



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONES DE
INVESTIGACIONES SISMICAS Y
MITIGACION DE DESASTRES



(Texto de la Conferencia presentada en el Seminario Internacional de Planeamiento, Diseño, Reparación y Administración de Hospitales en Zonas Sísmicas Realizado en Lima - Perú, del 20 de Agosto al 9 de Setiembre de 1989)

REDUCCION DE RIESGOS EN COMPONENTES NO ESTRUCTURALES
DE LOS HOSPITALES PARA CASOS DE TERREMOTO

Dr. David Stewart

Director del Centro de Estudios sobre Terremotos,
Southeast Missouri State University,
Cape Girardeau, Missouri, EEUU.

Efectos de los Terremotos en los Hospitales: El Desastre Interno

El hospital es normalmente una de las instalaciones más imprescindibles y esenciales de toda comunidad, pero tras un terremoto devastador es aún más esencial e imprescindible. Por esa razón, es sumamente importante tomar precauciones antes que se produzca un terremoto de gran intensidad, a fin de garantizar el funcionamiento ininterrumpido del hospital durante el temblor e inmediatamente después del mismo. Varios tipos de sastres y epidemias pueden crear una carga temporaria considerable para los hospitales, pero esa carga nunca será mayor que después de un terremoto devastador. Si los hospitales no están preparados para una catástrofe de este tipo, no podrán responder y mucha gente morirá.

Son varios los campos en los cuales los hospitales deben realizar preparativos para hacer frente a los terremotos. Entre ellos cabe señalar los preparativos para situaciones de emergencia y el diseño estructural, pero en el presente artículo no abordaré esos temas. Una de las maneras más económicas, y sin embargo más eficaces, de mitigar los daños ocasionados por terremotos es tomar precauciones en relación con los componentes no estructurales de los hospitales. De eso trata este artículo.

Entre los edificios e instituciones de un vecindario, el hospital es no sólo uno de los más necesarios para responder a los estragos de un terremoto, sino también uno de los más vulnerables. En la ciudad tal vez haya otros edificios y grupos de edificios de tamaño y construcción similares, pero posiblemente ninguno sea tan complejo desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo. Algunos de los aspectos privativos de los hospitales son:

- * Complejidad .- Los centros asistenciales son edificios muy complejos que sirven de hoteles, oficinas, laboratorios y depósitos. La función de "hotel" es bastante compleja, y no se limita al suministro de cuartos y camas, sino que comprende también la distribución diaria de alimentos a un gran número de personas, entre ellos pacientes, empleados y visitantes. Estos edificios por lo general tienen muchas salas pequeñas y un laberinto de pasillos. Tras un terremoto, tanto los pacientes como las visitas se sentirán muy confundidos. Es probable que se corte la luz y que los pasillos y las puertas de las habitaciones estén bloqueados por muebles caídos o escombros. Los ascensores no funcionarán, y las escaleras quizá se hayan derrumbado o no se puedan usar por algún otro motivo.
- * Ocupantes.- En los hospitales siempre hay mucha gente: pacientes, empleados médicos y visitantes. Los hospitales están ocupados 24 horas al día. Muchos pacientes no se pueden valer por sí mismo y necesitan permanentemente la atención de personal capacitado. Algunos están rodeados de aparatos especiales y usan gases que podrían ser perjudiciales, como oxígeno. Otros están conectados a sistemas para mantener la vida, que usan electricidad continuamente.

- * Suministros Críticos.- Muchos suministros de los hospitales (fármacos, tablillas, vendas, etc.) son esenciales para la supervivencia de los pacientes e imprescindibles para el tratamiento de las víctimas de los terremotos. Los registros de los pacientes son necesarios para garantizar que reciban tratamiento apropiado especialmente si deben ser evacuados. Si los locales donde se guardan los suministros y los registros sufren daños durante un terremoto, esos artículos no estarán disponibles justo en el momento en que más se los necesite.
- * Servicios Públicos.- Ninguna institución depende más de los servicios públicos que un hospital. Sin electricidad, agua, combustible, sistemas de evacuación de desechos, comunicaciones y libertad de movimiento para entrar y salir del edificio, no puede funcionar. Los aparatos de radiología, monitoreo, mantenimiento de la vida y esterilización, entre otros, necesitan electricidad. Para los grandes centros asistenciales, que tienen una organización compleja, los sistemas internos y externos de comunicaciones son imprescindibles. Las instalaciones de gran tamaño dependen también de los ascensores para el traslado de personas y suministros. Aun en un terremoto de intensidad moderada, los elevadores permanecerán fuera de servicio hasta que un técnico los inspeccione a fin de determinar si se han averiado.
- * Materiales Peligrosos.- En los hospitales se usan muchos productos que son peligrosos si se derraman o se fugan (por ej., si se caen estantes con fármacos o sustancias químicas tóxicas tanto en forma líquida como gaseosa). Ciertas reacciones químicas pueden causar incendios. Las botellas de gases caídas y las tuberías de oxígeno rotas también presentan numerosos peligros. Además, si los procedimientos o sistemas de seguridad normales dejan de funcionar, algunos fármacos susceptibles de abuso podrían ser robados.
- * Objetos Pesados.- En muchos hospitales hay aparatos o televisores en estantes elevados o cerca de las camas. Si se caen, podrían causar serios traumatismos. Otros aparatos especiales, como máquinas de rayos X y grupos electrógenos de emergencia, son bastante pesados y es posible que durante un terremoto se caigan o se deslicen por la sala.

- * Problemas Externos.~ Además de los problemas internos enumerados resultantes de los daños que sufrirían las instalaciones del hospital, los estragos que se produzcan en el vecindario impedirán el desarrollo normal de la labor de bomberos y policías, y es posible que se corte el teléfono. Al mismo tiempo, comenzará a llegar al hospital un número de heridos sin precedentes, así como amigos y familiares de los pacientes para enterarse de su estado. Es posible que el edificio deje de funcionar y que algunos miembros del personal mueran o sufran heridas cuando más se los necesite.

Es evidente, entonces, que al prepararse para un terremoto los hospitales se enfrentan con problemas que ninguna otra institución del vecindario tiene. La mayoría de los problemas señalados están relacionados con la seguridad estructural del edificio y con los componentes no estructurales. La seguridad estructural se debe tener en cuenta cuando se construye el edificio, de manera que no la abordaré en este artículo. Si el edificio tiene una estructura apropiada, resistirá el terremoto, aunque sea intenso. Sufrirá daños, pero no se derrumbará. Si un hospital se derrumba, aunque sea parcialmente, se convierte en una carga para el vecindario después del terremoto, en vez de ser útil. Este artículo se basa en el supuesto de que se han cumplido los requisitos estructurales.

Aunque un hospital se mantenga en pie tras un terremoto, es posible que deje de funcionar debido a daños no estructurales. El costo de los componentes no estructurales de la mayoría de los edificios es mucho más elevado que el costo de la estructura, especialmente en el caso de los hospitales donde entre el 85 y el 90% del valor de las instalaciones no radica en las columnas, pisos y vigas, sino en el diseño arquitectónico, los sistemas mecánicos y eléctricos y el equipo. Un temblor de poca intensidad podría causar daños no estructurales que arruinen los componentes estructurales. En consecuencia, los elementos más vitales de un hospital, los más directamente vinculados a su propósito y función, son los que un terremoto más fácilmente podría desbaratar o destruir. Sin embargo, esos elementos son también los más fáciles y los menos costosos de modificar a fin de evitar su avería o destrucción.

No basta que un hospital se mantenga en pie después de un terremoto: debe continuar funcionando como tal. Aunque la apariencia exterior sea la de un hospital, si adentro todo está en ruinas no podrá proporcionar los servicios necesarios a la población. Este artículo trata de la preven
ción del "desastre interno".

¿Qué diferencia hay entre componentes estructurales y no estructurales?

Es importante comprender cabalmente la diferencia entre los componentes estructurales y no estructurales de un edificio.

Los componentes estructurales son los que mantienen al edificio en pie: cimientos, columnas, paredes maestras y vigas, así como los pisos y te
chos diseñados para transmitir hasta los cimientos las fuerzas horizonta
les por las vigas y columnas. El diseño estructural de un edificio nue
vo o la modificación estructural de un edificio existente para que resista los terremotos es algo que sólo puede hacer un ingeniero o arquitecto es
pecializado. Las normas de diseño estructural antisísmico no protegen ne
cesariamente a los edificios contra daños irreparables, sino que impiden que el edificio o una parte del mismo se derrumbe y presente un peligro. Por lo tanto, las normas de diseño antisísmico protegen a los seres huma
nos, y no al edificio. Construir un edificio verdaderamente "a prueba de terremotos" es demasiado costoso o imposible. Sin embargo es posi
ble-y eficaz en función del costo- construir un edificio que se ciña a las normas de diseño antisísmico para proteger las vidas humanas, a fin de que no se derrumbe aunque sufra serios daños. Los edificios de dise
ño antisísmico resisten los terremotos de poca intensidad o de intensidad media, sin sufrir daños estructurales. Pasado un punto, sin embargo, como en el caso de los terremotos de gran intensidad, los componentes estructurales que sirven de soporte se deforman, se desplazan perma
nentemente y sufren daños, aunque continúan soportando el peso del edí
ficio y su contenido. En estos casos, la mayoría de las veces hay que demoler el edificio y construir uno nuevo, pero lo importante es que, si bien el edificio se deforma durante el terremoto, no causa heridos ni m
uertos.

En este marco resulta fácil comprender que es posible que un edificio su
fra muy pocos daños estructurales, o no sufra ninguno, y sin embargo

sufra una sacudida tan violenta que su contenido y sus componentes no estructurales queden prácticamente destruidos.

Los componentes no estructurales son los que se apoyan en los componentes estructurales (paredes divisorias, ventanas, cielos rasos, cocheras, etc.), los que desempeñan funciones esenciales (plomería, calefacción, aire acondicionado, cableado eléctrico, etc.) y los objetos que se encuentran en el interior del edificio. Por consiguiente, hay tres categorías básicas de componentes "no estructurales":

- 1) Componentes arquitectónicos,
- 2) Sistemas eléctricos y mecánicos, y
- 3) Contenido.

Es evidente que, en el caso de un hospital o centro asistencial, los componentes no estructurales son mucho más costosos que el edificio en sí. De hecho, por lo general los componentes estructurales no representan más del 15% del costo total del edificio. Si se agrega el costo del contenido y el equipo, los componentes no estructurales se convierten en el elemento más importante del costo del hospital.

En resumen, los componentes estructurales mantienen al edificio en pie. Generalmente no están a la vista, salvo en los subsuelos, ya que están cubiertos por las paredes y los cielos rasos. Los componentes no estructurales son todo lo demás: el contenido, los sistemas que posibilitan el funcionamiento del edificio y los elementos arquitectónicos visibles.

Medidas previas a los terremotos para mitigar los daños de los componentes no estructurales

El uso de los términos "previas a los terremotos" y "mitigar" en una misma oración es redundante. Mitigar los daños causados por terremotos significa hacer algo antes del terremoto a fin de reducir la severidad de sus efectos. En consecuencia, toda medida para mitigar los daños se toma, por definición, antes del terremoto. Sin embargo, lo decimos así para poner de relieve el hecho de que se puede hacer algo antes de la catástrofe para reducir considerablemente los daños y las pérdidas.

Los terremotos no se pueden evitar; lo que se puede evitar es que causen un desastre. Las medidas para mitigar los daños ocasionados por terremotos, especialmente en lo que concierne a los componentes no estructurales, son muy eficaces en función del costo en las zonas donde se producen terremotos periódicamente. De hecho, por cada dólar bien invertido en medidas preventivas se ahorran entre US\$100 y US\$1.000 en concepto de pérdidas ocasionadas por los terremotos. En términos monetarios, las medidas para mitigar los daños no son un costo, sino un ahorro. En términos de la reducción del número de muertos y heridos, los beneficios son aún mayores.

En los apartados siguientes proporcionaré más detalles. Por ahora me centraré en algunos principios generales para evaluar los riesgos de los componentes no estructurales y tomar medidas preventivas. Después mostraré su aplicación con ejemplos específicos.

Lo primero que hay que hacer para llevar a cabo un programa de medidas para mitigar los daños a los componentes no estructurales de un hospital es realizar una inspección completa y sistemática de las instalaciones a fin de determinar los peligros existentes y clasificarlos en tres categorías y en tres niveles de riesgo. Las tres categorías son:

- 1) Riesgo para la vida,
- 2) Riesgo de pérdida y
- 3) Riesgo de interrupción del funcionamiento.

En cada caso se debe indicar si el riesgo es bajo, moderado o alto.

Un ejemplo de un objeto que constituye un riesgo para la vida es un aparato montado en la pared sobre la cama de un paciente que podría caerse y herir o matar al paciente. Si el aparato no está sujeto (por ej., si está apoyado en un estante), el riesgo de que se caiga durante un terremoto es grande. Si está abulonado, pero en forma incorrecta, presenta un riesgo moderado. Si está bien sujeto y es poco probable que se caiga, presenta un riesgo bajo.

Un ejemplo de un objeto que se podría arruinar es una procesadora de textos de una oficina. Probablemente no se caiga ni cause traumatismos a nadie (aunque la posibilidad existe), y su pérdida tal vez no afecte el funcionamiento de los servicios esenciales del hospital, pero podría acarrear una pérdida monetaria considerable.

Un ejemplo de riesgo de interrupción del funcionamiento es un grupo electrógeno de emergencia. Si no está firmemente abulonado o confirmado, podría moverse causando la rotura de las conexiones eléctricas y la interrupción de su funcionamiento. En ese caso no se produciría una pérdida, ya que el equipo en sí no sufriría averías, sino que simplemente se romperían los amarres y las conexiones. No constituiría un riesgo para la vida, al menos no directamente, pero casi todos los aparatos de los hospitales, incluidos los aparatos para mantener la vida de los pacientes graves, necesitan electricidad para funcionar. Por consiguiente, en algunos casos un artículo podría presentar dos o tres tipos de riesgo: riesgo para la vida, riesgo de pérdida o riesgo de interrupción del funcionamiento.

El siguiente formulario, preparado por la compañía Reitherman, de Half Moon Bay, California, facilita la tabulación de los tipos y grados de riesgo que presentan los objetos que se encuentran en los hospitales (véase la Figura 1). No dude en reproducir y modificar este formulario a fin de adaptarlo a las necesidades del centro asistencial donde usted trabaja.

En el espacio donde se debe indicar de qué sala, lugar o instalación se trata se puede escribir: "habitación para pacientes", "sala de radiología", "sala de operaciones", "sala de urgencia", "oficina", "laboratorio", "pasillo", "sala de suministros", "sala de enfermeras", "sala de recién nacidos", "cocina", "cocheras", "escaleras", etc. Entre los artículos que hay que tener en cuenta y clasificar cabe señalar las luces, paneles del cielo raso, aparatos colocados sobre mesitas rodantes, archivos, aparatos especiales montados sobre soportes o paredes, estanterías, máquinas de escribir, macetas, televisores, ventanas, objetos de vidrio, soportes para dispositivos de infusión, tabiques, tuberías, substancias químicas, etc.

Después de indicar un componente no estructural que podría constituir un peligro y de señalar si presenta un riesgo para la vida, un riesgo de pérdida o un riesgo de interrupción del funcionamiento, es necesario tomar medidas apropiadas para reducir o eliminar el riesgo. Existen varias medidas preventivas de aplicación general que dan resultado en la mayoría de los casos. En otros se necesita inventiva. A continuación figura una lista de procedimientos generales que se han usado muchas veces en distintos lugares y han resultado eficaces:

1. Quitar el objeto.
2. Colocarlo en otro lugar.
3. Restringir su movilidad.
4. Amarrarlo.
5. Usar acopladores flexibles
6. Usar soportes.
7. Reemplazar el objeto
8. Modificarlo.
9. Contar con un objeto de reserva.
10. Responder y repararlo rápidamente.

En algunos casos es preferible quitar el objeto. Por ejemplo, una sustancia peligrosa que podría derramarse se podría guardar fuera de las instalaciones. Otro ejemplo es un revestimiento muy pesado, de piedra o concreto, en el exterior del edificio o en algunos balcones, que se podría desprender fácilmente durante un terremoto y poner en peligro a cualquier persona sobre la que caiga. Una posible solución sería usar dispositivos de amarre o anclaje más firmes, pero lo más eficaz es reemplazar los objetos de ese tipo.

En algunos casos, colocar el objeto en otro lugar es suficiente para reducir el riesgo. Por ejemplo, si hay un objeto muy pesado en un estante se podría caer y causar traumatismos graves, además de sufrir averías. Si se lo coloca en un estante bajo, no presentará ningún riesgo para la vida ni correrá el riesgo de pérdida. Asimismo, es mejor colocar las botellas con líquidos peligrosos en los estantes más bajos.

Restringir la movilidad de las botellas de gases y de los grupos de eléctricos es una buena medida. No importa si las botellas se mueven

un poco. Lo importante es que no se caigan y que las válvulas no se rompan, porque en ese caso se producirían fugas de gases a una presión elevada. En cuanto al grupo electrógeno de emergencia, es aconsejable colocarlo sobre resortes a fin de reducir el ruido y las vibraciones mientras funciona. Sin embargo, los resortes amplifican el efecto de los temblores. En consecuencia, alrededor de los resortes hay que colocar piezas de fijación o cadenas firmemente sujetas para evitar que el grupo electrógeno salte o se caiga.

Lo más común es el uso de dispositivos de anclaje. Es aconsejable abulonar, amarrar con cuerdas o con alambres, o sujetar firmemente por cualquier otro medio los objetos costosos o de gran tamaño que puedan caerse o deslizarse. Cuanto más pesado sea el objeto, mayor será la probabilidad de que se desplace debido a la inercia. Un buen ejemplo es los calentadores de agua (en los hospitales por lo general hay varios). Son pesados y se pueden caer fácilmente, causando la rotura de tuberías de agua y de conductos de electricidad o combustible, lo cual presenta un peligro de incendio o inundación. La solución más sencilla consiste en amarrar la parte superior y la parte inferior del calentador con tiras de metal a una pared firme o a otro soporte.

A veces se necesitan acopladores flexibles entre edificios y tanques exteriores, entre distintas secciones de un mismo edificio, y entre edificios, porque en un terremoto cada objeto se mueve en una dirección diferente. Algunos objetos se mueven rápido o a frecuencias elevadas, otros se mueven despacio o a frecuencias bajas. Si un tanque exterior está conectado a un edificio por medio de un caño rígido, éste se romperá durante un terremoto porque el movimiento del tanque diferirá del movimiento del edificio en frecuencia, dirección y amplitud. El uso de un caño flexible para conectar el tanque al edificio evitará las roturas de ese tipo.

En algunos casos conviene usar abrazaderas o colocar refuerzos. Por ejemplo, los cielos rasos colgantes generalmente cuelgan de alambres que resisten únicamente la fuerza de gravedad. Las múltiples fuerzas horizontales y de torsión de los terremotos los harán caer fácilmente. Aunque los paneles son livianos y por lo general no causan daños cuando se caen, en los cielos rasos colgantes a veces hay lámparas muy pesadas, que pueden

lastimar seriamente a cualquier persona sobre la que caigan. Además, es posible que las conexiones eléctricas se desprendan, creando un peligro de incendio.

A veces es necesario reemplazar los objetos que podrían constituir un peligro en casos de terremoto con otros que no presenten ningún riesgo. Por ejemplo, un techo de tejas pesadas no sólo coloca un gran peso en la parte superior del edificio, haciéndolo más susceptible a los movimientos sísmicos del terreno, sino que además las tejas se podrían caer y lastimar a la gente o dañar objetos. La solución sería reemplazar ese techo con otro más liviano y seguro.

En algunos casos es posible modificar un objeto para que no presente riesgos si se produce un terremoto. Por ejemplo, cuando un edificio se tuerce y se contorsiona debido a un movimiento sísmico, los vidrios de las ventanas se hacen añicos, lanzando trozos puntiagudos hacia el interior del edificio, donde pueden lastimar a los ocupantes. En cambio, si en la cara interior de los vidrios se colocan láminas de plástico transparente, los trozos de vidrio no se esparcirán. Las láminas de plástico son invisibles, pero evitan la posibilidad de que una ventana cause daños.

Siempre es una buena idea contar con planes de reserva para situaciones de emergencia y con suministros adicionales de ciertos artículos bien guardados en cajas, en sitios donde permanezcan accesibles después de un terremoto.

La respuesta y reparación rápidas son un método de mitigación que se utiliza en las tuberías de largo recorrido. A veces es poco lo que se puede hacer para evitar que las tuberías se rompan en un lugar determinado. Por esa razón se conservan a mano materiales para repararla y se toman medidas para facilitar el rápido acceso al sitio en caso de que las tuberías se rompan durante un terremoto. En el hospital se deben tener a mano algunas piezas de plomería, electricidad, etc. así como herramientas apropiadas, a fin de reparar rápidamente los objetos averiados. Esta medida de mitigación constituye el último recurso, pero se puede iniciar antes del terremoto, mientras que el resto del plan se puede poner en práctica después.

Por ejemplo, durante un terremoto se pueden romper algunos caños de agua. Tal vez no sea posible amarrar cada caño y tomar medidas para eliminar por completo este riesgo, pero sí es posible tener a mano herramientas para efectuar reparaciones rápidamente. Con la planificación previa a los terremotos, una inversión mínima en ciertos suministros y algunas medidas de precaución se pueden evitar los daños causados por el agua y ahorrar millones de dólares.

Estas diez medidas generales son aplicables a casi todas las situaciones. Sin embargo, en algunos casos deberá recurrir a su inventiva e idear otras medidas de mitigación.

Las fuerzas Sísmicas

Para realizar la inspección y evaluación del riesgo de los componentes no estructurales, es necesario comprender algunos principios de la física. Los daños causados por terremotos se deben principalmente a los temblores del suelo. Los temblores ocasionan daños de dos maneras:

- 1) Por efecto de la inercia y
- 2) Por deformación.

La inercia guarda relación con la masa o el peso del objeto. Cuanto más pesado sea el objeto, mayor será la inercia resultante de las fuerzas sísmicas. Por ejemplo, un aparato de laboratorio muy pesado tal vez esté apoyado sobre el piso, sin ningún dispositivo de amarre, debido a la creencia errónea de que si se produce un terremoto no se moverá porque es muy pesado. Durante un terremoto de intensidad suficiente como para dañar una parte del edificio, este aparato se moverá. Si es más pesado en la parte superior, se volcará. De lo contrario, se deslizará por el piso y podría aplastar a alguien, destruir otros objetos de laboratorio o bloquear una puerta. La fuerza de un terremoto es enorme. Es una de las fuerzas más poderosas de la naturaleza. Si un terremoto es capaz de levantar y desplazar un edificio o una ciudad completa, no cabe duda de que puede levantar y desplazar un aparato aunque pese varias toneladas.

Además de la inercia, el terremoto deforma edificios y objetos. Algunas cosas se doblan y se deforman sin romperse (por ej., los objetos de metal).

Otras son quebradizas y se astillan cuando se doblan demasiado. Eso es lo que ocurre con los ladrillos, el hormigón y la mampostería cuando las fuerzas de torsión son muy poderosas.

Al inspeccionar el hospital, especialmente los componentes mecánicos, arquitectónicos y de calefacción/ventilación, pregúntese si un objeto en particular es susceptible a la inercia o a las fuerzas de torsión, o a ambas. Es necesario tener en cuenta esos aspectos a fin de tomar medidas preventivas apropiadas.

En muchos casos, cualquier persona puede reconocer, diagnosticar y prescribir las medidas necesarias para mitigar los efectos de los terremotos en los componentes no estructurales, y no se necesitan conocimientos o experiencia en el campo de la ingeniería. Por supuesto, se necesita sentido común y buen criterio, pero no una gran pericia técnica. Entre los componentes no estructurales que no requieren la intervención de expertos en la inspección y en la adopción de medidas de precaución se encuentran los siguientes:

Muebles pequeños

Aparatos pequeños apoyados en mesas o mostradores, especialmente si no son imprescindibles.

Armarios

Archivos

Estanterías colgadas de la pared

Objetos apoyados sobre estantes

Calentadores (de tamaño similar a los de uso doméstico)

Lámparas

Láminas de plástico para evitar la dispersión de fragmentos de vidrio de las ventanas.

Los objetos precedentes son algunos de los que cualquier persona puede reconocer y tomar precauciones al respecto. En otros casos, es mejor que el diagnóstico y las medidas de mitigación se lleven a la práctica bajo la supervisión de un ingeniero especialmente capacitado. Entre los componentes no estructurales para los cuales se aconseja la intervención de un ingeniero se encuentran los siguientes:

Aparatos mecánicos, como bombas, acondicionadores de aire, ventiladores, etc.

Aparatos eléctricos de gran tamaño, como transformadores o commutadores.

Aparatos grandes o pesados, como máquinas de rayos X o dispositivos de exploración.

Paredes de las que cuelgan estanterías o aparatos pesados.

Aparatos de importancia crítica debido al peligro que podrían presentar (por ej., radiactividad).

Aparatos de importancia crítica debido a su costo elevado (por ej., equipo de medicina nuclear).

Aparatos de importancia crítica debido a que desempeñan una función esencial (por ej., grupos electrógenos de emergencia).

En algunos casos, los códigos municipales o provinciales exigen que cualquier cambio que se realice sea aprobado por un inspector del gobierno. Esas normas podrían abarcar los siguientes componentes no estructurales:

Tabiques interiores.

Cielos rasos.

Armario de más de un metro y medio de altura o que estén sujetos a las paredes o al cielo raso.

Bastidores de más de un metro y medio de altura.

Equipo de cocina.

Ascensores o montaplatos.

Ciertos aparatos mecánicos y eléctricos.

Piezas de plomería y tuberías.

Tanques de agua.

Bombas y motores

Tuberías y rociadores para incendios.

Grupos electrógenos, baterías y combustibles.

Conmutadores telefónicos.

Botellas de gases de uso médico.

Aparatos de uso médico sujetos al cielo raso.

Aparatos de rayos X.

Equipo de laboratorio.

Hay que cerciorarse de que las medidas de mitigación que se adopten se ciñan a los reglamentos y códigos vigentes.

Medidas específicas de mitigación de los efectos en componentes no estructurales

Primero abordaré brevemente las medidas de índole arquitectónica; después, las aplicables a componentes mecánicos y eléctricos, también en forma sucinta, y por último examinaré en detalle el contenido y los aparatos de uso médico especializados.

Consideraciones de índole arquitectónica

Las ventanas son peligrosas durante los terremotos. Están colocadas en marcos rectangulares que en un terremoto pueden tomar la forma de paralelogramos, haciendo añicos el vidrio y lanzando fragmentos puntiagudos hacia el interior del edificio. Se han encontrado trozos de vidrio clavados en pisos de madera y en muebles de madera a seis metros de la ventana. Si bien durante un terremoto es aconsejable alejarse de inmediato de cualquier objeto de vidrio, la mejor manera de protegerse es tomar medidas para evitar la dispersión de los fragmentos. Eso se puede lograr de dos formas: dejando suficiente espacio entre el vidrio y el marco al instalar las ventanas y rellenando el espacio con un producto de vidriado, para que el vidrio no se quiebre si el marco se deforma (hasta cierto punto), o recubriendo la cara interior del vidrio con una lámina de plástico resistente, que si bien no impide que el vidrio se rompa, evita la dispersión violenta de los fragmentos en el interior del edificio.

Por razones arquitectónicas, algunos edificios tienen un revestimiento de piedra u hormigón. El revestimiento debe estar firmemente sujeto a los componentes estructurales del edificio a fin de que resista la fuerza del terremoto. De lo contrario, hay que quitarlo y reemplazarlo a fin de que no presente graves peligros para la gente y los objetos.

El relleno de mampostería consiste en la colocación de ladrillos, piedra o bloques de cemento entre las columnas. Si durante un terremoto la mampostería se derrumba o sufre daños, no causará el derrumbe del edificio ni daños estructurales, pero constituye un peligro porque podría lesionar a cualquier persona o arruinar cualquier objeto sobre el que caiga. Un ingeniero deberá evaluar las posibilidades de que eso ocurra.

Las salas y habitaciones grandes comúnmente están divididas por medio de tabiques, a los cuales a veces se adosan estanterías. Durante un terremoto, los tabiques se podrían caer y no sólo ocasionar lesiones, sino también bloquear las puertas, dificultando la evacuación y el desplazamiento en el edificio. Es necesario sujetar los tabiques tanto en la parte inferior como en la parte superior para evitar que se caigan.

Los cielos rasos y las lámparas son especialmente vulnerables a las vibraciones causadas por terremotos. Los cielos rasos colgantes se pueden derribar con un terremoto de intensidad moderada. Si en los cielos rasos hay lámparas, el peso adicional aumenta su vulnerabilidad. Los cielos rasos por lo general están colgados con alambres. Cerciórese de que haya suficientes alambres y que estén colocados en ángulos apropiados para evitar los movimientos laterales en cualquier dirección.

Se podrían tener en cuenta también otros factores arquitectónicos, pero las medidas más eficaces en función del costo que se pueden tomar en relación con componentes no estructurales son las aplicables a sistemas eléctricos y mecánicos, y en particular al contenido del edificio. Por esa razón me referiré en más detalle a esos aspectos.

Sistemas mecánicos y eléctricos

Los cielos rasos colgantes de las salas y pasillos de los hospitales ocultan un laberinto de tuberías, respiraderos y conductos para cables, que integran los sistemas de ventilación, abastecimiento de agua, comunicaciones, suministro de electricidad y otros servicios públicos fundamentales para el hospital. Detrás de las paredes y debajo del piso hay tuberías para aguas residuales y otros servicios esenciales. Además de las redes de distribución, hay cajas de conmutadores y terminales, bombas, compresores, motores, computadoras y otros mecanismos complejos y dispositivos electrónicos.

Todas las tuberías y respiraderos elevados deben estar firmemente anclados y especialmente reforzados en los empalmes o conexiones. En algunos casos es mejor usar conexiones flexibles; en otros se necesitan conexiones rígidas. Esa es una decisión de índole técnica.

Los calentadores son muy vulnerables y pueden presentar un gran peligro. Son pesados, de manera que si un temblor los sacude, están a merced de la inercia. Durante los movimientos sísmicos, tienden a volcarse fácilmente. Al caer, quiebran caños de agua, causando inundaciones y bloqueando los esfuerzos para combatir los incendios.