

CÁLCULO SÍSMICO DE EDIFICIOS CONSTRUCCIONES A PRUEBA

■ Destacados especialistas explican a Revista BIT los principales aspectos considerados en la normativa para el cálculo sísmico de edificios y detallan las enseñanzas que dejó el terremoto. ■ También se develan los puntos críticos que todo cálculo estructural debe contemplar y las variables involucradas en el diseño de estructuras. Las construcciones y una dura prueba.

EQUIPO EDITORIAL BIT

LAS CONSTRUCCIONES enfrentaron una dura prueba. Claro, un sismo extremadamente severo no acontece todos los días. Indudablemente, el ocurrido en febrero entregará datos valiosos que servirán para avanzar en ingeniería y perfeccionar la norma.

Empezamos con la normativa. Al recorrer la historia sísmica de nuestro país, se ve claramente cómo los terremotos más destructivos impulsaron cambios en el marco legal vigente. Sólo algunos ejemplos: el terremoto de Talca de 1928 motivó acciones que culminaron en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y la norma NCh433Of.96 recogió las enseñanzas del terremoto de 1985. Los profesionales coinciden en que ésta no será la excepción. Los estudios comienzan a arrojar las primeras conclusiones, que aunque preliminares, permiten vislumbrar los cambios que vienen. No nos adelantemos y partamos con las normas relacionadas al diseño que se encuentran vigentes.

Existen normativas para el diseño sísmico de edificios (NCh433 Of.96), para las estructuras e instalaciones industriales (NCh2369 Of.2003), para los aislados sísmicamente (NCh2745 Of.2003) y para el Hormigón Armado (NCh430Of.2007). En esta oportunidad nos enfocaremos sólo en la NCh433 que establece cuáles son los esfuerzos que debe resistir un edificio. Los especialistas explican que la filosofía del diseño sísmico se resume en el capítulo 5.1 que define los principios e hipótesis básicos y donde se señala que "esta norma aplicada en conjunto con las normas de diseño específicas para cada material (...) está orientada a lograr estructuras que resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad



GENTILEZA SYS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.



■ Según los expertos, en este terremoto, se han visto fallas por compresión o tracción. Al comprimirse el hormigón, si no está suficientemente confinado mediante estribos o zunchos, el hormigón falla y las barras verticales se pandean y doblan, y cuando viene el movimiento hacia el lado contrario, se estiran y se cortan.



moderada; limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad y aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa". Esta norma también establece requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios de acuerdo al área en que serán construidos y al uso que se dará a la estructura. "Es así como divide a Chile en tres zonas de riesgo y en cada una fija las sollicitaciones con las cuales hay que dimensionar el edificio", dice Marcial Baeza, presidente de la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (Achisina). En las zonas costeras –desde el Norte Grande hasta Puerto Montt y el Estrecho de Magallanes– obliga a una mayor exigencia en los cálculos. Para la zona central se establece una exigencia intermedia. Para la zona cordillerana –emplazada desde el altiplano hasta Tierra del Fuego– se contempla una menor exigencia. Esta disposición legal además establece una clasificación de los edificios de acuerdo a su destino, siendo los de categoría A, los edificios gubernamentales o de utilidad pública, los B, los edificios de valor cultural, los C, los destinados a la habitación privada y los D, las construcciones aisladas o provisionales no destinadas a habitación.

Respecto de los elementos secundarios, definidos como los elementos permanentes que no forman parte de la estructura, pero que son afectados por sus movimientos y eventualmente interactúan con ella como tabiques divisorios, cielos falsos, luminarias y ventanales (en esta última clasificación los especialistas también incluyen a los muros cortina. Más información en artículo Muros Cortina, Especial Terremoto Chile 2010), la norma señala "aspectos generales, como por ejemplo, que éstos deben quedar separados de la estructura pero a la vez tomados de ella para que no se vuelquen", expresa el ingeniero civil estructural Alfonso Larraín, presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales de Chile (AICE).

CÁLCULO ESTRUCTURAL

A través de su historia, el país se ha visto afectado por terremotos de distinta magnitud. El último fue devastador en la zona cen-



GENTILEZA SYS INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

tro-sur, poniendo a prueba, una vez más, a las construcciones. Un punto clave: el cálculo estructural.

En Chile, el cálculo estructural de viviendas y edificios está regulado por la norma NCh433 Of.96 (Diseño Sísmico de Edificios). La OGUC establece la obligatoriedad que ciertas edificaciones¹ deberán ejecutarse conforme a un proyecto de cálculo estructural, elaborado y suscrito por un ingeniero civil o arquitecto. Además, la Ley N° 19.748 exige la revisión del proyecto de cálculo estructural por un profesional externo o Revisor Estructural, inscrito en el Registro Nacional de Revisores de Proyecto de Cálculo Estructural, que rige desde julio de 2003, bajo la administración del Instituto de la Construcción (IC)", indica Rodrigo Mujica, past president de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales (AICE) y actual director. Así, se requiere un revisor estructural en los siguientes casos:

- a) Edificios de uso público.
- b) Conjuntos de vivienda cuya construcción hubiese sido contratada por los servicios de Vivienda y Urbanización.
- c) Edificios que deban mantenerse en operación ante situaciones de emergencia, tales como hospitales, cuarteles de bomberos, cuarteles policiales, edificaciones destinadas a centros de control de empresas de servicios energéticos y sanitarios y emisoras de telecomunicaciones.
- d) Edificios cuyo cálculo estructural esté basado en normas extranjeras, las cuales deberán ser declaradas al momento de solicitar el permiso.
- e) Conjuntos de viviendas sociales de tres o más pisos.

■ Los ganchos de los estribos se deben colocar doblados en 135°, hacia el interior del hormigón. Si no están bien puestos, éstos se desprenden y es posible que un edificio se caiga sólo por este detalle. En otros casos, como en la foto, se muestra la inexistencia del estribo inferior.

f) Conjuntos de viviendas de tres o más pisos que no sean sociales.

g) Edificios de tres o más pisos cuyo destino sea uso exclusivo de oficinas privadas.

DISEÑO SÍSMICO

Las interrogantes se multiplican en el último tiempo. Una de las más comunes: ¿hasta qué grado Richter se diseña? La respuesta: "No diseñamos en grados Richter, porque esta escala mide la energía general disipada en el terremoto. Como las ondas llegan en distinta frecuencia, los daños no sólo dependen de la energía liberada, también de la longitud de ondas, de la profundidad del foco, de la distancia de éste hacia el lugar donde se produjeron los daños o si fue un pulso fuerte o un movimiento oscilatorio", señala Alfonso Larraín. Entonces, ¿bajo qué parámetros se diseña? "Dentro de la norma 433 (descrita anteriormente) tenemos el Espectro de Aceleraciones, que dependen del período de oscilación de cada estructura. Esa variable es la que usamos para diseñar", comenta Larraín. A pesar que la norma señala que se debe trabajar entre 0,1 g y 0,3 g (es decir, entre un 10% a un 30% de las aceleraciones de gravedad), en un diseño sísmico no basta con aplicar esos valores. Si bien se analiza un modelo con las aceleraciones aplicadas a la estructura, hay mucho más en juego. Entramos a las variables sísmicas consideradas en el cálculo. Veamos de qué se tratan.

VARIABLES SÍSMICAS

Los edificios deben ser diseñados y construidos para resistir la aceleración que ocurre durante un terremoto. De esta forma, los edificios altos y estructuras como puentes, deberán diseñarse de manera que las vibraciones derivadas de los sismos sean amortiguadas. Veamos. La aceleración es una cantidad vectorial. Esto significa que contiene un número (su magnitud) y una dirección específica. Un objeto se dice que se está acelerando, si su tasa de cambio de velocidad aumenta o disminuye en un período de tiempo y/o si la dirección de su movimiento está cambiando. Cuando ocurre el terremoto, se liberan varios tipos de ondas (más información artículo pági-



■ Tras el terremoto, los revestimientos de algunos edificios resultaron seriamente dañados, como se aprecia en la imagen.

na 18) que viajan a través del suelo llegando hasta los edificios. En otras palabras, son los desplazamientos los que producen grietas (daños).

Según los especialistas, en este terremoto las aceleraciones se vieron incrementadas para períodos mayores que 0.5 s, lo que trajo como secuela que los edificios altos fuesen los más afectados. En un terremoto severo, como lo fue éste, se transmiten a través del suelo distintos tipos de ondas, de longitud de onda y períodos variables. El evento siendo muy grande, más de 500 km a lo largo de la costa de Chile Central, produjo ondas muy largas, que llegaron a tener hasta 300 segundos de período,

causando la vibración del mar y su posterior tsunami. Otro tipo de ondas son las de "período largo e intermedio" que tienen períodos entre 1 y 100 segundos. Estas ondas que se propagan muy bien en Chile afectan a las grandes estructuras como represas, grandes puentes, las estructuras de las autopistas, y los edificios altos, estos últimos con períodos entre 1 y 10 segundos. Luego están las ondas de alta frecuencia o de "período corto", entre 1 y 10 Hertz, que producen la destrucción en el interior de las casas, estructuras de adobe y pequeños edificios. En Chile estas ondas de alta frecuencia se atenúan con la propagación y son muy fuertes cerca de la zona de ruptura del terremoto, en este caso, entre Arauco y Valparaíso. Para entenderlo: Un terremoto severo produce todas esas ondas con mayor amplitud que uno pequeño. "Como ingenieros nos interesan las ondas que van de 1 a 10 Hertz para edificios pequeños y las de 1 y 10 segundos para edificios altos", señala Larraín. De esta manera, la descripción de las distintas ondas generadas por el terremoto es lo que se conoce como espectro sísmico.

Llegamos a la vibración. Todo objeto tiene un período normal (tiempo en que una estructura tarda en pasar por el mismo punto durante una oscilación) de vibración. Ésta tiene el mismo período independiente de donde se esté, lo que cambia es su amplitud. En el caso de los edificios, éstos funcionan como un péndulo invertido. La forma de la vibración hace que la mayoría de los edificios en Santiago, en su parte superior, oscilen casi con la misma amplitud, de manera de lograr ciertos modos de vibración menos graves. "La norma impone, como límite, que el edificio se mueva un 500avo de su altura entre piso", explica Larraín.

Otro ejemplo. "En zonas como California, China o Turquía, donde los terremotos son muy superficiales, las ondas producidas se propagan esencialmente como ondas superficiales, ondas canalizadas cerca de la superficie. En Chile, donde los terremotos son más profundos (cerca de 30 a 35 km para Maule) las ondas dominantes son las ondas de corte u ondas S. La estructura del suelo bajo Chile transmite muy eficazmente las ondas S que producen oscilaciones tanto laterales como verticales en las estructuras", señala el sismólogo e ingeniero civil estructural, Raúl Madariaga. Así, en un sismo, se produce una ruptura de placas que genera ondas S y ondas superficiales que hacen vibrar el suelo. Las ondas superficiales viajan por la superficie y pro-

En base a las enseñanzas que dejó este terremoto, los profesionales del sector ya hacen sus recomendaciones referentes al marco legal. "Tal como se ha hecho en otros países, propongo que se hagan normas de emergencia o transición, de manera que la reconstrucción considere las enseñanzas que hemos sacado de este terremoto", enfatiza Juan Carlos de la Llera. Una sugerencia ante el largo proceso y revisiones que demanda la promulgación de una ley. Sin ir más lejos, la ac-

tual normativa demoró aproximadamente 10 años en ser promulgada.

En tanto, Alfonso Larraín sugiere medidas concretas: "Junto a un grupo de ingenieros estructurales planteamos que todos los edificios sean calculados como si se encontraran en zonas costeras, que es lo más exigente que estipula la actual normativa. De esta manera quedarán más protegidos. Por otra parte sugerimos confinar

PROPUESTAS

todos los muros de manera de mejorar su comportamiento de compresión, además de no considerar esfuerzos últimos mayores de compresión a 35% de la capacidad del área de hormigón en los muros, para que de esta manera tengan capacidad de deformación (ductilidad) en un sismo". Esto lo comenzará a aplicar cada profesional de manera voluntaria en su oficina, explica Larraín, sin embargo la idea es que estos temas sean

sometidos a consulta pública para incorporarlos en una nueva normativa sísmica.

La Cámara de la Construcción por su parte, creó una comisión especial que está analizando y estudiando los antecedentes para proponer caminos de acción. "Una eventual modificación de la norma debe ser resultado de los análisis técnicos multidisciplinarios que se hagan y no de conclusiones apresuradas", expresa el presidente de la CChC, Lorenzo Constans.

ducen oscilaciones horizontales en el terreno. "Pero si la ruptura es extensa y relativamente profunda como lo fue ésta, se originan vibraciones o aceleraciones verticales (ondas S)", prosigue Larraín. Ante la diversidad de variables que inciden en el diseño sísmico, no se puede determinar el espectro de aceleraciones de forma tajante. "Estamos tratando de establecer un espectro más apropiado para Chile, y este terremoto aportará datos claves para revisar la norma, elevar algunas exigencias y reducir otras", expresa Larraín.

PUNTOS CLAVES

En todo cálculo se hace una simulación de la estructura, se aplican las cargas y miden las solicitaciones, es decir, los esfuerzos que debe contener cada pilar y viga y dónde deberán aplicarse los refuerzos necesarios para obtener un edificio estable. Los cálculos finales se traducen en planos y se comienza a construir.

¿Fallas esperables? "Ante un terremoto severo, lo que no puede ocurrir es el colapso de la estructura, se debe cuidar que no se produzca la rotura por compresión en pilares del

primer piso, ni en muros de niveles iniciales", afirma Alfonso Larraín. Un dato más. "Si un dintel o una viga de conexión fallaron en forma parcial, esto no significará el colapso total", detalla Rodolfo Saragoni, ingeniero civil, past president de la Asociación Iberoamericana de Ingeniería Sísmica y profesor de Diseño Sísmico de Estructuras de la Universidad de Chile. Con estos argumentos, los expertos señalan los puntos clave del cálculo estructural.

1. Elementos comprimidos: Los muros o pilares en los primeros pisos o muros sobre dos pilares, son estructuras que están expuestas a grandes esfuerzos de compresión, por lo que el hormigón debe quedar muy bien confinado para garantizar un buen comportamiento sísmico. ¿Qué significó en la práctica? Justamente una de las fallas detectadas fueron los estribos de confinamiento. "Generalmente los muros presentan fallas diagonales, por esfuerzos de cizallamiento, pero en este sismo hemos visto muchas fallas por compresión o tracción. Al comprimirse el hormigón, si éste no está suficientemente confinado mediante estribos o zunchos, el hormigón falla y las ba-

SIMBOLOGÍA DE UNIDADES

HERTZ (Hz):
Medida de frecuencia de ondas. Número de ciclos por segundo. Unidad: 1/segundo.

SEGUNDO (S):
Unidad de tiempo.

PERIODO (T):
Es el tiempo de una oscilación de un movimiento (tiempo que demora en dos pasadas consecutivas por un mismo punto) y se mide en segundos.

UNIDAD DE ACELERACIÓN:
Es el aumento de velocidad regular que sufre un objeto, equivalente a 1m/segundo cada segundo. Es igual a (m/seg²).

rras verticales se pandean y doblan, y cuando viene el movimiento hacia el lado contrario, se estiran y se cortan", señala Mauricio Sarrazin, académico de la Universidad de Chile y director de la International Association of Earthquake Engineering. Pero hay más. "Los ganchos de los estribos se deben colocar doblados en 135°, hacia el interior del hormigón, no a 90° como se observa a veces en la práctica. Si no están bien puestos, éstos se desprenden y es posible que un edificio se caiga sólo por este detalle", continúa el experto.

www.protelec.cl

No se quede sin energía... Piense en Protelec

Módulo de Sincronismo COMAP, para aplicación con red-generador, y paralelo entre generadores.

- Grupos Electrónicos Diesel de 15 a 2000 KVA
- Servicio Técnico Multimarca
- Automatización y Sincronismo

Garantía de hasta 5 años, equipos en stock, garantía de mejor precio/calidad, tecnología digital.

PROTELEC S.A. • El Roble 1009 Recoleta • Santiago / Fono: (56-2) 621 0170 • Fax: (56-2) 621 6324
e-mail: info@protelec.cl
www.protelec.cl

■ Para los especialistas es fundamental que las normativas sean más específicas acerca de los elementos secundarios.

En la imagen se observa la caída de cielos falsos tras el terremoto.



2. Aceleraciones: Aparentemente, los valores que especifica la actual norma sísmica quedaron subdimensionados. “Habrá que analizar las aceleraciones en ciertos períodos, donde definitivamente superaron la norma”, señala Rodrigo Mujica. El capítulo de aceleraciones indica que, dependiendo del período propio de cada edificio, su tipo de edificación, del suelo, y de la zona donde se construye, se deben aplicar ciertas solicitudes o esfuerzos sísmicos. “Dependiendo del tipo de suelo, aumentan las aceleraciones y los esfuerzos, factores que con este sismo aparentemente quedaron cortos. Por tanto, también habrá que revisar el efecto de los suelos, ya que entre el suelo tipo 2 y el tipo 3 las diferencias son importantes en circunstancia que la diferencia entre un suelo tipo 2 o 3 no es discontinua y muchas veces en el límite es discrecional”, indica Mujica (más información en artículo de Mecánica de Suelos). Además probablemente habrá que aumentar las solicitudes en el caso de suelos blandos.

3. Fallas en cargas axiales: Cuando un muro concentra abundante carga axial, es decir, esfuerzo vertical, en un terremoto queda más expuesto. “En la práctica, se deberá revisar la construcción de muros demasiado angostos (20 cm) en los primeros pisos”, dice Larraín.

LAS ENSEÑANZAS

A dos meses de ocurrido el terremoto, diferentes especialistas chilenos, acompañados por una gran cantidad de profesionales extranjeros, comienzan a sacar las primeras lecciones sobre lo ocurrido. A continuación, algunos de los temas que se analizan:

EN NORMATIVA:

1. Aceleraciones verticales: La NCh433 Of.96 no contempla la aceleración vertical, aludiendo solamente a precauciones respecto de voladizos y parapetos, dice Alfonso Larraín. En este mismo aspecto, el académico de la Universidad Católica y experto en sistemas de reducción de vibraciones Juan Carlos de la Llera, agrega: “Los valores de los espectros que se observaron, es decir, las fuerzas y los desplazamientos con los que se diseñan, son insuficientes para un rango de estructuras entre 1 y 3 segundos en edificios altos, lo que deberá ser contemplado en las nuevas normativas”.

2. Cargas axiales: La norma no especifica restricciones especiales para la compresión por cargas verticales que caen sobre los muros, dicen los especialistas. “En algunas ocasiones se construyen edificios de 20 pisos con muros de 20 cm en los primeros pisos. Con los nuevos antecedentes, será mejor tomar resguardo haciendo muros más anchos, de

manera que la carga axial por unidad de área del muro sea más chica”, explica Alfonso Larraín. “Hay normas como el eurocódigo que tiene restricciones sobre esa carga axial y esto es lo que se debería incorporar ahora en Chile”, complementa De la Llera.

3. Elementos secundarios: Para el académico de la Universidad de Chile, Mauricio Sarrazin, es fundamental que las normativas sean más específicas acerca de los elementos secundarios. “En la NCh433 Of.96 se abordan indirectamente los elementos secundarios al controlar las deformaciones, ya que se supone que con eso se evita el daño. Esto deberá ser perfeccionado ya que estos elementos son cada vez más importantes, llegando en algunos casos, a ser más costosos que las estructuras”, afirma el profesional. Y Alfonso Larraín aporta cifras, “Se ha observado que aproximadamente un 70% de los daños se ha dado en estos elementos no estructurales, quedando algunos edificios inoperativos por esta causa”. Las normativas entonces deberán contemplar un mayor control sobre éstos, por ejemplo asegurando que los planos de tabiquería sean visados por un ingeniero estructural, propone el especialista. En este mismo contexto, Rodolfo Saragoni pregunta: “¿Por qué el Metro siguió funcionando y el Aeropuerto de Santiago no?”. El mismo profesional responde: “Por las diferencias de criterios que se usaron. El aeropuerto fue diseñado para que la estructura protegiera vidas, en cambio el Metro fue pensado para que, además, tuviera una continuidad de funcionamiento y este último es el concepto que deberá empezar a prevalecer, sobre todo en los espacios importantes como escuelas y hospitales”.

4. Intensidad: Finalmente los especialistas señalan que sería importante que la normativa detallara qué es lo que se considera sismos de intensidad moderada, mediana y excepcionalmente severa. Marcial Baeza explica por qué la actual normativa no lo define: “No hemos sido capaces entre sismólogos e ingenieros de definir qué significa un sismo moderado o severo. Y esto deberá ser corregido con el objetivo de tener un mecanismo científico-técnico que precise este aspecto”. Consultado sobre esto, el director científico del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, Sergio Barrientos, contesta lo siguiente: “Con los ingenieros tenemos muy buena relación y tomo el guante para que definamos esta vaguedad. De todas maneras no tenemos dudas de que éste fue un sismo excepcionalmente severo”, concluye.

ACCESIBILIDAD A LAS NORMAS

El Instituto Nacional de Normalización (INN) es el organismo técnico que tiene como principales líneas de trabajo, el estudio y elaboración de las normas chilenas (NCh). En materia de construcción, cuenta con más de 500 normas vigentes, las que pueden ser adquiridas a través de su sitio web, o consultadas directamente en el Instituto. Para que un profesional de construcción pueda acceder a las normativas sísmicas, entre otras, el INN, las comercializa a un promedio de \$14 mil, cada una. Toda norma técnica está protegida por la norma de propiedad intelectual. Por tal motivo, su adquisición debe ser realizada a través de los organismos de normalización facultados para ello, por ejemplo, ISO, IEC, INN, IRAM u otros. Paralelamente, se pueden consultar en la Biblioteca de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC).

FUTURAS NORMATIVAS

Antes de que ocurriera el terremoto del 27 de febrero, la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica preparó una actualización de la NCh433 Of.96. "La idea era sacarla durante el año 2010, pero con lo ocurrido, podría tomar más tiempo ya que se deben incorporar las experiencias surgidas y los nuevos conocimientos", dice Marcial Baeza, presidente de Achisina. Paralelo a esto, esta institución inició el estudio de una nueva norma sísmica a través de la adaptación en Chile de la norma estadounidense ASCE 7, que reemplazaría a la NCh433 Of.96, "además, formó un comité que prepara una norma sobre el uso de disipadores de energía en edificios", expresa Mauricio Sarrazin.

En otros ámbitos, el Instituto de la Construcción (IC) trabaja hace un par de años en la elaboración de normas chilenas oficiales que aportarán en este ámbito. Su primer fruto fue la NCh1508 Of.2008 sobre Geotecnia y estudios de mecánica de suelo, la que actualmente se encuentra en proceso de incorporación a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) de manera que su aplicación tenga carácter obligatorio. "Adicionalmente se preparó la Norma Geotecnia, Excavaciones, Entibaciones y socializados que actualmente se encuentra en la etapa de aprobación por parte del Consejo Nacional de Normalización y se trabaja en el anteproyecto de Norma Geotecnia: Empujes de Suelos Sísmicos y Estáticos", relata Carmen Abarca, secretaria ejecutiva del IC. Finalmente también está en anteproyecto una norma sobre las consideraciones que debe cumplir un proyecto de ingeniería para obras nuevas o para recuperación, reparación o modificación de obras existentes.

www.iconstruccion.cl

EN CÁLCULO ESTRUCTURAL:

1. Revisión técnica de estructuras: La Asociación de Ingenieros Estructurales estudia una propuesta para constituir una Revisión Técnica de Estructuras. "Existe una Inspección Técnica de Obras (ITO) con profesionales muy conocedores de construcción, coordinación, terminaciones, entre otros aspectos. Sin embargo, la mayoría de las veces no son especialistas en estructuras. En la práctica, que un proyecto tuviese un inspector estructural, significaría menos errores en obra", dice Larraín. Asimismo, los especialistas concuerdan en revisar y redefinir el rol de la ITO en la inspección de calidad de un proyecto.

2. Cambios en la especialización: Actualmente, el cálculo estructural lo pueden realizar ingenieros civiles y arquitectos. Sin embargo, los especialistas consideran que las ramas de la ingeniería son muy diversas, y no cualquier ingeniero posee las habilidades técnicas para realizarlo. "El desafío lo tienen las universidades, las que deberían entregar un título específico en Estructuras", dice Rodrigo Mujica.

3. Interpretación de variables: El computador es una herramienta informática clave. Pero, desde el punto de vista de la ingeniería, los profesionales jóvenes se confían en las variables que entrega un programa computacional, y cada vez interpretan menos los resultados físicos posibles, dicen los especialistas consultados. Estos datos debieran ser parámetros para el diseño estructural, pero el trabajo mental corresponde al ingeniero.

4. Volúmenes simples: De aplicarse más resguardos en el diseño sísmico en viviendas y edificios, claramente los costos subirían. Pero atención, no se trata de pensar "este terremoto fue 8,8° en la escala Richter y en vez de calcular para ese valor, calculamos para un terremoto de 8,9°", sentencia Alfonso Larraín. No es tan simple, ya que "no se trata de ponerle más acero a la estructura o de construir muros más gruesos, el camino es hacer diseños de estructuras más simples, que sepamos de antemano cómo se van a comportar", concluye. ■

1. Se exceptúan de la obligación de contar con proyecto de cálculo estructural, las edificaciones cuya superficie sea menor de 100 m², las obras menores y las edificaciones de las clases C, D, E y F, cuya carga de ocupación sea inferior a 20 personas, siempre que en la solicitud de permiso de edificación el propietario deje constancia que la obra se ejecutará conforme a las disposiciones del Capítulo 6 de este mismo Título", se lee en decreto 115, 6 de Mayo de 2002, de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

ARTÍCULOS RELACIONADOS

Revista BIT, a lo largo de sus 17 años de trayectoria como publicación técnica, ha sumado valiosos artículos respecto a terremotos, diseño sísmico y normativa, contribuyendo para que los profesionales de la construcción estén informados de las últimas tendencias de la industria.

- "Construcción sismorresistente. Desarrollo en movimiento". Revista BIT N° 66, Mayo de 2009, pág. 14.
- "Tocopilla. Levántate y anda". Revista BIT N° 59, Marzo de 2008, pág. 20.
- "Obras tras el Terremoto de Valdivia. Operación Riñihue". Revista BIT N° 57, Noviembre de 2007, pág. 82.
- "Terremoto en Iquique. Lecciones en movimiento". Revista BIT N° 45, Noviembre de 2005, pág. 14.
- "Norma de Aislamiento Sísmico. Sismos bajo control". Revista BIT N° 36, Mayo de 2004, pág. 36.



Todo para la construcción

- Látex Constructora
- Látex Elastomérico
- Marmolinas y Marmolástico
- Sellante Acrílico
- Pastas de Muro
- Esmalte Sintético
- Esmalte al Agua
- Oleo Pinta Fácil



TAJAMAR

