

Introducción a las amenazas naturales. Evaluación de la amenaza sísmica

André Singer

1. Introducción a las amenazas naturales

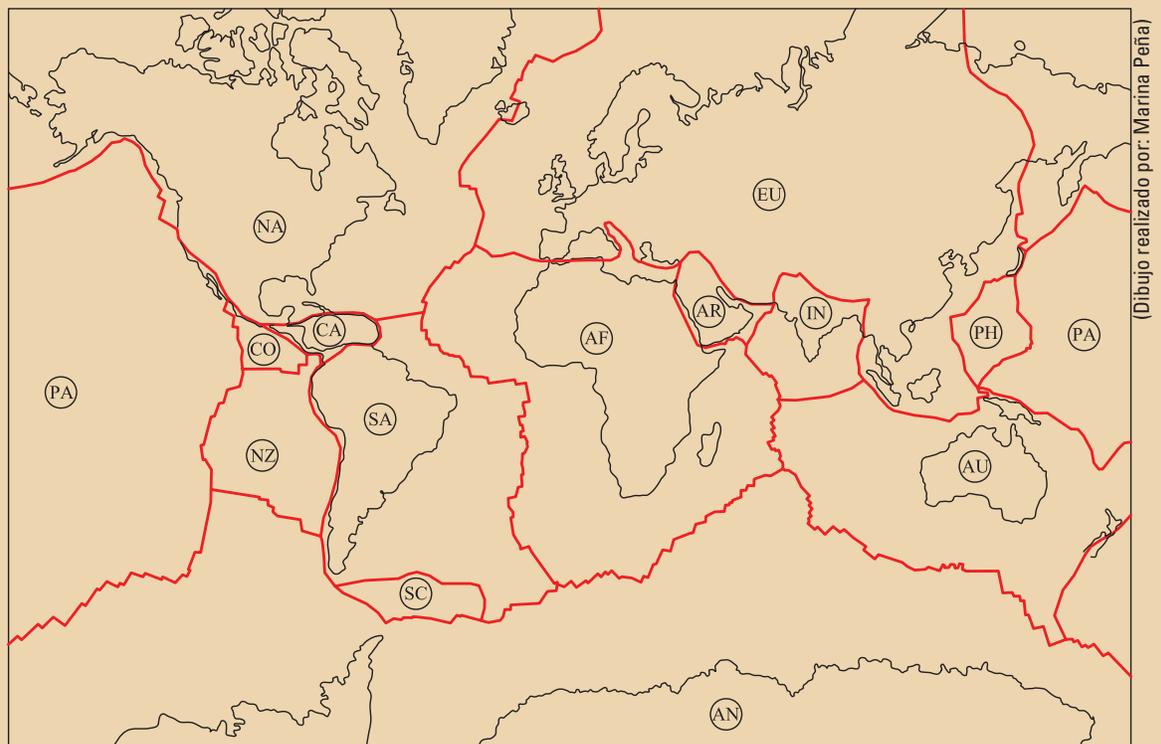
El planeta como hábitat del hombre: una morada inestable, pero de apariencia inmóvil

De una manera general, la actividad del hombre interfiere con las diversas manifestaciones geofísicas de la actividad del planeta, como las de origen sísmico y volcánico, que desdibujan su variada anatomía de placas tectónicas (figuras 1a y 1b) o las que caracterizan la complicada fisiología de su sistema de geoesferas solidarias, integrado tradicionalmente por la litosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la biosfera, de la cual los humanos están tratando de

independizarse como tecnosfera o esfera planetaria de la cultura técnica. La actividad cotidiana del hombre se encuentra en primer lugar estrechamente acoplada con el movimiento regular de los ritmos naturales, como los de la noche y del día, del brillo del sol o de las sombras de las nubes, de los períodos de lluvia y de sequía, del dinamismo de los vientos alisios, del va y ven desestresante del oleaje en la playa, o del flujo y reflujo sigiloso de la marea....

Una amenaza natural es un peligro potencial, asociado a una cierta probabilidad de ocurrencia.

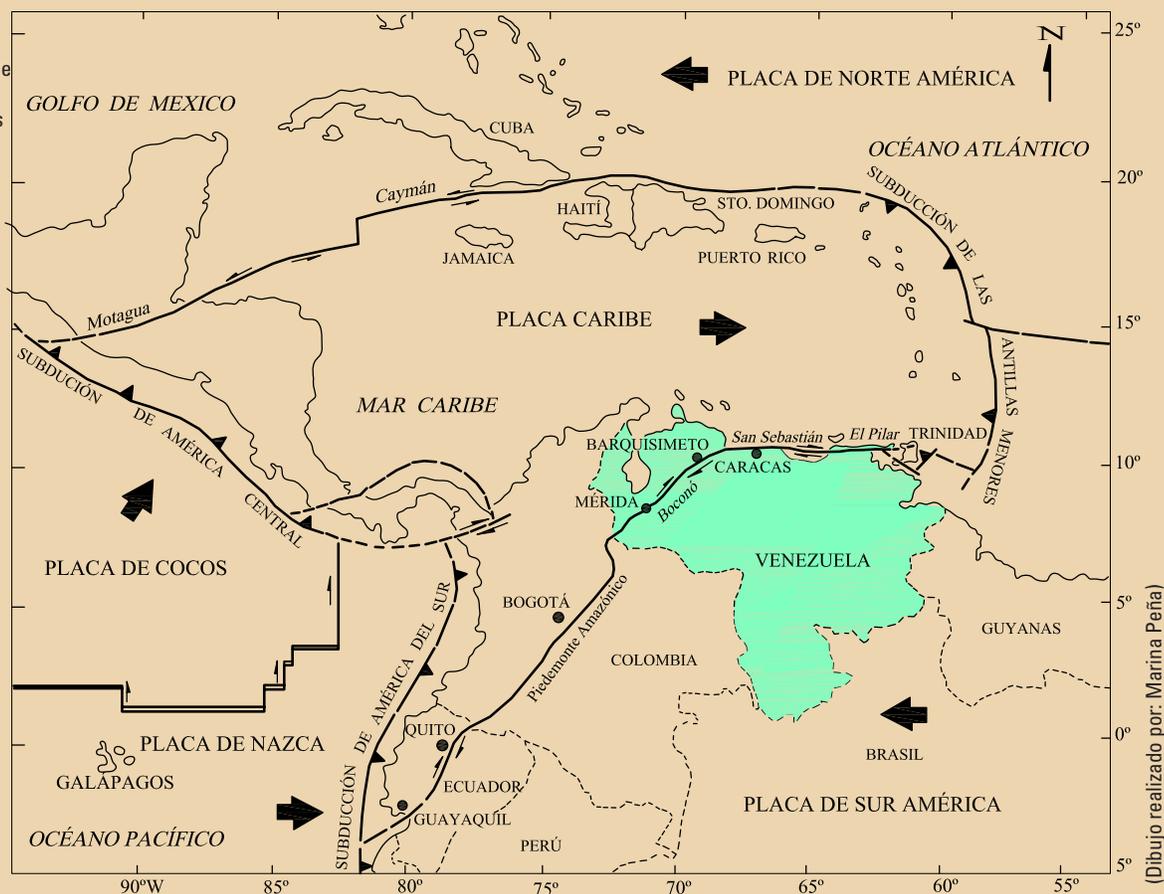
Figura 1a
Geometría actual de los límites de placas tectónicas en la superficie del planeta



CA (Placa Caribe); **CO** (Placa de Cocos); **NZ** (Placa de Nazca); **NA** y **SA** (Placas de Norte y Sur América); **SC** (Placa del Mar de Scotia); **AF** (Placa Africana); **AN** (Placa Antártica); **EU** (Placa Euroasiática); **IN** (Placa de la India); **AR** (Placa de Arabia); **PH** (Placa de Filipinas); **AU** (Placa Australiana); **PA** (Placa Pacífica)

(Dibujo realizado por: Marina Peña)

Figura 1b
Geometría de la placa Caribe entre las placas de Norte y Suramérica y las placas de Nazca y Cocos hacia el Pacífico



El límite sur de la placa Caribe, que coincide con el eje montañoso del norte de Venezuela, se prolonga al oeste hacia el Golfo de Guayaquil en Ecuador y hacia el este en dirección del arco de las Antillas menores.

Sin embargo, aquella rutina geofísica monótona y apacible suele ser interrumpida por la alteración sorpresiva de la estabilidad acogedora de la vivienda humana, al irrumpir en la misma fenómenos de gran impacto dinámico, que ocupan posiciones cercanas a la extremidad de las curvas de intensidad-frecuencia utilizadas para caracterizar la agresividad de las amenazas naturales. Fenómenos de esta naturaleza extrema han ocurrido por ejemplo en el país al desviarse en 1933 un huracán del Caribe hacia nuestras costas (figura 2), o cuando llegaron a desmoronarse en 1999 las laderas del faldeo del Ávila hacia el mar por la

acción de deslaves y de aludes torrenciales disparados por lluvias de intensidad excepcional (figura 3), o al producirse un terremoto importante, como el de Cariaco en 1997, en algún tramo de la espina dorsal montañosa ubicada al norte del territorio (figura 4). Estas circunstancias son propicias para que el hombre descubra la otra cara, irascible y amenazante del planeta, y logre descifrar, por medio de la asimilación científica de los caprichos de la naturaleza –que sólo la ignorancia, la indiferencia, la imprevisión y los demás componentes de la vulnerabilidad humana convierten en desastres– la lógica temporal y planetaria de la larga incubación de aquellos

procesos extremos en lapsos de varios siglos y hasta de milenios, fuera de escala con el tiempo comparativamente muy breve en el cual se consume una vida humana. Este es precisamente el reto que se le plantea al sismólogo de lograr unificar la comprensión de las manifestaciones más brutales y efímeras de la actividad sísmica del planeta que son los terremotos, y las de los movimientos de larga duración, imperceptibles para los hombres, de la tectónica de placas, y de los grandes sistemas de fallas sísmógenas que acomodan aquel movimiento relativo a lo largo de las fronteras móviles que separan placas de comportamiento rígido.

Figura 2
 Trayectoria del huracán de 1933 en el Oriente del país
 (Fuente: Iván Gómez L., 1983)



Figura 3
 Explayamiento en el Mar Caribe de materiales de deslaves blanquecinos del abanico
 torrencial de Camurí Chico, estado Vargas



Resultado del impacto devastador de las lluvias de diciembre de 1999 en las laderas del Ávila. El color del material depositado es representativo del origen residual de los productos de arrastre provenientes de una fuente ubicada a más de 2000 metros en la Fila Maestra de la cordillera (Fotografía André Singer).

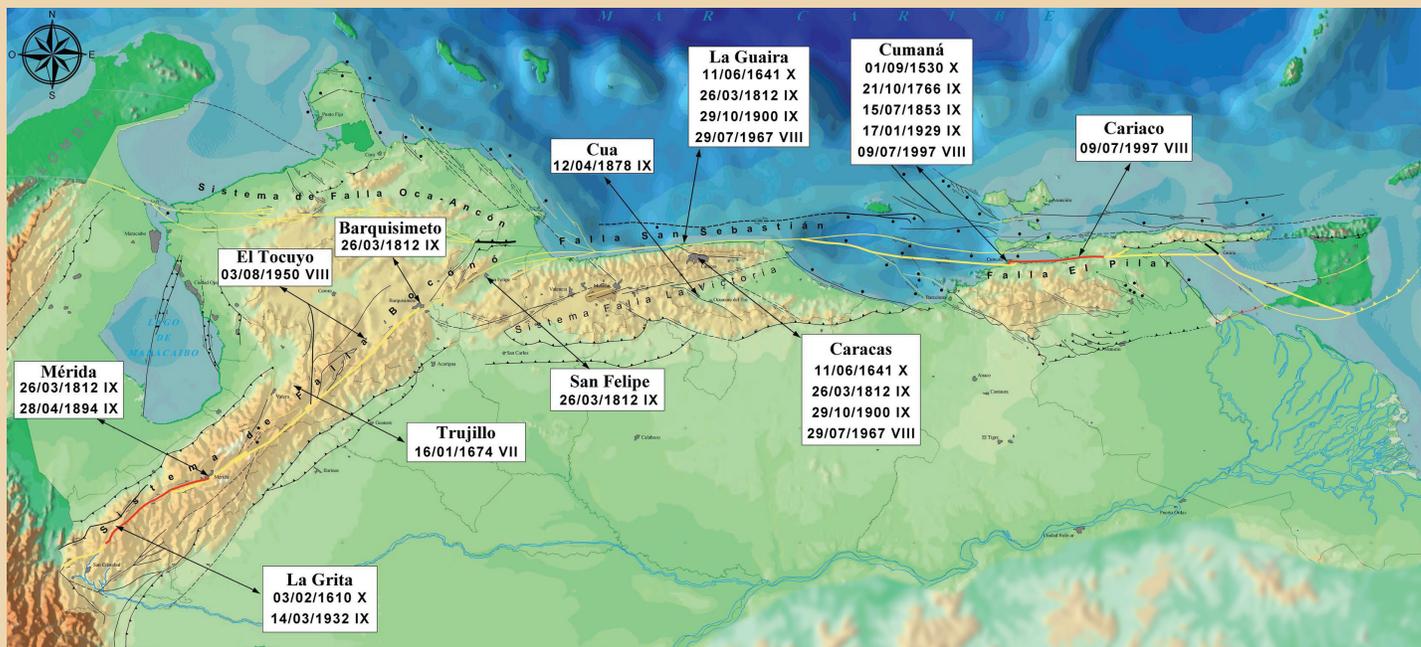
Figura 4
 Remoción con grúa de las losas de piso apiladas a manera de panqueca en el edificio Miramar de Cumaná a raíz del terremoto de Cariaco de 1997
 (Fotografía Feliciano De Santis)



En nuestro país, por ejemplo, la velocidad de desplazamiento del orden de 2 cm/año, comprobada recientemente por mediciones de geodesia satelital, que corresponde al movimiento lento y continuo de la placa del Caribe hacia el este con respecto a la placa del continente suramericano, se encuentra absorbida en por lo menos un 50% por el correspondiente

movimiento lateral de las grandes fallas activas corticales donde se concentran los mayores eventos de la historia sísmica del país (figura 5). Estas fallas son conocidas respectivamente como falla de Boconó a lo largo del eje de los Andes, falla de San Sebastián de Maiquetía en el litoral central y falla de El Pilar en el Oriente de Venezuela.

Figura 5
Sismos históricos destructores en Venezuela



Referencias: Mapa GeoHistórico, Aula Sísmica FUNVISIS

Datos: Palme C., Altez R., Silva J., Morandi M., Rodríguez J., Choy J., Urbani F., Rengifo D. <http://sismicidad.hacer.ula.ve> (Consultada 15/10/2005)

Compilación fallas cuaternarias: Audemard F., Machette M., Cox J., Dart R. (2000). Compilado y adaptado por: Ing. Geol. Víctor H. Cano - Caracas, Octubre 2005

Figuras 6a y 6b
Ruptura de superficie cosísmica del terremoto de Cariaco de 1997 en la calzada de la carretera Troncal 9, 2 km al oeste de Casanay



La fractura abierta con forma de S y el desplazamiento de la raya blanca en el borde de la carpeta asfáltica indican que la ruptura sísmica corresponde a un desplazamiento horizontal hacia la derecha en dirección al fotógrafo (Fotografías André Singer)

La distancia que separa aquellas fallas de un determinado sitio poblado del país y que condiciona una parte significativa de su nivel de exposición ante la amenaza sísmica puede apreciarse con la consulta del mapa de fallas activas cartografiadas por los geólogos de FUNVISIS en los últimos 30 años y accesible en la página web de esta institución (www.funvisis.gob.ve). En consecuencia, es necesario que estas fallas maestras desarrollen un movimiento continuo de 1 cm/año, con la correspondiente acumulación de energía generada por fricción entre ambos compartimentos sellados de las mismas y durante lapsos estimados de por lo menos 2 a 3 siglos, para vencer la resistencia de las rocas ubicadas en los primeros 15 kilómetros de espesor de la corteza terrestre, y disparar

grandes rupturas sísmicas hasta la superficie de la misma, como la que se evidenció en ocasión del terremoto de Cariaco de 1997 a lo largo de la traza activa de la falla de El Pilar (figuras 6a y 6b). A título de comparación, una tasa de deformación cortical relativamente alta como la señalada de 1 cm/año y acumulada por estas fallas previamente a la ruptura sísmica, equivale en realidad a valores de velocidad de 2,5 a 10 veces más pequeños que la tasa de crecimiento de nuestras uñas, de nuestros cabellos, y hasta del cuerpo humano para llegar a tamaño adulto.



Filosofía general de una estrategia de selección de sitio

Las diversas manifestaciones geofísicas de inestabilidad evocadas en la sección anterior corresponden a formas de liberación de energía, fuera de serie y de magnitud tan enorme que escapan a cualquier posibilidad actual de anticipación y control directo de los efectos de las mismas por la ciencia y la ingeniería. De esta manera, la defensa contra estas agresiones de la naturaleza no puede ser sino de tipo pasivo, de la misma manera que por no poder impedir la caída de la lluvia el hombre logra ponerse a salvo de la misma con un paraguas o bajo un techo. A tal efecto, se procede a evaluar *a posteriori* los lugares de ocurrencia, las huellas de las trayectorias y los sitios de

impacto que suelen caracterizar la dinámica respectiva de aquellas amenazas naturales en la superficie del planeta, hoy en día y en el pasado accesible al hombre, por medio de la memoria histórica y geológica de los tiempos recientes. De esta manera, es factible reducir el nivel de exposición y la correspondiente vulnerabilidad física del hábitat de los hombres, ante la acción de estos fenómenos adversos, gracias a una prudente y previsiva estrategia de selección de sitios de hábitat conducida a través de aproximaciones sucesivas que se enmarcan en el proceso regional de planificación y desarrollo urbano hasta culminar en las disposiciones de las ordenanzas de urbanismo a nivel local.

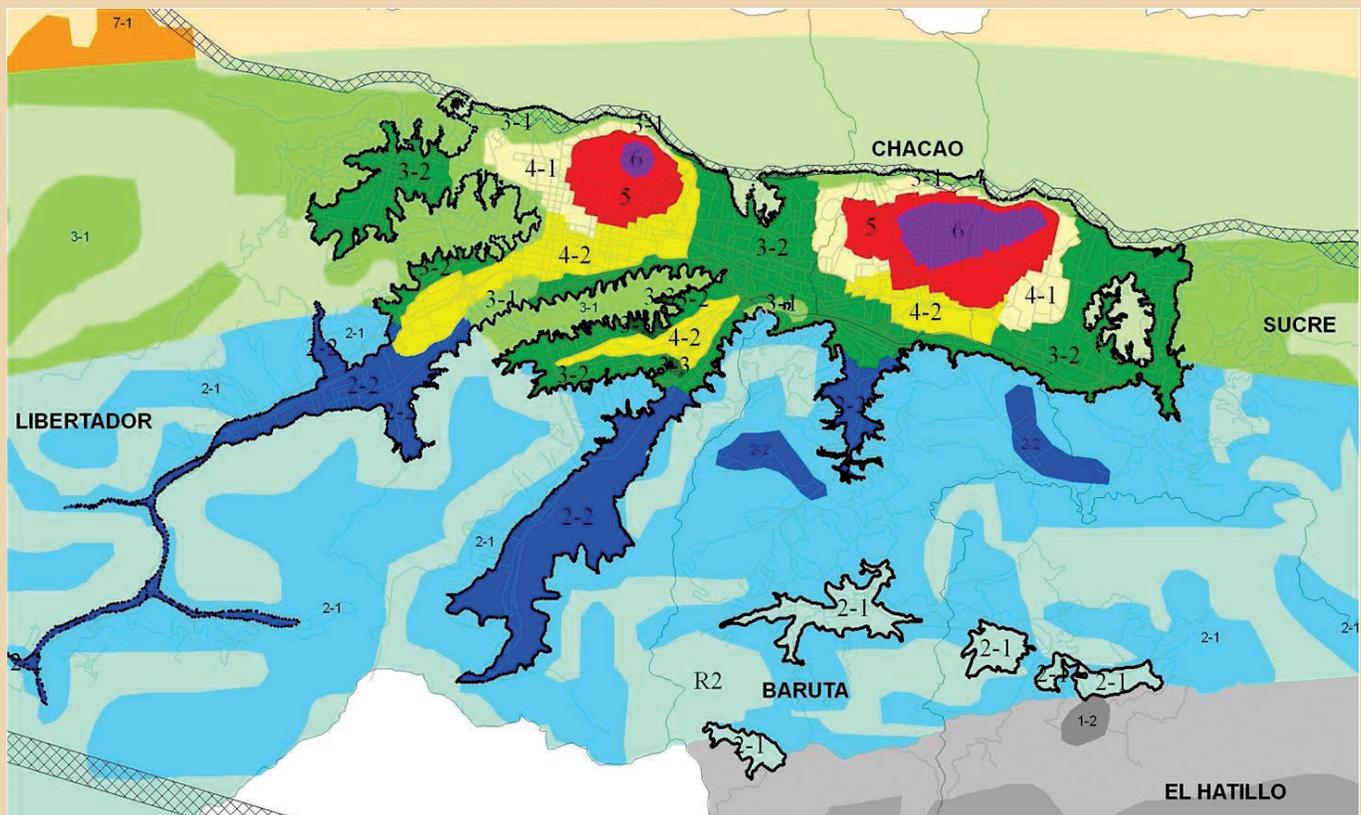
Las huellas de las trayectorias y los sitios de impacto que suelen caracterizar la dinámica de las amenazas naturales en la superficie del planeta pueden ser evaluadas *a posteriori*, por medio de la memoria histórica y geológica de los lugares de ocurrencia de las mismas, en los tiempos recientes.

La respuesta sismorresistente de las viviendas o de otro tipo de construcciones ante niveles de riesgo económicamente y socialmente aceptables, se puede optimizar en las edificaciones proyectadas por medio de diseños ingenieriles adecuados y, en las ya existentes de tipo formal o popular, con la aplicación de medidas de reforzamiento de las estructuras.

En lo concerniente a la amenaza sísmica, este doble nivel de aproximación se encuentra definido a escala regional por los parámetros de diseño acordes con los requerimientos nominales de seguridad contemplados en las Normas COVENIN vigentes de Edificaciones Sismorresistentes en las diversas regiones de mayor a menor amenaza prescritas en el Mapa de Zonificación Sísmica del país para fines de ingeniería (figura 7); y luego a nivel local, por el ajuste hacia arriba o hacia abajo, de las exigencias anteriores en función de las condiciones de respuesta sísmica esperadas de los terrenos en un

determinado sitio urbano, y de acuerdo con las características geológicas y geotécnicas del suelo local, que discriminan los mapas de microzonificación sísmica elaborados por FUNVISIS en las principales ciudades del país (figura 8). De esta manera, se persigue optimizar el comportamiento sismorresistente de las viviendas o de otro tipo de construcciones ante niveles de riesgo económicamente y socialmente aceptables por medio de diseños ingenieriles adecuados, en las edificaciones proyectadas, y en las ya existentes de tipo formal o popular, con la aplicación de medidas de reforzamiento de las estructuras.

Figura 8
Mapa de Microzonificación Sísmica de Caracas
(M. Schmitz et al., 2008)



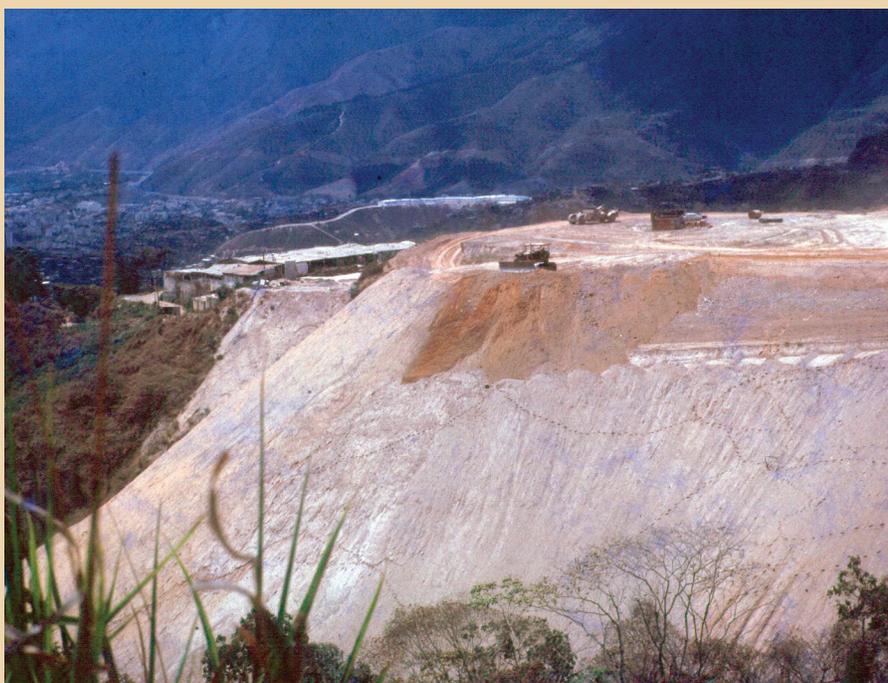
Diferenciación en función del suelo y en más de 18 microzonas de amenaza sísmica, del requisito nominal de 0,30g exigido por la Norma COVENIN en toda la extensión de la zona 5 donde figura Caracas.

El nivel de exposición y la correspondiente vulnerabilidad física del hábitat de los hombres ante la acción de estos fenómenos adversos es posible reducirlos gracias a una prudente y previsiva estrategia de selección de sitios donde habitar.

En el caso de amenazas de menor impacto dinámico, como en los ejemplos de la sección anterior, y por lo tanto de dimensión más local y frecuencia de ocurrencia más elevada, es aún más valedera la filosofía planteada de poner en práctica criterios de selección de sitios para reducir los niveles de exposición y vulnerabilidad de las viviendas proyectadas o construidas, ante fuentes de peligro como por ejemplo los espacios inundables anualmente, definidos por el lecho mayor de los ríos y conocidos en la lexicología popular criolla de amenazas naturales como “vega inundable”, o por la actividad crónica de movimientos de masa, como los deslizamientos de tierra que constituyen una realidad permanente bajo los cafetales ubicados en las laderas boscosas húmedas de la montaña andina. A tal efecto, será de gran utilidad la consulta preventiva de mapas de amenaza

(o riesgo de ocurrencia) de determinados peligros naturales en el país a nivel local o regional, e inclusive para el conjunto del territorio como el Inventario Nacional de Riesgos Geológicos de FUNVISIS, y de interés tanto para los responsables como para los dolientes de las políticas públicas de gestión de riesgo. Sobre este asunto, la magnitud insólita actual de siniestros de viviendas confrontada tanto en los barrios populares como en urbanizaciones planificadas, por concepto de deslizamientos de tierra y colapsos de taludes, en su gran mayoría provocados por movimientos de tierra indiscriminados y vicios ocultos de subsuelo como los asociados con quebradas rellenas y botes de materiales inestables (figura 9), ofrece una radiografía elocuente del nivel de exposición excesivo consentido al respecto por los responsables del proceso de urbanismo y de la construcción de viviendas. Esta situación se debe también a expectativas o concepciones incorrectas en torno al alcance de los estudios convencionales de suelos, realizados en forma rutinaria y puntual para fines de permisología, pero sin tomar en cuenta la geodiversidad de las condiciones de sitio que prevalecen en cada parcela particular, las cuales convierten su evaluación geotécnica en casos de estudio de carácter prototipo.

Figura 9
Empuje mediante tractor y bote en borde de meseta, de grandes volúmenes de materiales sueltos originados por movimientos de tierra realizados para fines de urbanismo



Localización: Fila de Mariches, al sur de Petare, en Caracas (Fotografía André Singer).

Contexto geológico, sitio geotécnico y dimensión temporal del estado inestable

Un sitio geotécnico corresponde al acondicionamiento artificial de un determinado sitio geológico natural o previamente transformado para la ubicación de obras de construcción, cuya dimensión equivale a una fracción infinitamente pequeña de un cierto espesor de suelo y subsuelo de la corteza terrestre, y cuya superficie supera por lo general el tamaño de la parcela a construir. La principal característica de un sitio geotécnico deriva de la modificación realizada por el hombre, y en un sentido *a priori* favorable, de las condiciones

de equilibrio iniciales de los terrenos previas al proceso de construcción, y bajo el impacto de fenómenos específicos inducidos por la propia obra, en particular a nivel de los suelos de fundación y de su entorno cercano. Como muestra de estas modificaciones, es muy común la aparición de asentamientos diferenciales temporales, de filtraciones de agua natural y de agrietamientos del terreno. En determinados casos, y por causa de un conocimiento defectuoso de la geometría y de las propiedades de los materiales del subsuelo, así como de los correspondientes errores de diseño de fundaciones, como suele ocurrir en sitios de topografía modificada, con espesores irregulares de rellenos artificiales o taludes de corte o botes inestables (figura 10), la modificación del comportamiento de los terrenos de fundación puede alcanzar dimensiones

patológicas y conducir al siniestro de la obra construida. En consecuencia, y sin tener que llegar al caso extremo evocado, las condiciones geotécnicas de un sitio construido están muy lejos de constituir el elemento inerte o estático que sugieren las maquetas de los proyectos de urbanismo, congeladas en el tiempo. En efecto, el tiempo constituye la dimensión fundamental del estado inestable, por el cual transita el sitio geotécnico construido hacia nuevas condiciones de equilibrio cercanas al estado de reposo inicial, o evoluciona, por el contrario, hacia situaciones peligrosas imprevistas que pueden conducir a la ruina de la obra, más allá de la responsabilidad decenal del ingeniero a cargo de la misma, pero sin haberse cumplido necesariamente su vida útil.

Figura 10
Colapso del borde inestable de un talud de bote de escombros sueltos, acondicionado como el de la figura 9 para generar terrenos planos con fines de construcción



(Fotografía André Singer)

Un sitio geotécnico corresponde al acondicionamiento artificial de un determinado sitio geológico natural o previamente transformado para la ubicación de obras de construcción, cuya dimensión equivale a una fracción infinitamente pequeña de un cierto espesor de suelo y subsuelo de la corteza terrestre, y cuya superficie supera por lo general el tamaño de la parcela a construir.

2. Evaluación de la amenaza sísmica

La importancia de las víctimas de los terremotos no deja de crecer en cada nueva conmoción sísmica que sufre la población del planeta, como en particular la de los países del llamado Tercer Mundo, donde las razones de ser y los remedios de esta situación de riesgo, deben constituir un motivo de preocupación permanente por parte de las autoridades públicas. Al respecto, y contrariamente a las opiniones comunes que confunden causas y efectos, la contabilidad creciente de víctimas de la amenaza sísmica no se encuentra acompañada por un incremento paralelo del número de eventos sísmicos correspondientes a valores letales de intensidad/magnitud, por mantenerse la actividad sísmica del planeta estable en el tiempo. En cambio, el costo en vidas humanas y pérdidas

materiales de las catástrofes de origen sísmico es el reflejo global del aumento de la población mundial, y sobre todo del nivel de exposición creciente y fragilidad de las grandes aglomeraciones de hábitat popular suburbanizadas ante la amenaza sísmica, en particular cuando las mismas se construyen en las zonas de mayor peligro del planeta. Al respecto, y dentro de estos espacios de alto riesgo, son particularmente vulnerables las grandes extensiones litorales, por las condiciones desfavorables de sus suelos mal consolidados y por coincidir frecuentemente estos espacios costeros con límites activos de placas tectónicas, y además por constituirse los mismos en las principales zonas de atracción económica y turística actuales del planeta como es el caso en Venezuela (figura 11).

El costo en vidas humanas y pérdidas materiales de las catástrofes de origen sísmico es el reflejo global del aumento de la población mundial, y sobre todo del nivel de exposición creciente y de fragilidad de las grandes aglomeraciones de hábitat popular suburbanizadas ante la amenaza sísmica, en particular cuando éstas se construyen en las zonas de mayor peligro del planeta.



Figura 11
Litoral de Cumaná en la entrada del Golfo de Cariaco



La traza activa de la falla de El Pilar coincide con la base del acantilado ubicado en el flanco hacia el mar del Cerro Caigüire y se extiende al este hacia los manglares del Parque Nacional Punta Delgada y la Urb. Gran Mariscal de Ayacucho en el fondo de la vista (Fotografía André Singer).



El diagrama muestra una serie de líneas concéntricas que representan las ondas sísmicas que se propagan desde un punto central. Las líneas están espaciadas de manera que sugieren la expansión de las ondas a medida que se alejan del epicentro. Este diagrama sirve como fondo para el texto que describe la evaluación de la amenaza sísmica.

En escenarios conflictivos como los señalados, el peligro que significa la convivencia de la población con niveles elevados de actividad sísmica requiere del Estado la instrumentación de políticas públicas de reducción de riesgo en materia de construcción, que tomen en cuenta la importancia de la amenaza sísmica discriminada de manera regional y local. A tal efecto, los estudios de amenaza sísmica proceden por aproximaciones sucesivas en la determinación de parámetros de evaluación acordes con la escala de cada uno de los niveles de análisis señalados, desde la caracterización general y regional de las fuentes de

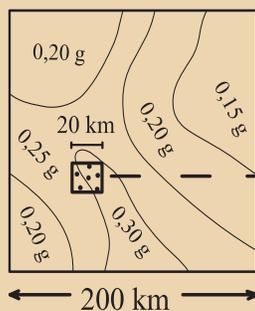
actividad sísmica, para evaluar luego las modificaciones que sufren las ondas sísmicas con la distancia entre una determinada fuente sísmica y el sitio de interés donde impactan las mismas, y por ende con estimar la respuesta dinámica del sitio impactado de acuerdo a su configuración topográfica y a la constitución geológica del subsuelo en la vertical del mismo punto. Para los fines de la presente guía de construcción popular, se pone el énfasis solamente en el nivel de evaluación local de la amenaza sísmica por presentar esta misma el mayor interés directo (figura 12 en página siguiente).

El peligro que significa la convivencia de la población con niveles elevados de actividad sísmica requiere del Estado la instrumentación de políticas públicas de reducción de riesgo en materia de construcción, que tomen en cuenta la importancia de la amenaza sísmica discriminada de manera regional y local.

Figura 12
Evaluación regional y local de la amenaza sísmica (modificado de Mouroux, 1984)

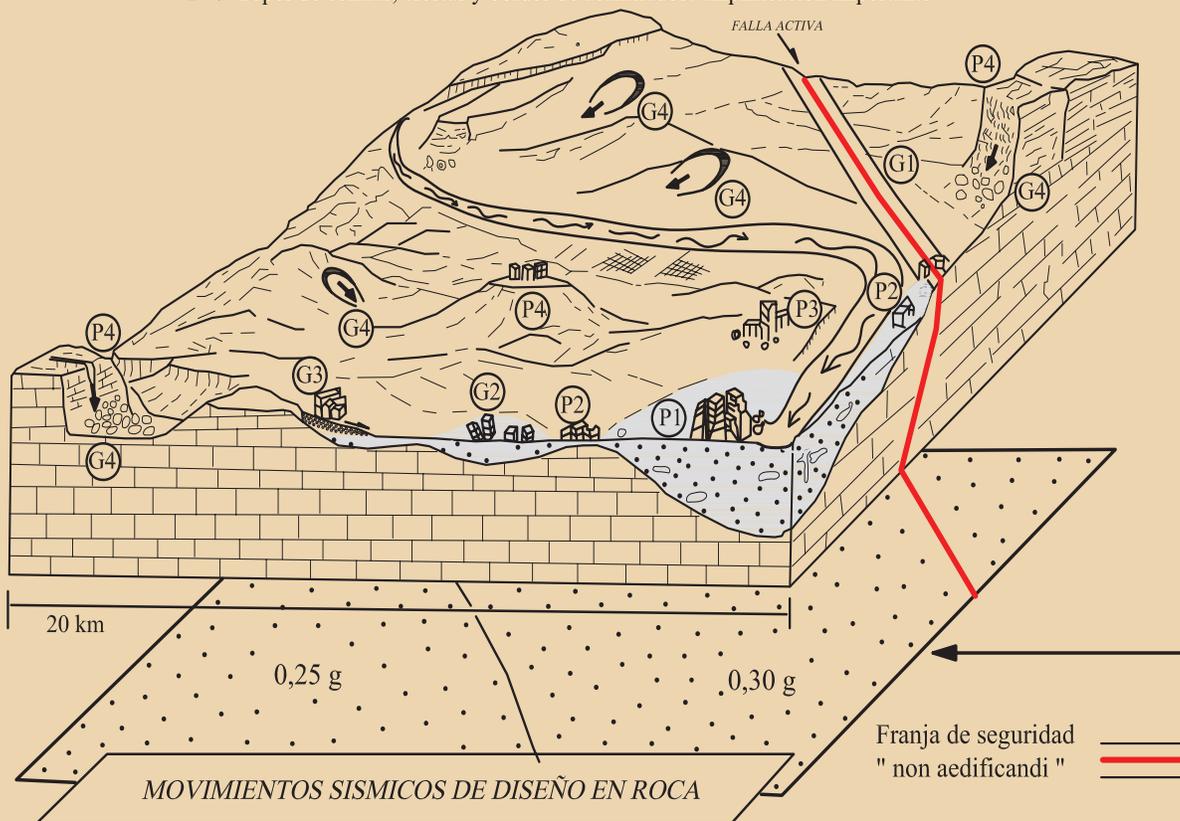
EVALUACIÓN REGIONAL Y LOCAL DE LA AMENAZA SÍSMICA (modificado de Mouroux, 1984)

AMENAZA SÍSMICA REGIONAL (ZONAS SÍSMICAS, NORMA COVENÍN 1756-2001)



AMENAZA SISMICA LOCAL - MICROZONIFICACIÓN SISMICA

- | | |
|---|---|
| <p>EFFECTOS INDUCIDOS</p> <p>Grandes desplazamientos del suelo (deformaciones permanentes)</p> | <p>G 1: Ruptura propagándose hasta la superficie. Deformaciones de la superficie del suelo y en edificaciones</p> <p>G 2: Licuación en zona aluvial saturada conllevando un hundimiento</p> <p>G 3: Licuación de finas capas de arena saturadas conllevando un deslizamiento</p> <p>G 4: Deslizamientos y derrumbes sin licuación de suelos</p> |
| <p>EFFECTOS DIRECTOS</p> <p>Pequeños desplazamientos del suelo de origen vibratorio</p> | <p>P 1: Aluviones espesos: amplificación variable con respuesta importante de las construcciones con período propio elevado (Ejemplo: Edificio de 10 a 15 niveles)</p> <p>P 2: Aluviones poco espesos. Amplificación mas fuerte y respuesta importante de las construcciones con período propio débil (Ejemplo: Edificio de 1 a 5 niveles)</p> <p>P 3: Roca subhorizontal. Ninguna amplificación, e igual respuesta de las construcciones que en P2</p> <p>P 4: Topes de colinas, crestas y bordes de acantilados: amplificación importante</p> |



Elaborado por: Marina Peña

Evaluación de la amenaza sísmica a nivel regional

El nivel de definición regional de la amenaza sísmica se basa en la premisa simplificadora de que la actividad sísmica circunscrita en cada región o zona sísmica presenta una cierta homogeneidad con respecto a los parámetros que caracterizan las fuentes de actividad sísmica y los correspondientes movimientos del suelo en un determinado sitio. El presente nivel de definición regional de la amenaza sísmica es el que priva en particular en la elaboración del Mapa de Zonificación Sísmica para fines de ingeniería de la figura 7, contenido en la Norma Covenin vigente de Edificaciones Sismorresistentes. En este

mapa, el territorio nacional se encuentra dividido en 8 entidades regionales o zonas sísmicas homogéneas, definidas cada una de ellas por un determinado nivel máximo de aceleración horizontal del subsuelo rocoso, considerado como movimiento sísmico de diseño. Estas zonas se encuentran separadas por intervalos de 0,5 g entre la zona de mayor amenaza y exigencia de seguridad correspondiente al Oriente del país y equivalente a 0,40 g y la zona de valor nulo, donde la observación de las prescripciones de la Norma no califica. Esta zonificación sísmica regional simplificada del territorio nacional reposa por lo tanto

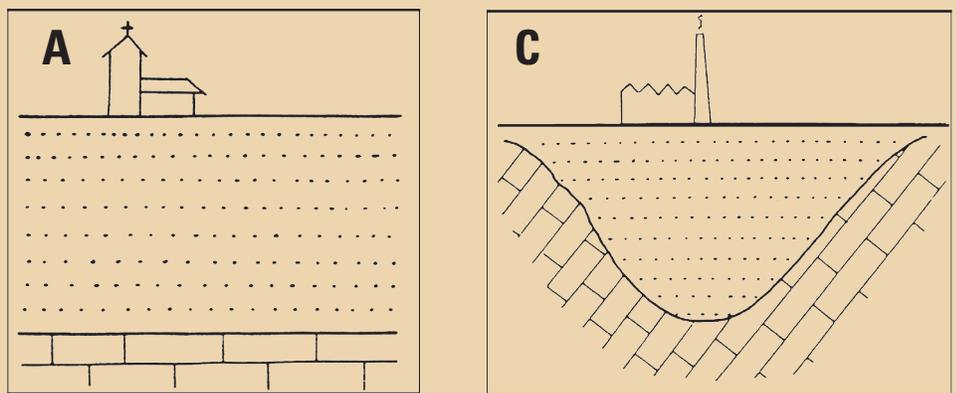
en la definición de un número limitado de niveles de amenaza sísmica a los cuales corresponden diferentes valores nominales de las máximas intensidades esperadas de las acciones sísmicas en un período de tiempo prefijado en cada región. Estos valores nominales resultan en realidad de un compromiso establecido entre el riesgo de que un determinado movimiento sísmico del suelo ocurra y el sobrecosto económico consentido por el país nacional, por concepto de las medidas de protección prescritas ante este sismo para un determinado conjunto de edificaciones tipificadas.

Evaluación de la amenaza sísmica a nivel local (o microzonificación sísmica)

Desde hace tiempo, la observación de los daños y destrucciones sufridos por edificaciones en áreas urbanas ubicadas en zonas afectadas por terremotos importantes, enseña que el movimiento sísmico del suelo prescrito para fines de diseño ingenieril en los Mapas de Zonificación Sísmica de las Normas Sismorresistentes podía experimentar profundas alteraciones, en particular en sentido desfavorable, debido a la influencia de las condiciones locales del sitio de interés, que por definición no están contempladas en el referido documento normativo de validez regional. Esta constatación explica en particular la distribución errática de los efectos más graves de los terremotos en las edificaciones de una ciudad. Al respecto, el terremoto de Caracas de 1967 sigue constituyendo un evento característico de

referencia en el estado del arte de la ingeniería sísmica, por haber colapsado por completo 4 edificios ubicados en un sector muy restringido de la ciudad, donde la profundización anómala del espesor de sedimentos provocó una amplificación local no anticipada de las ondas de este evento sísmico, con la consecutiva respuesta dinámica defectuosa de los edificios señalados. Este tipo de efecto local perjudicial, estrechamente relacionado con las características de las condiciones de sitio en cuanto a configuración topográfica y del subsuelo se refiere, se ha venido comprobando a nivel mundial en cada nuevo evento sísmico destructor y justifica por lo tanto la utilización cada vez más común de la metodología de la zonificación sísmica a escala local

Figura 13
Configuraciones tipo de condiciones de sitio generadoras de respuestas conflictivas de los terrenos locales (según LCPC-CETE Méd., 1989)



Efectos de sitio relacionados con formaciones geológicas poco rígidas y de gran extensión lateral (A) o con geometría local de cuenca (C) sobre basamentos rígidos. Efectos de esta naturaleza fueron comprobados en los terremotos de Los Ángeles (1971, California, EEUU), Skopje (1963, Yugoslavia) y Caracas (1967, Venezuela)

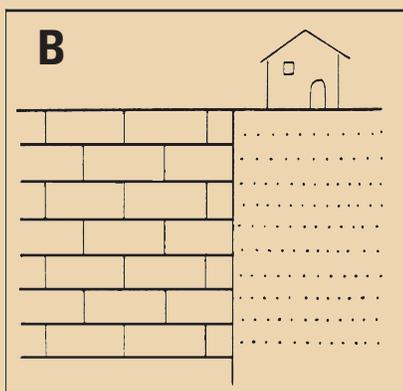
(o microzonificación sísmica), en particular en su aplicación en las disposiciones de las ordenanzas de urbanismo para prevenir y mitigar respuestas sísmicas desfavorables de los terrenos y de las obras construidas o proyectadas en determinados sectores vulnerables de una ciudad.

Dentro de estos efectos locales, y de una manera general, se deben considerar dos categorías de efectos, de acuerdo al origen de los mismos y a su impacto potencial, de importancia muy diferente en el comportamiento de las estructuras construidas como está señalado en la figura 12.

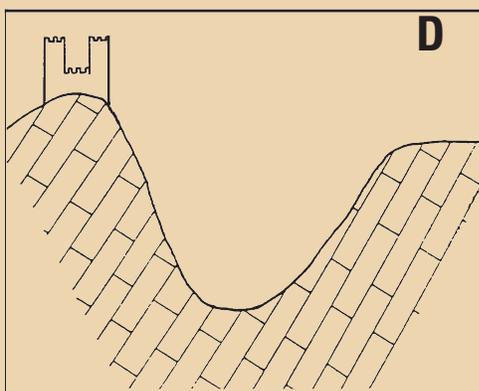
Efectos locales directos (o efectos sísmicos de sitio)

Estos efectos se deben al hecho de que el movimiento sísmico de diseño contemplado en las Normas Sismorresistentes, de validez regional y definido convencionalmente en roca, puede ser reducido o al contrario

amplificado, por una parte según los tipos de suelos encontrados desde la superficie, y por otra parte según la irregularidad de la topografía en superficie y/o del interfaz subterráneo que separa el basamento rocoso y el depósito sedimentario. Al respecto, se presentan a continuación 4 configuraciones gráficas tipo de condiciones de sitio, que han acarreado de manera casi sistemática efectos nefastos en la respuesta sísmica de edificaciones, relacionados con contrastes de rigidez verticales o laterales muy marcados en los materiales del subsuelo (figuras 13A y 13B), o con incrementos locales importantes del espesor de suelo sedimentario relacionados con anomalías geométricas en la configuración del tope del basamento rocoso (figura 13C), o con variaciones significativas de la envolvente topográfica en superficie (figura 13D).



Efectos de sitio relacionados con discontinuidades laterales marcadas entre formaciones geológicas rígidas y poco rígidas en contacto de falla, comprobados en los terremotos de Irpiña (1980, Italia) y en Lieja (1983, Bélgica)

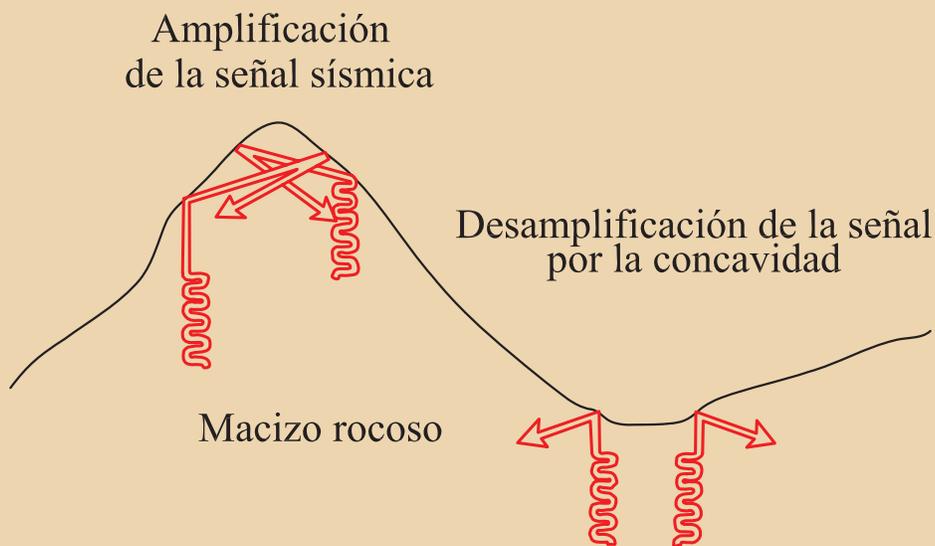


Efectos topográficos de tope y borde de meseta, así como de tope de cerros y acantilados fueron comprobados p. ej. en los terremotos de Irpiña (1980, Italia), San Fernando (Sylmar, 1971, California, EEUU), y parecen haber tenido importancia en la distribución de los daños correspondientes al terremoto de Cúa (1878, Venezuela)

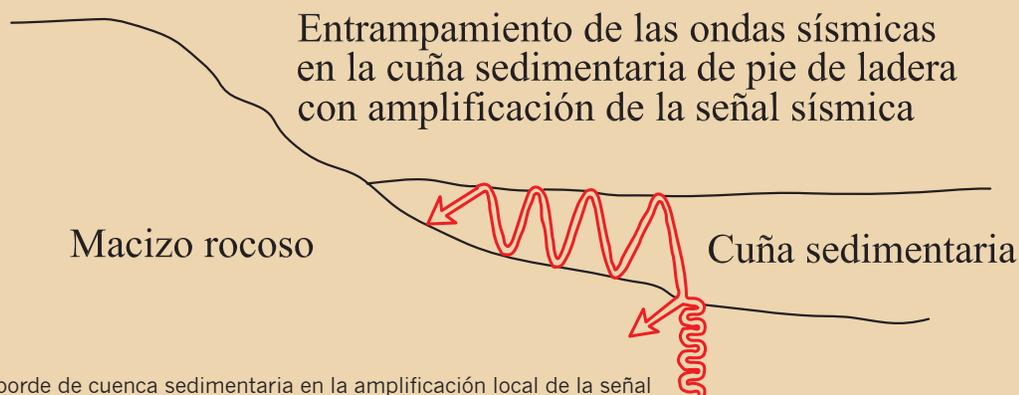
Ejemplos característicos de modificaciones de las ondas sísmicas por amplificación o desamplificación y relacionadas con condiciones de sitio-tipo, se presentan en las figuras 14 y 15. De una manera general, el impacto de los efectos directos se relaciona con desplazamientos vibratorios del suelo pequeños, que pueden originar sin embargo,

rupturas parciales o totales de las construcciones por efecto de resonancia, como ocurrió en los edificios colapsados en el sector de Los Palos Grandes, en el este de la ciudad de Caracas con motivo del terremoto de 1967.

Figuras 14 y 15
Modificaciones de la señal sísmica vibratoria por efectos de sitio de origen topográfico



Efectos topográficos de tope de cerro y de concavidades en la amplificación y desamplificación locales de la señal sísmica (según Zacek, 1996)



Efecto topográfico de borde de cuenca sedimentaria en la amplificación local de la señal sísmica (según Zacek, 1996)

(Dibujo realizado por: Marina Peña)

Efectos indirectos (o inducidos)

A diferencia de los efectos directos, se entiende por efectos indirectos, grandes desplazamientos del suelo inducidos por las acciones sísmicas en ciertos tipos de suelos saturados o no de agua, por medio de fenómenos muy comunes de licuación de suelos o por deslizamientos gravitacionales de todo tipo de los terrenos, y hasta de fenómenos generalizados de denudación de laderas por deslaves y aludes torrenciales,

como los que ocurrieron en el terremoto de Guatemala de 1976 en un ambiente climático muy parecido al del norte de Venezuela.

Estos desplazamientos del suelo, verticales y/o horizontales, también pueden ocurrir con motivo de la llegada en la superficie, de rupturas del suelo cosísmicas a lo largo de fallas activas (figura 16).



Figura 16
Traza activa de la falla transcurrente de Oca atravesando en diagonal los cordones litorales de Sinamaica y la vía hacia Paraguaipoa, al norte de Maracaibo



La ruptura de superficie cosísmica de origen más reciente y responsable de esta traza corresponde a un terremoto de magnitud Ms superior a 7 ocurrido hace 2000 años apenas, cuya probabilidad de retorno podría estar excedida en un 100% en la actualidad (Fotografía Jean- Pierre Soulas)



Adicionalmente, en las costas bajas marinas, lacustres, fluviales o de embalses artificiales, los espejos de agua pueden sufrir olas de gran impacto dinámico conocidos como tsunami o maremoto (figura 17) en el primer ambiente señalado, o seiches sísmicos en los demás casos. Estos desplazamientos de la superficie del terreno o de los espejos de agua pueden generar deformaciones permanentes destructoras en las edificaciones,

basculamientos de las mismas por pérdida de estabilidad del terreno de fundación como suele ocurrir en los casos de licuación de suelos (figura 18), y hasta de arrastres fuera de los cimientos de las construcciones sobre varias decenas de metros como suele ocurrir en los fenómenos de relajamiento lateral (o "*lateral spread*") inducidos por la licuación del suelo en terrenos planos vecinos a las playas o a las orillas de ríos (figura 19), o por deslizamientos gravitacionales de laderas naturales o taludes artificiales (figura 20).

Figura 17
Ruinas de la ciudad colonial de Nueva Cádiz ubicadas en la costa este de la isla de Cubagua, a cuya destrucción podría haber contribuido la ocurrencia eventual de un maremoto en la Navidad de 1541



(Fotografía André Singer)

Figura 18
Inclinación cósmica de una edificación por licuación del suelo



Inclinación cósmica de una edificación, provocada por la licuación y consecutiva pérdida de estabilidad de las arenas saturadas del subsuelo al ser sifonadas las mismas hacia la superficie, como consecuencia de los dos eventos sísmicos mayores de magnitud Mb 5.7 y 5.0 ocurridos durante la tempestad sísmica de abril-mayo 1989 en el litoral de Boca de Tucuyo en Falcón (Fotografía Carlos Beltrán)

Figura 19
Relajamiento y desplazamiento lateral del suelo
del tipo "lateral spread"



Relajamiento y desplazamiento lateral del tipo "lateral spread" de gran amplitud y con intensa deformación por agrietamiento de los terrenos de cultivo en los sedimentos lacustres ubicados en un tramo de la costa sur del lago de Valencia de 750 metros de longitud por 200 metros de ancho máximo, probablemente inducido por la licuación de los materiales arenosos correspondientes a los cordones litorales que afloran en la parte superior izquierda de la vista con motivo del terremoto de Caracas del 29 de julio de 1967. Fuente: *El Nacional*, Caracas (reproducida en Hanson y Degenkolb, 1969).

Figura 20
Colapso cosísmico del terraplén y de la vía de acceso de la planta de agua potable
que surge San Cristóbal



Colapso cosísmico del terraplén y de la vía de acceso construida sobre el talud del mismo en la planta de tratamiento de agua de San Rafael de Cordero al norte de San Cristóbal, estado Táchira, con motivo de un temblor local ocurrido el 4 de febrero de 1989 con una magnitud de solamente 4.3 (Fotografía André Singer)

Todas estas manifestaciones de inestabilidad geológica peligrosa, relacionadas con los efectos indirectos de la actividad sísmica, deben ser el objeto de evaluaciones cartográficas detalladas por especialistas de estos temas e incorporadas en los documentos de microzonificación sísmica para fines normativos de prevención a nivel de las ordenanzas de urbanismo. Este es el caso en particular de las manifestaciones de inestabilidad relacionadas

con respuestas geotécnicas defectuosas de los suelos bajo carga sísmica (figura 21), de la detección por los geólogos de trazas de fallas tectónicas activas para la determinación de las correspondientes franjas de seguridad “*non aedificandi*”, es decir donde es prohibido construir a lo largo de las mismas, así como de la puesta en evidencia en el subsuelo de manifestaciones históricas y prehistóricas de tsunamis en las costas expuestas a este tipo de amenaza.

Una franja de terrenos declarados *non aedificandi* significa que en el espacio que ella determina no se permite construir, en particular por razones de seguridad sísmica.

Figura 21
Deslizamiento de origen sísmico en un barrio de Caracas (Terremoto de 1967)



Deslizamiento cósmico de una ladera empinada ocupada por viviendas precarias en un barrio de Gramoven (entrada oeste de Caracas) al resultar impactada la misma por el terremoto de 1967. El área deslizada, que afecta tres niveles de viviendas, está claramente definida por una cicatriz de tracción con un trazado en doble arco, responsable además de la interrupción de la vía principal de acceso al barrio (Comisión del Terremoto de 1967, Fondo Documental, CEDI-Funvisis)

Glosario de términos

Aceleración sísmica horizontal

Se refiere a la componente horizontal de los incrementos cíclicos del movimiento fuerte de una sacudida sísmica, considerada como la de mayor peligrosidad para la resistencia de las edificaciones, debido al origen lateral de la carga desarrollada por el movimiento sísmico en las construcciones. La referida aceleración del terreno, tanto horizontal como vertical, se mide en fracciones de la aceleración originada por la existencia de la gravedad en la superficie del planeta, equivalente al valor de $1 g = 9,81$ metros por segundo al cuadrado ($9,81 \text{ m/s}^2$) en la latitud de 45° , aunque en determinados eventos sísmicos se han medido aceleraciones horizontales y verticales superiores a $1 g$.

Amenaza sísmica

Campo de investigación concerniente a la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico de determinada magnitud en un determinado sitio o región de interés para fines de ingeniería sísmica.

Amplificación

Incremento de la amplitud de los movimientos sísmicos debido a efectos locales de sitio relacionados por una parte con las características geométricas de los materiales del subsuelo y, por otra parte, con las irregularidades de los sitios topográficos. En este último caso, los movimientos sísmicos registrados en los topes de los relieves presentan por lo general una amplitud más grande que los obtenidos en la base de los mismos, como ocurre en particular con los topes convexos de las colinas caracterizados por una amplificación de la señal sísmica, la cual contrasta con la reducción de amplificación o desamplificación que sufren las topografías cóncavas de los flancos de valles ubicados al pie de estas colinas.

Deformaciones permanentes

Este término se refiere a la deformación irreversible de la superficie del terreno y de las obras de ingeniería por causa de rupturas de superficie ocasionadas por el desplazamiento sísmico de fallas activas, o por el impacto de maremotos o de otros fenómenos inducidos por la actividad sísmica como la licuación de suelos, los deslizamientos de tierra, etc.

Fallas activas

Son fallas donde se han registrado evidencias de superficie y/o de subsuelo de una actividad sísmica en el pasado geológico reciente, correspondiente con el actual régimen cortical de deformación sismotectónica, y a lo largo de las cuales se esperan futuras manifestaciones de terremotos.

Fallas sismógenas

Constituyen superficies de discontinuidad y desplazamiento planares responsables de la separación de la corteza terrestre en bloques tectónicos contiguos temporalmente trabados, y a lo largo de las cuales las tensiones acumuladas e inducidas por el movimiento lento y continuo de las placas tectónicas, logra exceder la resistencia de las rocas y resulta en rupturas brutales acompañadas de fenómenos vibratorios y sacudidas más o menos intensas llamadas terremotos y ondas sísmicas, causadas por el relajamiento repentino de las rocas estresadas.

Geodesia satelital

Se refiere a la aplicación de las técnicas de mediciones directas y repetidas GPS (Sistema de Posicionamiento Global) desde satélites en particular para la evaluación de la tasa de movimiento relativo de las placas tectónicas.

Geosfera

En su aceptación más estricta, este término refiere al conjunto de envolturas sólidas que entran en la constitución del planeta Tierra, conocidas como corteza, manto y núcleo. Por extensión, este término alude actualmente a cada una de las esferas o casquetes esféricos tanto sólidos (litosfera), como líquidos (hidrosfera), gaseosas (atmósfera) o biológicos (biosfera), que rodean la superficie del planeta e integran un macrosistema de esferas interdependientes o ecogeosfera, concebido como un organismo vivo dotado de mecanismos de autorregulación a escala planetaria (Hipótesis Gaïa), por medio de los cuales el planeta aseguraría su supervivencia a través del tiempo.

Licuación de suelos

Se refiere a la pérdida de resistencia muy común de los materiales arenosos saturados de agua, al sufrir deformaciones bajo el impacto vibratorio de movimientos sísmicos de suficiente duración. Los depósitos sedimentarios arenosos de las planicies aluviales ubicadas a lo largo de los drenajes naturales, o los cordones litorales, marinos

o lacustres, así como los terraplenes artificiales de materiales finos, son susceptibles de licuar en caso de terremoto de magnitud inclusive moderada, con la consecutiva pérdida de estabilidad y basculamiento de las construcciones ubicadas en los ambientes señalados.

Mapas de microzonificación sísmica

Representación cartográfica en escalas del orden de 1:5.000 y en microzonas homogéneas de las modificaciones esperadas de la señal vibratoria de un determinado evento sísmico en los diversos sitios de interés de un perímetro urbano o de una obra de infraestructura de gran dimensión, por efecto de las condiciones geológicas del subsuelo local y de las irregularidades topográficas de la superficie. Este tipo de documento incorpora además la información concerniente a los fenómenos peligrosos de inestabilidad de los terrenos susceptibles de ser inducidos bajo el impacto del referido sismo por concepto de deslizamientos de tierra, licuación de suelos, o por rupturas de superficie sísmicas originadas por el movimiento de fallas activas. El interés de este documento, cuya escala es acorde con la variación espacial y diversidad de las condiciones de sitio locales, es de suministrar una herramienta que permita anticipar las reacciones efectivas de un determinado sector urbano ante un evento sísmico y de contribuir a reducir el riesgo planteado por estos efectos locales gracias a la identificación y consiguiente atención de las zonas más vulnerables en las directrices y planes de desarrollo urbano y en las ordenanzas de urbanismo.

Maremotos (o tsunamis)

Los maremotos consisten en movimientos oscilatorios de gran longitud que afectan la columna de agua en altamar o a lo largo de las zonas de subducción de placas tectónicas como las que existen a lo largo de las costas del Pacífico o del Mediterráneo. Estas ondas marinas ocurren como respuesta a la perturbación sísmica, por levantamiento o hundimiento tectónico del lecho marino, o como resultado de erupciones en islas volcánicas, o de deslizamientos submarinos o subaéreos cercanos a las costas. En altamar la propagación de las ondas de maremotos suelen alcanzar grandes velocidades del orden de 1.000 kilómetros por hora, lo cual explica que las mismas puedan atravesar los océanos de costa a costa en algunas horas solamente; en dirección a las costas, la reducción de espesor de la columna de agua en la plataforma continental conduce a una disminución drástica de la longitud de las ondas

y al incremento consecutivo de su altura, lo cual conduce a las mismas a invadir los litorales de costas bajas donde ejercen efectos devastadores.

Movimientos sísmicos de diseño

Los movimientos sísmicos de diseño son aquellos que deben adoptarse en una determinada localidad por medio de la selección de los valores máximos A0 de aceleraciones del terreno recomendados en los estudios de amenaza sísmica para fines ingenieriles de análisis y diseño sismorresistente de las estructuras de una edificación.

Placas tectónicas; tectónica de placas

Las placas tectónicas constituyen un mosaico de grandes casquetes litosféricos rígidos, individualizados en la superficie del planeta como las piezas móviles de un rompecabezas. El desplazamiento e interacción lenta y continua de estos cuerpos corticales en los últimos 50 millones de años ha dado origen a las arrugas de relieve de mayor importancia en la superficie terrestre y determina la localización de la actividad sísmica actual en las zonas de roce lateral y enfrentamiento de estas grandes balsas de geometría irregular. La dinámica y el impacto geológico del movimiento relativo de las placas responde a las concepciones nuevas de la teoría de la tectónica de placas, las cuales revolucionaron los conocimientos científicos sobre el planeta desde los años 60, al evidenciarse la globalidad de los fenómenos geológicos en acción en el mismo y estimular la integración de las diversas Ciencias de la Tierra en una macrodisciplina acuñada con el término de Geociencia.

Relajamiento lateral (“lateral spread”)

En las playas marinas o lacustres, así como en las orillas de los drenajes naturales, los terremotos pueden ocasionar deslizamientos subhorizontales de los terrenos a lo largo de superficies de fricción ligeramente inclinadas (menores de 3°), localizadas en niveles granulares de sedimentos potencialmente licuables existentes a cierta profundidad en el subsuelo, como suele ocurrir en los cordones litorales o en los diques aluviales de los ríos. Este tipo de deslizamiento cósmico puede generar desplazamientos laterales muy peligrosos de anchas fajas de terreno responsables del resquebrajamiento y perturbación de la topografía natural o construida.

Resonancia

La coincidencia del modo de vibración de un edificio de cierta altura con el modo natural de vibración del terreno donde se asienta el mismo, puede producir un fenómeno de oscilaciones en fase llamado resonancia, el cual genera amplificaciones peligrosas para las construcciones elevadas ubicadas sobre suelos blandos.

Responsabilidad decenal

Garantía legal de 10 años que cubre al comprador de un inmueble y que se extiende desde la fecha de terminación de su construcción, contra defectos o ruina de la edificación, ocasionados en particular por vicios ocultos del subsuelo, la cual conlleva la correspondiente responsabilidad del arquitecto, ingeniero o empresario encargado de la realización y venta de la obra, en aplicación del artículo 1.637 del Código Civil.

Ruptura sísmica

Proceso de fracturación en cadena que ocurre en un segmento particular de una falla geológica cortical, desde un determinado núcleo inestable de la misma donde el nivel de estrés acumulado llega a superar el umbral de resistencia (umbral de fricción estática) de las rocas entre ambos labios trabados de la falla y se relaja brutalmente bajo la forma de un frente de ruptura que se propaga desde el punto de nucleación de la misma, a lo largo de los demás sectores inestables de la falla preexistente o por medio de la formación de nuevas fallas en rocas aún no fracturadas, hasta detenerse. La ocurrencia y propagación de esta ruptura es llamada sísmica por corresponder al propio movimiento sísmico o terremoto.

Seiche (sísmica)

Movimientos oscilatorios del cuerpo de agua de los ríos, lagos y embalses artificiales, inducidos por las ondas sísmicas de un terremoto.

Terremotos

Término relativo a la ocurrencia y propagación de fenómenos de ruptura brutal en el espesor de los materiales rígidos y de comportamiento frágil de la corteza terrestre. Estas rupturas corticales son acompañadas de la emisión y propagación de trenes de ondas elásticas que integran una determinada señal vibratoria sísmica. El estudio de los mecanismos de ruptura que ocurren en el foco del terremoto, y de la propagación de las ondas emitidas al ocurrir el mismo, constituyen los dos aspectos inseparables de la disciplina científica conocida como sismología.

Traza de falla activa

Huellas geomorfológicas y/o geológicas diagnósticas de una ruptura de falla sísmica propagada desde el foco de la misma en la corteza terrestre hasta su intersección con la superficie del planeta, donde se reconoce por medio del desplazamiento cosísmico horizontal, oblicuo y/o vertical de determinados marcadores de movimiento naturales (drenajes, estribos de colina, etc.) o artificiales (linderos de parcelas, carreteras, etc.) en distancias representativas de la magnitud del terremoto ocurrido.

Vicios ocultos del subsuelo

Se refiere a la calidad defectuosa de los materiales del subsuelo generados a menudo de manera artificial como consecuencia de movimientos de tierra geotécnicamente no controlados, y utilizados para fines de construcción como terrenos de fundación. El desconocimiento o menosprecio de la misma es susceptible de acarrear accidentes geotécnicos en las obras construidas no imputables a la naturaleza, por fallas de las fundaciones de las edificaciones, deslizamiento de los taludes perimetrales de las parcelas construidas, etc.; lo cual puede conducir a la aplicación de las cláusulas de resarcimiento de daños contempladas en el Código Civil sobre el particular.

Vida útil

Lapso representativo de la duración económica aceptable de una edificación.

Referencias bibliográficas

- Audemard, F.; Machette, M.; Cox, J.; Hart, R. y Haller, K. (2000). Map and database of Quaternary faults in Venezuela and its offshore regions; Open File Report, US Geol. Survey, 2000, Reston, VA, United States.
- Bolt, B. A. (1981). Terremotos. Serie Reverté, Ciencia y Sociedad; Barcelona.
- Capitales Andinas (2007). Catálogo de instrumentos en gestión municipal para la reducción de riesgos y preparación ante emergencias: Caracas, Venezuela; PNUD-BCPR-DIPECHO, La Paz, Bolivia.
- Código Civil de Venezuela.
- Corsi, L. (1979). La responsabilidad decenal. Fundación Juan José Aguerrevere, Colegio de Ingenieros de Venezuela, Caracas.
- De Santis, F.; Singer, A. y Audemard, F. (1989). Manifestaciones de “*lateral spread*” en el delta lacustre de Güigüe en la costa sur del Lago de Valencia durante el terremoto de Caracas del 29/07/1967. Memorias VII Congreso Geológico Venezolano. Barquisimeto, Vol III.
- Gómez, I. (1983). El huracán de 1933. Colegio Universitario de Carúpano.
- Grases, J. (1994). Venezuela. Amenazas naturales. Terremotos, maremotos, huracanes; Gráficas Monfort, Caracas.
- Grases, J. (2002). Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica en Venezuela. Acciones de mitigación. Fundación Pedro Grases, Caracas.
- Grases, J. (editor) (2006). Ingeniería forense y estudios de sitio. Guía para la prevención y gestión de riesgos, Vol. I. Banesco Seguros, Caracas.
- Hanson, R. D. y Degenkolb, H. J. (1969) The Venezuela Earthquake July 29, 1967. American Iron and Steel Institute, New York.

- LCPC-CETE-Méd. (1989). Plan d' exposition aux risques sismiques. Guide méthodologique pour la réalisation des études techniques au niveau local. GS86484, Nice.
- Martín, P. (1976). Essai sur la géotechnique; Ed. Masson, Paris.
- Mouroux, P. (1984). Evaluation de l'aléa sismique aux plans regional et local; Journée Nationale d'Etude "Habitat et séismes", 5-12-1984, Cifp, Aix-en-Provence, Atelier Risque et Génie Sismiques, BRGM, Provence-Alpes, Côte d'Azur.
- Ornés, R. T. (1981). Anotaciones generales sobre inspección de obras. Fundación Juan José Aguerrevere, Colegio de Ingenieros de Venezuela, Caracas.
- Norma COVENIN 1756 (2001). Edificaciones sismorresistentes (mapa de zonificación sísmica para fines de ingeniería, 1998), Fig 4-1, Fondonorma, Caracas.
- Philip. H.; Bousquet, J. C.; y Masson, F. (2007). Séismes et risques sismiques. Approche sismotectonique, Ed. Dunod, París.
- PMA-GCA (2007). Glosario de términos relativos a movimientos en masa, en: Movimientos en masa en la región andina. Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional N° 4.
- PMA-GCA (2009). Glosario de términos afines a la neotectónica y paleosismología, en: Atlas de deformaciones cuaternarias de los Andes. Publicación Geológica Multinacional N° 7.
- RELACIS-SOCVIS (1993). Glosario de vocablos empleados en ingeniería sísmica. Red Latinoamericana y del Caribe de Centros de Ingeniería Sísmica. Fundación Juan Manuel Cajigal; Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas.
- Schmitz, M. y Hernández, J. (2011). Principal results and basic methodology of Caracas, Venezuela, Seismic Microzoning Project, 5th International Conference of Earthquake Geotechnical Engineering, Enero 2011, Santiago de Chile.

- Schubert, C. (1983). Los terremotos en Venezuela. Cuadernos Lagoven, Caracas.
- Singer, A. (2008). Urbanismo, vulnerabilidad y gestión de riesgo: ¿Cómo devolver a las comunidades vulnerables el rol que les corresponde como componente fundamental de las políticas públicas de reducción de riesgo a nivel local?, en Altez y Barrientos (coord..) Perspectivas venezolanas sobre riesgos: reflexiones y experiencias; Vol I, UPEL, Caracas.
- Singer, A., Audemard, F. (1997). Aportes de Funvisis al desarrollo de la geología de fallas activas y de la paleosismología para los estudios de amenaza y riesgo sísmico, en Grases, J.: Diseño sismorresistente. Especificaciones y criterios empleados en Venezuela, Vol XXIII; Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, Caracas.
- Singer, A.; Rojas, C. y Lugo, M. (1983). Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. Estado preliminar. Mapa, glosario y comentarios, Funvisis, Caracas.
- TC4-ISSMFE (1993). Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards. Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, Japón.
- Yeats, R. S. (2001). Living with Earthquakes in California. A survivor's guide; Oregon State University Press, Corvallis.
- Zacek, M. (1996). Construire parasismique. Risque sismique, conception parasismique des bâtiments, réglementation; Editions Parenthèses, Marseille.

Índice de contenido

Presentación	p. 3
<i>Victor H. Cano P.</i>	
1. Introducción a las amenazas naturales	p. 5
El planeta como hábitat del hombre: una morada inestable, pero de apariencia inmóvil	p. 5
Filosofía general de una estrategia de selección de sitio	p. 10
Contexto geológico, sitio geotécnico y dimensión temporal del estado inestable	p. 13
2. Evaluación de la amenaza sísmica	p. 14
Evaluación de la amenaza sísmica a nivel regional	p. 17
Evaluación de la amenaza sísmica a nivel local (o microzonificación sísmica)	p. 18
Efectos locales directos (o efectos sísmicos de sitio)	p. 19
Efectos indirectos (o inducidos)	p. 21
Glosario de términos	p. 25
Referencias bibliográficas	p. 31

André Singer

Investigador del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (1979-1996); Presidente (1996-2000) y asesor de esta misma institución. Profesor de Geomorfología en la Universidad Central de Venezuela (Facultad de Ingeniería, Escuela de Geología) desde 1976 y *ad honorem* desde 2003, y en las universidades de Estrasburgo, Francia (1970-1971) y Concepción, Chile (1968-1970). Doctor Honoris Causa, UCV (2011).

Correo-e: singer.andre1@gmail.com

Los señalamientos, las recomendaciones y demás especificaciones incluidos en este fascículo no sustituyen la asistencia técnica de especialistas y profesionales que garantizan una vivienda segura.

Vivienda segura ante amenazas naturales

Colección

- **Introducción a las amenazas naturales. Evaluación de la amenaza sísmica**
André Singer
- Inundaciones fluviales y aludes torrenciales
José Luis López Sánchez
- Caracterización y acondicionamiento del terreno
Daniel Salcedo
- Vivienda de mampostería confinada con elementos de concreto armado
Angelo Marinilli
- Vivienda de mampostería confinada con perfiles de acero
Domingo Acosta
- Instalaciones para mampostería confinada
Nayib José Ablán J.
- Ciudad segura frente a desastres
Ketty Mendes. Coautoras Sandra Ornés V., Marvey Gómez
- El riesgo de desastres: una construcción social
Ketty C. Mendes A.
- Normativa. Glosario de términos. Referencias bibliográficas

**BIBLIOTECA POPULAR
DE SISMOLOGÍA VENEZOLANA**

