

Se requiere atención a los peligros sísmicos conexos

Derrumbes, fisuración pasiva del terreno, dislocamiento activo del suelo, licuación del subsuelo, maremotos y seiches requieren de estudios de microzonificación. Una vez identificadas las microzonas por medio de estudios auspiciados por el estado u otras instituciones, la decisión final a nivel de lote o parcela debería depender de un estudio geotécnico específico costado por el propietario. Entre tanto no haya microzonas delimitadas, la responsabilidad de alertar a los propietarios sobre los problemas potenciales queda en manos de los planificadores de proyectos en el caso de obra nueva. Para obra existente habrá que esperar que las Municipalidades implementen estudios de microzonificación.

La experiencia que se tiene de sismos pasados no deja lugar a dudas que en Guatemala se requiere atender en forma sistemática los peligros sísmicos derivados del subsuelo. Esto no se ha hecho

LA CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES EN GUATEMALA

El diseño y la construcción de edificaciones puede clasificarse para fines de este diagnóstico en tres grandes sectores: edificación ejecutada por *profesionales* de ingeniería y arquitectura, la ejecutada por *constructores empíricos* y la ejecutada por el propio usuario, denominada *auto-construcción*. Antes de describir los nichos de construcción que cada sector ocupa es necesario comentar la situación de las normativas y regulaciones constructivas en el país

Normas y regulaciones

Adopta tu propia norma: En Guatemala no existe una norma obligatoria para diseño estructural, ni a nivel estatal, ni a nivel municipal. Varias municipalidades tienen reglamentos de regulación urbana y algunas cuentan con requisitos básicos de diseño

arquitectónico, por ejemplo, la Ciudad de Guatemala. Sin embargo, la parte estructural queda bajo la responsabilidad de un profesional de la ingeniería civil o de la arquitectura según el caso; la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala exige que el profesional se haga explícitamente responsable en la solicitud de licencia de construcción, estampando su firma para avalar el cálculo estructural. En Guatemala el medio profesional es aún relativamente moderado en tamaño y hasta ahora son identificables las oficinas consultoras especializadas para diseñar y/o construir obras mayores (el estado también tiene un registro de precalificación para sus proyectos). Dentro de este contexto, el sistema "adapta tu propia norma" aún aparenta funcionar; sin embargo, conforme aumenta el número de profesionales con licencia para ejercer y conforme se multiplica el volumen de obra a ejecutar, aumenta la probabilidad de vicios ocultos de diseño o construcción, voluntarios o involuntarios.

¿ Será buena mi norma ? Es cierto que existen reglas no escritas donde el ingeniero estructural se ve compelido a usar algún lineamiento reconocido. Eventualmente tendría que probar que ha usado uno. *¿Cuál ?* Normalmente uno de los que se enseñan en las universidades (véase ICBU-UBC, ATC 3-06 o NEHRP 1985 y Zsutty & Shah, 1978). Sin embargo, aún así, hay decisiones que tomar; el ingeniero "X" usa el índice de sismicidad más alto que encuentra mientras el ingeniero "Y" afirma que él está en lo correcto tomando un índice más bajo.

Parece cómodo pero te puede dejar en el aire: La situación tiene demasiados aspectos indefinidos y la clientela (o el usuario) no están siempre al tanto de estas diferencias de criterio en el gremio, se contrata un ingeniero y se presupone que él sabe las respuestas. El ingeniero o arquitecto, por otra parte, no siempre se da cuenta que la existencia de un lineamiento legal trabaja a su favor porque lo ampara en cuanto a las decisiones que debe tomar para ejecutar sus diseños, evitándole tener que justificarse permanentemente y protegiéndolo cuando usa técnicas adecuadas en su momento, pero que se vuelven obsoletas.

Algo hay pero resulta insuficiente: Debe anotarse que las instituciones de crédito para la construcción tienen sus propios lineamientos (FHA) o bien exigen el uso de determinada base de diseño como condición para otorgar préstamos. Similarmente, el

estado suele introducir en sus contratos de diseño cláusulas que obliguen al contratado a seguir determinados lineamientos. También las oficinas consultoras bien establecidas utilizarán una metodología consistente. Pero el sistema requiere una gran auto-disciplina y depende del nivel de conocimiento del profesional de ingeniería o arquitectura.

El experimento de generar una "norma recomendada": En 1987 a raíz del terremoto de San Salvador, el Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas de Guatemala integró una comisión para redactar un proyecto de normas de construcción sismo-resistente. El proyecto se ejecutó hacia 1988 pero nunca se publicó. En 1994 y 95 el INSIVUMEH lo reactivó y la comisión que lo redactó lo actualizó. Se trató nuevamente de darle algún carácter oficial pero no se logró. La conclusión fue que el camino adecuado era publicarlo como "Norma Recomendada" AGIES NR 1-96 por medio de la Asociación de Ingenieros Estructurales (en formación) con el probable aval del Colegio de Ingenieros. Este método de que una institución emita sus recomendaciones ha sido utilizado exitosamente en Costa Rica y en los EUA. La idea es que paulatinamente las municipalidades y el estado se van acogiendo a la norma conforme lo estiman conveniente. Se espera ver pronto los resultados de este experimento. El proyecto intenta cubrir en sus primeras fases recomendaciones para construcción nueva; contempla cubrir en fases subsiguientes recomendaciones para readecuación de construcción existente y lineamientos de identificación de riesgos del subsuelo.

Un primer sector de la construcción:

Edificación planificada y ejecutada por profesionales:

Sistemas de construcción: Los más frecuentemente utilizados por este sector incluyen la mampostería reforzada para la construcción liviana, especialmente vivienda; el concreto reforzado para construcción pesada o mayor o para estructuras moduladas. Por supuesto se utiliza, aunque en menor volumen, el concreto prefabricado, el pre-esforzado y el acero estructural; este último sobre todo para construcción liviana de grandes luces y en menor escala para edificios de varios pisos

Mampostería reforzada - un sistema noble: Por el volumen de construcción que representa es importante citar que el refuerzo de la mampostería más extendido en Guatemala es una variante del sistema que internacionalmente se llama "mampostería confinada". La variante local tradicional tiene excelentes características genéricas⁷. Este sistema recibe el nombre local de "construcción de mixto" y es ciertamente más confiable en el medio que el refuerzo integral colado entre las celdas del ladrillo o bloque hueco que requiere mayor supervisión. El sistema "de mixto" se utiliza con ladrillos "sólidos" pero puede usarse con bloques huecos de arcilla o concreto.

Localmente, la mampostería suele configurarse y diseñarse empíricamente; el profesional no suele hacer cálculos de esfuerzos sino usar recetas empíricas; por lo tanto su sismo-resistencia depende en gran medida del ingeniero o arquitecto que debe reconocer los límites del sistema. Aunque el comportamiento sísmico ha sido satisfactorio en las dos últimas décadas se tiende a transgredir algunos de los aspectos que hacen que el sistema sea exitoso, como uso de bloques huecos de pared excesivamente delgada, o someterlo a solicitaciones de carga inadvertidamente excesivas (esto suele pasar en residencias de lujo más que en vivienda popular). Una de las pocas normas de referencia que hay y han sido utilizadas en el país son las ya citadas normas del Instituto de Hipotecas Aseguradas; necesitan una actualización.

Diseño estructural y construcción de edificios. Los edificios mayores de unos 10,000 metros cuadrados resultan inversiones substanciales en las que los propietarios desean maximizar las características sismo-resistentes. Esto ha sido así desde mucho antes del terremoto de 1976. En general este tipo de construcción se ha ejecutado con la seriedad y la protección sísmica que requieren dentro de normativas que pertenecen a dos grupos: ICBO/UBC o ATC/NEHRP. Antes de 1980 la costumbre era utilizar los lineamientos de la Sociedad de Ingenieros Estructurales de California, SEAOC (Nótese que los actuales UBC y ATC tienen ambos su raíz en el previo SEAOC). La mayoría de ingenieros en Guatemala suponen zona sísmica tipo 4 (la más severa), algunos ingenieros han supuesto

⁷

Consiste en paredes de mampostería que contienen una trama de cordones verticales y horizontales de concreto reforzado, del espesor de la pared, espaciados entre 1.5 y 2.5 metros y que deben ser colados *después* de hacer el levantado de la pared para confinarla y enmarcarla entre los refuerzos

zona tipo 3; el que escribe cree que esto último no es apropiado. En general se supone que la protección sísmica de los edificios grandes es adecuada.

Diseño estructural de edificios menores. Aquí puede argumentarse una mayor variabilidad de calidad de diseño. El aspecto detrimental más notorio no es la fuerza sísmica de diseño (zona 4 o zona 3) sino que hay una tendencia a no verificar la flexibilidad de los edificios y a no utilizar el concepto estructural de columna fuerte y viga-cedente. La presencia de una norma recomendada en el medio seguramente contribuirá a mejorar esta situación

Un segundo sector:

la auto-construcción

La auto-construcción resulta natural en áreas rurales habitadas por personas altamente dispersas y de escasísimos recursos. Es la única forma práctica de lograr una vivienda y mínimas instalaciones de trabajo.

Semillero de catástrofes. La falta de educación y la falta de conciencia acerca del problema sísmico se suelen combinar con el uso de materiales estructuralmente inadecuados pero que reportan ventajas de factibilidad y protección térmica. Tal la situación que generó el peor desastre en cuanto a pérdida de vidas humanas en la historia de Guatemala: el terremoto de 1976 que segó 23000 vidas y destruyó 100000 viviendas de adobe y teja de barro a lo largo de la cuenca del río Motagua

La "fortuna" de vivir en una choza de palma. Algunas regiones del país pueden ser más afortunadas, aunque exista ignorancia y falta de conciencia de una amenaza sísmica severa. La costa sur de Guatemala, por ejemplo, está bajo la amenaza de sismos de subducción que pueden afectar extensas áreas. Sin embargo, allí la auto-construcción es frecuentemente de madera y lámina de zinc o ranchos de madera y palma. Dada la relativamente baja vulnerabilidad sísmica de este tipo de construcción, la amenaza sísmica puede ser alta (que lo es) pero el riesgo sísmico está atenuado a costa de la calidad cotidiana de vida.

Gracias a Dios se reduce la cantidad de "pintorescas casitas con tejas". En algunas zonas del altiplano, por ejemplo Quetzaltenango, la población percibió pero no sufrió el sismo de 1976. El grado de conciencia sísmica generado (o regenerado, porque aún se recuerdan en la zona los sismos de 1902), más la accesibilidad de nuevos materiales (cemento, refuerzo, fibro-cemento, lámina metálica), han producido cierta mejora en la auto-construcción o una migración del trabajo del propietario hacia el constructor empírico. En estos casos el riesgo disminuye por esfuerzos intencionales de reducir vulnerabilidad, aunque tiendan a ser espontáneos y no sistemáticamente inducidos por un esfuerzo estatal o de institución educativa (no deben ignorarse, sin embargo, instituciones eclesiásticas y otras de asistencia que proporcionan orientación en este sentido con alcance local o puntual).

Preguntado un campesino de Cabañas en 1976 por qué reconstruía su casa en adobe contestó que los terremotos no son cosecha de mangos (es decir, una al año) Hay zonas del país bajo menor amenaza sísmica, por la baja frecuencia de ocurrencia de sismos significativos, donde el riesgo es potencialmente alto a causa de la gran vulnerabilidad de la auto-construcción y la falta de conciencia sísmica. Son potenciales bombas de tiempo como lo era el valle del río Motagua antes de 1976. Ejemplos son San Marcos, Huehuetenango y Quiché en el nor-occidente y tal vez Jutiapa, Chiquimula en el oriente del país. Allí el adobe y la teja de barro son comunes y los poco frecuentes eventos sísmicos de gran intensidad están olvidados hasta en nuestra historia cívica. Si no preguntásemos a alguien de Huehuetenango por el terremoto de 1816 o a alguien de Chiquimula por los terremotos de 1765 y 1742 o a alguien del Polochic por el terremoto de 1785. Es lógico. Al carecer de educación no se sabe que se repite el error pasado. Hacia estos lugares es muy importante enfocar cualquier esfuerzo de reducción de vulnerabilidad sísmica a través de mejoras en la auto-construcción.

Un comentario sobre el adobe en Guatemala La economía de la casa de adobe radica en que el material no requiere transporte, se obtiene del predio mismo. Allí radica su debilidad, porque en Guatemala no es fácil tropezar con arcilla. El omnipresente limo que se encuentra por todas partes para hacer los adobes no es adecuado, es deleznable al

menor sobre-esfuerzo. Si hay que ir a buscar arcilla el esquema económico se derrumba, sería más barato el block de arena pómez...

Otro importante sector de la construcción:

La construcción empírica

Existe otro importante sector que ejecuta construcción: el constructor empírico que se dedica a esa actividad en forma permanente y consistente. El constructor empírico frecuentemente construye en "mixto" (sistema previamente descrito en este escrito) o en madera cuando es la costumbre en la zona.

Su área de trabajo está en zonas urbanas menores, villas y pueblos donde hay suficiente mercado de pequeña construcción privada, pero donde no es rentable para los profesionales universitarios ejercer.

Las edificaciones ejecutadas por el constructor empírico, usualmente viviendas y pequeños comercios, ofrecen diferentes grados de riesgo sísmico dependiendo de la habilidad y experiencia previa de los constructores. Especialmente importante resulta la experiencia previa que hayan tenido como empleados en construcción profesional ya que ésta es la única fuente espontánea de tecnificación. *Es alentador observar hasta qué grado muchos constructores empíricos generan edificación sana y económica.* Pero en cuanto se rebasan ciertos límites de tamaño o altura, la limitada tecnificación puede producir resultados peligrosos.

En un país como Guatemala, el constructor empírico (o su equivalente sistemáticamente tecnificado) es una verdadera necesidad. Una de las formas más eficaces de reducir el riesgo sísmico es tecnificar constructores de edificación menor por el gran volumen y dispersión de este rubro. Aquí las normas refinadas y los análisis numéricos salen sobrando y no son prácticos, excepto normas con lineamientos lo suficientemente básicos para generar un marco de referencia. Lo que importa más es el sentido común y el entrenamiento apropiado

Desafortunadamente, no se ha puesto suficiente énfasis en la tecnificación de los constructores de obra menor ofreciendo mayores oportunidades de capacitación y un procedimiento de licenciación de técnicos a nivel municipal.

El Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (INTECAP) cubre parte de la demanda de capacitación pero *falta un esfuerzo de legalizar y valorizar la capacitación de técnicos* que ya no tengan que ser llamados "empíricos".

Construcción pública:

El caso municipal. Existe aún otro sector de construcción que es importante mencionar: las edificaciones a cargo de las municipalidades de menores recursos⁸. Por ley parte de los fondos por arbitrios municipales se depositan en el Instituto de Fomento Municipal. Este autoriza su erogación en construcción previo dictamen técnico. Dependiendo de la envergadura de la obra el instituto permitirá su construcción empírica o su planificación y financiamiento formales. Este sistema, bien manejado, contribuye a reducir el riesgo sísmico en la edificación pública promovida directamente por las pequeñas municipalidades. Este mecanismo de control de calidad ha sido importante. Conforme incrementa la descentralización del aparato estatal deben buscarse métodos de auto-control.

El gobierno central. Finalmente, debe mencionarse la Dirección de Obras Públicas y las Unidades de ejecución especializadas del estado que tienen bajo su responsabilidad completar la infraestructura pública urbana y nacional. Estas entidades tienen, entre sus responsabilidades inherentes, ejecutar obra de bajo riesgo sísmico y ello se debería lograr en la práctica ya que tienen a su alcance técnicas sísmo-resistentes adecuadas y la capacidad de establecer sus propias reglas.

⁸ En Guatemala las municipalidades se clasifican de la primera a la cuarta "categoría" basándose en la cantidad de población.

DIAGNOSTICO Y READECUACION DE CONSTRUCCION EXISTENTE

El concreto frágil de los años 50 y 60

Un problema "peliagudo": Dentro del sector de construcción formal de ingeniería existen numerosas edificaciones ejecutadas hace décadas que requieren de un programa de diagnóstico sísmo-resistente. Un grupo importante de estas edificaciones son aquellas de más de 3 pisos (frecuentemente entre 6 y 10) construidas con concreto reforzado frágil, antes del advenimiento de las técnicas de confinamiento a finales de los años 60. Este tipo de edificación (junto al adobe) fue causante de numerosas muertes durante el Terremoto de San Salvador de 1986. En la Ciudad de Guatemala pocos edificios de este tipo sufrieron colapsos, siempre tan impresionantes, durante el terremoto de 1976. Si hubo casos de edificios con daños severos; pocos fueron demolidos, varios fueron reparados. Indudablemente debe haber habido casos de daños ocultos y posiblemente casos de daños ocultos.

¿ Enigma o paradoja ? La razón del poco daño es sorprendente desde el punto de vista de ingeniería. La historia a sido diferente en otros terremotos. Entre las razones que pueden plantearse están las características del sismo de 1976; concretamente, el contenido de frecuencias de la excitación sísmica y la posibilidad que las aceleraciones del suelo hayan sido relativamente benévolas en el centro y suroriente del Valle de Guatemala. Desafortunadamente no existe acelerograma del sismo de 1976 como para facilitar el investigar esta hipótesis; en San Salvador, en cambio, los acelerogramas indican que el contenido de frecuencia es contribuyente principal al alto daño de estas edificaciones con períodos naturales de vibración entre 0.5 y 1.0 segundo.

Para los propietarios de las edificaciones, la explicación de lo anterior suele ser muy simple: su edificio resiste terremotos y no hay paradoja. Por el bien de los ocupantes de esos edificios, ojalá el tiempo confirme esa hipótesis y no la que se plantea en este escrito

Un problema que debe ser reconocido: Indudablemente, desde el punto de vista de ingeniería, el problema de los edificios de concreto frágil es importante. Lo es también para las corporaciones municipales involucradas que deberían agregar a la lista de sus numerosos problemas el considerar regulaciones de diagnóstico de estructuras existentes y recomendaciones de readecuación si se hace necesario.

La construcción mayor anterior a los años 50

¿Qué pasa con la construcción de los años treinta y cuarenta ? Aparenta ser relativamente segura, mientras incorpore mampostería reforzada, esa técnica constructiva, como ya se ha expresado, es noble. Estructuras capitalinas como el Palacio Nacional, Salud Pública, Paraninfo Universitario, Correos y varias iglesias construidas en esa época tuvieron daños pero su fortaleza reside en que no dependen de un sólo sistema estructural sino de una amalgama de concreto reforzado, mampostería y hasta perfiles de acero. Son redundantes. Eso no las exime de la conveniencia de un buen programa de evaluación y diagnóstico estructural.

¿Y la construcción anterior a los años 20 ? El tiempo y los terremotos se han encargado de ir erradicando gran parte de ella; hay un alto índice de renovación edil en toda la república y particularmente en la Ciudad de Guatemala. Por otra parte, las antiguas estructuras de mampostería sin refuerzo, en especial las iglesias, se conservan a costa de reparaciones y reconstrucciones destinadas a esperar el próximo sismo.

SISTEMAS Y REDES DE INFRAESTRUCTURA

Un problema especial: Los sistemas de infraestructura son carreteras, sistemas eléctricos, de agua potable, drenajes, puertos, aeropuertos, redes de comunicación, etc. Buena parte de sus instalaciones y edificaciones pueden diseñarse y calcularse con una sismo-resistencia incorporada. Sin embargo, otras partes de tales sistemas son difíciles de proteger específicamente contra sismos. Tal el caso de los taludes en corte y relleno de carreteras, canales y tendidos de tubería. Y qué decir de aquellos que atraviesan o

paralelan zonas de fallamientos geológicos o penetran suelos licuables o asentables o están en sitios propensos a derrumbes.

El recurso de la redundancia: En los últimos casos citados, la protección se basa en la redundancia de la infraestructura. Si la línea 'A' que atraviesa tal zona de fallas geológicas se interrumpe por problema del terreno, entonces las líneas 'B', 'C' y 'D' suplirán el déficit. **La realidad en Guatemala es otra. Muchas de nuestras más importantes líneas vitales y sistemas de infraestructura carecen de redundancia.**

Un ejemplo: más de la mitad del comercio exterior de Guatemala se efectúa por un puerto conectado al resto del país por una única vía asfaltada. Todo el sistema corre sobre la falla geológica activa del Motagua. El desplazamiento de esta falla en 1976 inutilizó 80 Km. de la carretera y destruyó varios puentes. Los efectos de la interrupción se sintieron más de un año y los primeros meses fueron críticos. Cabe la pregunta si con base en esta experiencia se planean hoy en día estrategias de trazo y configuración de líneas vitales que tratan de superar este tipo de problema.

Otro ejemplo: dos tercios de nuestra energía eléctrica se generan en una hidroeléctrica cuya captación y cuya casa de máquinas están ligadas por un túnel de aducción de casi 30 kilómetros de largo que atraviesa una zona kárstica sísmicamente activa cuyo principal accidente es la falla geológica Polochic, una gran falla transcurrente; la situación es tolerable en un sistema con dos o tres grandes plantas, ¿pero lo es cuando sólo hay una? Afortunadamente se trabaja ya en aumentar el número de plantas generadoras.

Y hay más: Ejemplos adicionales hay numerosos. Dos tercios del agua de la Ciudad de Guatemala provienen de la misma fuente. La ampliación de volumen del sistema forzosa-mente deberá emplear la misma línea de aducción; 60 Km. de túneles y canales en una zona geológicamente activa. No se puede hacer otra cosa. Es síndrome de país de recursos limitados el tener que conformarse con esperar las acciones adversas de la naturaleza. Por ello es vital trazar lineamientos de emergencia, esto puede lograrse con fondos limitados si hay creatividad y sentido común

INSTALACIONES INDUSTRIALES Y AGRO-INDUSTRIALES

La industria y agro-industria presentan un problema sísmico especial. Sus necesidades de prevención sísmo-resistente son duales: a) el edificio en sí debe ser adecuado; b) sus instalaciones y equipo deben ofrecer poca vulnerabilidad a los efectos del sismo.

El cobertizo: El primer aspecto, o sea el albergue o cobertizo de la industria queda dentro de los alcances de una norma de construcción convencional. No debería presentar problemas especiales.

¿ Y las instalaciones ? Las instalaciones, maquinaria, depósitos, chimeneas y equipo pesado presentan problemas especiales no siempre reconocidos por el propietario de los bienes de producción. El problema se genera parcialmente en el hecho de que los fabricantes de maquinaria y equipo no producen y plantean sistemas de soporte, erección y sujeción diseñados para ambientes sísmicos. Esto es un problema común aún en regiones como California, con alta sismicidad y alta tecnología.

Algunos ejemplos: Los enormes "tachos" (recipientes para el procesamiento de mieles) de la industria azucarera se instalan en gran número sobre estructuras de acero de varios pisos concebida originalmente para cargas gravitacionales y de viento prevalecientes en el Caribe y otras zonas azucareras; la misma estructura, trasplantada a una región sísmica, generalmente resulta insuficiente y excesivamente flexible; enormes masas de decenas de toneladas quedan suspendidas a 20 ó 30 metros de altura, totalmente vulnerables a desplazamientos horizontales. Estos ejemplos abundan para otras maquinarias, beneficios, silos, tanques, torres, grúas y otros equipos fabricados para ambientes asísmicos y no siempre adecuadamente instaladas en un medio sísmico.

¿ Actitud confiada o escepticismo ? Desafortunadamente, en Guatemala existe poca conciencia del problema e incluso escepticismo. Parte del problema probablemente estriba en el hecho que la industria y agro-industria pesada tienen menos de 50 años. No ha habido en la zona agro-industrial un evento significativo de subducción desde hace medio siglo. La zona industrial de la Ciudad de Guatemala está en el cuadrante probablemente

menos afectado por la vibración del suelo durante el sismo de 1976 aunque un par de colapsos graves en el área (notorios aunque aislados) tiendan a decir lo contrario.

CONCLUSION

Se ha tratado de dar una panorámica del problema sismo-resistente en Guatemala. Las conclusiones y recomendaciones específicas están expresadas en las opiniones del ponente al final de cada sección de esta presentación. Las conclusiones generales recalcan sobre aspectos más bien evidentes pero importantes.

En Guatemala se necesita tener normas de construcción sismo-resistentes y lineamientos de investigación geotécnica de terrenos. Por la manera que se ha trabajado hasta ahora, no es necesario tener normas y lineamientos sancionados directamente por el estado. Es suficiente tener una norma de referencia emitida por una institución con credibilidad; los propietarios pueden exigir su uso para su propia protección y las municipalidades y el estado deciden a su conveniencia si la avalan; la presión profesional es ética.

Es necesario profundizar en la evaluación de la amenaza sísmica del país por medio de programas formales de investigación, principalmente en las universidades.

Se requiere concientizar al público acerca de la necesidad de readecuar estructuras existentes aunque actualmente tienda a creerse que no hay necesidad porque las edificaciones, o bien ya resistieron el terremoto de Guatemala de 1976, o por ser nuevas son invulnerables a los sismos

Es necesario concientizar a la industria y agro-industria sobre la necesidad de proteger la maquinaria y no sólo el edificio que la alberga.

Muchas líneas vitales del país son inherentemente vulnerables y la reducción de riesgo debe encaminarse hacia la planificación nueva redundante y la elaboración de planes de

emergencia. De la misma forma debe revisarse la red hospitalaria y escolar del país para identificar construcción obsoleta o inadecuada.

No todo lo pueden construir ingenieros y arquitectos en este país. Para la construcción liviana popular es necesario auspiciar programas de capacitación técnica de construcción y emisión de licencias de constructor que reduzcan el nivel de riesgo que involucra el empirismo actual; esto se considera uno de los métodos más eficaces de disminuir el riesgo sísmico. Deben desarrollarse políticas para mejorar la auto-construcción; éstas deben ser selectivas para atender áreas de mayor riesgo sísmico.

REFERENCIAS CITADAS⁹

AGIES NR 1-96 (para publicación 1996), "Normas Estructurales de Construcción Recomendadas para la República de Guatemala", Asociación de Ingenieros Estructurales de Guatemala a/c Universidad del Valle de Guatemala (también obtenible en INSIVUMEH, Ciudad de Guatemala)

ATC-3-06, Applied Technology Council associated with the Structural Engineers Association of California (1978). ATC-3-06, Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings, Palo Alto, California.

Feldman, L H (1988), Nineteenth Century Guatemalan Temblores and Terremotos, A Catalogue", draft submitted for publication to the Academia de Geografía e Historia de Guatemala, March 1.

F.H.A., "Normas de Construcción del Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas", oficinas F.H.A., Edificio Torre Profesional, Zona 4, Ciudad de Guatemala.

Figueroa, J. (1970), "Sismicidad en Chiapas", Series del Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

González, M. (1986), "El Terremoto de San Rafael en el occidente de Guatemala, 24 de octubre de 1765", cuadernos de investigación, Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos, Edificio Rectoría, Ciudad Universitaria, Zona 12 C. de Guatemala.

Ho León, A. (1986), "Estudio de algunos sismos de la zona de subducción de Guatemala", tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ing., Universidad de San Carlos de Guatemala.

ICBO/UBC International Conference of Building Officials. "Uniform Building Code", Whittier, California, Ediciones 1982, 1976, 1973

⁹ Algunas referencias no están citadas en el texto sino en las figuras que incluyen una cantidad de información autocontenida

Kiremidjian, A S., H.C. Shah, L. Lubetkin (1977) "Seismic Hazard Mapping for Guatemala", Report N° 26, The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, Stanford, CA, 94305.

Lardé, Jorge (1952), "Geología Salvadoreña", Editorial (ilegible), El Salvador.

Ligorria, J.P. (1995), "Some Aspects of Seismic Hazard Assessment in Guatemala", Master of Science Thesis, Institute of Solid Earth Physics, Univ. of Bergen, Norway.

Monzón, H. (1984), "Report on Phase 2, Technical Cooperation Program, Earthquake Engineering Aspects, GTZ/Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala", Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit GmbH, PF 5180, D-6236, Eschborn, 1, F R Germany, Contract 73 215 81-02, 400/1210.

Monzón, H. y E. Molina (1989), "Perfiles de suelo tentativos en el Valle de Guatemala", Proyecto de Vivienda Sismo-resistente de Bajo Costo, Universidad del Valle de Guatemala, patrocinado por Organización de Estados Americanos.

Tobar, C.A., L.F.López, C.Pérez, O.Flores y J.R.Luna (1993) "Evaluación de la Amenaza Sísmica para la Ciudad de Guatemala" (informe final), Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM), Fac. de Ingeniería, Univ. San Carlos de Guatemala.

Villagrán, M.G., H.Cowan, H.Bungum, A Dahle and C. Lindholm (1994), "Seismic Hazard Assessment for Guatemala City", Tech.Report 2-19, INSIVUMEH (Guatemala) and NORSAR (Norway)

White, R A. (1984), "Catalog of Historic Seismicity in the Vicinity of the Chixoy-Polochic and Motagua Faults, Guatemala", U.S. Geological Survey, 345 Middlefield Road, MS 77, Menlo Park, California, 94025. Open File Report N° 84-88.

Zsutty, T.C. & H.C. Shah (1978), "Recommended Seismic Resistant Provisions for Guatemala", The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Report N° 24, Stanford University, Stanford, California 94305