

■ En los próximos meses podría aprobarse una nueva norma de “Diseño estructural para edificaciones en zonas inundables por tsunami”, NTM 007 2010. ■ Esta reglamentación inédita en el país, y que ya terminó su proceso de consulta, indica que las estructuras deberán estar diseñadas y construidas de acuerdo a la norma sísmica vigente –cuyas modificaciones se abordan en la página 18–, y además ser aptas para enfrentar las solicitaciones por efecto de un maremoto. Una nueva normativa costera.

EDIFICACIONES EN ZONAS INUNDABLES

NORMATIVA COSTERA

CATALINA CARO C.
PERIODISTA REVISTA BIT

EL TSUNAMI del 27 de febrero de 2010, que afectó las zonas centro y sur del país, generará importantes cambios en el diseño de construcciones costeras. Tras la catástrofe, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) solicitó al Instituto de la Construcción que conformara un grupo de trabajo para que redactara la que será la primera norma técnica de edificación que contemple maremotos. El resultado es el proyecto de norma NTM 007 2010, de “Diseño estructural para edificaciones en zonas inundables por tsunami”, que el 29 de enero pasado terminó su período de consulta nacional e internacional y durante marzo deberá ser revisado y corregido por el comité técnico que lo redactó. Luego esta norma de emergencia tendrá que ser re estudiada por el MINVU, para posteriormente ser firmada por la ministra de

la cartera y finalmente promulgada y puesta en vigencia. De ser así, antes del término de 2011 nuestro país debiera tener una nueva regulación para construcciones costeras.

El proyecto sólo se refiere a las edificaciones nuevas, es decir, a aquellas que sean construidas luego de la puesta en vigencia del documento, y no aplicará en aquellas zonas inundables en que la autoridad prohíba la instalación de inmuebles. En ese sentido, “el proyecto entrega alternativas de edificación a lugares como Arica, en donde la zona inundable es de unos dos kilómetros hacia el interior, por lo que prohibir que se construya en toda esa área es muy difícil”, indica Rodolfo Saragoni, ingeniero civil y académico de la Universidad de Chile, quien presidió el comité técnico que redactó la normativa. El experto agrega que “las solicitaciones a las que hace referencia la norma están dadas en función

de la altura de la inundación sobre el terreno y la velocidad de escurrimiento del agua, de esta manera, mientras más alejada esté la construcción del borde costero las solicitaciones serán menores”. Cabe destacar, que el objetivo principal de esta norma es la protección de la vida de los usuarios, permitiendo daños materiales pero evitando el colapso de las estructuras.

TIPOLOGÍAS DE DISEÑO

Para enfrentar estas nuevas solicitaciones, el documento ofrece dos alternativas para el diseño de estructuras expuestas a riesgo de tsunami, “levantarse por sobre la cota de inundación o construir una edificación capaz de resistir el embate del agua”, indica Augusto Holmberg, gerente general del Instituto del Cemento y el Hormigón (ICH), y miembro del comité que trabajó en el proyecto de norma.

GENTILEZA DEPTO. DE GEOLOGÍA U. DE CHILE





Respecto de la primera opción, el documento señala que las edificaciones “destinadas a la habitación se deben proteger construyéndolas elevadas sobre estructuras de soporte o sobre un relleno protegido (...) de modo que la zona destinada a la habitación se ubique sobre la cota de inundación”. Se agrega que estas estructuras pueden estar apoyadas en elementos tipo columna, tales como pilares (o pilotes) y en algunos casos muros. Para ello pone como requisitos que:

■ **EL ESPACIO LIBRE** entre los elementos de soporte, medido en dirección perpendicular a la dirección general del flujo de inundación no podrá ser inferior a 2,40 m entre los puntos más cercanos.

■ **LOS PILARES** deben ser compactos y libres de apéndices innecesarios, que actúan como trampa o restringen el libre paso de los escombros durante la inundación. Se permi-

ten muros orientados con el lado más largo paralelo al sentido general del flujo de inundación. Las columnas y sus fundaciones deben resistir todas las cargas establecidas en esta norma técnica.

■ **LOS ARRIOSTRAMIENTOS** utilizados para proporcionar estabilidad lateral deben causar la menor obstrucción al flujo de inundación y reducir la posibilidad de atrapar los escombros que flotan, entre otras condiciones.

En relación a las construcciones sobre rellenos, el texto señala que “las edificaciones pueden ser construidas sobre material de relleno, excepto en las zonas donde esté específicamente prohibido por la autoridad competente como soporte estructural de las construcciones”. Según Saragoni “los rellenos con arena deben ser especialmente castigados porque no resisten el paso del agua”.

Como opción a la elevación, el documento

indica que las edificaciones no destinadas a la habitación o “cualquier edificación o parte de la misma con destino no habitacional (primeros pisos de edificios), y sin prohibición para ubicarse por debajo de la cota de inundación, deberá construirse considerando alguna de la siguientes opciones:

■ **Permitir el paso de agua** sin mayores obstáculos.

■ **Ser estructuras herméticas** con paredes impermeables al paso del agua y con componentes estructurales que tengan la capacidad de resistir cargas hidrostáticas e hidrodinámicas y los efectos de flotabilidad debido a la inundación.

■ **Tener tabiques colapsables** bajo cargas de tsunami que no pongan en riesgo la estructura principal de la edificación.

Para Holmberg esta última opción resulta muy razonable pues “permitirá tener esos es-



GENTILEZA DEPTO. DE GEOLOGÍA U. DE CHILE

pacios en uso mientras no haya tsunami, que probablemente sea la mayor parte de la vida útil de la estructura. Sin embargo, la hermeticidad es algo muy difícil de conseguir salvo a través de una especie de bunker sin vidrios y con puertas impermeables, esa disposición es exagerada y debiera revisarse”.

La norma pone una excepción para también hacer habitables las zonas que quedarán por debajo la cota de inundación, señalando que las edificaciones “diseñadas de acuerdo a esta norma técnica y construidas bajo la cota de inundación, que dispongan de vías de evacuación a zonas seguras por maremoto o tsunami y/o medidas de mitigación diseñadas por un profesional especialista y aprobadas por la autoridad competente, podrán ser habitables”. Esta salvedad se incluyó debido a que “el último tsunami demostró que las personas que viven en la costa saben que deben evacuar ante riesgo de tsunami por lo que otorgarles buenas vías de evacuación puede ser una medida suficiente”, señala Saragoni.

NUEVAS SOLICITACIONES

El documento hace una diferencia entre los tsunamis de campo cercano (aquellos generados por sismos o terremotos con epicentro marítimo ubicado a menos de 200 km del borde costero), los tsunamis de campo lejano (aquellos generados por terremotos con epicentro marítimo ubicado a más de 200 km del borde costero) y los seiche, u onda estacionaria formada en un cuerpo de agua encerrado como un lago o embalse.

Si bien los tres casos se dan en Chile, “el más común es el tsunami de campo cercano, que se caracteriza por tener un fuerte sismo previo, que obliga a las estructuras a tener que tolerar primero el terremoto, para luego tener

SOCAVACIÓN MÍNIMA ESTIMADA

(expresada como un porcentaje de la profundidad de inundación en el lugar (h))

	HASTA UN 50% DE H	MAYOR AL 50% DE H
Arena suelta	80% h	60% h
Arena densa	50% h	35% h
Limo esponjado	50% h	25% h
Limo rígido	25% h	15% h
Arcilla suelta	25% h	15% h
Arcilla rígida	10% h	5% h

Fuente: Tabla 6.1, Proyecto Norma NTM 007 2010.

que además resistir el maremoto”, indica Saragoni. Para el experto ésta es la principal novedad de la norma, pues si bien el documento fue inspirado en la ordenanza de construcciones de Honolulu, Hawaii, dicha normativa no contempla un sismo previo, debido a que por lo general en ese lugar sufren tsunamis de campo lejano, es decir, generados en latitudes distantes, por lo que no sienten el sismo tsunamigénico. El 27/F esta situación se dio en el archipiélago de Juan Fernández.

Los tsunamis de campo cercano hacen que esta norma sea complementaria a la de diseño sísmico, NCh 433 of96 y Mod.2009 (en la página 18 un artículo con la modificación de esta norma), por lo que antes de calcular las cargas a causa de la inundación por maremoto “debe considerarse una degradación de rigidez en la estructura por el sismo tsunamigénico, justificada por el profesional responsable del diseño estructural, pero no menor a un 25%”, indica el proyecto. Saragoni afirma que “en el último maremoto se vieron casos de estructuras que estuvieron sometidas tanto al sismo como al tsunami y resistieron de

Las nuevas estructuras costeras deberán resistir diversos tipos de cargas, como la de impacto, causada por el choque de escombros arrastrados por el agua contra la estructura.

forma adecuada, por lo tanto es posible cumplir con la norma”.

Respecto de los requisitos estructurales, el documento señala que “todas las edificaciones y estructuras que se diseñen conforme a las disposiciones de esta norma deberán considerar un factor de seguridad mínimo de 1,2 por falla de deslizamiento o de vuelco”. Se agrega que en el caso de la flotación “se deberá considerar un factor de seguridad mínimo de 1,33”.

Además, los diseños expuestos a ser inundados por tsunami deberán considerar cargas hidrostáticas, hidrodinámicas, de impacto y de suelo, de tal manera que el efecto combinado de lugar a cargas y tensiones máximas sobre la estructura y sus elementos. Mientras que las fuerzas que deben ser consideradas en el diseño de las estructuras elevadas para resistir las inundaciones son: la fuerza boyante o de flotabilidad; la fuerza

del frente de la ola, causada por el choque del agua contra la estructura; la fuerza de arrastre, causada por la velocidad del flujo alrededor de la edificación; la fuerza de impacto, causada por el choque de los escombros arrastrados por el agua contra la estructura; la fuerza hidrostática causada por un desequilibrio de presión debido a una profundidad de agua diferencial en los lados opuesto de una edificación y; la fuerza de suelos, que son los empujes o presiones resultantes de los suelos inundados contra la estructura. Para todas estas fuerzas la norma entrega fórmulas de cálculo.

MECÁNICA DE SUELOS

Respecto de las presiones admisibles en el terreno, la norma señala que “bajo condiciones de tsunami la capacidad de soporte de los suelos sumergidos se ve afectada y reducida por el efecto boyante del agua sobre estos. Para las fundaciones de las edificaciones a que se refiere la norma técnica, la capacidad de soporte de los suelos deberá ser evaluada por un método reconocidamente aceptado. Los suelos expansivos deben ser analizados

con especial cuidado. Los suelos que pierden toda la capacidad de soporte cuando están saturados o se licuan no se deben usar como suelo de fundación”.

En tanto, “los niveles de socavación a considerar en el diseño alrededor de pilas individuales y pilotes deben ser los especificados en la tabla (ver tabla) a menos que se realice un estudio detallado de la profundidad de socavación. No se permite las fundaciones superficiales a menos que el suelo natural de soporte esté protegido en todos sus lados contra la socavación por una protección adecuada. Se permite fundaciones superficiales en zonas ubicadas a una cota más allá de un 50% de la cota de inundación, siempre y cuando se apoye en suelo natural y por lo menos medio metro por debajo de la profundidad especificada de socavación y la profundidad de socavación no supere un metro”, señala el texto. Holmberg, asegura que este es uno de los puntos más relevantes de la norma, pues “frente a un tsunami los principales problemas en las edificaciones son por socavación, más que por la resistencia propia de la estructura, por lo que lo

más importantes es proteger las fundaciones”.

Si bien estos cambios provocarán un aumento en los costos de las construcciones expuestas a inundación por maremoto, para los expertos esta alza es menor comparada con lo que se gana en seguridad.

DEBILIDADES

El principal problema que enfrenta el proyecto de norma es la poca información con la que se dispone como base para poner condiciones a los diseños expuestos a tsunamis, pues en “las ‘cartas de inundación’ en muchos casos no está clara la altura de inundación de un determinado lugar, por lo general se toma el run up (o punto más alto de la ola) y se le descuenta la cota del terreno, pero eso es una suposición que puede llevar a alturas de agua muy grandes en el borde costero, que probablemente no son realistas”, señala Holmberg. El experto agrega que “al conocer la cota de inundación y la velocidad del flujo se puede saber cómo diseñar y qué sollicitaciones se deberán enfrentar, el problema es que la información que tenemos hoy es bastante rudimentaria y no en-

trega esos datos”.

El gerente del ICH indica que “a raíz de esto, la norma debió incluir ciertas simplificaciones a los cálculos, principalmente para los casos en que no haya más información disponible, pero estamos haciendo suposiciones respecto a variables que son tremendamente relevantes para el diseño, esa es la mayor debilidad, no respecto de la norma sino respecto de los datos básicos de caracterización de tsunamis con que dispone el país”.

Pese a esto, los expertos afirman que lo importante es que por primera vez en Chile habrá una norma de diseño que considere las sollicitaciones de inundación por tsunami, que velará por la protección de vida de sus usuarios. Y si bien aún falta por avanzar, este es un primer esfuerzo y un gran paso hacia una nueva normativa costera. ■

www.minvu.cl

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- “Norma de edificación en zonas inundables por tsunami. Cerca del mar”. Revista Bit N° 76, Enero de 2011, pág. 47.

- “Estructuras tsunami-resistentes. A prueba de olas”. Revista Bit N° 74, Septiembre de 2010, pág. 38.

BIT 77 MARZO 2011 ■ 93

LE DAMOS BASE A TUS PROYECTOS

- PILOTES PRE-EXCAVADOS
- PILOTES HÉLICE CONTINUA (CFA)
- MUROS PANTALLA
- MICROPILOTES
- ANCLAJES
- INYECCIONES
- SOIL NAILING
- MURO BERLINÉS
- ENSAYOS DE CARGA

Av. Alonso de Córdova 5151 of. 1401
Las Condes, Santiago, Chile
www.terratest.cl

**PILOTES
TERRATEST**

Damos valor al subsuelo

Soluciones en Fundaciones y Obras Civiles

- Pilotes
- Micropilotes
- Inyecciones
- Jet Grouting
- Anclajes
- Drenajes
- Vibroflotación
- Pared Maldeada
- Túneles en Roca
- Cut & Cover
- Piques
- Escavaciones urbanas



UNA EMPRESA DE SOLETANCHE FREYSSINET

Dir.: Av. Cerrillos 980, Cerrillos, Chile. Casilla 122 / Tel.: (56 2) 584 9000
E-mail: sbc@soletanche-bachy.cl / Url: www.soletanche-bachy.cl

Somos especialistas en mejoramiento de suelos y trabajos subterráneos. Proveemos soluciones integrales en proyectos de Construcción y Minería.

Obras Mineras Subterráneas



Fundaciones y Obras Civiles



Perforaciones y Sondajes



LOS BUENOS RESULTADOS NO SON CUESTIÓN DE SUERTE

GENERADORES

CARGADORES FRONTALES

GRÚAS

TORRES DE ILUMINACIÓN

COMPRESORES PORTÁTILES Y ESTACIONARIOS

La Experiencia Simma es sinónimo de seriedad y resultados. Proyectos y equipos para la Industria Forestal.

- Proveedor de Soluciones Integrales con una amplia gama de equipos, consumibles y repuestos.
- Más de 270 profesionales y técnicos especialistas en soluciones para su industria.
- Post Venta y servicio técnico en sucursal y terreno.
- Más de 35 marcas representadas y miles de equipos vendidos.
- Cobertura nacional, más cerca suyo.



www.simma.cl

SIMMA
Expertos en tu mundo

SUCURSALES: CALAMA • ANTOFAGASTA • COPIAPÓ • LA SERENA • SANTIAGO • CONCEPCIÓN • PUERTO MONTT
CONTACTOS ZONALES: VIÑA DEL MAR • RANCAGUA • TEMUCO • OSORNO • PUNTA ARENAS, ALIANZA SIMMA / BAFCO

ventasantiago@simma.cl



NUESTRA HUELLA

La única huella que queremos dejar es la de una empresa preocupada por la calidad de sus productos, el bienestar de la gente y el cuidado y preservación del medio ambiente.

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

Siga la huella Gerdau AZA.

Porque no da lo mismo,



prefiera acero reciclado para un mundo mejor.

www.gerdauaza.cl

 **GERDAU AZA**
Conciencia de acero.

*Fuente: World Steel Association