



El Hospital Militar fue construido con aisladores sísmicos, que le permitieron sortear exitosamente el terremoto de febrero 2010.



Chile y los terremotos

# INGENIERÍA SÍSMICA DE PUNTA

EL ÚLTIMO TERREMOTO DEL 16 DE SEPTIEMBRE OCURRIDO EN LAS CERCANÍAS DE ILLAPEL, ES UNO DE LOS 25 MÁS GRANDES REGISTRADOS EN LA HISTORIA SEGÚN EL U.S. GEOLOGICAL SURVEY. SIN EMBARGO, SUS FRECUENCIAS FUERON MUY ACOTADAS; LA RAZÓN ES LA SÍSMICA AVANZADA.

Por Jorge Velasco\_Fotos Vivi Peláez

Las 19.55 horas del miércoles 16 de septiembre será un día difícil de olvidar para los habitantes de la Región de Coquimbo... pero no imposible. En aquella jornada se produjo un terremoto de 8,4° en la Escala de Richter con epicentro en la localidad de Illapel, al que le siguieron olas de hasta 5 metros en diversas zonas costeras de la Cuarta Región. Era, hasta ese momento, el sismo más fuerte del año en todo el mundo y el sexto en la contabilidad histórica del país.

Al 28 de septiembre, la Onemi mantenía las cifras en 15 personas fallecidas, dos denuncias por presunta desgracia, cinco personas heridas, 69 albergados y 16.674 damnificados, y puntualizó 1.796 viviendas con daño mayor no habitable y 1.071 destruidas, principalmente antiguas o a consecuencia del tsunami.

Estos números no dejan de ser trágicos, pero son pequeños si se los compara con las consecuencias que otros grandes sismos dejan en otros lugares del mundo. Sólo poco tiempo después, el 26 de octubre, ocurrió un terremoto de magnitud 7,5° en Afganistán: cobró la vida de unas 200 personas en ese país (también afectó a Pakistán e India), y dejó al menos 490 heridos, daños en 11 mil viviendas y 80 mil damnificados, según

cifras de la ONU entregadas a comienzos de noviembre. A su vez, el 25 de abril y el 12 de mayo, dos terremotos de 7,8° y 7,3° Richter dejaron casi nueve mil fallecidos en Nepal.

“¿Qué hace que los terremotos de gran magnitud sean menos mortíferos en Chile que en otros países sísmicos?”, se preguntaba la BBC en un artículo publicado el 18 de septiembre. Y lo hacía con razón. Al día siguiente del terremoto de la Región de Coquimbo, salvo la zona inmediatamente afectada por el tsunami, el resto del sector central del país volvía a la normalidad. Y eso que localidades como San Antonio, El Quisco o el mismo Santiago habían sufrido intensidades de VII en la Escala de Mercalli.

## BUENA NORMATIVA BASE

Si bien se trató de un terremoto de dimensiones mucho menores a las del 27-F (en magnitud y extensión), al parecer se aprendieron algunas lecciones desde aquella oportunidad, en la que hubo 525 personas fallecidas, más de 370.000 viviendas con daños y unos dos millones de damnificados. Hubo una pronta evacuación preventiva de las zonas costeras, los sistemas de comunicación estuvieron mejor preparados y las construcciones volvieron a responder.

Y es que en Chile, al haber terremotos en forma frecuente, existe una prueba permanente que exige soluciones prácticas.

“La ingeniería chilena ha sido muy cuidadosa y estudiosa a lo largo de los años. Hemos sido precursores en muchos aspectos como, por ejemplo, el uso de edificios con muros de hormigón. Los norteamericanos no lo creían, porque son estructuras muy rígidas, contraponiéndose al concepto de flexibilidad que disminuye el impacto que el sismo provoca en la estructura. Pero en definitiva en Chile actuaron mucho mejor: sólo un edificio se cayó en 2010”, comenta Rodrigo Mujica, socio y director de la empresa VMB Ingeniería Estructural y ex presidente de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales.

Buena parte de la base está en la normativa. Desde este punto de vista, aquella que rige la edificación de edificios habitacionales y de oficinas, es la Nch 433 de 1973 para el Diseño Sísmico de Edificios y la Nch 430 sobre Requisitos y Cálculo de Hormigón Armado, y para los edificios industriales es la Norma Nch 2360. “La diferencia entre las dos primeras y la tercera es que unas tienen por objetivo preservar la vida, aunque el edificio presente daños, y la segunda exige

## LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE ESTÁ REGIDA POR exigentes normas sísmicas, el uso de modernas tecnologías para aminorar el impacto de los terremotos, y profesionales de excelencia que han mostrado altas capacidades en el cálculo estructural y en la edificación.



Disipador metálico Edificio Titanium La Portada.



Amortiguador de masa sintonizada, edificio Parque Araucano.

continuidad de funcionamiento. El edificio industrial, a pesar de tener daños, no puede detener el funcionamiento de la empresa, lo que es muy importante en algunos rubros”, comenta Rodrigo Mujica.

A ello se suma la proliferación de sistemas de aislamiento o amortiguación sísmica, regidos por la Norma Nch 2745 de 2003, una de las primeras en el mundo, que pueden disminuir el impacto de un terremoto sobre una estructura en varias veces, como ocurre con el edificio de la Onemi o el Hospital Militar, entre otros ejemplos.

### REVISIONES DESDE 2010

El punto de inflexión para el diseño y construcción de edificios e infraestructura fue, sin duda, el 27-F, con una gran magnitud (8,8° Richter), esfuerzos laterales y verticales, y licuaciones de suelo. “Generó bastantes problemas. En infraestructura pública se vieron reflejados en pasarelas y elementos que se diseñaron con tecnología que venía de Europa y que fallaron en parte. Eso hizo que se mejoraran algunas normas, como anclajes y elementos que absorben el movimiento. Con ello, se vio en el último terremoto de la Región de Coquimbo que no se produjo ninguna falla estructural en obras de infraestruc-

tura pública que hubieran sido construidas después del 27 de febrero”, comenta Florencio Correa, presidente del Comité de Infraestructura Pública de la CChC.

Desde 2010 se realizaron algunas revisiones a las normas y se publicaron decretos de emergencia, que próximamente se transformarán en normas. El 13 de diciembre de 2011, fueron publicados en el Diario Oficial los Decretos Supremos 60 y 61, elaborados por los Comité de actualización de las NCh430 y NCh433, del Instituto de la Construcción -IC-, a pedido de la División Técnica de Estudios y Fomento Habitacional -DITEC-, que modificaron los Decretos 118 y 117, respectivamente, que habían sido dictados en 2010. En lo principal, explica Rodrigo Mujica, le dieron mayor importancia al confinamiento. “El hormigón armado es un material que actúa en forma muy noble, pero cuando sobrepasa las tensiones de compresión, explota, se desintegra. Para solucionar eso, se le ponen amarras de acero transversales a las armaduras principales, lo que lo mantiene con una mayor cohesión y mejora su ductibilidad. De esta manera, es capaz de resistir tensiones mucho más altas sin desmenuarse”, explica el ingeniero.

También se hicieron algunos cambios en las categorías de suelo -cambiando sus nombres y estableciendo un tipo nuevo, el especial- y en las aceleraciones consideradas en el cálculo de los edificios para ellos. Además, se diseñó un sistema menos intuitivo para apreciar la calidad del terreno, gracias a un ensayo de velocidad de transmisión de ondas de corte. “Para distintos tipos de suelo hay diferentes capacidades de soporte y de comportamiento de los terrenos frente a eventos sísmicos. Eso ha hecho modificar la mecánica de suelos y, por ende, las fundaciones de los edificios han cambiado”, sostiene Florencio Correa.

Hay otros aspectos que también tienen peso a la hora de construir los edificios. Existe, por ejemplo, una normativa que exige que todo proyecto de estructura de cualquier vivienda o edificio público de más de tres pisos, debe contar con una revisión estructural a cargo de un ingeniero, de experiencia comprobada con una cierta cantidad de años, según sea la dificultad de la obra e inscrito en un registro especial.

A ello se suma la inspección técnica de obras, exigida por la Ley de la Calidad de la Construcción, que tiene que ser realizada por un ingeniero debidamente inscrito



Edificio Parque Araucano.



Edificio San Agustín, Facultad de Ingeniería PUC.



Clínica UC San Carlos de Apoquindo.

en un registro. Aunque todavía no hay un reglamento para esta ley, ayuda a que las obras se realicen acorde a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y a las normativas asociadas.

Por ello, comenta Correa, “respecto a la construcción, los márgenes de seguridad que tiene son suficientemente adecuados en Chile. En general, las fallas en esta materia son muy escasas. Ninguna empresa sería va a construir en mala calidad por hacer alguna economía. Las empresas son para tener continuidad de trabajo y ésta se logra siendo serios y responsables. A la larga eso paga, porque después hay que ir a arreglar los problemas y también conseguir nuevos clientes”.

A pesar de los avances, todavía hay bastante por mejorar. En una columna reciente publicada en el Instituto de la Construcción, el ingeniero Rubén Boroschek comentaba: “Son notorios nuestros buenos resultados en edificios de altura, en edificación con protección sísmica adicional, como el uso de la aislación y la disipación. Falta corregir y verificar los errores en puentes y taludes y laderas y los temas de instrumentación de suelos y estructuras, en los cuales estamos con desarrollos mucho menores que países con menos recursos que nosotros”.

## EL AVANCE DE LAS TELECOMUNICACIONES

Después del 27-F fue habitual que en muchas zonas afectadas no funcionaran los teléfonos e internet por varios días. Pero, tras el sismo del 16 de septiembre, la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel) informó que el tráfico de voz aumentó 2,5 veces más que en un día normal, los mensajes de texto se triplicaron y el tráfico de datos se duplicó. A pesar de ello, todas las redes se mantuvieron operativas.

Esta situación mostró el trabajo realizado por los estamentos públicos y privados en los últimos años. Entre los avances concretos estuvo la modificación de la ley N° 18.168 por la ley N° 20.478, del 10 de diciembre de 2010, que estableció una serie de medidas que aseguran la recuperación y continuidad en condiciones críticas y de emergencia del sistema público de telecomunicaciones. Se fijó también un procedimiento para declarar como Infraestructura Crítica a estaciones base, centrales telefónicas y enlaces de telecomunicaciones, los que deben disponer de energía para ser autónomos a lo menos 48 horas para el

nivel 1 y de 4 horas para el nivel 2.

A su vez, se realizaron mesas de trabajo entre la Subtel y las empresas operadoras de servicios de telecomunicaciones, para determinar los niveles críticos de redes y sistemas, que permitan determinar los puntos vulnerables y las acciones que permitirían proteger la continuidad del servicio.

A la fecha, se han declarado más de 850 puntos de Infraestructura Crítica a lo largo del país, las cuales son permanentemente fiscalizadas para comprobar que efectivamente permiten mantener las comunicaciones a lo menos por 48 horas cuando se han producido cortes de energía. Asimismo, se han declarado más de 8.500 puntos de Infraestructura Crítica que deben disponer de a lo menos 4 horas de autonomía frente a un corte de suministro. Considerando el avance de la tecnología y la incorporación de nuevos operadores, el procedimiento considera revisar cada cierto periodo la infraestructura declarada crítica, para así incorporar nuevas instalaciones.