

CAPITULO 7  
CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

## CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

En este capítulo se destacan las conclusiones obtenidas de la evaluación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales seleccionados.

En el capítulo 2 se revisaron las características sísmicas de la región central de Chile, comprobándose la periodicidad de los sismos severos en esta zona. Para la comuna de Providencia y la ciudad de San Antonio, las intensidades máximas esperadas son del orden de VII a VIII y IX grados en la escala de Mercalli Modificada respectivamente.

En el capítulo 4 se describieron los centros hospitalarios en sus aspectos estructurales, no estructurales y funcionales en el caso del Hospital de Neurocirugía y sólo en sus aspectos estructurales en el caso del Hospital de San Antonio.

En el capítulo 5 se realizó la evaluación de la vulnerabilidad estructural para ambos hospitales y no estructural sólo en el Hospital de Neurocirugía. Además se realizó la recopilación de los antecedentes de otras estructuras de marcos de hormigón armado, datos con los cuáles se realizó la calibración del método de Hirosawa para este tipo de estructuras.

En el capítulo 6 se realiza la determinación preliminar de la vulnerabilidad sísmica del Hospital de Neurocirugía; para esto se resumen los diversos aspectos que se evaluaron en el capítulo 5 y se analizan en conjunto para determinar el impacto en el hospital.

## HOSPITAL DE NEUROCIRUGIA

De acuerdo con los antecedentes de este estudio se ha llegado a la conclusión que el Hospital de Neurocirugía presenta una vulnerabilidad sísmica del tipo "MEDIA"; calificación que se sustenta en los aspectos positivos detallados en el capítulo 6.

En este hospital se analizaron los cuerpos A y B, de 7 y 6 pisos respectivamente; no se consideró el cuerpo en que funciona el servicio de Urgencia por estimarse que en una situación de emergencia sísmica los hospitales que se ven más demandados son los hospitales generales y son éstos los que, posteriormente, derivan a los pacientes a los centros de especialidad.

La información disponible indica que tanto estructural como no estructuralmente, este hospital tuvo un buen comportamiento durante el terremoto del 3 de Marzo de 1985.

A pesar de este buen comportamiento pasado, las mejoras que deben realizarse ante la eventualidad de eventos sísmicos mayores (pero poco probables en el corto plazo) deben centrarse principalmente en el sistema de iluminación, protecciones de contenidos en estanterías, equipos con apoyos vulnerables, protección de vidrios y otros aspectos que presenten mayor vulnerabilidad. Las mejoras que deben realizarse debido a la antigüedad de algunas instalaciones deberían concentrarse en el sistema de alcantarillado y los ascensores de público.

Dado el grado de vulnerabilidad sísmica que se ha asignado, no es necesario efectuar un análisis más detallado de todo el hospital; sin embargo, como pudo verse en el capítulo 5, los pisos quinto y sexto del cuerpo B presentan una vulnerabilidad estructural del tipo "media-alta" y una excentricidad de planta calificada como "mala" y requerirían, por estos motivos, una evaluación y estudio más detallado de los pisos correspondientes.

## HOSPITAL DE SAN ANTONIO

Como se ha mencionado, la evaluación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de este hospital se ha realizado considerando sólo sus aspectos estructurales y está destinada principalmente a la calibración del método de Hirosawa para el caso de estructuras de marcos de hormigón armado ya que esta edificación es una de las seriamente dañadas por el terremoto de 1985.

Se puede destacar que la estimación de la vulnerabilidad sísmica de este hospital, realizada de acuerdo con los criterios indicados en el capítulo 3, responde adecuadamente al comportamiento que la estructura tuvo durante el terremoto del 3 de Marzo de 1985; es decir, no se tuvo daños que comprometieran la estabilidad estructural de la edificación en todos los niveles con una calificación aceptable y sólo se tuvo daño de seriedad en el caso del tercer piso del cuerpo 2. En este piso se tuvo, aparentemente, importantes deficiencias en la etapa de construcción que se tradujeron en mala calidad de los hormigones de sus elementos resistentes verticales.

Para conocer el estado actual de este hospital y su vulnerabilidad frente a futuros eventos sísmicos es necesario el recalcular los índices considerando las reparaciones y la calidad de los materiales con las que han sido hechas.

## CALIBRACION DEL METODO DE HIROSAWA PARA ESTRUCTURAS DE MARCOS DE HORMIGON ARMADO

La vulnerabilidad estructural de las edificaciones de marcos de hormigón armado se puede establecer, de acuerdo con los antecedentes recopilados, considerando los siguientes rangos:

- a.- Vulnerabilidad estructural Baja:  $I_n \geq 0.5$
- b.- Vulnerabilidad estructural Media:  $0.15 \leq I_n < 0.5$
- c.- Vulnerabilidad estructural Alta:  $I_n < 0.15$

Para los elementos no estructurales se deben realizar importantes mejoras en las etapas de diseño y construcción; estas mejoras deben estar orientadas a materializar las huelgas adecuadas que independizan los elementos arquitectónicos de la estructura resistente o utilizar materiales o elementos cuyas características estén de acuerdo con los niveles de deformación de este tipo de estructuras, como ejemplo se destaca el caso de los tabiques divisorios y la necesidad de compatibilizar la capacidad de deformación de éstos con las deformaciones producidas en la estructura resistente durante los terremotos.

Debe mejorarse la disposición de aquel tipo de equipamiento que por sus características es más susceptible de experimentar deslizamiento y volcamiento dentro de este tipo de edificios.

Todos estos aspectos deben ser considerados ya que la capacidad de atención del centro hospitalario depende de todos estos factores.

## COMENTARIOS EN RELACION A LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se recomienda que los hospitales posean un juego de los diversos tipos de planos de sus edificios para evitar la alteración de los elementos estructurales y conseguir la mejor disposición de los elementos no estructurales y equipos con la finalidad de asegurar la funcionalidad del sistema.

## COMENTARIOS EN RELACION A LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Aunque la falla de estos elementos no pone en riesgo la estabilidad de la edificación, se ha visto en algunos hospitales que los inconvenientes ocasionados por la falla de estos elementos pueden ser importantes y ocasionar la interrupción de importantes servicios clínicos y de apoyo.

Según la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos no estructurales realizada en los capítulos 5 y 6, uno de los problemas más importantes es la falta de sistemas de seguridad para proteger los equipos y contenidos; este problema puede ocasionar daños e incluso la pérdida total del equipo. Este aspecto es importante en consideración de que los costos de proveer los sistemas de protección son notablemente inferiores a los de reposición de los equipos y contenidos.

## COMENTARIOS EN RELACION A LA CALIBRACION DEL METODO DE HIROSAWA PARA ESTRUCTURAS DE MARCOS DE HORMIGON ARMADO

Se observa una buena concordancia entre los distintos grados de vulnerabilidad estructural asignados de acuerdo con los antecedentes expuestos en el capítulo 3 y con la tabla 5.81. Con lo cuál, la determinación propuesta de los valores de  $I_{so}$  es útil para determinar la vulnerabilidad estructural de este tipo de edificios. Este método permite incluir los efectos de ubicar las estructuras en distintas zonas sísmicas y tipos de suelo.

La obtención de valores límite únicos permite realizar la estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica en forma más rápida y no por eso menos confiable; debe considerarse además que en los casos en que se obtiene una calificación desfavorable deben hacerse estudios más detallados.

## REFERENCIAS

## REFERENCIAS

- 1.- ACI 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete", Versión en español del Instituto Mexicano del Cemento A.C., México D.F., México, 1984.
- 2.- Astroza, M., Moroni, M. O., Kúpfer, M., "Calificación sísmica de edificios de albañilería de ladrillo confinada con elementos de hormigón armado", XXVI Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural, Vol. 1, Montevideo, Uruguay, Noviembre, pp 327 a 338, 1993.
- 3.- Barrientos, S., "Regionalización Sísmica de Chile", Tesis de Magister en Ciencias Mención Geofísica, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1990.
- 4.- Boroschek, R., Astroza, M., Conversaciones personales, 1996, 1997.
- 5.- Boroschek, R., Astroza M., Silva, D., Osorio, C., Soto, P., "Estudio del daño sísmico y de la capacidad resistente de los edificios de Administración-SOME y Consultorio Adosado de Especialidades Hospital de Copiapó", 1996.
- 6.- Claret, J., "Estudio del subsuelo de San Antonio", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1982.
- 7.- Flores, R., "Normas y prácticas de Ingeniería Sismorresistente en Chile", Ingeniería Antisísmica. El caso del sismo del 3 de Marzo de 1985, 1993.
- 8.- Gahona, P., "Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales Carlos Van Buren y Dr Gustavo Fricke", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1996.
- 9.- Geotécnica Consultores. "Análisis de microzonificación sísmica de San Antonio", Trabajo realizado para el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 1988.
- 10.- Hauyon, C., "Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales de Arica y Antofagasta", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1996.

- 11.- Hernández, J., "Estudio de los efectos del sismo del 3 de Marzo de 1985 en la Región Metropolitana, Comuna de Providencia", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1987.
- 12.- Hirosawa, M., "Retrofitting and Restoration of Building in Japan", IISEE Lecture Note Seminar Course, 1992.
- 13.- Iglesias, J., "Estudio de las intensidades del sismo del 19 de Septiembre en la ciudad de México", Universidad Autónoma Metropolitana, México, 1987.
- 14.- Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón. "Lecciones del sismo del 3 de Marzo de 1985", 1985.
- 15.- Instituto Nacional de Normalización "Norma NCh 433 of 96.", 1996
- 16.- Kausel, E., "Informe preliminar del terremoto del 28 de Marzo de Marzo de 1965", Revista IDIEM, Vol. 4 N°1, 1965
- 17.- Kausel, E., "Proceso sísmico, parámetros focales y réplicas del sismo del 3 de Marzo de 1985", capítulo 2 del libro "El Sismo del 3 de Marzo de 1985-Chile", J. Monge (Editor), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Acero Comercial S.A., Editorial Universitaria, 1985.
- 18.- Lomnitz, C., "Los terremotos del 4 de Septiembre de 1958 en el Cajón del Maipo", Anales, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Publicación A5, 1961.
- 19.- Lomnitz. "Grandes terremotos y tsunamis en Chile 1535 1955", Revista del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, Vol 1, Noviembre 1973.
- 20.- Mc. Gavin, G., "Earthquake Protection of essential building equipment", Editorial John Willey, 1981.
- 21.- Meli, R., "Diseño sísmico de edificios de muros de mampostería, la práctica actual y el comportamiento observado", Simposium Internacional: Seguridad Sísmica en la Vivienda Económica, CENAPPED, México D.F, 1991.
- 22.- Medone, C., "Características de algunos terremotos recientes", Memoria para optar al grado de Magister en Geofísica, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1972.

- 23.- Menéndez, P., "Atenuación de las intensidades del sismo del 3 de Marzo de 1985 en función de la distancia a la zona de ruptura y del tipo de suelo", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1991.
- 24.- Mery, M., "Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales de Chillán y Clínico Regional de Concepción", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1996.
- 25.- Monge j., Astroza M., "Seismic microzones in the city of Santiago", Relation Damage-Geological Unit. 4<sup>th</sup> International Conference on Seismic Zonation, Stanford, California, 1991.
- 26.- Monge, J., Godoy H., "Metodología para la evaluación del riesgo de tsunami", Publicaciones SES I 3-75 (115), Abril 1975.
- 27.- Monge, J., Astroza, M., Pinto, J , "Estudio de riesgo sísmico de viviendas en Santiago", 6<sup>ª</sup> Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol 1, 1993.
- 28.- Monge J., Astroza M., Kausel, E., "Sismicidad y peligro sísmico de la zona Santiago-Valparaíso incluyendo efectos locales de suelos", 6<sup>ª</sup> Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Vol 1, 1993.
- 29.- Montessus de Ballore, F., "Historia Sísmica de los Andes Meridionales al Sur del Paralelo XVI", 1915.
- 30.- Murakami, M., Hara, K., Yamaguchi, H., Shimazu S., (1992) "Seismic capacity of reinforced concrete buildings which suffered 1987 Chibaken-toho-oki earthquake", Proceedings Tenth World Conference of Earthquake Engineering, Madrid, España.
- 31.- Osorio, C., "Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica del sistema hospitalario chileno", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1995.
- 32.- Proust, J., "Análisis de los daños ocasionados por el terremoto del 3 de Marzo de 1985 en el hospital de San Antonio", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Obras Civiles, Facultad de Ingeniería, Universidad Técnica Federico Santa María, 1990.

- 33.- Ramirez, D., Kausel, E., "Estimación de algunos parámetros focales de grandes terremotos históricos chilenos", Memoria para obtener el grado académico de Magister en Ciencias mención Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1988.
- 34.- Sepúlveda, A., "Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales San Juan de Dios de Curicó y Dr Cesar Caravagno B. de Talca", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1997.
- 35.- Shiga, T., "Earthquake damage and the amount of walls in reinforced concrete buildings", Proceedings of 6<sup>th</sup> WCEE, Nueva Delhi, India, 1977.
- 36.- Silva, D., "Estimación preliminar de la vulnerabilidad sísmica de los hospitales Sótero del Río y Hospital Regional de Rancagua", Memoria para optar al título de ingeniero civil, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1996.
- 37.- Unemura, H., "A guideline to evaluate seismic performance of existing medium and low rise reinforced concrete buildings and its application", Proceedings of 7<sup>th</sup> WCEE Estambul, Turquía, 1980.
- 38.- Urrutia, R., Lanza C., "Catástrofes en Chile 1541-1992", 1992.
- 39.- Valenzuela, G., "Suelos de fundación del gran Santiago", Boletín N°33, Instituto de Investigaciones Geológicas, Chile, 1978.
- 40.- Wakabayashi, M., "Design of earthquake-resistant buildings", McGraw-Hill Book Company.