

LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN URBANA. CASO DE ESTUDIO: MUNICIPIO CHACAO

CARLOS PADRÓN¹, KETTY C. MENDES A.², MICHAEL SCHMITZ³, JULIO J. HERNÁNDEZ⁴

¹Coordinación de Estudios Urbanos, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela, correo-e: padron.ca@gmail.com

²FUNVISIS, Final Calle Mara, Urb. El Llanito, Caracas, Venezuela, correo-e: kmendes@funvisis.gob.ve

³FUNVISIS, Final Calle Mara, Urb. El Llanito, Caracas, Venezuela, correo-e: mschmitz@funvisis.gob.ve

⁴Consultor en Ingeniería Sísmica y Estructural, Caracas, Venezuela, correo-e: julher@cantv.net

Recibido: octubre de 2009

Recibido en forma final revisado: julio de 2011

RESUMEN

A partir de los primeros resultados del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas, realizado entre los años 2005 y 2009, en el cual se identificaron las diferentes zonas con respuesta sísmica similar, surge el interés de determinar como dichos resultados podrían apoyar el proceso de planificación urbana de la ciudad. Como aporte a la discusión sobre el tema, se estudiaron las características principales de la amenaza sísmica, de otras amenazas, aspectos de vulnerabilidad y el marco normativo de la planificación urbana en el municipio Chacao, en el cual colapsaron cuatro edificaciones en el sismo de 1967. El estudio reveló que los niveles de amenaza sísmica correspondiente a la microzonificación sísmica, no rigen ni condicionan el ordenamiento urbano ni el diseño urbano, excepto por efectos económicos. Es una mejora necesaria de la norma de edificaciones sismorresistentes vigente. La microzonificación sísmica, junto con un adecuado proceso de planificación y gestión urbana, donde se incluya la adecuación estructural, la renovación urbana, el seguimiento y control de la aplicación de las normas para edificaciones sismorresistentes y el acompañamiento social y técnico, podría reducir, significativamente, los niveles de riesgo sísmico.

Palabras clave: Microzonificación sísmica, Planificación urbana, Gestión de riesgos, Amenazas naturales, Vulnerabilidad física, social e institucional.

SEISMIC MICROZONING IN THE URBAN PLANNING PROCESS. CASE STUDY: CHACAO MUNICIPALITY

ABSTRACT

Based on the results of Caracas Seismic Microzoning Project, carried out in the years 2005 until 2009, in which were identified zones with similar seismic response, the interest of determining how those results could support the urban planning process of the city arises. In order to contribute to the discussion over this issue, the main features of the seismic hazard, as well as other types of hazard, vulnerability aspects and the urban planning regulation frame of Chacao municipality, in which four buildings collapsed during 1967 earthquake, were studied. The study revealed that the hazard levels presented in the seismic microzonation do not rule neither establish conditions to the land use planning nor the urban design, except for economics effects, and it is a necessary improvement to the in force code for seismic-resistant buildings. The seismic microzonation, together with an appropriate urban planning and management process including structural upgrading, urban renovation, greater law enforcement and socio-technical accompaniment, could reduce significantly the seismic risk levels.

Keywords: Seismic Microzoning, Urban Planning, Risk Management, Natural Hazards, Physical Vulnerability, Social Vulnerability, Institutional Vulnerability, Urban Regeneration.

INTRODUCCIÓN

A partir de los primeros resultados del Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas, realizado entre los años 2005 y 2009, en el cual se identificaron las diferentes zo-

nas con respuesta sísmica similar, surge el interés de determinar cómo dichos resultados podrían apoyar el proceso de planificación urbana de la ciudad. Ya en el terremoto de 1967 quedó demostrada la capacidad destructiva de los terremotos al colapsar 4 edificaciones en el municipio

Chacao, Caracas (Briceño *et al.* 1978). Posterior a dicho evento, la recién creada Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS), se dedicó a producir conocimiento sobre la amenaza sísmica, el cual permitió, entre otras cosas, la elaboración de varias normas para edificaciones sismorresistentes (Grases, 2002). Aún así, la planificación y la gestión urbana en Venezuela consideraba y considera poco dicho conocimiento para el desarrollo de las ciudades. Esta situación es más grave aún cuando se trata de asentamientos informales sin planificación alguna.

El tema de la gestión del riesgo sísmico, haciendo uso de la microzonificación sísmica, enmarcado en la planificación y gestión urbana ha sido trabajado escasamente, pero no se puede dejar de mencionar los trabajos de Guevara & Stolk (1993) y Martínez (2006).

El objetivo principal de este trabajo es aportar a la discusión sobre la inclusión de los resultados de los diferentes estudios del Proyecto de Microzonificación Sísmica en los procesos de planificación y gestión urbana, teniendo en cuenta otras amenazas asociadas con la amenaza sísmica, aspectos de vulnerabilidad física y social y el marco normativo. Se tomó como caso de estudio el municipio Chacao por haber sido el escenario del colapso de 4 edificaciones producto de efectos de sitio.

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y LAS POLÍTICAS PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO

La gestión del riesgo es el conjunto de acciones dirigidas a la intervención de la amenaza y/o la vulnerabilidad con el objetivo de reducir los niveles de riesgo existentes. Para el caso del riesgo sísmico, sólo es posible intervenir la vulnerabilidad pero no la amenaza. Existen cuatro políticas que conforman la gestión del riesgo: identificación del riesgo, reducción del riesgo, gestión de desastres y transferencia del riesgo (Carreño, 2006).

La microzonificación sísmica forma parte, en principio, de la política de identificación del riesgo, encargándose, específicamente, de la identificación de la amenaza sísmica. Aún así, existen otros estudios asociados con la microzonificación sísmica que en vez de identificar a la amenaza identifican la vulnerabilidad, como son los estudios de vulnerabilidad física o vulnerabilidad social, o identifican medidas para la reducción del riesgo como las tipologías edilicias recomendadas por microzona sísmica.

Para una eficaz gestión del riesgo sísmico resulta necesario contar, entre otras cosas, con los estudios y herramientas pertenecientes a las diferentes políticas, entre ellas la microzonificación sísmica, pues, de forma independiente, es-

tas herramientas difícilmente son capaces de reducir dicho riesgo. Es necesario que dichas políticas se hagan presentes en el proceso de planificación y gestión urbana en el cual se materializarán en acciones.

PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN URBANA

En Venezuela el proceso de ordenación del territorio y de planificación urbana es, actualmente, regido, en principio, por la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOOT, 1983) y la Ley Orgánica para la Ordenación Urbanística (LOOU, 1987). Ambas leyes podrían ser derogadas por la Ley Orgánica para la Ordenación y Gestión del Territorio, hoy en día, aprobada en primera discusión.

En dichas leyes se incluyen, entre otros aspectos: Los diferentes planes para la ordenación del territorio, que contienen, principalmente, la definición de los usos del suelo; los diferentes planes para la ordenación urbanística, que planifican y dirigen el desarrollo urbano en general; los controles para la ejecución de urbanizaciones y edificaciones, entre ellos las variables urbanas fundamentales y la inspección de obras; y la identificación de los actores responsables de planificar y ejecutar los planes.

Por otra parte, uno de los cuestionamientos a la planificación urbana ha sido la poca cantidad de planes aprobados desde la puesta en vigencia de la Ley Orgánica para la Ordenación Urbanística (12% de los planes de desarrollo urbano local elaborados y 40% de los planes de ordenamiento urbano elaborados para el año 2000), así como por la posibilidad de que dichos planes constituyan verdaderamente un proyecto de ciudad de las sociedades que las habitan (Rodríguez, 1999). Esto se debe a que la planificación tradicional ha desconocido que el éxito de un plan también depende de su gestión y de su viabilidad (o posibilidad de hacerse concreto) (Matus, 1992; Martínez *et al.* 2005). La planificación no significa sólo producir un plan sino también es llevarlo a cabo a través de un proceso de gestión que lidie con las nuevas dificultades, mantenga al plan actualizado y viable (Martínez *et al.* 2005). Un adecuado proceso de gestión urbana permite mayor capacidad de seguimiento y control sobre el desarrollo de la ciudad y agiliza los cambios necesarios en el sistema urbano.

ESPECTROS DE RESPUESTA ELÁSTICOS EN EL MUNICIPIO CHACAO

El municipio Chacao, en conjunto con el resto de la ciudad de Caracas, tiene una amenaza sísmica elevada producto de la interacción de las placas tectónicas del Caribe y Suramérica donde existe una zona de deformación de más de 100 km de ancho de actividad, conformado por los sistemas de

fallas de La Tortuga, San Sebastián, Tacagua-El Ávila y La Victoria (Audemard *et al.* 2000). A partir de los estudios del sismo de 1967 (Briceño *et al.* 1978), se revelaron importantes efectos de sitio en la zona de los Palos Grandes, donde ocurrieron los colapsos, relacionados en parte con grandes espesores del suelo, lo que motivó, años más tarde, a la realización del Proyecto de Microzonificación Sísmica en el cual se identificaron microzonas con respuesta sísmica

(Schmitz *et al.* 2009). Para el municipio Chacao se identificaron 6 microzonas sísmicas: 6X, 5XA, 4-2, 4-1, 3-2 y 3-1 (Figura 1), cada una asociada con un grupo de perfiles desarrollados a través de variaciones de espesor de sedimentos (entre 30 y 350 m) y el promedio de la velocidad de las ondas de corte en los primeros 30 m (velocidades entre 185 y 650 m/s) (Figura 2 y tabla 1) (Schmitz *et al.* 2009).

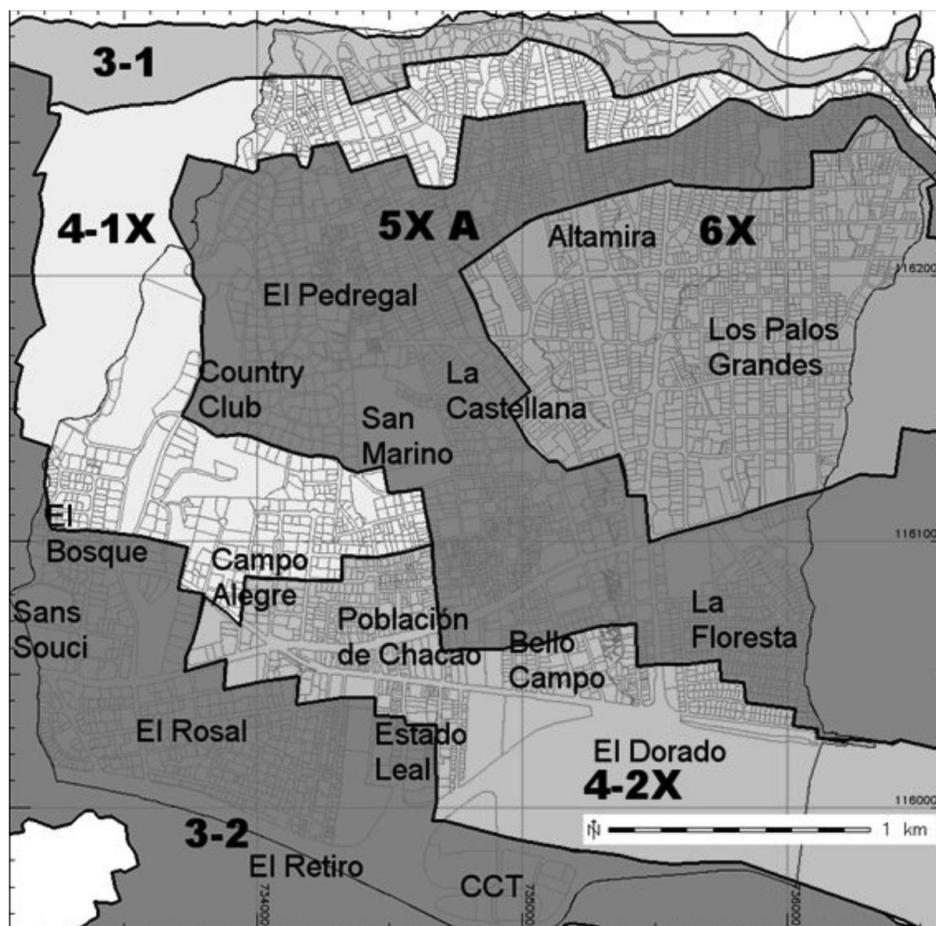


Figura 1. Microzonas sísmicas en el Municipio Chacao (modificado de Schmitz *et al.* 2009).

Tabla 1. Grupo de perfiles de suelos genéricos usados para la respuesta dinámica de sitios sedimentarios y microzonas sísmicas en el municipio Chacao.

H, depósito (m)	$V_{s,30}$ (m/s)		
	≤185	185 a 325	>325
<60	GP-01	GP-02 (zona 3-2)	GP-03 (zona 3-1)
60 a 120	GP-04	GP-05 (zona 4-2 X)	GP-06 (zona 4-1 X)
120 a 220	GP-07	GP-08 (5X A)	GP-09 (5X A)
>220	GP-10	GP-11 (6X)	GP-12 (6X)

(Modificado de Schmitz *et al.* 2009)

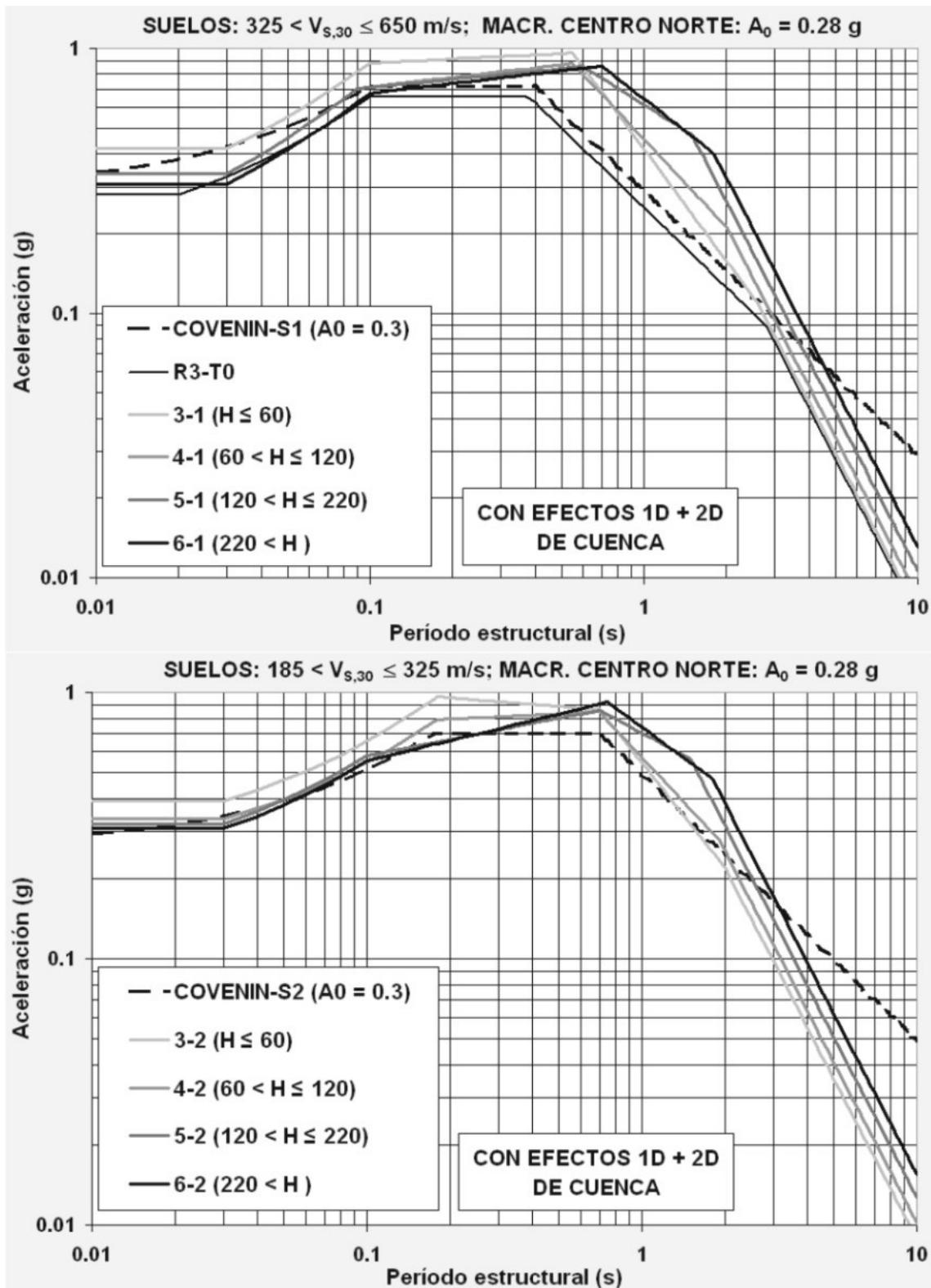


Figura 2^{1y2}. Espectros elásticos ajustados de la microzonificación sísmica de Caracas para suelos duros (arriba) e intermedios (abajo) con efectos 1D y 2D de cuenca (Hernández *et al.* 2009a).

¹ Eje vertical: Mayor aceleración implica mayores solicitaciones sísmicas a la estructura.

² Eje horizontal: El periodo de la edificación se encuentra asociado con diversas variables; en general, las edificaciones altas suelen tener mayores periodos de vibración.

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA EN EL PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN URBANA EN EL MUNICIPIO CHACAO

En el proceso de planificación urbana existen cuatro aspectos, establecidos en diferentes instrumentos legales nacionales y municipales, que fueron analizados con la finalidad de determinar la posibilidad de utilizar los resultados de la microzonificación sísmica en la formulación y aplicación de dichos instrumentos. Estos aspectos son: 1) el ordenamiento urbano que define los usos del suelo, 2) las variables urbanas fundamentales que definen las características de las urbanizaciones y construcciones, 3) las regulaciones de urbanismo y construcción que condicionan los procesos de planificación y los procesos de construcción, y 4) otros procesos propios de la gestión urbana que otorgan flexibilidad a los planes como los actos administrativos, los acuerdos, reglamentos, decretos, entre otros.

Con respecto al ordenamiento urbano, la amenaza sísmica no rige ni condiciona el uso del suelo, sólo condiciona las estructuras sometidas a dicha amenaza (Cardona, 2008). Respecto a lo anterior, si se cuenta con los recursos necesarios y los beneficios superan a los costos, pueden construirse edificaciones seguras sobre localidades con diferentes niveles de amenaza sísmica.

En relación con el segundo aspecto, la planificación urbana en Venezuela, tal como lo establece la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística de 1987, cuenta con las Variables Urbanas Fundamentales, en las cuales no aplica el considerar los resultados de la microzonificación sísmica. Las variables se dividen en dos grupos, para urbanizaciones y para construcciones, pero pueden resumirse en: uso, requerimientos sobre vialidad, restricciones por seguridad, densidad bruta, dotación, localización y accesibilidad de los equipamientos y aspectos de volumetría de la edificación (retiros, altura, porcentajes de construcción y de ubicación, y otras restricciones volumétricas). A continuación, se presentan de manera resumida los resultados luego de analizar la consideración de la microzonificación en cada variable:

La amenaza sísmica no rige ni condiciona el uso de las urbanizaciones o construcciones, así como tampoco lo hace en el caso del uso del suelo en el ordenamiento urbano. Dicha amenaza sólo condiciona las características de las estructuras donde residen tales usos. Esto también aplica para la vialidad y la dotación, localización y accesibilidad de los equipamientos. Sin embargo, en el caso de la vialidad, pueden tomarse medidas de diseño para mejorar su capacidad y esto también mejoraría la movilidad al momento de atender posibles emergencias o desastres, dichas medidas son de carácter general y no varían según el nivel de amenaza sísmica.

La densidad, además de ser una variable urbana fundamental, es un factor de vulnerabilidad físico-social-institucional cuyo aporte a los niveles de riesgo sísmico está muy asociado con la calidad de los procesos de urbanización y construcción, así como de la preparación de la población. Si ésta se hace presente en ambientes diseñados y construidos con criterios sismorresistentes, y la población se encuentra preparada, no debería aumentar significativamente los niveles de riesgo. Por otro lado, la densidad es uno de los resultados de las economías de aglomeración cuyos beneficios pueden ser útiles para la reducción del riesgo sísmico, beneficios que no suelen surgir con umbrales pequeños de población. Sin embargo, es importante destacar que existen también costos generados por la densidad que pueden superar los beneficios luego de cierto umbral, el cual es difícil de determinar. Por lo anterior, resulta mejor reducir, en primera instancia, otras vulnerabilidades antes que la densidad.

Con respecto a las variables urbanas fundamentales sobre volumetría y restricciones por seguridad, es necesario señalar que antes de tomar cualquier medida restrictiva sobre la volumetría de la edificación no se puede olvidar que la norma COVENIN 1756 (2001) ya considera para el diseño sismorresistente una variedad de aspectos importantes referentes a la confiabilidad de la edificación durante un sismo entre los cuales se cuenta, incluso, con las irregularidades y los elementos no estructurales como, por ejemplo, las fachadas de vidrio que abundan en el municipio Chacao. El objetivo de la norma para edificaciones sismorresistentes es que edificaciones de variadas tipologías, en suelos diferentes y en localidades con distintos niveles de amenaza sísmica, alcancen confiabilidades del mismo orden (Grases, 2002). Sin embargo, existen edificaciones que incluyen aspectos que afectan negativamente su comportamiento (Searer & Fierro, 2004), tales como plantas libres; en tal sentido, conviene desarrollar políticas de adecuación estructural o no-estructural que pueden ser emprendidas o incentivadas por las municipalidades en un marco de prioridades asociadas al riesgo sísmico, como las recomendadas por el Proyecto de Microzonificación Sísmica de Caracas (Hernández *et al.* 2009b).

Por su parte, la altura de las edificaciones, variable urbana fundamental sobre volumetría, tampoco es adecuada para la reducción de riesgo sísmico. En un principio, se podría pensar en construir edificaciones con períodos estructurales mayores o menores, mediante la modificación de las alturas, a aquellos con mayor aceleración según los espectros de respuesta elásticos de cada microzona (Figura 2), pero esto no necesariamente garantiza menores niveles de riesgo sísmico. La confiabilidad de las estructuras de diferente altura es una función compleja de sus variables de diseño con respecto a los espectros de respuesta y de estos con las características de los sitios de su emplazamiento. En el terremoto de 1967, se evidenció la relación entre la respuesta

de edificios altos y los grandes espesores de suelo (Figura 3); justamente en la zona de Los Palos Grandes y Altamira se derrumbaron cuatro edificios de 10 a 12 pisos, donde el espesor de suelo supera los 120 metros; además, se dañaron todos los edificios más altos. Pero se puede concluir que estos daños derivaron de la carencia de adecuada correspondencia entre las acciones de diseño empleadas en la época y la respuesta real de los sitios referidos. En cambio, puede asumirse que los espectros derivados en el estudio de microzonificación sísmica reducen sustancialmente las incertidumbres asociadas con los sitios y su empleo conducirá a edificaciones de similar confiabilidad independientemente de su altura, de acuerdo con el principio normativo antes recordado.

Lo que sí puede concluirse de los resultados del estudio de microzonificación sísmica es que construir con similar confiabilidad puede ser más costoso para edificaciones de cierta altura en ciertos sitios que en otros. Cabe la posibilidad de que desde la perspectiva de la optimización de los recursos del país, sea conveniente planificar o estimular el uso más económico del territorio. En este caso, la gestión urbana puede incentivar o promover, más que exigir, edificaciones de altura y tipología más confiables para cada microzona través de acuerdos, reducción de impuesto, aumento de áreas de construcción, entre otros. Igualmente ocurre para el caso de las tipologías que pueden ser recomendadas para cada zona, como producto de la microzonificación sísmica,

porque el arquitecto, según lo exigido por su cliente, es libre de diseñar pero tiene la oportunidad de considerar alternativas de tipologías de edificación según los beneficios que perciba; entre ellos, el beneficio de la seguridad.

Según lo anterior, los resultados de la microzonificación sísmica tampoco rigen ni condicionan las variables urbanas fundamentales, pero en el marco del proceso de planificación, se puede promover e incentivar alturas, tipologías de edificación y cualquier otra recomendación producto del estudio de microzonificación sísmica, a través de acuerdos o cualquier otro incentivo.

Finalmente, mediante el uso de las regulaciones de urbanismo y construcción, tercer aspecto señalado al inicio, la planificación urbana puede utilizar, desde la variante física, de forma directa y no indirecta como las recomendaciones de altura y tipología de edificación, los resultados de la microzonificación sísmica para contribuir a la reducción de dicho riesgo. Esto mediante la adopción por decreto de los nuevos espectros para el diseño de edificaciones sismorresistentes. La norma COVENIN 1756 (2001) en su Artículo 1.1 permite que sus criterios de análisis y diseño puedan ser modificados por estudios especiales aprobados por una Autoridad Ad-Hoc. Por su parte, el municipio, según la Ley Orgánica del Poder Público Municipal (2006), tiene entre sus competencias la gestión de la arquitectura civil, la cual puede ejercer a través de instrumentos jurídicos como or-

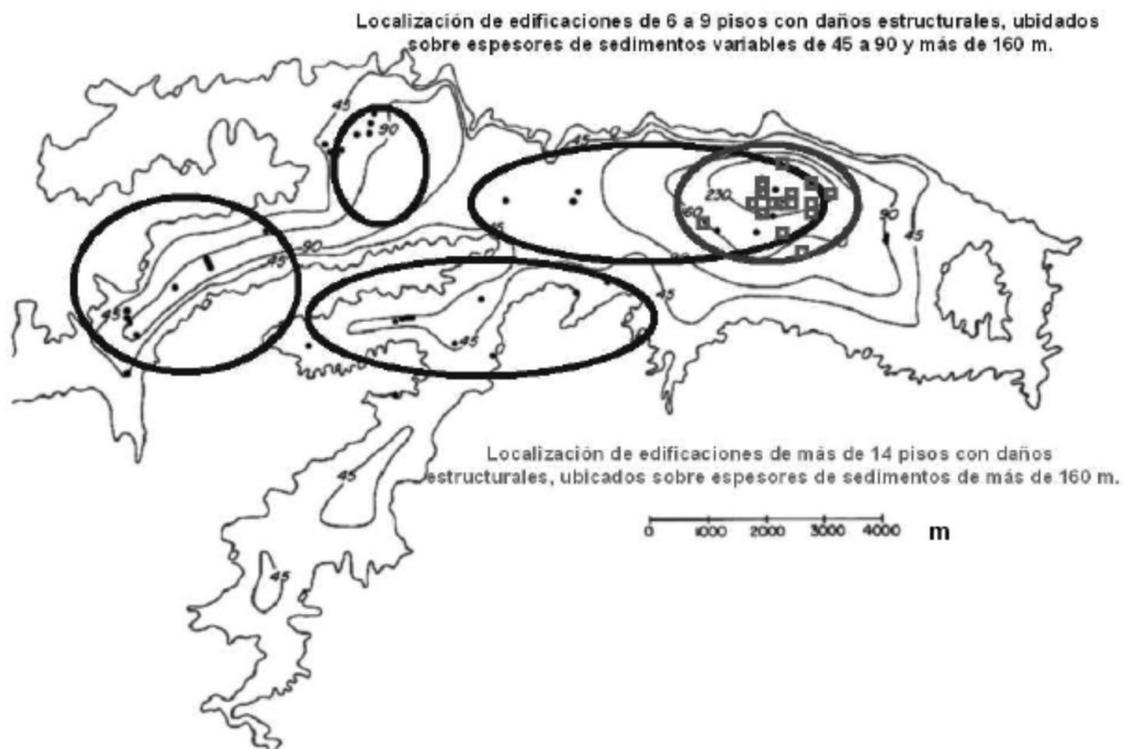


Figura 3. Localización de edificaciones dañadas en 1967 según espesor de sedimentos y altura de la edificación (Modificado de Weston, 1969 y Briceño *et al.* 1978).

denancias, acuerdos, decretos, reglamentos, resoluciones y otros, los cuales son de obligatorio cumplimiento. El municipio, en cierta forma, podría decretar el uso, en el ámbito municipal, de los espectros de respuesta productos de los estudios de microzonificación sísmica como complemento a la norma para edificaciones sismorresistentes vigente. En dicho decreto se deben considerar las características de las microzonas, sus límites y otros aspectos como el procedimiento de diseño en ubicaciones entre varias microzonas, como sucede, por ejemplo, en el caso del noreste del municipio Chacao, donde hay una variación de 4 microzonas sísmicas en menos de 170 metros, quedando algunas parcelas expuestas a un máximo de 3 microzonas. Debido a que las nuevas especificaciones de diseño sismorresistente pueden, entre otros aspectos, aumentar el costo de los procesos de construcción o de adecuación, es necesario establecer los límites entre unas zonas y otras de acuerdo con la vialidad urbana. Para esto, dichos límites y otros aspectos de la microzonificación sísmica deben ser discutidos con el mayor número de actores técnicos posibles, más allá de aquellos que participaron en su elaboración. Los actores socio-políticos de la ciudad, ciudadanos y representantes políticos, han de ser informados de los resultados de estas discusiones para mejorar su percepción sobre la nueva ordenanza y reducirse la posibilidad de oposición a su aprobación.

OTRAS AMENAZAS QUE INFLUYEN EN LA GESTIÓN DE RIESGO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO CHACAO

Existen otras amenazas que deben ser tomadas en cuenta por la gestión de riesgo sísmico debido a que estas pueden ser detonadas por un sismo y, además, poder afectar la perdurabilidad de las medidas sismorresistentes implementadas (Padrón, 2009). En el caso del municipio Chacao, amenazas como licuación o deslizamiento son muy poco probables debido a las características del área (Figura 4; JICA, 2005 y Hernández *et al.* 2008). En cambio, los estudios existentes hasta la fecha, que evalúan la amenaza por aludes torrenciales, señalan como no construible o construible bajo condiciones (Intensidad alta de potenciales flujos) a un 12%, aproximadamente, del área urbana de dicho municipio y un 15%, aproximadamente, como zonas que requieren regulaciones específicas (Intensidad media) (Figura 5; IMF, 2006). Para flujos de agua, la intensidad media indica un flujo entre 0,5 m y 1,5 m de altura y la intensidad alta más de 1,5 m, mientras que para aludes torrenciales, la intensidad media indica una altura de 0,2 a 1 m y una velocidad entre 0,2 m²/s y 1 m²/s, y la intensidad alta una altura mayor a 1 m o una velocidad mayor a 1 m²/s, con su respectiva recurrencia en 10, 100 y 500 años, ponderado por su probabilidad de ocurrencia.

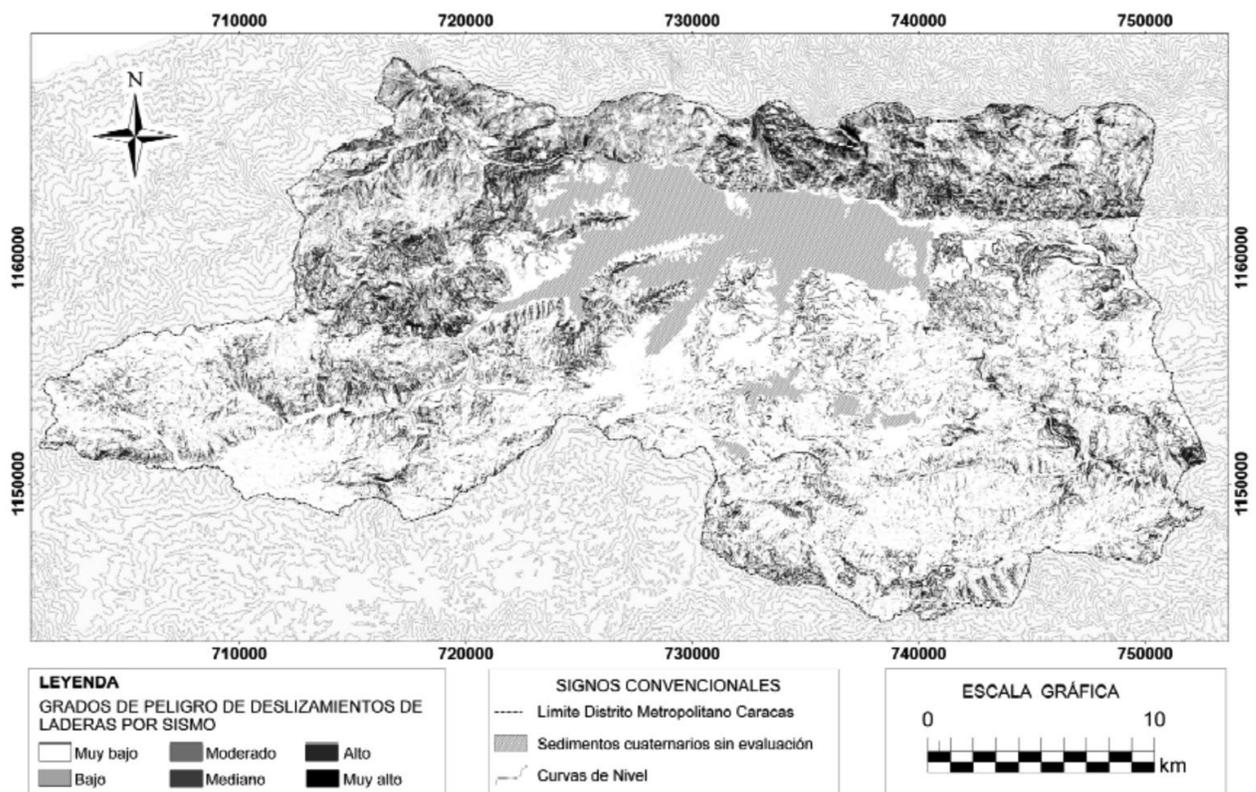


Figura 4. Peligro de deslizamientos en laderas por sismo (Hernández *et al.* 2008).

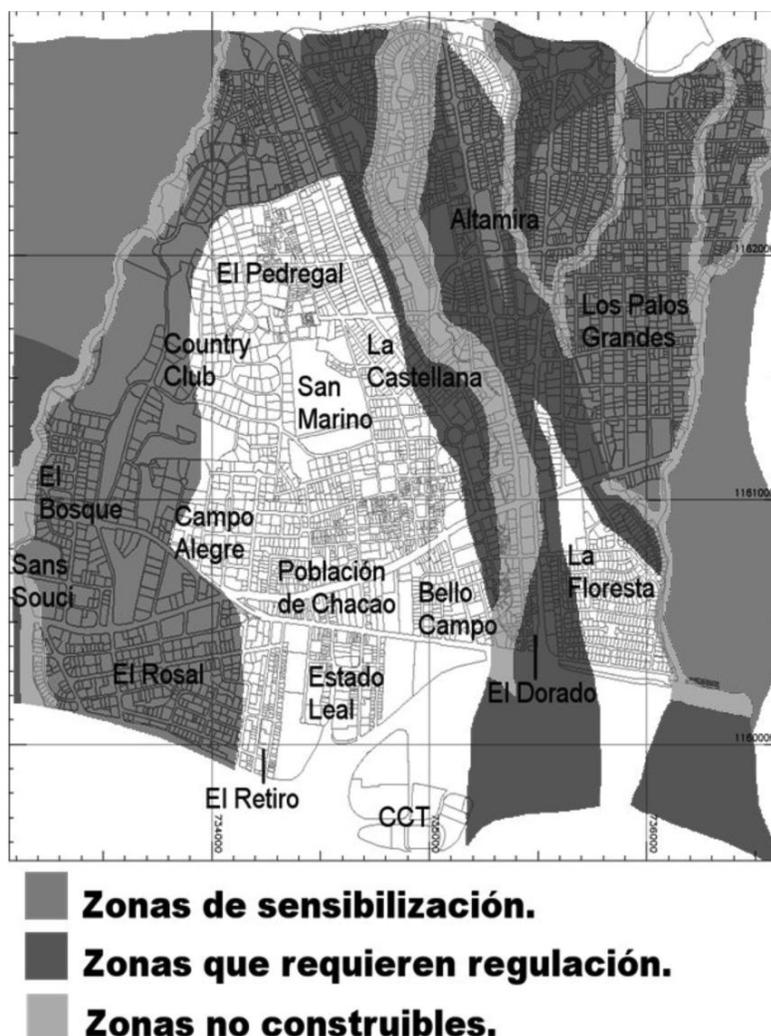


Figura 5. Amenaza por aludes torrenciales en el Municipio Chacao (Modificado de IMF, 2006).

A diferencia de la amenaza sísmica, la amenazas por aludes torrenciales o por deslizamiento son, hasta cierto punto, controlables si se toman ciertas medidas tanto estructurales como de mantenimiento, pero, aún así, es posible que existan zonas donde el riesgo debido a estas dos amenazas no sea mitigable. En dichos casos, el ordenamiento, entendido como la definición de usos del suelo, si es posible y necesario. Debido a que el Municipio Chacao se encuentra urbanizado casi en su totalidad, en vez de prevenir la ubicación de estructuras en estas zonas, es necesario, en algunos casos, un proceso de reasentamiento, los cuales pueden ser poco viables en términos económicos y socio-políticos. La construcción de viabilidad del mencionado proceso requiere, entre otras cosas, sensibilizar a la comunidad sobre los niveles de riesgo, permitir a los diferentes actores de la ciudad participar en la definición de las características del proceso de reasentamiento, y hacer uso de todos aquellos instrumentos de la planificación urbana que le permitan al municipio sortear las dificultades económicas como los impuestos de plusvalía, negociación de cesiones, entre otros

(Padrón, 2009). En el caso de que el reasentamiento sea poco viable, lo menos que puede hacerse es educar y preparar a la población para actuar adecuadamente en caso de la ocurrencia de un evento desastroso.

ASPECTOS SOBRE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL EN EL MUNICIPIO CHACAO

Uno de los grandes aportes de la microzonificación sísmica, es que permite iniciar procesos de adecuación estructural, teniendo en cuenta las solicitaciones sísmicas, más precisas que las presentes en la norma COVENIN (2001), a las cuales serán expuestas las edificaciones existentes (Schmitz *et al.* 2009), según escenarios sísmicos distintos a los de las edificaciones nuevas, tal como se adelanta en (Hernández, 2009).

Se llevó a cabo un estudio de la vulnerabilidad estructural, por parte de estudiantes de maestría en ingeniería estructural de la Universidad Central de Venezuela, FUNVISIS y

el Instituto de Protección Civil y Ambiente del municipio Chacao (IPCA Chacao), en 231 edificaciones ubicadas en los Palos Grandes y en otras 109 edificaciones importantes ubicadas alrededor del municipio (López *et al.* 2009). Dicho estudio indica que 52% de las edificaciones en Los Palos Grandes fueron construidas antes de 1967, antes de la actualización de las normas para el diseño sismorresistente y 47% de las edificaciones estudiadas presentan plantas irregulares, lo que puede concentrar las zonas de disipación de energía en pocos sitios (COVENIN, 2001), y 38% presentan pórticos en una sola dirección.

La evaluación aproximada (Hernández y Domínguez, 2009) comprendió las edificaciones típicas (aportricadas de concreto armado) de la ciudad de Caracas para diez prácticas constructivas seleccionadas (empleadas en el curso de siete décadas (1939-2009), como combinación de normas sísmicas y de diseño en concreto armado) estimando sus espectros inelásticos de diseño, los cuales se compararon con los respectivos espectros demandados en ocho microzonas de la cuenca sedimentaria del valle de Caracas, cubriendo edificaciones de 1 a 20 pisos; se efectuaron evaluaciones detalladas de demandas estructurales para tres prácticas constructivas, como calibración de la metodología. Se obtuvieron curvas de fragilidad de distintos grados de daño, índices de confiabilidad estructural y estimados de pérdidas para cada práctica constructiva, dos rangos de espesores de depósitos, dos rangos de alturas de edificaciones y tres escenarios sísmicos. Estos resultados fueron calibrados contra los daños del terremoto de Caracas de 1967 y una escala macrosísmica mundial, validando su aplicabilidad. Posteriormente la evaluación se amplió a 13 prácticas constructivas y tres rangos de alturas de edificaciones (Hernández, 2009).

Los resultados conducen a recomendaciones básicas, separadas entre edificios bajos, medianos y altos para las diversas prácticas constructivas y según espesores de depósitos profundos (> 120 m) o someros. Se trata de sugerencias de revisión detallada para posible adecuación, en el marco de políticas públicas de mitigación, para edificaciones regulares de acuerdo con la siguiente calificación de prioridades: P (prioritaria); O (obligatoria); C (Conveniente); e I (innecesaria), mientras que las irregularidades operan como agravantes de las prioridades.

Se concluyó que aún siendo regulares, todas las edificaciones antiguas construidas según las normativas MOP (MOP, 1939, 1948, 1959), ubicadas en el valle sedimentario, independientemente del espesor de sedimentos y de su altura, deben considerarse prioritarias (prioridades P u O) para su evaluación y eventual intervención. Tienen prioridad C, en general, las edificaciones construidas según la norma MOP

(1967) o la COVENIN 1756:82 (COVENIN, 1982) antes de 1985, de cualquier altura en sedimentos profundos, y las edificaciones bajas (de hasta 5 pisos) ubicadas en sedimentos someros, mientras que las medianas y altas construidas con estas normas sobre sedimentos someros tienen innecesaria prioridad (I) de intervención en general. (La palabra “general” alude a la mayoría de los casos, aunque existen excepciones que pueden revisarse en el trabajo referido.). Las edificaciones de cualquier altura sobre cualquier tipo de sedimentos construidas según la norma COVENIN 1756:82 (COVENIN, 1982) luego de 1985, o las normas COVENIN 1756:98 y la norma COVENIN 1756:2001 (COVENIN, 2001), no necesitan atención (salvo irregularidades), con excepción de las medianas sobre sedimentos profundos diseñadas con la norma vigente (COVENIN, 2001).

El informe de Arcia *et al.* (1978), evidencia la importancia de las plantas irregulares, que originan cambios bruscos de rigidez y fenómenos de torsión, así como la de las diferencias en la flexibilidad de los edificios en las dos direcciones (pórticos en una sola dirección), efecto que se evidencia en el mayor porcentaje de daño en edificaciones cuya dirección flexible estaba ubicada en el terremoto de 1967 en la dirección de mayor respuesta (Urich & López, 2009).

Con respecto a las edificaciones autoconstruidas, que suelen no cumplir con las normas de diseño y construcción, éstas se concentran en los nueve sectores populares del municipio Chacao. A pesar de que las autoconstrucciones, que sirven de morada a parte de la población, no suelen responder adecuadamente a los sismos, tampoco suele haber suficientes recursos para sus sustituciones, pero existe evidencia de la factibilidad de la adecuación sísmica de este tipo de construcciones (Klingner, 2009).

Adicionalmente, las ordenanzas municipales incentivan a la inserción de irregularidades en las edificaciones, pisos blandos o pisos débiles por ejemplo, tal como lo establece el artículo 95 de la Ordenanza de zonificación del municipio Sucre en jurisdicción del municipio Chacao (Guevara, 2009), como en otros artículos que incentivan las plantas libres. Una medida para la reducción de riesgo sísmico es eliminar de dichas ordenanzas, a través de una reforma, tales incentivos y reforzar las edificaciones vulnerables.

ASPECTOS SOBRE LA CAPACIDAD DE ACCIÓN DE LA COMUNIDAD EN EL MUNICIPIO CHACAO

El éxito de las posibles medidas para la reducción de riesgo sísmico, que surjan de la aplicación de la microzonificación sísmica, depende, en parte, de los niveles de capacidad de acción de la comunidad la cual está ligada a aspectos de pobreza (niveles de dependencia, nivel educativo, con-

dición del hábitat, nivel de ingresos, etc.; UNFPA, 2006) y otros aspectos que pueden facilitar o dificultar la ejecución de dichas medidas (tenencia de la vivienda, accesos a medios de comunicación e información, nivel de organización de la comunidad, etc.; (Padrón, 2009). En el caso del Municipio Chacao la población muestra pocos aspectos de pobreza que puedan reducir su capacidad de acción excepto para ciertos sectores del municipio. Primero, existe un gran porcentaje de población anciana de 65 y más años (14% del total, el doble del valor presentado por el área metropolitana de Caracas), en proceso de envejecimiento (44% de la población anciana es mayor de 75 años, 5 puntos porcentuales superior a los valores del área metropolitana), donde se concentra la población discapacitada (47% de las discapacidades suele ubicarse en dicha población) y de la cual un 15% vive sola (INE, 2001). Por otro lado, existen sectores en el Municipio Chacao, como el sector La Cruz, que presentan bajos niveles educativos, los cuales pueden asociarse a menores niveles de ingreso, con altos niveles de dependencia juvenil. Para ambos casos, población anciana y población con altos niveles de dependencia, los recursos de las familias puede diluirse en atender necesidades básicas y no en acciones para la reducción del riesgo.

Por otro lado, existe una cantidad de organizaciones comunales (14 consejos comunales y otras organizaciones como los Comités de Atención de Emergencia Local, figura promovida por las autoridades municipales) que permiten atender a la población más vulnerable por su reducida capacidad de respuesta durante un sismo y/o por su reducida capacidad de acción para la reducción del riesgo (Padrón, 2009).

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DENTRO DE UN PROCESO INTEGRAL DE GESTIÓN DE RIESGO SÍSMICO

Si el objetivo principal es la reducción de riesgo sísmico, debe emprenderse un proceso de planificación y gestión que atienda los diferentes aspectos de vulnerabilidad física y social, y de construcción de viabilidad (hacer el plan factible en términos económicos y socio-políticos), considerando los aportes de la microzonificación sísmica entre otros instrumentos.

En líneas generales, teniendo identificado el riesgo sísmico, se pueden definir seis lineamientos para la gestión integral de dicho riesgo: 1) monitorizar el riesgo sísmico (no sólo analizar, de forma periódica, la amenaza sísmica y la vulnerabilidad física sino también la vulnerabilidad social), 2) generar conocimiento sobre el riesgo sísmico y las medidas para su reducción, 3) informar, concienciar y educar a los actores de la ciudad sobre los niveles de riesgo y acompa-

ñarlos durante su participación en la búsqueda de medidas de reducción del riesgo y su aplicación, 4) actualizar los instrumentos legales municipales para adoptar los nuevos espectros de respuesta y eliminar los incentivos que conducen al diseño de edificaciones irregulares 5) sobre la base de la microzonificación sísmica y los nuevos instrumentos legales generados, iniciar procesos de adecuación y renovación urbana (en los cuales se acompañe y supervise a los actores sociales y técnicos), junto con un mayor control sobre la aplicación de las normas para edificaciones sismorresistentes, con el objetivo de asegurar una mayor cantidad de estructuras sismorresistentes en el Municipio Chacao y, 6) transferir el riesgo a través de, por ejemplo, seguros colectivos (BID, 2002) para la protección financiera de los habitantes de dicho Municipio (Padrón, 2009).

Con respecto a la renovación urbana, es una medida que no solo permite introducir edificaciones construidas con criterios sismorresistentes más exigentes sino que, además, permite resolver otros problemas tanto para la gestión del riesgo ante otras amenazas como para la vida diaria. Como ejemplos se pueden mencionar: el reasentamiento de usos ubicados en zonas con riesgo no mitigable por aludes torrenciales; la mejora de la vialidad tanto para el uso cotidiano como para la atención de emergencias; la mejora de los espacios públicos (adaptados para ser refugios de ser necesario); la mejora de los servicios, etc. (Padrón, 2009).

La complejidad de las anteriores tareas requiere de la participación de actores de carácter tanto local como metropolitano e incluso nacional en la generación y aplicación de un Plan de Desarrollo Urbano Local, cuyas medidas se detallen y ejecuten en planes de menor jerarquía como los planes especiales.

CONCLUSIONES

El estudio de la amenaza sísmica, de algunos aspectos de vulnerabilidad social y de los instrumentos de planificación urbana en el Municipio Chacao, revela que los resultados de la microzonificación sísmica (los niveles de amenaza sísmica, la amenaza por deslizamientos durante sismos, recomendaciones de tipología, etc.) deben ser acompañados de procesos de gestión urbana que garanticen la reducción de riesgo sísmico. Los niveles de amenaza sísmica no rigen ni condicionan los aspectos e instrumentos de la planificación urbana, como el ordenamiento urbano y las variables urbanas fundamentales, excepto por efectos económicos potenciales. Pero dicho conocimiento a nivel local, adoptado mediante una ordenanza para el diseño sismorresistente, permitirá iniciar un proceso de reducción de riesgo sísmico que mejore la construcción de nuevas edificaciones sismorresistentes, la adecuación de edificaciones que han

sufrido modificaciones o fueron construidas previas a las normas vigentes, el refuerzo estructural de infraestructura o de edificaciones indispensables para el municipio, e incluso, la adecuación de las construcciones informales. Para asegurar que tales beneficios sean efectivos, las autoridades deben aumentar los procesos de información, seguimiento y control sobre la aplicación de las normas e iniciar y guiar procesos de renovación urbana y acompañamiento técnico y social.

AGRADECIMIENTOS

A las diferentes direcciones de la Alcaldía del Municipio Chacao y a todos aquellos interesados que aportaron a las discusiones.

REFERENCIAS

- ARCIA, J., BRICEÑO, F., SCHMIDT, L. (1978). *Evaluación e interpretación de daños. Capítulo X de Segunda fase del estudio del sismo ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967*. Comisión presidencial para el Estudio del Sismo, Ministerio de Obras Públicas, 2 volúmenes, 1281 pp. [FUNVISIS, editor, Caracas].
- AUDEMARD, F. A., MACHETTE, M., COX, J., HART, R., HALLER, K. (2000). *Map of Quaternary Faults of Venezuela. Scale 1:2.000.000*. Acompañado por noticia explicativa: Map and Database of Quaternary Faults in Venezuela and Offshore Regions, USGS Open-File Report 00-18, 78 pp.
- BID (BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO) (2002). *Planificación y protección financiera para sobrevivir a los desastres* (Documento en línea). Disponible: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=1441686> [Consulta: 2009, septiembre 12].
- BRICEÑO, F., SANABRIA, J., AZPÚRUA, P., PLANCHART, M., CASTELLANOS, S., OLIVARES, A., LUSTGARTEN, P., KELEMEN, J., GARCÍA, J., GONZÁLEZ DE J., C., CARRILLO, P., PÉREZ, H., SEED, H., WHITMAN, R., MURPHY, V., LINEHAM, D., TURCOTTE, T., STEINBRUGGE, K., ESPINOSA, A., ALGERMISSEN, S., ARCIA, J., PUIG, J., SCHMIDT, L., GONZÁLEZ, J.V., MARTÍNEZ, J., KNUDSON, C., CRAN, C., PRESHEL, M., HOLOMA, S., GÓMEZ, J., LUCHSINGER, J., SILVA, M., FORTOUL, C., LAMAR, S., GRASES, J., VIGNIERI, L., VALLADARES, E., SUÁREZ, J., GÓMEZ, G., AZPÚRUA, J., PAPONI, M., RAMOS, C., ROMERO, A., DELGADO, J., AZOPARDO, P., GRINSTEINS, V., ISAACURA, J., CASTELLANOS, H., VARGAS, J. (1978). *Segunda fase del estudio del sismo ocurrido en Caracas el 29 de julio de 1967*. Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo, Ministerio de Obras Públicas, 2 volúmenes, 1281 pp. [FUNVISIS, editor, Caracas].
- CARDONA, O. (2008). (Transcripción de entrevista personal). En Padrón, C. (Comp), *Lineamientos para la consideración de riesgo sísmico en la planificación urbana del municipio Chacao, estado Miranda* (pp. 254-271). Informe de pasantía (véase Padrón, 2009), Universidad Simón Bolívar, Caracas.
- CARREÑO, M. (2006). *Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post*. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya (Documento en línea). Disponible: <http://www.tesisenxarxa.net/TDX-1102106-110455/index.html> [Consulta: 2009, Enero 4].
- COVENIN (1982). *Edificaciones antisísmicas*, Norma Venezolana COVENIN 1756-82. Comisión Venezolana de Normas Industriales, FONDONORMA, Ministerio de Fomento, Ministerio del Desarrollo Urbano, FUNVISIS, Caracas.
- COVENIN (2001). *Edificaciones sismorresistentes*. Norma venezolana COVENIN 1756:2001. Comisión Venezolana de Normas Industriales, FONDONORMA, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Infraestructura, FUNVISIS, Caracas.
- GRASES, J. (2002). *Introducción a la evaluación de la amenaza sísmica en Venezuela: Acciones de mitigación*. Caracas: Fundación Pedro Grases. Organización Gráficas Capriles, Caracas, 249 pp.
- GUEVARA, T. (2009). *El piso blando y el piso débil*. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas 2009, Memorias en CD, 18 p.
- GUEVARA, T. & STOLK, M. (1993). *La microzonificación sísmica como base para el ordenamiento urbanístico de Caracas*. Ponencia presentada en el Coloquio Franco Latinoamericano sobre Microzonificación Sísmica, Punta Cardón. [Documento en línea] Disponible: <http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc7118/doc7118-contenido.pdf> [Consulta: 2009, Septiembre 15].
- HERNÁNDEZ, J. J. (2009). *Confiability sísmica-estructural de edificaciones existentes de Caracas*. Proyecto Pensar en Venezuela, C.I.V., Jornadas 18 y 19 de septiembre de 2009, Caracas, 107 pp.

- HERNÁNDEZ, J. J. & DOMÍNGUEZ, J. (2009). *Evaluación aproximada de edificaciones típicas*. Subcapítulo 5.3, Informe Técnico Final del Proyecto de Microzonificación Sísmica de las ciudades Caracas y Barquisimeto (FONACIT 200400738), Volumen 1 Caracas, FUN-035-a, FUNVISIS, inédito, p. 701-816.
- HERNÁNDEZ, J.J., VALLEÉ, M., FELIZIANI, P., SCHMITZ, M., OROPEZA, J., TAGLIAFERRO, M., CASTILLO, A., Y., CANO, V. (2008). *Peligro sísmico de deslizamientos en laderas de Caracas*. Ponencia presentada en la Conferencia 50 Aniversario Sociedad Venezolana de Geotecnia “Estado de la Práctica” en Honor a Gustavo Luis Pérez Guerra, Caracas, 14 pp.
- HERNÁNDEZ, J. J., SCHMITZ, M., DELAUAUD, É., CADET, H., DOMÍNGUEZ, J. (2009a). *Espectros de respuesta sísmica en microzonas de Caracas considerando efectos de sitio 1D, 2D y 3D*. V Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009, 4 pp.
- HERNÁNDEZ, J. J., SCHMITZ, M., MORALES, C., DOMÍNGUEZ, J., COLMENÁREZ, L., TAGLIAFERRO, M., VALLEÉ, M., LEAL, V. Y EL GRUPO DE TRABAJO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE CARACAS (2009b). Conclusiones y recomendaciones en Caracas, Subcapítulo 6.6, *Informe Técnico Final del Proyecto de Microzonificación Sísmica de las ciudades Caracas y Barquisimeto (FONACIT 200400738)*, Volumen 1 Caracas, FUN-035-a, FUNVISIS, inédito, p. 933-937.
- IMF (INSTITUTO DE MECÁNICA DE FLUIDOS) (2006). (Mapa de amenaza por aludes torrenciales). En: Jiménez, V. (2007) *Criterios para la inserción de la variable riesgos en los planes de desarrollo local en el municipio Chacao, estado Miranda, Caracas*.
- INE (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA). (2001). *XIII Censo general de población y vivienda*.
- JICA (AGENCIA INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN DEL JAPÓN) (2005). *Estudio sobre el plan básico de prevención de desastres en el Distrito Metropolitano de Caracas en la República Bolivariana de Venezuela*. Caracas.
- KLINGNER, R. (2009). *Las viviendas de mampostería en zonas sísmicas*. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas.
- LEY ORGÁNICA DE ORDENACIÓN URBANÍSTICA. (1987, Diciembre 16). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 33.868.
- LEY ORGÁNICA DEL PODER PÚBLICO MUNICIPAL. (2006, Abril 6). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 5.806 (Extraordinario); Abril 10, 2006.
- LEY ORGÁNICA PARA LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. (1983, Agosto 11). *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, 3.238.
- LÓPEZ, A., ALESMAR, L., LIRIO, B., PRIETO, J., GONZÁLEZ, J., CASTILLO, L., SCHMITZ, M., MARVAL, N., SAFINA, S. (2009). *Estudio de vulnerabilidad sísmica, municipio Chacao, urbanización: Los Palos Grandes*. Ponencia presentada en el IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas, 6 pp.
- MARTÍNEZ, R. (2006). *Consideraciones preliminares respecto a incluir los estudios de microzonificación sísmica en la planificación y control urbano en Venezuela*, Boletín Técnico IMME, Vol. 44, N° 1, pp. 1-15.
- MARTÍNEZ G., R., ARANA SÁNCHEZ, M. Y SCHELOTTO, S. (2005). *Gestión del Territorio y del Desarrollo Urbano – Alta Simplicidad*, Edic. Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República Uruguay, Fundación 2020 y la Intendencia Municipal de Montevideo. Capítulo II.
- MATUS, C. (1992). *Política, planificación y gobierno*. Caracas: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.
- MOP (1939). *Normas para el Cálculo de Edificios 1939*. Dirección de Edificios, Ministerio de Obras Públicas, República de Venezuela.
- MOP (1948). *Normas para el Cálculo de Edificios 1947*. Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales, Ministerio de Obras Públicas, República de Venezuela.
- MOP (1959). *Normas para el Cálculo de Edificios 1955*. Dirección de Edificios e Instalaciones Industriales, Ministerio de Obras Públicas, República de Venezuela.
- MOP (1967). *Norma Provisional para Construcciones Antisísmicas*. Dirección de Edificios, Ministerio de Obras Públicas, República de Venezuela.
- PADRÓN, C. (2009). *Lineamientos para la consideración de riesgo sísmico en la planificación urbana del municipio Chacao, estado Miranda*. Informe de pasantía para optar al título de Urbanista, Universidad Simón Bolívar, Caracas, 337 pp.

- RODRÍGUEZ, J. (1999). *Planeación urbana y metropolitana: Lecciones de la experiencia en Venezuela*. Ciudades, 42.
- SCHMITZ, M., HERNÁNDEZ, J. J., MORALES, C., MOLINA, D., VALLEÉ, M., TAGLIAFERRO, M., DOMÍNGUEZ, J., AMARIS, E., GONZÁLEZ, M., LEAL, V. Y EL GRUPO DE TRABAJO DEL PROYECTO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE CARACAS, (2009). *Principales resultados y recomendaciones del proyecto de microzonificación sísmica en Caracas y estrategias para su implementación*. V Coloquio sobre Microzonificación Sísmica, Caracas, 19 al 22 de mayo de 2009, 4 pp.
- SEARER, G. & FIERRO, E. (2004). *Criticism of current seismic design and construction practice in Venezuela: A bleak perspective*. Earthquake Spectra, 20(4), 1265-1278.
- UNFPA (FONDO DE POBLACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS). (2006). *Análisis de situación de población en Venezuela: Población, desigualdad y políticas públicas*. Venezuela.
- URICH, A. & LÓPEZ, O. (2009). *Desempeño de edificios y movimiento del terreno en Los Palos Grandes durante el terremoto de 1967*. IX Congreso Venezolano de Sismología e Ingeniería Sísmica, Caracas, 17 pp.
- WESTON (WESTON GEOPHYSICAL ENGINEERS INTERNACIONAL INC) (1969). *Investigaciones sísmicas en el valle de Caracas y en el Litoral Central (bajo la planificación y supervisión de la Comisión Presidencial para el Estudio del Sismo)*, Caracas, 22 pp. + anexos.