

## CAPITULO 4

# VULNERABILIDAD DE LOS HOSPITALES

### VULNERABILIDAD DE LOS HOSPITALES

Los hospitales son instalaciones esenciales para enfrentar un desastre, pero son altamente vulnerables. Quizás tengamos otros edificios e instalaciones de igual tamaño y construcción en una ciudad, pero ninguno tan complejo desde el punto de vista funcional, tecnológico y administrativo. Entre las características que los hacen especialmente vulnerables se pueden mencionar:

**Complejidad.** Los centros de salud son edificios muy complejos que suplen las funciones de hotel, oficinas, laboratorio y bodega.

El solo aspecto de hotel es supremamente complejo ya que involucra no sólo alojamiento, sino provisiones alimenticias para un amplio número de personas, incluyendo pacientes, empleados y visitantes. Estos centros por lo general contienen numerosas habitaciones pequeñas y un gran número de largos corredores. Después de un desastre, los pacientes y visitantes estarán muy confundidos. Tal vez no haya fluido eléctrico. Los corredores y las salidas de las habitaciones pueden estar bloqueadas por muebles caídos o escombros. Los ascensores no funcionarán y las escaleras pueden haberse caído o estar en condiciones de difícil uso.

**Ocupación.** Los hospitales son edificios con un alto índice de ocupación. Alojan pacientes, empleados, personal médico y visitantes. Están ocupados 24 horas al día. Muchos pacientes requerirán ayuda y cuidado especializado continuamente. Pueden estar rodeados de equipo especial y tal vez utilicen gases potencialmente peligrosos como el oxígeno. Igualmente, pueden estar conectados a equipos que mantienen la vida los cuales exigen fluido eléctrico permanentemente.

**Suministros críticos.** La mayoría de los suministros que requieren las instalaciones hospitalarias (farmacéuticos, tablillas, vendajes, etc.) son esenciales para la sobrevivencia del paciente y son cruciales para el tratamiento de víctimas de terremotos. Las historias de los pacientes son vitales para el tratamiento adecuado, especialmente en caso de evacuación a otros centros. El daño a las

zonas de almacenamiento y archivo hará imposible la obtención de estos elementos en el momento en que más se necesitan.

**Servicios públicos.** Ninguna institución depende más de los servicios públicos que los hospitales. Sin electricidad, agua, combustibles, recolección de basuras, comunicaciones, libre egreso de y hacia, no podrían funcionar. Los equipos de radiología, monitoreo, soporte de vida, esterilización y demás requieren energía.

La compleja organización de las instalaciones para el cuidado de la salud hace que los sistemas de comunicación interna y externa sean críticos.

Las instalaciones más grandes dependen de los ascensores para movilizar gente y suministros. Aun en un terremoto moderado, por ejemplo, los ascensores estarán fuera de servicio hasta que puedan ser inspeccionados para detectar posibles daños.

**Materiales peligrosos.** Varios productos de un hospital serán peligrosos si se derraman o liberan. Los estantes que se voltean con medicamentos o químicos pueden constituir amenazas por toxicidad tanto en forma líquida como gaseosa. Los incendios pueden iniciarse por acción de químicos; cilindros de gas volteados o la ruptura en líneas de oxígeno pueden plantear serios peligros. Además algunas drogas pueden convertirse en objetos de abuso al romperse las normas de seguridad.

**Artículos pesados.** Muchos hospitales tienen equipo o televisores en estantes altos encima o cerca a las camas de los pacientes; éstos pueden caer y causar serios accidentes. Otras piezas de equipo especializado tales como máquinas de rayos X, generadores alternos, son pesados y susceptibles de ser derribados o lanzados por la habitación durante el terremoto.

**Problemas externos.** Además de los problemas internos enumerados anteriormente causados por daños a la instalación hospitalaria misma, el daño sufrido por la comunidad impedirá el acceso de los bomberos, de la policía, y tal vez, del servicio telefónico, mientras que habrá una entrada sin precedentes de heridos. Igualmente, habrá muchedumbres buscando información sobre pacientes en el hospital. En el momento que más se requiera, el edificio puede dejar de ser funcional y el personal médico puede haber muerto o encontrarse herido.

### **Vulnerabilidad funcional**

Desde el punto de vista funcional es necesario hacer referencia a los aspectos externos, relativos a la selección del terreno, su tamaño, los servicios públicos, las restricciones ambientales, las vías adyacentes y su conexión con el entramado urbano. Igualmente, es necesario abordar los aspectos relativos a la zonificación general, es decir a las interrelaciones, circulaciones primarias y secundarias, privadas y públicas y a los accesos generales y particulares de las

áreas básicas en que se subdivide el hospital. Finalmente, debe tenerse en cuenta la zonificación particular, es decir, los aspectos de funcionamiento interno de cada uno de los cinco sectores que conforman el hospital.

Un edificio hospitalario está compuesto por cinco áreas básicas, cada una con funciones determinadas y propias. Estas áreas se interrelacionan íntimamente para el funcionamiento armónico del hospital. La relación entre dichas áreas o sectores: Administración, Servicios Intermedios o Ambulatorios, Servicios Generales, Consulta Externa y Urgencias y Hospitalización, puede resultar crítica si en el diseño no se consideró su funcionamiento y distribución en el caso de atención masiva de pacientes. Un hospital puede ser víctima de un «colapso funcional» como consecuencia de esta situación, la cual sólo es detectada en el momento en que ocurre una emergencia. A las áreas antes mencionadas es importante adicionarle un área de especial utilidad en casos de desastre: el área exterior, la cual juega un rol de particular importancia para la atención de desastres.

### **Vulnerabilidad no-estructural**

Un edificio puede quedar en pie luego de un desastre y quedar inhabilitado debido a daños no estructurales. El costo de las partes no estructurales en la mayoría de los edificios es considerablemente mayor que el de las estructurales. Esto se cumple especialmente en hospitales donde el 85 a 90% del valor de la instalación no está en las columnas de soporte, pisos y vigas, sino en el diseño arquitectónico, sistemas mecánicos y eléctricos y en el equipo allí contenido. Un movimiento sísmico de menor intensidad causará daños no estructurales mayores que los que resultarían de daños a componentes estructurales. Por lo tanto, los aspectos más vitales de un hospital, aquellos que se relacionan más directamente con su propósito y función, son los que más fácilmente se ven afectados o destruidos por los terremotos. Igualmente es más fácil y menos costoso readaptarlos y prevenir su destrucción o afectación.

No basta con que un hospital simplemente no se caiga después de un terremoto, sino que debe seguir funcionando como hospital. Puede quedar con la apariencia externa de un hospital, pero si las instalaciones internas están afectadas, no podrá ser utilizado para atender pacientes. Este aparte está enfocado básicamente a enfatizar la prevención del «desastre interno» o lo que técnicamente se denomina «falla no estructural» y también se refiere a las fallas no estructurales que pueden afectar la integridad de la estructura misma.

### **Acabados arquitectónicos**

En cuanto a arquitectura, 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.

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 se denomina «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 apropiadas 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. Se sabe que dichas «columnas cortas» fallan en terremotos puesto que la flexibilidad y la resistencia con que originalmente se construyeron se han alterado.

### **Instalaciones y equipos**

Los incidentes observados en sismos pasados pueden ilustrar el tipo de problemas que pueden presentarse:

- ☞ Volcamiento de cilindros de oxígeno y de gases inflamables, con pérdida de su contenido, creando una situación de alta peligrosidad.
- ☞ Volcamiento del generador de emergencia debido a la corrosión y poca resistencia del anclaje con la fundación, causando interrupción del sistema de energía y creando un peligro que puede conducir a un incendio.
- ☞ Volcamiento total o parcial de transformadores de alto voltaje y derramamiento de aceite, causando también interrupción del sistema de energía de emergencias y creando una situación de incendio potencial.
- ☞ Desplazamiento de la consola de control de comunicaciones telefónicas, causando una interrupción temporal de las

comunicaciones del hospital.

- ↳ Volcamiento de estanterías para el almacenamiento y rompimiento de los frascos de los gabinetes, dando como resultado la pérdida de su contenido y por consiguiente la pérdida de drogas y medicamentos requeridos.
- ↳ Caída de equipos de laboratorio y rompimiento de sistemas de instrumentación tales como microscopios y computadores.
- ↳ Rompimiento de los cables y caída de los contrapesos de los ascensores.

En cuanto a las instalaciones mecánicas, se han presentado casos en los cuales los muros estructurales 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 estructurales, lo cual podría dar como resultado fallas o colapso parcial durante un terremoto, aun cuando el diseño inicial era sismo-resistente.

### **Vulnerabilidad estructural**

Es fácil concluir que los hospitales tienen problemas para prepararse para un desastre, más que ningún otro servicio. Muchos de los problemas mencionados anteriormente se originan en deficiencias de la seguridad estructural y no estructural del edificio. El componente estructural debe ser considerado durante la etapa de diseño y construcción, cuando se trata de un nuevo edificio, o durante una etapa de reparación, remodelación o mantenimiento, cuando se trata de un edificio ya construido. Un buen diseño estructural es la clave para que la integridad del edificio sobreviva, aun en un terremoto severo. Posiblemente pueden presentarse daños, pero seguramente no entrará en colapso. Si un hospital se desploma, aun parcialmente, será un pasivo para la comunidad después del desastre y no el activo que debe ser.

Por otra parte, en la planeación de un hospital es necesario tener en cuenta que una de las mayores causas de daños en edificaciones ha residido en esquemas de configuración arquitectónico - estructural nocivos. Puede decirse de manera general que el alejamiento de formas y esquemas estructurales simples es castigado fuertemente por los sismos. Y además que, desgraciadamente, los métodos de análisis sísmico usuales no logran cuantificar adecuadamente la mayoría de estos problemas. De cualquier forma, dada la naturaleza errática de los sismos, así como la posibilidad de que se exceda el nivel de diseño, es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones riesgosas, independientemente del grado de sofisticación que sea posible lograr en el análisis de cada caso.

Infelizmente, en muchos países de América Latina la

aplicación de las normas de construcción sismo-resistente no han sido efectivamente aplicadas y en otros dichas normas no han considerado especificaciones especiales para las estructuras de edificaciones hospitalarias. Por esta razón, no es extraño que cada vez que ocurre un terremoto en la región las edificaciones más afectadas son precisamente los hospitales, que deberían ser las últimas en ser afectadas. En otras palabras, la vulnerabilidad estructural en general de los hospitales es alta, situación que debe ser corregida total o parcialmente con el fin de evitar enormes pérdidas económicas y sociales, en particular en los países en desarrollo.

## **EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD**

En las instalaciones para la salud es una responsabilidad evaluar la vulnerabilidad local que dichas instalaciones tienen ante la posible ocurrencia de amenazas naturales, con el fin de obtener estimaciones precisas de los niveles de riesgo existentes. Una vez elaborado este tipo de análisis, con la información obtenida se podrá decidir cuánto riesgo se está en disposición de aceptar.

Un análisis de vulnerabilidad podría comenzar con una inspección visual de las instalaciones y con la preparación de un reporte preliminar de evaluación. Esta inspección permite identificar áreas que requieran atención. El reporte puede ser discutido con los consultores y las autoridades de la instalación con miras a definir las prioridades y los cronogramas para llevar a cabo el trabajo. Una vez el programa de reforzamiento ha sido diseñado, otras revisiones y análisis deben desarrollarse en áreas específicas identificadas para ser intervenidas.

### **Aspectos funcionales**

Los primeros aspectos que deben verificarse en la evaluación de la vulnerabilidad funcional son los relacionados con la infraestructura. Esta incluye los recursos físicos externos de los cuales depende el hospital, tales como las comunicaciones, el suministro de agua, alcantarillado, energía y los sistemas de información de la instalación.

Las líneas de teléfonos pueden ser seriamente dañadas por eventos naturales; no obstante que las líneas subterráneas no son susceptibles a huracanes y son, normalmente, lo suficientemente aisladas y flexibles para resistir daños causados por inundaciones y sismos.

El sistema principal de suministro de agua que consiste normalmente de estaciones de bombeo, plantas de tratamiento de agua y tuberías subterráneas puede sufrir interrupciones debido a fallas en el bombeo y más, frecuentemente, debido al rompimiento de las tuberías. Por esta razón, los hospitales deben tener tanques de reserva, los cuales deben estar incorporados al sistema de suministro diario, con el fin de garantizar que el agua se encuentre

en buenas condiciones en el momento que ocurra la emergencia.

El sistema de suministro de energía tiene como partes más vulnerables generadores, líneas de alta tensión, subestaciones y equipos localizados sobre el terreno. Los transformadores y equipos de aisladores de porcelana son los puntos más débiles, puesto que los daños pueden producir incendios. Los postes de las líneas son particularmente vulnerables a vientos fuertes. Hay por lo tanto buenas razones para que las instalaciones de la salud cuenten con generadores de emergencia que puedan entrar en operación en cualquier momento.

Durante sismos, la vulnerabilidad de tuberías de acueducto, alcantarillado, gas y combustibles depende de su resistencia y flexibilidad. Una alta flexibilidad de las tuberías puede evitar el rompimiento durante un sismo moderado; los asentamientos diferenciales pueden ser compensados y el desplazamiento del suelo no necesariamente conduciría a una ruptura. Especial atención se le debe dar a las conexiones en los edificios, las cuales necesitan cumplir requerimientos especiales de diseño.

Un análisis detallado de las áreas externas, de las vías de acceso y de la interrelación de los sectores que conforman el servicio hospitalario puede aportar interesantes recomendaciones de redistribución funcional y de habilitación de áreas, que en una situación de emergencia serían de especial utilidad para atender afectados en forma masiva. En los módulos de esta serie se hacen sugerencias específicas de diseño funcional, con el fin de que sean consideradas en nuevos diseños o para evaluar la vulnerabilidad funcional de hospitales existentes.

Medidas particulares contra sismos y otro tipo de eventos han sido propuestas e implementadas en varios países de la región. Ellas son de gran importancia porque garantizan la protección contra daños dentro de la instalación. Situaciones que deben ser evitadas en lo posible: las señales y los planos de orientación en cada piso no deben ser confusos para los visitantes; debe tenerse en cuenta que posiblemente el fluido eléctrico se interrumpa; los ascensores no deben ser usados aun cuando estén en capacidad de operación, por lo tanto para el descenso deben utilizarse las escaleras aun cuando en el caso de un terremoto, puede haber desmoronamiento de escombros debido a que los elementos rígidos entre pisos atraen fuerzas altas y son propensos a los daños; las puertas pueden atascarse por el movimiento de la edificación y muchas pueden dificultar el egreso de la instalación; debe enfatizarse que aun cuando no se presenten daños no-estructurales y la instalación pueda continuar su operación, es necesario que se realice una inspección de la estructura en forma inmediata por profesionales capacitados para el efecto.

### **Aspectos no-estructurales**

Dentro de los elementos no-estructurales se incluyen muros exteriores no-portantes, paredes divisorias, sistemas de tabiques interiores, ventanas, cielo rasos, ascensores, equipos mecánicos y eléctricos, sistemas de alumbrado y la dotación del edificio. Los daños no-estructurales frecuentemente son los causantes de enormes pérdidas, particularmente a causa de terremotos. Los daños en componentes no-estructurales pueden ser severos, aunque la estructura de la edificación permanezca intacta.

Las implicaciones en los costos pueden ser altas, dado que la estructura del edificio sólo representa entre 15% y 20% del costo total de la edificación. Por lo tanto, entre más vulnerables sean los elementos no-estructurales a los sismos y a otras amenazas naturales, mayor será el riesgo para los ocupantes y mayores serán las pérdidas esperadas.

La interrupción de los servicios puede ser agravada por el hecho de que los códigos de diseño no tienen normalmente en cuenta requerimientos específicos para el diseño de sistemas mecánicos y eléctricos. La experiencia ha demostrado que los efectos de segundo orden causados por daños no-estructurales pueden agravar significativamente la situación. Por ejemplo, cielos rasos y acabados de paredes que caen sobre corredores o escaleras pueden interrumpir el tráfico; incendios, explosiones y escapes de sustancias químicas pueden ser peligrosos para la vida. Los daños en los servicios pueden hacer que un moderno hospital se convierta en una instalación virtualmente inútil porque su funcionamiento depende de los mismos.

En gran parte la dotación de las instalaciones de la salud es esencial para la operación de éstas. Equipos costosos para registro de los pacientes son muy necesarios inmediatamente después de un sismo o un huracán. Los códigos de construcción no cubren este tipo de equipos, razón por la cual las medidas de protección deben ser consideradas por los administradores y el personal de manejo.

En muchos casos, personas sin formación especializada podrían realizar una evaluación preliminar del nivel de riesgo mediante el uso de las técnicas que se presentan en los documentos de esta serie y teniendo en mente dos preguntas básicas para cada elemento no-estructural en consideración:

- ☞ ① Podría algo causarle daño a dicho elemento en caso de un sismo?
- ☞ ② Podría la interrupción de su funcionamiento ser un problema serio?

Esto producirá una lista preliminar de elementos para una consideración más detallada. En esta etapa es preferible ser conservador y sobreestimar vulnerabilidades que ser optimista (ver Cuadro 3).



### **Aspectos estructurales**

Debido a que muchas edificaciones hospitalarias fueron construidas hace mucho tiempo y otras no han sido diseñadas ni construidas con normas sismo-resistentes, surgen dudas con respecto a la seguridad que dichas edificaciones ofrecen para cumplir adecuadamente su función en caso de un terremoto, principalmente cuando éstos son necesarios para la atención de una emergencia sísmica y han sido diseñados solamente

para atender las cargas de su peso propio. En estos casos se hace imperativa una revisión lo más detallada posible de la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes. Debe tenerse presente que la dificultad de construir nuevas instalaciones hospitalarias en zonas sísmicas, debido a su alto costo, hace imperativo el reforzar las existentes. El diseño del refuerzo debe pasar necesariamente por un análisis de la capacidad disponible de resistencia y ductilidad ante sismos, así como de la vulnerabilidad funcional, organizativa y administrativa del hospital, antes de realizar su mejoramiento.

En el caso de edificios esenciales para la recuperación pos-sísmica, es necesaria la realización de un análisis juicioso. Para ello se dispone de métodos analíticos y experimentales. Estos últimos determinan el comportamiento dinámico de la estructura por medición directa de vibraciones ambientales. Sin embargo, tienen la desventaja que no aportan más información que la correspondiente a las características dinámicas de la construcción bajo vibraciones de pequeña amplitud. Esto los hace insuficientes para responder inquietudes sobre resistencia, disipación de energía, etc., razón por la cual deben ser complementados con métodos puramente analíticos.

En América Latina las edificaciones usualmente son de concreto reforzado, mampostería de ladrillo y edificaciones de madera con techos livianos. La evaluación de la vulnerabilidad estructural de este tipo de edificaciones deben realizarla ingenieros especializados.

De acuerdo con lo examinado anteriormente, la evaluación del estado de una construcción existente puede hacer surgir serias dudas sobre la capacidad de la misma para soportar eventos sísmicos. En algunos países se han desarrollado campañas de reforzamiento de edificios existentes para efectos de reducir la vulnerabilidad de los mismos. En principio, puede pensarse que el reforzamiento debería ser obligatorio para edificios esenciales para la atención de emergencias derivadas de desastres, y que resulten inadecuados luego de las evaluaciones de vulnerabilidad estructural.

## **REDUCCION DE LA VULNERABILIDAD**

El riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre dichos elementos. Medidas estructurales, como el desarrollo de obras de protección y la intervención de la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo; medidas no estructurales, como la regulación de usos del suelo; la incorporación de aspectos preventivos en los presupuestos de inversión y la realización de preparativos para la atención de emergencias, pueden reducir las consecuencias de un evento sobre una región o una población.

Todo esto debe hacerse antes de un desastre. Aquello que se hace antes de un evento para reducir o prevenir los daños que puede ocasionar se le denomina «mitigación de riesgos». Aquello que se

hace después se conoce como «respuesta». Este aparte se centra únicamente en la mitigación para el caso de las instalaciones de la salud, y en particular de los hospitales.

La mitigación de los efectos producidos por desastres mediante la adopción de medidas preventivas es una actividad altamente rentable en zonas donde se experimentan eventos recurrentemente. Por cada peso que se gaste adecuadamente en mitigación antes de su ocurrencia, se ahorrarán enormes costos representados en pérdidas que no sucedieron. La mitigación no tiene costo. A largo plazo, se paga. Se paga en dinero real, y en vidas salvadas.

### **Intervención funcional**

Tradicionalmente, la distribución funcional de los hospitales no considera dentro de sus determinantes de diseño la atención masiva de heridos. Considerando este aspecto, se deben identificar adecuaciones y la necesidad, en algunos casos, de efectuar algunas variaciones en el diseño de diversas áreas que ayudarían a la mitigación de desastres en el edificio.

No solamente con fines de mitigación y prevención, sino con fines de administración del hospital, se considera fundamental explorar la posibilidad de que el sector de Servicios Generales esté separado del bloque general. Las siguientes son las razones por las cuales se debe contemplar esta medida en el diseño arquitectónico hospitalario:

- ☞ En el sector de Servicios Generales por lo regular está ubicada la zona de calderas, que en la mayoría de los casos se convierten en peligrosas bombas de tiempo que pueden producir desastres incalculables en caso de una eventual explosión.
- ☞ Algo similar puede decirse en relación con la central de distribución de gases del hospital, situación que si bien es cierto aumentaría los costos de intervención, al comparar dicho costo con el costo de los daños que podrían evitarse resulta poco significativo.
- ☞ Otro servicio que comúnmente se ubica en este sector es la planta de emergencia. Servicio que también podría quedar independiente, no tanto por los riesgos que ofrece, sino por su posible utilización en momentos críticos.
- ☞ Por las mismas razones, se podría considerar conveniente ubicar en este sector los servicios de telefonía, radiocomunicación, etc., que al igual que para el sistema de energía en el caso de una situación de desastre su utilización podrá ser factible.
- ☞ También resulta deseable situar en esta área en lo posible los tanques de almacenamiento del hospital. Ya que éstos en la mayoría de los casos están ubicados en los pisos superiores del edificio, aumentando las cargas en la estructura, convirtiéndose en un factor de riesgo más.
- ☞ Por su naturaleza, sería conveniente también localizar dentro

de la estructura propuesta, el Servicio de Cocina, dado que contaría con los otros servicios de agua, luz y gas.

- ☞ Algo similar sucedería con el Servicio de Lavandería, con el cual se completaría el paquete de posibles ofertas de servicios disponibles y en funcionamiento, ya sea para atender la totalidad o algunas áreas del hospital afectado por el evento o para un posible hospital a campo abierto.

Es conveniente anotar que lo anterior puede ser posible si se cuenta con la intervención de todo un equipo multidisciplinario, donde participen además del personal médico y paramédico, ingenieros, arquitectos, planificadores, etc., que tendrían como objetivo hacer un planteamiento general de acciones, responsabilidades, movimientos y soluciones físicas, las cuales obviamente son más factibles en nuevos diseños pero también pueden ser implementadas en cierto tipo de instalaciones existentes.

Por otra parte, uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista funcional es la debida señalización del hospital. Esta es importante no solamente para la orientación de los usuarios en el momento de la utilización de los servicios, sino para la evacuación del edificio en momentos de desastres. La señalización debe indicar las rutas de evacuación hacia escaleras de emergencia, salidas no comúnmente usadas y diseñadas especialmente para estos casos. Además, se deben señalar extintores, anaqueles de mangueras y equipos de incendio, puertas corta fuegos en el momento que éstas existan, teléfonos de emergencia, etc. De una buena señalización depende una buena evacuación del edificio. La señalización, no solamente debe estar en el interior del edificio. Esta debe empezar en el exterior y aún más, abarcar la trama urbana circundante.

## **INTERVENCION NO-ESTRUCTURAL**

Luego de identificar un elemento no estructural que puede sufrir o causar daño y su incidencia en términos de pérdida de vidas humanas, de bienes muebles y/o funcional, debe adoptarse una medida apropiada para reducir o eliminar el peligro. A continuación incluimos una lista de doce medidas aplicables de mitigación eficaces en muchos casos. A veces, simplemente se debe ser creativo y utilizar la imaginación. Estos procedimientos generales que se han utilizado en muchas partes y muchas veces, son:

- |                             |                        |
|-----------------------------|------------------------|
| 1. Remoción                 | 7. Sustitución         |
| 2. Reubicación              | 8. Modificación        |
| 3. Movilización restringida | 9. Aislamiento         |
| 4. Anclaje                  | 10. Refuerzo           |
| 5. Acoples flexibles        | 11. Redundancia        |
| 6. Soportes                 | 12. Respuesta rápida y |

preparación

**La remoción.** Sería la alternativa más conveniente de mitigación en muchos casos. Por ejemplo, un material peligroso que pudiera derramarse se puede almacenar perfectamente fuera de los predios. Otro ejemplo sería el uso de un revestimiento muy

pesado en piedra o concreto en el exterior del edificio o a lo largo de algunos balcones, algo que podría fácilmente soltarse durante un terremoto poniendo en peligro aquello que está debajo. Una solución sería un mejor anclaje o el uso de soportes más fuertes, pero la más efectiva, sería la remoción y la sustitución.

**La reubicación.** Reduciría el peligro en muchos casos. Por ejemplo, un objeto muy pesado encima de un estante podría caer y causar heridas o averiarse causando grandes pérdidas. Si se reubica en un estante a nivel del piso no representaría peligro para las vidas humanas ni para la propiedad. Igualmente, sería mejor guardar una botella con un líquido peligroso a nivel del piso, si es posible.

**La restricción en la movilización** de ciertos objetos, tales como cilindros de gas y generadores de electricidad, es una buena medida. No importa que los cilindros se muevan un poco mientras no caigan y se rompan sus válvulas liberando su contenido a altas presiones. En ocasiones se desea montar los generadores de potencia alterna sobre resortes para reducir el ruido y las vibraciones cuando estén operando, pero los resortes amplificarían los temblores de tierra. Por lo tanto, deberían colocarse también soportes de restricción o cadenas alrededor de estos resortes de montaje para evitar que el generador salte de su puesto o sea derribado.

**El anclaje.** Es la medida de mayor aplicación. Es buena idea asegurar con pernos, utilizar cables de amarre o de otra manera evitar que piezas de valor o de tamaño considerable caigan o se deslicen. Entre más pesado sea el objeto más factible es que se mueva debido a las fuerzas de inercia que entran en juego. Un buen ejemplo sería un calentador de agua; posiblemente habrá varios en un hospital. Son pesados, se caen fácilmente y pueden romper una línea principal de agua además de la línea de electricidad o combustible, constituyendo un peligro de incendio o de inundación. La solución simple es utilizar una cinta metálica para asegurar la parte inferior y superior del calentador contra un muro firme u otro soporte.

**Los acoples flexibles.** Algunas veces se usan entre edificios y tanques exteriores, entre diferentes partes separadas del mismo edificio y entre edificios. Estos se utilizan puesto que los objetos diferentes, separados se moverán cada uno independientemente como respuesta a un terremoto. Algunos se mueven rápidamente o a altas frecuencias, otros lentamente a bajas frecuencias. Si hay un tanque fuera del edificio con una tubería rígida de conexión entre los dos, el tanque vibrará a frecuencias, direcciones y amplitudes diferentes a las del edificio, rompiendo la tubería rígida; un tubo flexible entre los dos evitaría rupturas de esta naturaleza.

**Soportes.** Son apropiados en muchos casos. Por ejemplo, los cielos rasos por lo general están colgados de cables que tan solo resisten la fuerza de la gravedad. Al someterse a la multitud de fuerzas horizontales y de torsión que resultan de un terremoto, caen

fácilmente. Aunque los cuadros de luz son inofensivos al caer, algunas veces estas estructuras suspendidas del techo soportan luces pesadas. Al caer, producen serios accidentes a las personas que están debajo. Las conexiones eléctricas también pueden ser arrancadas del techo amenazando con un posible incendio.

**La sustitución** por algo que no represente un peligro sísmico es lo correcto en algunas situaciones: por ejemplo, un pesado techo de teja no solo hace pesada la cubierta de un edificio, sino más susceptible al movimiento del terreno en un terremoto, las tejas individuales tienden a desprenderse creando peligro para la gente y los objetos debajo. Una solución sería el cambio por una cubierta más liviana y más segura.

**Modificación.** Algunas veces es posible *modificar* un objeto que represente un peligro sísmico. Por ejemplo, los movimientos de la tierra retuercen y contorsionan un edificio, el vidrio rígido de sus ventanas puede romperse violentamente lanzando espadas afiladas de vidrio contra los ocupantes. Es posible adquirir rollos de plástico transparente para cubrir las superficies internas y evitar que se rompan y amenacen a los que están dentro. El plástico es invisible y modifica el potencial de la ventana de vidrio de producir lesiones.

**El aislamiento.** Es útil para pequeños objetos sueltos. Por ejemplo, si se colocan paneles laterales en estantes abiertos o puertas con pestillos en los gabinetes, su contenido quedará aislado y probablemente no será arrojado por el recinto en caso de un terremoto.

**Los refuerzos.** Son factibles en muchos casos. Por ejemplo, un muro de relleno no reforzado o una chimenea no reforzada puede reforzarse sin mayor costo cubriendo la superficie con una malla de alambre y pañetándola con cemento u otra mezcla. No solo se protegerán estos objetos no estructurales contra fallas; en el caso de los muros de relleno, también se reforzarán las partes estructurales.

**Redundancia.** Los planes de respuesta a emergencias con *existencias adicionales* constituyen una buena idea. Es posible almacenar cantidades adicionales de ciertos productos en cajas en lugares que serán accesibles luego de un terremoto.

**La rápida respuesta y reparación,** es una metodología de mitigación empleada por largos oleoductos. Algunas veces no es posible hacer algo para evitar la ruptura de una línea en un sitio dado, entonces se almacenan repuestos cerca y se hacen los arreglos necesarios para entrar rápidamente a la zona en caso de ruptura de la línea durante un terremoto. Se podría tener a mano en un hospital piezas de plomería, electricidad y demás, junto con las herramientas apropiadas, de manera que si algo se daña, pueda arreglarse fácilmente. Este sería el último recurso en la mitigación, pero es necesario hacerlo *antes* del temblor y realizar el resto del plan

después. Por ejemplo, durante un terremoto se pueden romper los tubos del agua; tal vez no se pueda acoplar cada uno de los tubos y tomar cada una de las medidas para eliminar totalmente este riesgo, pero pueden tenerse a mano los medios para arreglar las cosas rápidamente. Con esta planeación antes del terremoto es posible ahorrar enormes costos ocasionados por daños de agua con una inversión mínima en unos pocos artículos y pensando por anticipado en lo que podría ocurrir.

Las medidas generales anotadas y discutidas se aplican a casi todas las situaciones. Sin embargo, en muchos casos, simplemente se debe ser creativo y pensar en su propia solución de mitigación.

### **Intervención estructural**

En la mayoría de los países ya existe alguna consciencia acerca de la importancia que tiene la dotación de las instalaciones de salud para satisfacer necesidades del futuro.

Probablemente muchas de estas instalaciones, sean vulnerables en grados variables a daños por fuerzas sísmicas, fuerzas de vientos huracanados u otras amenazas naturales. Sin embargo, existe la posibilidad de que puedan mejorarse. La experiencia indica que existen casos en que la aplicación de medidas relativamente poco costosas han permitido el mejoramiento y la seguridad de estructuras existentes. La reforma de instalaciones existentes, para que sea realmente eficiente y beneficiosa, debe realizarse de una manera sistemática y consistente.

Muchas edificaciones existentes actualmente no cumplen con los requisitos técnicos. Esto significa que su vulnerabilidad a ciertas amenazas naturales puede ser tan alta que su riesgo asociado puede exceder ampliamente los niveles aceptados actualmente. Acciones remediales basadas en conocimientos científicos deben, por lo tanto, llevarse a cabo para reducir el riesgo y garantizar un comportamiento adecuado. Por lo tanto, esta adecuación o refuerzo debe ser consistente con los requisitos ingenieriles actuales y de acuerdo con los requisitos establecidos por los códigos de diseño de cada país.

Los sistemas usuales de reforzamiento de estructuras suelen recurrir a la inserción de los siguientes elementos adicionales.

↳ *Muros en el exterior del edificio.* Esta solución se emplea generalmente cuando las limitaciones de espacio y de continuidad de uso del edificio hacen preferible el trabajo en la periferia. Para asegurar la trasmisión de las fuerzas sísmicas de la antigua estructura a los nuevos muros estructurales se emplean vigas en los bordes de cada piso.

↳ *Contrafuertes.* A diferencia de los elementos anteriores, su colocación es perpendicular a la cara del edificio. Además de

aportar rigidez, son útiles para evitar el volcamiento en edificios esbeltos. Debido a las limitaciones de espacio no siempre son factibles.

↳ *Muros en el interior del edificio.* Cuando las posibilidades de trabajo en el interior del edificio lo permiten, son una alternativa de necesaria consideración en edificios largos, en los cuales la flexibilidad estructural de los pisos debe ser reducida. Se insertan generalmente por medio de perforaciones en las placas de los pisos, a través de las cuales pasan las barras de refuerzo de los nuevos elementos estructurales.

↳ *Muros de relleno de pórticos.* Tanto en el interior como en el exterior de edificios, una solución práctica al problema de rigidez y resistencia es el relleno de vanos de pórticos con muros de concreto o de mampostería reforzada. Debido a su unión con las columnas, los esfuerzos en éstas cambiarán sustancialmente. Si el acero de refuerzo de las mismas es suficiente para soportar las nuevas cargas, la unión con el muro podrá realizarse solamente por medio de pasadores soldados. En caso contrario, se debe construir un encamisado de la columna en forma monolítica con el muro.

↳ *Pórticos arriostrados.* Otra solución frecuente consiste en incluir varios pórticos de acero con diagonales anclados fuertemente a los pisos, como sustituto de los muros de rigidez. Igualmente, pueden construirse solamente las diagonales unidas a los pórticos existentes cuando éstos demuestran ser resistentes ante las fuerzas demandadas por ellos con el nuevo sistema.

↳ *Encamisado de columnas y vigas.* Empleado para sistemas de pórtico, este sistema se realiza generalmente sobre una gran parte de las columnas y vigas de un edificio, con el fin de aumentar tanto su rigidez, resistencia y ductilidad. Los sistemas de encamisado, en la mayoría de los casos, se diferencian básicamente en la manera como se une el recubrimiento nuevo a la columna existente.

↳ *Construcción de un nuevo sistema aporticado.* En ocasiones es posible llevar a cabo una reestructuración total adosando la antigua estructura a nuevos pórticos perimetrales externos. Usualmente se combina con la incorporación de muros estructurales internos perpendiculares al sentido longitudinal de los pórticos.

La intervención de la vulnerabilidad sísmica de la estructura de una edificación hospitalaria es una tarea usualmente más compleja que la que se puede realizar en otro tipo de edificaciones. Varios son los aspectos que hacen diferente este tipo de trabajo en las instalaciones de la salud:

↳ Normalmente la edificación no se puede desocupar para efectos de llevar a cabo el reforzamiento; particularmente, cuando la intervención estructural se realiza como medida preventiva



antes de la ocurrencia de un sismo probable.

- ↪ La programación de los trabajos debe tener en cuenta la operación de los diferentes servicios de atención médica, con el fin de no causar graves traumatismos al funcionamiento del hospital o la inoperancia injustificada de cierto tipo de servicios.
- ↪ La realización de un amplio número de labores imprevistas debido a la dificultad de identificar con precisión detalles del proceso constructivo con anterioridad a la iniciación de los trabajos.
- ↪ La complejidad de los elementos no-estructurales y la difícil identificación de cambios o efectos sobre los acabados arquitectónicos previamente al inicio de la intervención estructural.

Por lo anterior el desarrollo de una reestructuración debe obedecer a un programa de trabajo muy detallado que involucre aspectos relativos a la función de los servicios en cada etapa del proceso. De la misma manera debe definirse una debida coordinación con el personal administrativo, de atención médica y de mantenimiento del hospital.

El costo de una intervención de la vulnerabilidad de un hospital no es posible conocerlo si no se realiza un diseño detallado de la solución estructural y de sus implicaciones en relación con los elementos no-estructurales. Sin embargo, esta situación no debe impedir la formulación de un plan de avance con algún grado de precisión que se ajuste lo menos posible en el proceso.

Usualmente los costos de un reforzamiento son relativamente altos si se ejecutan en un corto plazo. No obstante, si el trabajo se realiza por etapas permite que la aplicación de los recursos sea más pausada y factible dentro de los márgenes de los gastos relacionados con el mantenimiento del hospital.

### **Relación beneficio/costo**

En general, es posible dividir las recomendaciones de mitigación en dos categorías:

- ↪ Aquellas que son fáciles de implementar en el corto plazo, como dotar de contraventanas y arriostramientos a las puertas, instalar pernos adicionales a las tejas de los techos, fijar plantas externas, relocalizar sistemas de almacenamiento en edificios seguros si el edificio en que se encuentran es vulnerable. Estos trabajos deben realizarse por el personal de mantenimiento de la instalación o por pequeños contratistas.
- ↪ Aquellos que requieren asesoría de especialistas, de capital significación, como modificaciones costosas o construcciones nuevas por implementar a mediano y largo plazo.

En muchos casos, la implementación de este tipo de medidas es de la responsabilidad del grupo de mantenimiento, lo cual puede ser una ventaja dado su conocimiento del sitio y su posibilidad de

llevar a cabo revisiones periódicas de las medidas adoptadas. En efecto, el mejoramiento de edificios existentes y estructuras puede llevarse a cabo mediante la realización de reparaciones rutinarias y de mantenimiento.

Los costos adicionales necesarios para hacer un edificio resistente a huracanes, terremotos e inundaciones pueden considerarse como un seguro. Estudios comparativos han demostrado que la diferencia en los costos entre una edificación construida con especificaciones contra amenazas como la sísmica, en relación con una similar donde el código ha sido ignorado puede estar entre el 1% y el 4% del costo total del edificio. Si el costo de la dotación del hospital es considerado, el porcentaje podría ser mucho más bajo, puesto que los costos de los equipos puede llegar a ser del orden del 50% de los costos de la edificación.

Si se analiza el problema en términos del costo para proteger un equipo determinado, la diferencia podría también ser sorprendente. Por ejemplo, la interrupción de electricidad en un hospital como consecuencia de daños severos de un generador de electricidad cuyo costo puede acercarse a la cifra de US\$ 50.000 dólares puede ser evitada mediante la instalación de aisladores sísmicos y restricciones para evitar su volcamiento cuyo costo puede ser de escasos US\$ 250.

En todos los casos se ha demostrado la alta rentabilidad económica y social de mejorar el comportamiento estructural las edificaciones hospitalarias vulnerables. El costo de una reestructuración, aunque puede considerarse alto en algunas ocasiones, siempre será un valor poco significativo en relación con el presupuesto del servicio o en relación con el costo de su reparación o reposición física. Unas buenas preguntas figurativas que podrían formularse en cada caso podrían ser, por ejemplo: ①el costo de la reestructuración sería equivalente a cuántos escanógrafos? y ②cuántos escanógrafos tiene el hospital? Las respuestas podrían dar resultados sorprendentes, sin tener en cuenta todos los demás elementos, equipos y bienes que en general aloja la edificación; ésto por supuesto sin tener en cuenta las vidas humanas involucradas directa o indirectamente y en general el costo social que significa la pérdida del servicio.

### **Planificación y financiación**

Tal como se describió, el administrador de salud debe identificar oportunidades que le permitan involucrar los conceptos de mitigación y preparación dentro de los temas referentes a la infraestructura y funcionamiento hospitalario. La coordinación con los entes gubernamentales y privados que tienen a su cargo el estudio de condiciones geológicas, sísmológicas, hidrometeorológicas, le permitirá conocer las diferentes amenazas a las cuales estarán sometidas las instalaciones de salud existentes

o que están en fase de proyecto, de forma que permitan tomar las medidas de mitigación pertinentes para disminuir la vulnerabilidad general de la infraestructura hospitalaria. Para ello es necesario definir un riesgo aceptable, es decir que con base en el análisis descrito se establezca un balance entre el costo de la inversión y el beneficio esperado en términos de pérdidas económicas y sociales dentro de un marco de factibilidad, que permita por último definir un nivel admisible de riesgo, al cual se llegará una vez se hayan aplicado las medidas correspondientes.

La actividad de planificación es permanente, alimentada por los conocimientos antes descritos y enmarcados explícitamente en una expresión de la política institucional, la cual en su desarrollo debe formular los objetivos, estrategias y actividades para lograrlos. Igualmente, se deben desarrollar los aspectos de planificación referidos a la mitigación de riesgos y posteriormente a la preparación para la atención de emergencias, no sin antes aclarar que éstas no son actividades independientes sino que se encuentran íntimamente ligadas, actuando en forma complementaria e interdependiente.

### ***Estrategias de promoción y financiación***

Una de las mayores dificultades consiste en demostrar la necesidad de la inversión y las bondades de la misma en términos de costo-beneficio. Se pueden citar como factores negativos que pueden en un momento dado pesar en contra: las limitaciones para predecir cierto tipo de eventos naturales, los relativamente prolongados períodos de recurrencia de los mismos, y las crisis económicas casi permanentes de muchos centros asistenciales y del sector salud en la mayoría de los países en desarrollo. Situación, esta última, que ha limitado los recursos disponibles para inversión. No obstante lo anterior, se puede argumentar en forma contundente que la decisión de intervenir la vulnerabilidad de los servicios de salud, a fin de garantizar la seguridad de las personas, los equipos y el servicio en los momentos en que más se requiere, es una decisión con una alta rentabilidad económica y social.

Se pueden citar varias formas de promoción y financiamiento, sin embargo las que se citan a continuación pueden ser asumidas con facilidad, exigiendo obviamente del desarrollo previo o simultáneo de un programa articulado de mitigación y preparación de desastres para instalaciones de la salud, que incluya formación de recursos humanos, desarrollo tecnológico, normatización y asesoría.

### ***Aprobación de licencias de funcionamiento***

La aprobación o renovación de la licencia de funcionamiento de un centro asistencial constituye un excelente medio para exigir que todo centro asistencial contemple técnicas de construcción sismo-resistente y medidas de preparación ante emergencias

externas e internas.

#### *Aprobación de presupuestos de inversión*

Es de común conocimiento que los aportes presupuestales representan uno de los principales instrumentos para impulsar procesos de inversión y desarrollo con enfoques específicos y, para este caso el incluir acciones de mitigación y preparación en los planes de desarrollo institucional. Así, para el financiamiento del mantenimiento o de obras de construcción (remodelaciones, ampliaciones, etc.), se puede exigir como requisito para su estudio el incluir los criterios de mitigación antes mencionados en el diseño.

Es considerablemente más económico construir un centro asistencial con técnicas sismo-resistentes o efectuar un reforzamiento de un edificio construido sin estas técnicas, que la pérdida económica resultante del colapso del edificio hospitalario con la consecuente morbi-mortalidad, la pérdida de equipos y la interrupción de la prestación de servicios de salud.

#### *Aprobación de partidas de apoyo*

Dentro de las acciones de estímulo y promoción de la adopción de medidas de mitigación y preparación a nivel hospitalario podría citarse también el apoyo económico con partidas que incentiven y faciliten su adopción, bien sea mediante la cofinanciación de los estudios, consultorías, diseños respectivos o la ejecución de algunas de las obras.

## **NUEVOS DISEÑOS DE HOSPITALES**

Los centros de salud presentan características especiales de ocupación, complejidad, suministros críticos, sustancias peligrosas, dependencia de servicios públicos y una continua interacción con el medio ambiente externo. Muy a menudo, debido a que los desastres naturales son poco frecuentes, éstos son ignorados en la planeación y diseño de hospitales y de otras instalaciones relacionadas; inclusive en regiones donde los riesgos son bien conocidos. Actualmente es posible predecir con exactitud que puede pasar en una instalación como consecuencia de terremotos u otro tipo de desastres pero dada la gran variedad de actividades que pueden ocurrir en un hospital, es necesario tener cuidado en analizar los escenarios posibles para evitar una caótica interrupción de su funcionamiento.

Una estructura insegura puede sufrir daños estructurales o puede llegar al colapso o derrumbamiento. Si éste último ocurre el desastre es mayor, pues el hospital se convierte en un problema que exige una alta atención y no en un apoyo para la comunidad afectada. Ahora bien, daños graves pueden inducir una evacuación total y, por lo tanto, una pérdida del servicio durante un lapso prolongado y desconocido.

La mitigación de los efectos producidos por desastres naturales constituyen, como se ha indicado, actividades altamente rentables. El caso de los terremotos es quizás, uno de los ejemplos más evidentes y representativos.

La etapa de diseño constituye sin duda una excelente oportunidad para trabajar con eficacia y eficiencia la mitigación y la preparación en los sistemas de salud, por ello se mencionan a continuación las cinco etapas descritas tradicionalmente en el planeamiento de unidades asistenciales:

- ↳ Diagnóstico
- ↳ Elaboración del programa médico-arquitectónico
- ↳ Formulación y presentación del anteproyecto
- ↳ Diseño de áreas especializadas
- ↳ Definición de equipamiento

### **Diagnóstico**

Se basa en la identificación del núcleo de población que será atendido por el centro asistencial, su composición y dinámica (cambios previsibles), factores que la determinan; cuantificación y cualificación de los problemas de salud; recursos de salud disponibles en el área, accesibilidad y utilización de estos servicios por parte de la comunidad; niveles de coordinación y comunicación existente entre estos centros; condiciones de funcionamiento, construcción y mantenimiento de las instalaciones de salud. En términos concretos, se requiere identificar:

**Factores demográficos y socioeconómicos**, que permitan el conocimiento de la población, como tasas de crecimiento, distribución etárea, nivel económico, características sociales y culturales.

**Factores epidemiológicos** que pueden determinar la creación de servicios específicos para enfermedades prevalentes en la región.

**Mortalidad y morbilidad**, que muestran el nivel de salud de la población, determinando a su vez la potencial demanda de servicios ambulatorios y de hospitalización.

**Comunicaciones y accesibilidad**, que fijan las relaciones que deben existir entre diferentes unidades asistenciales de la región, determinando en algunos casos la necesidad de disponer de mayores o menores recursos, dada una situación de aislamiento o de disponibilidad cercana de recursos respectivamente.

**Topografía y tipo de suelos**, entendida no solo como la morfología y conformación de los suelos, incluye también características sismológicas de la región que definirá la selección del terreno y el tipo de estructura.

**Climatología**, incluye aspectos de temperatura, humedad, vientos dominantes, régimen de lluvias, que determinarán como en el punto anterior, la selección del terreno, además de indicar la correcta orientación de la estructura, tipo de ventilación, iluminación natural, etc.

**Amenazas y riesgos**. La coordinación con los entes gubernamentales y privados que tienen a su cargo el estudio de condiciones geológicas, sismológicas, hidrometeorológicas,

permitirá conocer las diferentes amenazas a las cuales estará expuesta la población a cubrir, que determinarán una probable demanda de servicios asistenciales en casos de sucederse así como la necesidad de tomar las medidas de mitigación necesarias para disminuir la vulnerabilidad general de la infraestructura hospitalaria.

**Area de influencia,** basados en lo descrito en comunicaciones y accesibilidad, se definirá un área geográfica como jurisdicción del campo de acción institucional, con el respectivo sistema de referencia y contra-referencia de pacientes.

**Recursos y servicios,** corresponde a aquellas instalaciones, mobiliario y equipo; personal profesional, técnico y auxiliar; recursos financieros disponibles para gastos en salud, que son parte de la organización de salud donde funcionará el nuevo centro asistencial y que son susceptibles de ser utilizados dentro de la institución.

### **Elaboración del programa médico-arquitectónico**

Toma como punto de partida la justificación y el diagnóstico mencionado en el aparte anterior, y mediante la participación de un equipo multidisciplinario inicia la descripción detallada de los servicios y áreas requeridas, los cuales son interpretados en esquemas de construcción, que resultan en un modelo arquitectónico preliminar, donde se especifica el tipo de construcción, configuración, altura, orientación, distribución de espacios o servicios, capacidad, conexiones y circulación, entre otros.

### **Formulación y presentación del anteproyecto**

Consiste en el desarrollo pormenorizado del programa médico-arquitectónico bajo la forma de planos. Se incluirán las especificaciones de sismo-resistencia requeridas conforme al diagnóstico establecido.

### **Diseño de áreas especializadas**

Se basa en una participación especializada para definir aspectos como: instalaciones de agua, aguas servidas, iluminación, ventilación, disposición de desechos, sistema de gases (oxígeno, aire comprimido, anestésicos, succión), sistema eléctrico con preinstalaciones para radiología, radioterapia, etc. Para ello se tendrá en cuenta lo referido en vulnerabilidad no estructural y funcional.

### **Diseño arquitectónico**

El diseño conceptual involucra una serie de decisiones entre las cuales se encuentran:

- ↳ Ubicación de la edificación;
- ↳ Relaciones funcionales de los sectores hospitalarios;
- ↳ Geometría, forma ó configuración de la edificación;

↳ Sistema estructural;

↳ Materiales de construcción;

decisiones que deben realizarse en forma conjunta en las primeras etapas de la realización del proyecto entre los propietarios, administradores de la salud, médicos, arquitectos, ingenieros, constructores y todos aquellos profesionales que por alguna razón estén involucrados con su concepción y realización.

Debe hacerse énfasis en que, debido a su complejidad, y a su estrecha relación con el planteamiento espacial y formal de la construcción, los problemas de configuración deben ser enfrentados básicamente desde la etapa de definición preliminar del esquema espacial del edificio, y en toda la etapa de diseños formal y estructural. Por esta razón es un tema que debe ser comprendido en toda su amplitud por los arquitectos diseñadores.

El diseño sísmico hospitalario es una responsabilidad compartida de la arquitectura y la ingeniería. Muy particularmente, es necesario enfatizar que se comparte en cuanto a las relaciones físicas entre las formas arquitectónicas y los sistemas estructurales resistentes, y sería ideal que la comprensión de estas relaciones estuviera presente en cada diseñador que trabaja en zonas de riesgo. Infortunadamente, a nivel internacional, los métodos educativos y de la práctica han tendido a reducir la oportunidad de fomentar este entendimiento en la manera de pensar del diseñador, ya que se separa la instrucción de los nuevos arquitectos de la de los nuevos ingenieros y, también en muchos casos, quedan separados en la práctica. De hecho, algunos arquitectos, por intuición o por un patrón conceptual tienen un excelente sentido de la estructura, pero son muy pocos, y esta comprensión afortunada tiende a ocurrir a pesar de su educación y práctica, y no a causa de éstas.

Los costos se afectan por las técnicas de construcción, la disponibilidad de los materiales, las características de los equipos, la mano de obra y el tiempo de construcción, razón por la cual en algunos países la responsabilidad del seguimiento de los costos está a cargo de otras disciplinas, como el supervisor de campo. No obstante, lo ideal sería que los diseñadores desde el inicio contaran con un profesional o un grupo de profesionales que integren todos los aspectos que deben tenerse en cuenta, tales como los requisitos para enfrentar amenazas naturales. En otras palabras lo deseable sería que hubiese un diseñador conceptual con la suficiente experiencia en arquitectura, ingeniería, estimación de costos y construcción, que logre considerar aspectos que hasta ahora no han sido debidamente tenidos en cuenta para lograr la máxima eficiencia en el diseño.

### ***Requisitos de diseño en ingeniería***

Aunque este documento no intenta ser un manual de diseño para ingenieros, es importante indicar que muchos problemas del

diseño de las instalaciones de la salud pueden ser reconocidos por el propietario de los servicios, el administrador, el planificador, el arquitecto o el ingeniero de la obra, como son los factores que pueden sustancialmente incrementar el riesgo sísmico de las edificaciones existentes o de las nuevas que se piensan construir. Estos factores son:

- ↪ Una apropiada evaluación de la amenaza sísmica, incluyendo las condiciones locales del suelo. El daño en un edificio depende tanto de su resistencia y del tipo de suelo que lo soporta como de la intensidad y las características del movimiento mismo que la puede afectar.
- ↪ El diseño de nuevas instalaciones de salud de acuerdo con los requisitos de los códigos sismo-resistentes de cada país intenta garantizar un nivel de seguridad aceptable desde el punto de vista económico y social.
- ↪ Las instalaciones de salud deben considerar como implementar requerimientos adicionales de comportamiento sísmico para proteger a los ocupantes y los componentes internos de la edificación.

Los siguientes son los objetivos de comportamiento sísmico que se sugiere deben cumplir las instalaciones de la salud:

- ↪ Los daños después de un sismo intenso deben ser reparables y no deben ser una amenaza para la vida.
- ↪ Pacientes, personal y visitantes deben ser protegidos durante un terremoto.
- ↪ Los sistemas de servicios de emergencia de la instalación deben permanecer operacionales después del terremoto.
- ↪ Los ocupantes, los rescatistas y el personal de emergencia deben estar en capacidad de circular en forma segura al interior de las instalaciones.

Estos objetivos intentan garantizar que la instalación esté disponible para cumplir con su papel mediante la activación de su plan de respuesta a desastres después del evento.

La pérdida de vidas y de propiedades causadas por terremotos se pueden evitar con la aplicación de tecnologías existentes y sin realizar enormes esfuerzos financieros. Lo único que se requiere es la voluntad de hacerlo. Debido a que se requieren alrededor de dos generaciones para reemplazar el actual inventario de edificaciones en la mayoría de comunidades, se debe prestar bastante atención a la intervención estructural de las edificaciones existentes tanto como la atención que se le otorga al diseño y construcción de nuevas edificaciones. En este momento existen muy pocas limitantes técnicas que gobiernan el diseño y la construcción de la mayoría de edificaciones a prueba de huracanes, sismos u otras amenazas naturales, lo que significa que es posible reducir al mínimo los riesgos y los daños si se tienen en cuenta las



medidas preventivas correspondientes en el diseño, construcción y mantenimiento de las nuevas instalaciones de la salud.

### **Definición de equipamiento**

Se refiere a la especificación minuciosa de las características individuales de cada uno de los muebles, equipos, instrumental y material requeridos para el funcionamiento de la institución. Contempla elementos necesarios en quirófanos, salas de hospitalización y consulta, laboratorios y ayudas diagnósticas, cocina, lavandería, mantenimiento, etc. En cada una de estas descripciones se deben incluir aspectos de mitigación referidos a la ubicación del equipo, fijación, así como criterios sobre vulnerabilidad funcional.