

**ARTÍCULO
CENTRAL**

**NUEVOS REQUISITOS
PARA EL DISEÑO
DE HORMIGÓN ARMADO**

CAMBIOS SÓLIDOS

PAULA CHAPPLE C.
PERIODISTA REVISTA BIT

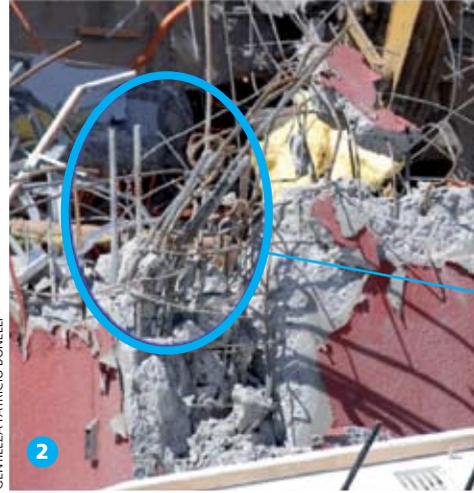
- 
- En reemplazo de la NCh430 de 2008, el MINVU aprobó un reglamento que fija los requisitos de diseño y cálculo para el Hormigón Armado bajo Decreto Supremo. En la práctica se traduce en que todos aquellos edificios que hayan solicitado su permiso de edificación con posterioridad al 14 de febrero, deberán regirse por los nuevos requisitos.
 - En página 96, un artículo relativo a los primeros efectos derivados de la aplicación de tales disposiciones. Son los cambios sólidos.

E

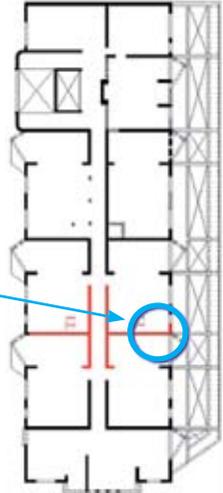
L 22 DE FEBRERO se publicó la versión final de los Decretos Supremos MINVU N° 117 y N° 118, que reemplazan las normas NCh 433 Of.96 mod. 2009 “Diseño Sísmico de Edificios” y NCh430 Of.2008 “Hormigón Armado - Requisitos de Diseño y Cálculo”, respectivamente. A menos de tres meses de su puesta en vigencia, las disposiciones afectan a todos aquellos edificios que hayan solicitado su permiso de edificación con posterioridad al 14 de febrero (fecha de la primera publicación en el Diario Oficial). En este nuevo escenario, la autoridad asegura que “se ha hecho un trabajo serio, pese a cierta oposición de algunos ingenieros quienes consideran que las modificaciones son severas y apresuradas. Creemos que era lo que se tenía que hacer frente a la experiencia observada en el terremoto”, comenta Eduardo Contreras, jefe de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (DITEC) del MINVU.



GENTILEZA MAURICIO SARRAZIN



GENTILEZA PATRICIO BONELLI



CARGA AXIAL Y ESPESORES DE MUROS

1. Al comprimirse el hormigón, sino está lo suficientemente confinado mediante estribos, el hormigón falla y las barras verticales se pandean y doblan.
2. Deslizamientos de empalmes por traslapo.
- 3 y 4. Una de las experiencias aprendidas en el terremoto, es que si bien los edificios de muros funcionan muy bien, cuando éstos son muy delgados y están sometidos a cargas de compresión importantes, su comportamiento es frágil o de falla brusca.



En la edición de Revista BiT de Marzo 2011, se investigaron las nuevas exigencias que trae el decreto N° 117 para el diseño sísmico de edificios. Es el turno de adentrarnos en las disposiciones que el decreto N° 118 fija como requisitos de diseño y cálculo para el Hormigón Armado. Al igual que la experiencia recogida en el artículo anterior, Revista BiT conversó con algunos de los expertos que integraron el Comité Técnico que elaboró el reglamento, trabajo que no estuvo exento de debate y opiniones contrapuestas. Hay que dejar en claro que si bien tras el terremoto la mayor parte de los edificios no presentaron daños estructurales o éstos fueron menores, incluso cerca del epicentro, se observaron defectos en las normas que era necesario corregir. Entremos a las nuevas exigencias de diseño y cálculo para el Hormigón Armado. A los cambios sólidos.

REQUISITOS

Según los expertos, son tres las principales modificaciones relativas al diseño y cálculo para el Hormigón Armado. Cabe precisar que según consta en el Decreto, “el diseño de



edificios de hormigón armado se debe realizar de acuerdo a lo establecido en el ACI 318S-08 y complementar con las siguientes disposiciones”:

CARGA AXIAL

El terremoto dejó en evidencia problemas en ciertas tipologías de edificios: A) La necesidad de confinar las cabezas de los muros y de reducir las cargas axiales. B) El pandeo de las barras longitudinales de borde de muros, fenómeno producido en los primeros pisos donde las solicitaciones son mayores. C) La fragilidad de los muros de bajo espesor. D) Las irregularidades arquitectónicas que en algunos casos produjeron problemas importantes. Ante los daños observados, “se generó una disposición cuyo objetivo era reducir las cargas axiales en muros (capítulo 3.1 del decreto). La intención era rebajar las fuerzas axiales para lo cual la disposición funciona muy bien en muros de sección rectangular, sin embargo, la aplicación de la misma dispo-



sición en otras formas seccionales es muy difícil de satisfacer y en algunos casos imposible de cumplir”, señala Rodrigo Jordán, Profesor Asistente del Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC).

La mayoría de los edificios dañados son regulares y con muros continuos hasta la fundación, “y este tipo de daños es principalmente por compresión en los bordes, porque las barras se traccionan y al comprimirse nuevamente se pandean, y rompen el hormigón, lo que se llama ‘pandeo en tensión’, fenómeno conocido a partir del año 85 con lo observado en Viña del Mar, en los edificios Acapulco y Festival”, comenta Patricio Bonelli, presidente del Grupo de Trabajo NCh430 y académico del Departamento de Obras Civiles de la Universidad Técnica Federico Santa María (USM).

Entonces, al estudiar el decreto, “se llegó a un consenso respecto a que la desintegración de borde de muros se puede evitar con un ancho adecuado, donde el mensaje a trans-

ANTES



DESPUÉS

REVISIÓN DE ESTRUCTURAS

Edificio en Concón. El proyecto estaba terminado con la antigua norma y se modificó con los nuevos decretos. Para este edificio además de los cambios de espesores se aumentó la calidad del hormigón de H30 (antes) a H40 (después).

mitir es el de aumentar los espesores para lograr muros que tengan un comportamiento dúctil (más información en Revista BIT N° 77, página 18). Es posible llegar a deformaciones del 1 o 1,5% sin necesidad de acortamientos muy grandes del hormigón”, indica Bonelli.

“El terremoto demostró que estábamos siendo audaces en soportar compresiones en muros. Tuvimos fallas frágiles por exceso de compresión, producto de las cargas verticales y de los giros, y no estábamos ejecutando de forma estricta los detalles de confinamiento de

armaduras en las cabezas de muros”, apunta Carlos Sepúlveda, gerente técnico de Santolaya Ingenieros Consultores. “Lo que aprendimos es que, si bien los edificios de muros funcionan muy bien, cuando éstos son muy delgados y están sometidos a cargas de compresión importantes, su comportamiento es frágil o de falla brusca”, comenta René Lagos, gerente general de René Lagos y Asociados.

ESFUERZO DE CORTE

También hubo daños por fallas de corte. “Lo que hemos podido evaluar, es que los edificios tuvieron deformaciones del orden del 0,7% de la altura, en que son capaces de resistir bien deformaciones del orden del 0,7% y el 1%, siendo incapaces de superar el 1%. Lo que ha pasado en Chile es que la mayoría de los edificios no llegaron a ese valor, pero en las zonas en las que sí se alcanzó, esto es en suelos profundos que amplificaron la vibración, al llegar a ese desplazamiento, se produjo la falla frágil. Y la esencia del diseño sísmico es evitar fallas frágiles y asegurar que el edificio sea capaz de deformarse. Para corregir este tipo de fallas, se propuso hacer un diseño por capacidad al corte o, en forma alternativa, incluir el factor de amplificación

Seguro. Rápido. Eficiente.

Competencia en encofrados ¡Cerca de usted!

Si está buscando soluciones de encofrado, Doka está a su disposición en más de 140 oficinas de venta en 65 países. Proyectos a medida, flexibles y eficientes. En todo el mundo y por supuesto cerca de usted.

Competencia en encofrados para su obra.

Con más de 130 proyectos en Chile

Competencia de productos Doka

Los diferentes sistemas de encofrado y componentes Doka le ofrecen el equipo perfecto para cada requisito.



Competencia en servicio Doka

Servicio se escribe con mayúsculas en Doka. Le asesoramos para que lleve a cabo con éxito su trabajo a lo largo de todo el proyecto de construcción.

Doka Chile Encofrados Ltda.
Camino Interior 1360
Loteo Santa Isabel
Lampa, Santiago, Chile
Tel. 41 31 600
Tel. 41 31 602
E-Mail: chile@doka.com
www.doka.com/cl

Nueva Sucursal Doka Sur
Cruz del Sur N° 1062
Los Manatiales, Chiguayante
Concepcion
Fono 09-7565331



EL CASO DEL NORTE

Si bien el 99,7% de los edificios en la zona afectada tuvo un adecuado comportamiento, no obstante, el próximo desafío pasa por indicar ¿cómo responderán las estructuras existentes, nuevas y antiguas, que aún no han sido sometidas a un violento terremoto como el de febrero de 2010?

Las opiniones están divididas, sobretodo pensando en el anunciado sismo en el Norte. Un dato: Desde el punto de vista sísmico neto, estadísticamente la zona de mayor peligro de Chile es la costa frente a Copiapó, le sigue desde Tocopilla hasta Ilo en Perú, y por último Coquimbo y La Serena. Mientras que para algunos expertos se deben revisar y reforzar, al menos, las estructuras públicas más antiguas, otros llaman a la calma.

En la edición de Revista BIT de Noviembre de 2010 (más información en página 18), se abordó la "Rehabilitación Estructural", en que los especialistas recomendaban una pronta evaluación de las estructuras vulnerables ante un futuro evento. ¿Qué dice la autoridad al respecto? "Esperamos revisar parte de los edificios en la zona que no se vio afectada por el terremoto en el mediano plazo, y proponer modificaciones o reforzamientos. Respecto a los edificios privados, la recomendación es que aquellos que presentan deficiencias, debiesen ser revisados y analizados bajo los nuevos decretos", señala Contreras.

"Pensando en que hay edificios ya construidos que debieran ser inspeccionados, y a propósito del nuevo conocimiento, esta situación tendría que ser una imposición de tipo normativo, ya que no puede quedar a criterio de los profesionales, inmobiliaria o propietarios, si un edificio amerita o no hacerle algún tipo de refuerzo", expresa René Lagos. Y continúa, "no hay que entrar en pánico, por lo que aquellos edificios que se comportaron bien, hay que dejarlos como están". Siguiendo en la línea de no generar alarma, "revisaría los edificios entre 15 y 25 pisos, que son muy pocos, en Arica,



En Arica, Iquique y Antofagasta, es vital revisar la construcción en albañilería de bloque. En el detalle se muestra un muro medianero dañado en el terremoto de Tocopilla de 2007.



Iquique y La Serena, con muros del tipo 20 a 25 centímetros. Podemos avanzar mucho si se refuerzan los bordes con planchas de acero o fibra de carbono", postula Patricio Bonelli.

Para Carlos Sepúlveda en tanto, "se puede generar una psicosis en reforzar proyectos, perdiendo el eje de lo realmente importante. Por ejemplo en Arica, Iquique y Antofagasta, existe mucha construcción en albañilería de bloque de cemento, entonces, antes de generar alarma por los edificios, hay que enfocarse en el problema que se viene, que son las viviendas de albañilería de bloques".

Ejemplos en el extranjero de rehabilitación estructural de edificios existentes hay muchos. Destaca un caso particularmente atractivo. La rehabilitación, actualmente en curso, del Estadio Memorial de la Universidad de California, Estados Unidos, faena que se extenderá hasta el 2012. El coliseo se ubica sobre la falla Hayward, lo que a través de los años ha significado un desplazamiento lateral del coliseo cercano a 1,2 mm al año, por lo que la universidad decidió ejecutar un estudio técnico que consiste en cortar, literalmente en dos el estadio, construyendo una junta de dilatación (como se aprecia en la imagen).

Se inicia un largo recorrido en lo que a rehabilitación se refiere. La experiencia internacional adelanta una ardua labor, tanto para autoridades como para los profesionales chilenos. En próximas ediciones de Revista BIT, se investigará la estabilización y posterior demolición de la Torre O'Higgins de Concepción. La estructura de 21 pisos colapsó producto del terremoto 2010.

Trazado aproximado por donde atraviesa la falla Hayward en el interior del estadio.



ESTADIO MEMORIAL DE LA UNIVERSIDAD DE CALIFORNIA

Aplicación de las juntas de dilatación en ambos lados del coliseo.

GENTILEZA FORELVEISSER ENGINEERS

NORMAS INN

EN EL CASO DE LAS NORMAS NCh433 y NCh430, la tarea que sigue es la continuación del trabajo recientemente realizado que concluyó con la publicación de los Decretos MINVU N° 117 y 118. La solicitud de actualización de tales normas por parte del Ministerio, se encargó al Instituto de la Construcción (IC), con la conformación y coordinación de los grupos de trabajo y de la nueva norma de Espectros Sísmicos. Así, y tras una reunión realizada el pasado 9 de marzo, se crearon comisiones y grupos de trabajo "para introducir una modificación definitiva a las normas, bajo un proceso expedito cuyo plazo sea de seis meses para redactar el texto técnico, luego llamar a consulta pública e introducir los aportes que se generen de dicho proceso, estableciendo un sistema que entreegué cierta periodicidad para la revisión de las normas. Hablamos de un proceso de cada tres años, de manera de ir proponiendo las modificaciones que sean relevantes y aquellas que vayan apareciendo", confirma Eduardo Contreras.

Este proceso normativo corresponde a un encargo desde la Presidencia de la República, con un plazo de trabajo de seis meses y una amplia convocatoria. Los Comités de Normas están funcionando en el Instituto de la construcción y quedaron presididos por Tomás Guendelmann para la NCh433, Fernando Yáñez para la NCh430 y Tomás Riedel para la nueva norma sobre espectros sísmicos.

dinámica para aumentar el esfuerzo de corte en un 40%, dejándolo en 1.4, como señal de consenso en el comité, pero es fundamental revisarlo", detalla Bonelli. "Cuando hay falla por flexión o momento, se produce tracción excesiva de los fierros del extremo del muro. Esta falla produce algunas fisuras pero no colapso ni falla generalizada del elemento. Por el contrario, la falla de corte produce grietas en diagonal en el muro y ocasiona su colapso en forma frágil. Para evitarlo, se da una resistencia mayor al corte del muro, de modo que falle siempre por flexión y nunca por corte. El factor 1.4 amplifica el corte al armar, dando un 40% más de resistencia a cada muro", explica Rodrigo Mujica, socio director de VMB Ingeniería Estructural. Según los especialistas, éste es, sin duda, el cambio que causará mayor impacto en la cantidad de enfierradura resultante en los edificios: el aumento del esfuerzo de corte sísmico en un 40% (capítulo 2.1 del decreto).

Mientras la norma 430 define el Diseño de las Estructuras de Hormigón Armado, la 433 define las fuerzas sísmicas con las que se diseñan los edificios. Así entonces, mientras que por una parte el decreto que reemplazó a la 433 modificó la norma que define la solicitación sísmica, aumentándola, a su vez cuando se diseñan los muros por esfuerzo de corte, el decreto que reemplazó a la 430 toma la solicitación que define el decreto que modificó a la 433, y la multiplica por 1.4, es decir la aumenta en un 40%. "Por lo tanto estamos frente a dos aumentos, que se potencian y amplifican, lo que en la práctica significa muros de mayor espesor. La consecuencia de la

aplicación de ambos decretos es que los muros de hormigón armado deben diseñarse ahora para un esfuerzo de corte del orden de 1,5 a 2 veces mayor. La necesidad de tal incremento debe estudiarse con mayor detención, investigando por una parte por qué la mayoría de los edificios se comportaron bien, y por otra, las causas de los daños observados en aquellos que tuvieron fallas", señala Jordán.

CONFINAMIENTO

Asimismo, y producto de la aplicación de las disposiciones del ACI 318, se modificaron los requisitos de confinamiento. "Esta norma exige que para tomar la decisión de dónde confinar, el desplazamiento superior deberá ser por lo menos 0,7% de la altura. El cambio radica en no usar ese valor para cualquier muro, sino utilizar el valor que entrega la NCh433 (la antigua), que en muchos casos de edificios es menor que el 0,7% y, por lo tanto, se incluyen menos requisitos de confinamiento en el decreto que lo que indica el ACI 318. Si bien hay consenso del relajamiento de la exigencia del ACI 318, éste se correlaciona bien con lo observado en el sismo", indica Lagos.

La normativa vigente hasta el año 2008, con la que fueron diseñados la mayoría de los edificios que resultaron dañados por el terremoto, no exigía confinar los muros de hormigón armado. "La norma 430 vigente desde el año 2008 exigía confinar los muros en cantidades que parecían exageradas. Por otra parte, el terremoto demostró la necesidad de confinar. Las disposiciones del nuevo decreto exigen colocar estribos de confinamiento, que dependiendo de la es-

MUROS MESA®

- Muros TEM o MSE antisísmicos
- Sistema prefabricado
- No utiliza acero
- Terminación estética
- Estribos de puentes



GEOPIER

CIMENTACIÓN INTERMEDIA® PILAS DE GRAVA COMPACTADA



- Elementos rígidos de alta resistencia
- Control de asentamientos
- Capacidad de carga superior
- Ahorros en costos de cimentación

EMIN
SISTEMAS
GEOTECNICOS S.A.

CONFINAMIENTO

1 y 2: Proyecto que se comenzó a enfierrar con los nuevos criterios del decreto (confinamiento de puntas de muro).

3 y 4: Muros de proyectos antiguos de similares características, pero donde no se aplicaban criterios tan exigentes. Se nota la diferencia en la cantidad de armaduras.



GENTILEZA RENE LAGOS Y ASOCIADOS

tructuración del edificio, pueden resultar mayores (y también menores) que los que exigía la norma NCh430-2008. En suma, el decreto especifica un método de diseño más racional del confinamiento de muros”, postula Jordán.

En la práctica, significa que si se tiene un edificio relativamente rígido, se debe suministrar un confinamiento menor, en cambio, si el edificio es muy flexible y con mucha deformación, el decreto obliga a colocar más confinamiento. “Claramente esta medida es un avance, ya que la NCh430 del año 2008, exigía un confinamiento que es apropiado para edificios flexibles, también para edificios rígidos, sin discriminar entre uno y otro”, señala Jordán.

PUNTOS EN DISCUSIÓN

Varios fueron los ítems de no consenso en el transcurso del estudio del decreto. Revista BIT presenta aquellos de acuerdo relativo, pero también las posiciones opuestas.

CARGA AXIAL

En el punto 3.1 de la norma de emergencia no se llegó a acuerdo respecto a exigir un alargamiento del acero superior al 4 por mil cuando el hormigón alcance el 3 por mil de acorta-

miento en compresión (o alternatively diseñar con 0.75 de la carga de balance). En otras palabras. Para la verificación anterior se exige que el análisis sea realizado en la sección completa (sea en forma de T, L u otra). “El alargamiento del 0.004 del acero asegura que se encuentra en estado de fluencia, es decir, en una carga que le hace alargarse sin aumentar la tracción aplicada. Por otra parte, la deformación del 0.003 del hormigón es el punto en que éste llega a la tensión de ruptura, cuando el hormigón falla de manera frágil por exceso de compresión. Para cada forma geométrica de muro y dependiendo de la cantidad y ubicación de la armadura de tracción y compresión, existe una carga máxima que logra llevar a la zona de compresión al 0.003 de acortamiento, considerando que toda la armadura de tracción se encuentra traccionada con la carga de fluencia. Cualquier carga mayor, producirá una deformación de compresión mayor que ese valor, produciendo una falla frágil. Esta carga máxima es la que se llama carga de balance”, indica Mujica.

Ahora bien. El problema es la manera cómo se redactó el decreto, que hace inviable el diseño de algunos tipos de muros, por ejemplo los muros T. “Para esta tipología, lo que fija el decreto, prácticamente es imposible de satisfa-

cer, porque matemáticamente no se puede cumplir. Si quiero aplicar lo que dice el decreto a un muro de sección rectangular, el diseño se puede hacer. Sin embargo, si quiero aplicarlo a un muro T, en que el ala es relativamente grande, no lo puedo satisfacer”, postula Jordán. Y continúa: “La única manera que tiene el ingeniero de cumplir con el decreto, es transformar el muro T en dos muros rectangulares, separándolo en el encuentro con el ala, lo que a mi juicio es de muy dudosa conveniencia, porque la estructura pierde rigidez, los daños en elementos no estructurales serán más difíciles de controlar y no tenemos experiencia práctica avalada por terremotos anteriores de cómo responde estructuralmente un sistema de este tipo de muros dilatados, conectados por la losa de piso”.

Hay más opiniones. “Este artículo es un cambio conceptual profundo de nuestra práctica y escapa por lejos a lo que se pretende en una norma transitoria. El análisis exigido es de enorme complejidad y no está avalado por evidencia empírica. Las fallas solamente

se observaron en espesores de 20 cm o menos, para espesores mayores, en que se puede confinar de buena manera, parece del todo excesivo", comenta Carlos Sepúlveda.

¿La solución?, "se está proponiendo dilatar estos elementos, lo que va absolutamente en contra de la seguridad de los edificios, ya que al hacerlo se pierde el monolitismo estructural, y se generan dilataciones en que quedan comunicadas propiedades con distintos roles. Las consecuencias son edificios más vulnerables y, justamente, una de las principales cualidades de nuestros edificios es la resistencia", postula Mujica.

No obstante, "en la práctica hay más variables para resolver situaciones como ésta. Y si bien los especialistas anteriores tienen razón desde un punto de vista teórico, esto no significa que deba ser un callejón sin salida para los ingenieros. El problema hoy en día es que la redacción del documento, si bien es conceptualmente correcta, es tan rigurosa, que da la sensación que si se aplica al pie de la letra, se obtendrán diseños muy buenos. Sin embargo, en el proceso de análisis de los edificios, hay tal grado de incertidumbre, que tratar de ser riguroso y seguro en un aspecto, cuando uno tiene incertidumbres mucho mayores por otro lado, no genera una mejora en la precisión de lo que se está haciendo", comenta Lagos.

"Si se aplica el decreto tal cual está, la salida es desacoplar todos estos muros con formas extrañas en rectángulos, lo que tiene un lado negativo indudable y es que el edificio pierde rigidez y se hace más deformable. Además, durante el terremoto uno de los problemas que tuvimos en general, no fue el de estabilidad, sino de daños en componentes no estructurales, lo que significa que el edificio fue muy flexible, por lo tanto, si para mejorar una condición estructural los hacemos más flexibles todavía, estamos agravando el problema", complementa René Lagos.

Pero hay otro punto de vista. "Se ha discutido mucho el problema del costo que conllevan los nuevos decretos, pero yo voy más lejos: un cambio de esta naturaleza nos llevará a una transformación completa de la edificación y terminaremos haciendo edificios de pilares y vigas y el resto de re-

lleno, con todos los problemas de transmisión de ruidos, fuego y un cambio estético del tradicional edificio chileno", expresa Rodrigo Mujica.

ESFUERZO DE CORTE

Otro artículo que generó opiniones divididas fue el 2.1, y "que exige amplificar por 1.4 el esfuerzo de corte sísmico en todo el edificio. Esto se puede justificar en las zonas críticas (primeros pisos), pero no tenemos evidencias de fallas de corte en pisos superiores", comenta Sepúlveda.

Hay más. "El edificio chileno de muros es muy rígido, el edificio norteamericano que es de marcos, es muy flexible, entonces lo que se trata de hacer es darle a los edificios de muros la misma flexibilidad de los otros", resalta Mujica ¿Qué ha pasado en la práctica? "Como empresa estamos hablando con los revisores y evaluando soluciones que se le acerquen respecto de lo que exige el decreto. Hemos calculado muros de hasta 1,40 m de espesor, lo que los hace impracticables. Como oficina hemos estudiado estos decretos mucho antes de su aprobación y en la práctica nos ha pasado que muros que antes tenían 20 cm, ahora están llegando a 30 o 50 cm, en pisos inferiores. No obstante, el aumento fuerte de espesor, se da en edificios con poco muro y mucha altura, ahí es donde ataca más fuerte", ilustra Mujica.

Ahora bien, la mayor complicación viene dada por el potenciamiento de los capítulos 2.1 y 3.1 del decreto. El 2.1 postula que se debe considerar la interacción tridimensional de los muros, sumado al otro capítulo que genera la complejidad de aplicación de algunas situaciones que no tendrían salida por sí solas. Para el diseño de muros, históricamente lo que se ha hecho, es que se considera un ensamble tridimensional en el análisis, pero al definir las armaduras interiores, se desensambla ese análisis en rectángulos que son situaciones más simples de diseñar, y para lo cual existe la tecnología. "Lo que se está planteando ahora es que el muro hay que considerarlo en su condición tridimensional con las armaduras reales que se colocan y frente a esa situación evaluar que



Nuevos
productos
con AHORRO



STRETTO

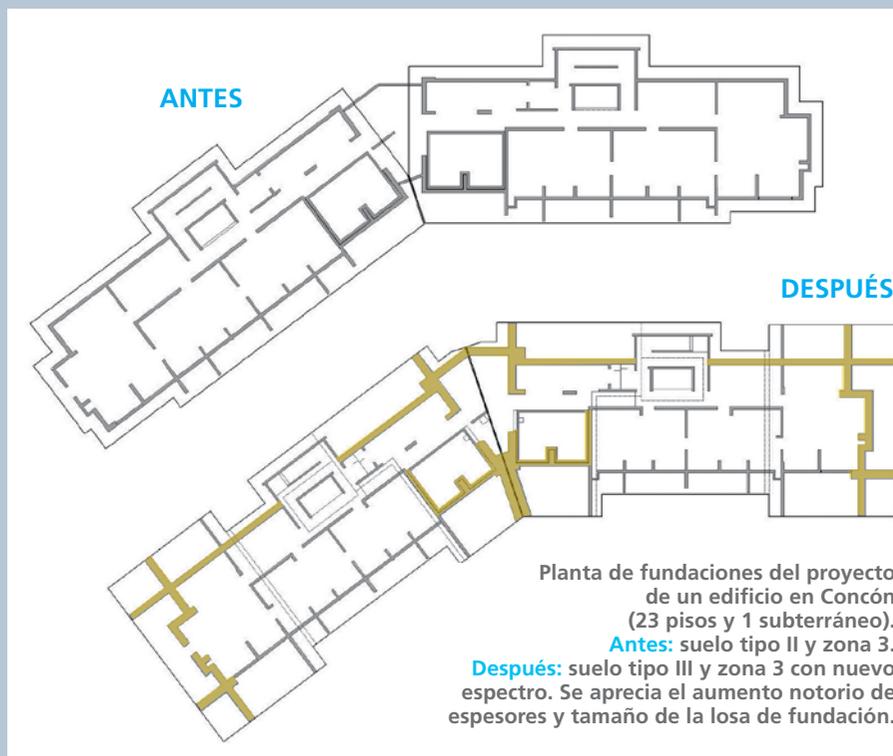
LAS ENSEÑANZAS

La aplicación de ambos decretos ya está en marcha. Lo que sigue es la actualización de las normas vía INN. Con estas disposiciones el Gobierno argumenta que se privilegió la seguridad de la población. En lo que sí hay consenso, es que ciertos conceptos y valores deberán ser revisados. Aquí algunas conclusiones y enseñanzas:

■ **APLICACIÓN DECRETO:** Las conclusiones inmediatas aluden a que “como todo documento nuevo hay que estudiarlo y mejorarlo, pienso que la redacción de la carga axial y el esfuerzo de corte hay que cambiarlos, porque si bien el concepto está correcto, no se pueden implementar”, resalta Rodrigo Jordán. Por lo tanto, “habrá que buscar una redacción alternativa que quizás conceptualmente no sea tan rigurosamente correcta, pero sí que lleve a un diseño razonablemente seguro. Y el resto, como todas las nuevas experiencias, empezar a aplicar el decreto”, detalla René Lagos. “El problema surgido es el intento de aplicar el decreto a las mismas estructuras que se estaban diseñando anteriormente. Ello no es posible porque lo que se intenta es precisamente evitar que ocurran las fallas indeseables que han requerido la desocupación de edificios y demolición en algunos de ellos”, apunta Patricio Bonelli.

■ **REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS:** “El problema de la reparación de estructuras existentes es muy complejo, porque el daño es acumulativo, pues después de un terremoto la estructura no es la misma, y ya tiene un daño incorporado. Por ejemplo, las estructuras que no se habían dañado, lo hicieron enormemente en este terremoto. Por lo que es muy posible que en el próximo sismo los elementos antiguos que permanecieron de pie, se vayan a romper”, señala Patricio Bonelli.

■ **A NIVEL DE MERCADO:** “Post terremoto, las oficinas de proyectos hemos actuado responsablemente y diría que toda la industria también. Así, para los edificios que aún



GENTILEZA SANTOLAYA INGENIEROS CONSULTORES

no estaban construidos, hubo petición de las mismas inmobiliarias de hacer una revisión de los proyectos. En la práctica se han hecho cambios en algunos espesores, un aumento de 20 a 35 cm, y también el uso de hormigones de mayor resistencia. En las armaduras ha habido un aumento del orden de 4 kilos por m² para edificios habitacionales (15% de aumento), en edificios de oficina ha sido mayor el impacto”, apunta Carlos Sepúlveda.

■ **A FUTURO:** Un argumento es que este

terremoto puede no ser el mayor y pueden venir a futuro otros más destructivos. “Esto nos puede llevar al infinito si pensamos que algunos terremotos han levantado la cordillera de Los Andes y provocado el desplazamiento de continentes completos. Hay que usar los registros con los que se cuenta y los factores de seguridad adecuados para que un próximo sismo no signifique daños severos. Pero protegerse contra todo es imposible”, postula Rodrigo Mujica.

para ningún esfuerzo se produzcan las condiciones de alargamiento que están en el punto 3.1. Y eso es prácticamente imposible de resolver porque las geometrías complejas en tres dimensiones, se comportan distinto dependiendo de la dirección que se considere”, apunta Lagos. Cuando se rota el eje su comportamiento cambia, y sus capacidades límites también, entonces, cuando se tiene un grupo de esfuerzos, “la primera pregunta es cómo asigno los esfuerzos en los muros, en qué ángulos y direcciones, si ese ángulo es

indeterminado, no se puede definir porque los esfuerzos que entrega el análisis vienen sin signo producto de las formas en que se combinan los aportes de los distintos modos de vibrar en el análisis. Y cuando se tiene ese nivel de indefinición toda la precisión conceptual que se tenía se transforma en teoría”, ejemplifica René Lagos.

La experiencia recogida en el terremoto fue beneficiosa para el futuro de la construcción chilena. “Vimos fallas que se repitieron en gran cantidad de edificios y creemos que se

pueden evitar con un pequeño esfuerzo. ¿Qué viene en lo inmediato? Hay muchos edificios que revisar en Iquique, Arica y La Serena, en los que se podrían dar situaciones similares a las observadas en las estructuras de las zonas dañadas, y ésta es una tarea que tenemos que emprender ahora”, comenta Patricio Bonelli. Son los cambios sólidos. ■

www.minvu.cl

ARTÍCULOS RELACIONADOS

“Norma de diseño sísmico de edificios. Nuevos requisitos”. Revista BIT N° 77, Marzo de 2011, página 18.



DEJAMOS HUELLA

Gerdau AZA, produciendo acero reciclado a partir de la chatarra, disminuye en un 71% las emanaciones de CO₂ a la atmósfera, ahorra un 52% de energía y un 40% de agua*.

Gerdau AZA, cada día, renueva su compromiso con el medio ambiente.

Por eso, como empresa líder de la industria manufacturera, ya está midiendo su Huella de Carbono, para seguir reduciéndola.

No da lo mismo medir la Huella de Carbono... que no medir las consecuencias.

Siga la huella Gerdau AZA.



www.gerdauaza.cl



Porque no da lo mismo,



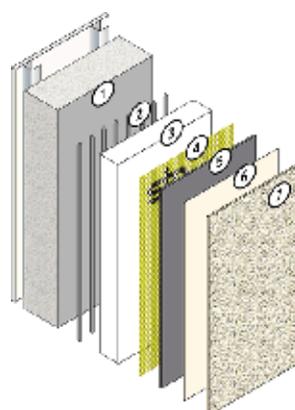
Prefiera acero reciclado para un mundo mejor.

*Fuente: Industry as a partner for sustainable development – Iron and Steel, World Steel Association.

 **GERDAU AZA®**
Conciencia de acero.

Sto ES EIFS EN EL MUNDO Y YA ESTÁ EN CHILE

Eurotec Ltda., empresa con más de 10 años en el mercado nacional y pionera en Soluciones Constructivas para Aislamiento Exterior EIFS (Exterior Insulation and Finish System) ahora forma parte del Grupo Internacional Sto® bajo el nuevo nombre de Sto Chile®



1. Sustrato (Hormigón, Albañilería o Placas)
2. Sto Primer Adhesive
3. Poliestireno expandido de alta densidad
4. Sto Mesh, malla de fibra de vidrio
5. Sto Primer Adhesive
6. Sto Primer (base aparejo) opcional
7. Sto Essence DPR Finish.

Sto Chile® Ltda. fabrica materiales para sistemas EIFS de calidad internacional, en una planta nueva con tecnología de última generación y, lo más importante, bajo las mismas exigencias de calidad que impone Sto® en todo el mundo.

Sus clientes podrán recibir sin demora y a precios competitivos productos que anteriormente eran sólo de importación.

La base de su éxito se resume en el concepto "CONSTRUIR CON CONCIENCIA", señala Daniel Lindley Gerente General de Sto Chile®, por el cual la empresa se compromete a ser guía en el diseño de un ambiente humano y consciente con el medio ambiente.

Sto®, fundada en 1835 y con oficinas centrales en Alemania, es líder mundial en sistemas de aislamiento exterior de fachadas, así como de revestimientos, reparación y restauración de muros.

Estos sistemas se pueden aplicar en todo tipo de obras – nuevas o existentes – que requieran mejorar el confort interior mediante sistemas de aislación térmica, y sobre la mayoría de los muros perimetrales o fachadas usadas en la actualidad, tanto en muros sólidos como livianos, hormigón normal o en bloques, ladrillo, planchas para exteriores, otros.



Contacto: info@stochile.com • Fono: (56 2) 949 3593 • www.stochile.com

Diamant

Tabiques resistentes para zonas de alto impacto

Posee un núcleo reforzado de alta densidad que puede resistir impactos significativos sin daños ni deformaciones. Ideal para áreas de alto tráfico en: cines, hospitales, hoteles y edificios comerciales.

Características Técnicas

- Alta dureza y cortafuego
- Espesor: 12,5 y 15 mm.
- Ancho: 1250 mm.
- Largo: 2000 mm.
- Borde rebajado (BR)
- Peso: 12,8 kg/m² aprox.
- Resistencia al impacto: 6 N/mm² aprox.
- Código: 214943 - 214944



KNAUF
Calidad con sustento

Visítenos en www.knauf.cl / Fono (56 2) 584 9400

LÍNEAS DE CIELO MODULAR KNAUF AMF

Un sólo concepto para múltiples soluciones.

Producto alemán fabricado con fibra mineral, de rápida instalación y óptima relación precio-calidad. Proporciona innovación y prestaciones acústicas e higiénicas en obras de arquitectura pública, comercial, hotelera y hospitalaria, entre otras.

KNAUF 

Línea Uso General

Posee numerosos diseños de superficie para elegir y excelentes características como aislamiento acústico, resistencia a la humedad e higiene constante.

Línea Salas Blancas

Ideal para salas y ambientes que requieren limpieza e higiene constante como hospitales, cocinas de restaurantes y laboratorios. Disminuye los hongos y bacterias del techo, limitando las partículas de polvo en suspensión.

Línea Acústica

Combina el aislamiento y la absorción acústica, por lo que el techo actúa como un regulador que repercute directamente en el bienestar del ambiente.

Visítenos en www.knauf.cl / Fono (56 2) 584 9400