

VULNERABILIDAD FUNCIONAL Y NO-ESTRUCTURAL DE HOSPITALES

PERDIDA FUNCIONAL POR DAÑO NO-ESTRUCTURAL

La función que cumple un hospital debe mantenerse después de la ocurrencia de un sismo intenso, con el fin de que sea posible satisfacer las necesidades de atención médica que impone la emergencia. Si el hospital sufre graves daños no podrá cumplir con su función cuando más se necesita y se convertirá en objeto de la atención del desastre.

En el diseño de toda estructura sometida a movimientos sísmicos debe considerarse que los elementos no estructurales de la construcción, tales como cielos, paneles, ventanas, puertas, etc., así como equipos, instalaciones mecánicas y sanitarias, etc., deben soportar los movimientos de la estructura. Por otra parte, debe tenerse presente que la excitación de los elementos no estructurales, dada por dichos movimientos de la estructura, es en general mayor que la excitación en la base, por lo cual puede decirse que la seguridad de los elementos no estructurales se encuentra más comprometida en muchos casos que la de la estructura misma.

A pesar de lo anterior, en el diseño sísmico de estructuras se concede generalmente poca importancia a estos elementos, al punto de que muchos códigos de diseño no incluyen normas de diseño al respecto. Quizás debido a ello la experiencia en temblores recientes muestra en muchos casos un excelente comportamiento de la estructura diseñada de acuerdo a los modernos criterios de sismo-resistencia, acompañado, por desgracia, de una deficiente respuesta de los elementos no estructurales. Sin embargo, si se tiene en cuenta las razones de seguridad de los ocupantes de una edificación y los transeúntes expuestos al riesgo de colapso de tales elementos, así como el costo de reposición de los mismos y las pérdidas involucradas en la suspensión de funciones del edificio mismo, puede comprenderse la importancia de considerar adecuadamente el diseño sísmico de los elementos no estructurales dentro del proyecto general de la edificación.

En el caso particular de hospitales, el problema es de gran importancia, debido a las siguientes razones:

- ☞ Las instalaciones hospitalarias deben mantenerse lo más intactas posible en el evento de un terremoto fuerte, debido a su importancia para la atención del desastre sísmico en la ciudad o región de su ingerencia. Esto compete tanto a los elementos estructurales como no estructurales.
- ☞ Los hospitales albergan en el momento del sismo un gran número de pacientes prácticamente inhabilitados para la evacuación de la

edificación, en contraste con los ocupantes de un edificio cualquiera. Esto implica que la falla de elementos no estructurales no debe ser tolerada en este tipo de construcciones, como sí suele serlo en el caso de otras.

- ↳ Los hospitales disponen de una compleja red de instalaciones eléctricas, mecánicas y sanitarias, así como de un gran número de equipos generalmente costosos, dotaciones todas indispensables para la vida normal del hospital, así como para la atención de una emergencia. Debido a esto los hospitales no pueden permitir que el movimiento de la estructura genere fallas en dichas instalaciones y equipos, lo cual a su vez sería causa de un colapso funcional de la edificación.
- ↳ La relación del costo de los elementos no estructurales al costo total de la edificación tiene un valor muy superior en hospitales que en otras edificaciones. De hecho, mientras en edificios de vivienda y oficinas alcanza un valor de aproximadamente 60%, en hospitales, debido principalmente al costo de los equipos médicos y a las instalaciones especiales, se llega a valores entre el 85 y el 90%.

Debido a la fragilidad usual de los materiales usados en la construcción de las particiones arquitectónicas, tales como mampostería, asbesto, vidrio, etc, los códigos de construcción contemplan usualmente el requisito de limitar la deformación del piso con el fin de asegurar indirectamente la protección de los elementos no estructurales adosados a los diafragmas. Un límite aceptado para hospitales por el código ATC-3 es el de 0.01 veces la altura libre del piso, para el sismo de diseño. Puede suponerse que para materiales y construcción no estructurales de buena calidad el cumplimiento de este límite los asegura indirectamente de manera satisfactoria. Sin embargo, si se tienen dudas al respecto, resulta conveniente proveer sistemas de aislamiento de tales elementos de la estructura, a fin de no recibir dichas deformaciones.

En el caso de las ventanas, por ejemplo, la alta fragilidad del vidrio hace casi obligatoria la aplicación de un aislamiento adecuado. En lo que se refiere a muros de mampostería unidos a la estructura, el aislamiento debe ser considerado con relación a la concepción global del diseño de la estructura. En efecto, si esta no contempla dichos muros como parte del sistema de resistencia sísmica, y estos a su vez pueden causar problemas de torsión debido a su posición asimétrica, o de pisos débiles debido a su concentración en solamente unos pisos, los cuales son los problemas mas comunes presentados por ellos, es conveniente aislarlos.

En el caso contrario, esto es, en el que los muros no causen problemas por su disposición en planta y en altura, es conveniente considerarlos en el análisis como parte de la estructura resistente a sismos. Este hecho es de gran importancia debido a que la respuesta sísmica de la construcción en su conjunto puede ser muy diferente de la reportada por el modelo en el que se ignore la presencia de los muros. De hecho, la variación de rigidez en el modelo conduce a fuerzas de diseño diferentes, tanto en sismos moderados como intensos.

La decisión sobre aislamiento de la mampostería de la estructura debe

tomarse con cuidado, debido a la necesidad de asegurar un adecuado anclaje de la misma para compensar su independencia de la estructura y prevenir su colapso, el cual en el caso de hospitales puede resultar catastrófico. Generalmente, es recomendable aislar la mampostería de la estructura en los siguientes casos:

- ☞ Cuando su disposición en planta tienda a causar fuertes excentricidades de la rigidez y, por ello, grandes pares de torsión.
- ☞ Cuando tienda a producir excesiva rigidez de uno o varios pisos en relación con los restantes, los cuales en tal caso pasarían a ser relativamente débiles.

DAÑO ESTRUCTURAL DEBIDO A COMPONENTES NO-ESTRUCTURALES

Existen tres categorías de componentes no estructurales que pueden tener un efecto significativo sobre la respuesta estructural de un edificio durante un terremoto, aun si el edificio tiene un diseño sismo-resistente. Estos son:

- ☞ Equipo pesado
- ☞ Elementos arquitectónicos
- ☞ Instalaciones mecánicas

En el primer caso, un edificio con diseño sismo-resistente habrá sido analizado teniendo en cuenta su comportamiento dinámico debido a su propio peso. Equipo pesado tal como equipos de aire acondicionado, escanógrafos médicos, generadores alternos, calderas, piscinas de hidroterapia, etc., pueden cambiar significativamente la respuesta dinámica de un edificio, de manera que cuando un terremoto se presente, las reacciones podrían ser diferentes a las con que fue diseñado y construido.

Tales cargas excepcionales podrán introducir esfuerzos en techos y pisos que pueden causar fallas catastróficas que tendrían impacto sobre los diafragmas que están debajo.

Tales masas o pesos adicionales también podrán producir excentricidades que someten al edificio a modos rotacionales de vibración durante un terremoto. Se sabe que los modos rotacionales de vibración pueden dar origen a fuertes daños en un edificio y a menos que se hayan tenido en cuenta durante el diseño, un edificio que supuestamente debería tener un buen comportamiento en un terremoto podría llegar a presentar colapsos parciales.

En cuanto a equipo pesado, vale la pena anotar que si estos no están sólidamente anclados a un elemento estructural de un edificio o a sus cimientos, podrán deslizar o voltearse y moverse de manera tal que causen daños estructurales. Se conocen casos en los que calderas o pesados calentadores de agua se han movido en recintos, derribando soportes estructurales o muros y causando el colapso del edificio.

En cuanto a los elementos arquitectónicos, los puntos específicos de análisis son la mampostería de relleno no reforzada y los pesados revestimientos. Aunque la mampostería de relleno no reforzada por lo general no se considera parte estructural, sí le da rigidez a un edificio hasta el momento en que comienza a fallar. Si estos segmentos de relleno interno de un muro fallan irregularmente, pueden colocar columnas y vigas en estados de concentración de esfuerzos que no se previeron en el diseño.

Por lo tanto el diseño estructural deberá considerar los efectos de la mampostería de relleno durante un terremoto cuando comienza a fallar parcialmente y por lo tanto, alterar dinámicamente la rigidez del edificio mientras está en movimiento.

El pesado recubrimiento en el exterior de un edificio cae durante un movimiento telúrico de manera que si un costado del edificio pierde buena parte de su revestimiento mientras otro lado no, resultará una excentricidad tal que pondría al edificio en torsión. Esta torsión tal vez no se haya previsto en los cálculos estructurales y podría dar como resultado colapsos parciales.

En los edificios que tienen plataformas debe tenerse en cuenta el impacto sobre los diafragmas que están abajo cuando los componentes exteriores de arquitectura de los pisos superiores pueden aflojarse y caer.

Otro problema arquitectónico que tiene impacto sobre la estructura es «el efecto de columna corta.» Algunas veces se diseñarán edificios con un piso a nivel del terreno que incluye una gran cantidad de espacio abierto entre las columnas de soporte. Su ingeniería debe ser adecuada para resistir terremotos asegurando resistencia y flexibilidad apropiada en las columnas de piso a nivel del terreno. Algunas veces en fechas posteriores, dichos edificios se remodelan para cerrar estas zonas abiertas con mampostería de relleno hasta cierto nivel, dejando en la parte superior únicamente espacio para ventanas. Esto confina la parte inferior de las columnas y, esencialmente, acorta su longitud efectiva. Tal como ya se mencionó, dichas «columnas cortas» fallan en terremotos puesto que la flexibilidad y la resistencia con que originalmente se construyeron se han alterado.

En cuanto a las instalaciones mecánicas, se han presentado casos en los cuales los muros de cortante que fueron parte del diseño sismo-resistente, fueron interrumpidos para instalar equipos de aire acondicionado. Tal vez esto no se presente al construir originalmente el edificio, sino más tarde cuando los ingenieros de diseño originales ya no están asociados con la construcción. Estas interrupciones debilitan los muros de cortante, lo cual podría dar como resultado fallas estructurales o colapso parcial durante un terremoto, aun cuando el diseño inicial era sismo-resistente.