

MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL DISEÑO

ANÁLISIS FUNCIONAL DE LOS SECTORES HOSPITALARIOS

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 hacerse referencia a la zonificación particular o sea a los aspectos de funcionamiento interno de cada uno de los cinco sectores antes mencionados.

Medidas de mitigación en la planificación

Como se anotaba en el capítulo anterior, en el diseño de hospitales, las normas que reglamentan la escogencia del sitio de construcción se refieren específicamente a los siguientes aspectos:

Dimensiones del terreno: Para un hospital el área de ocupación se calcula de acuerdo con el número de camas y su grado de complejidad. Debe tener la posibilidad de ser ocupado en el 50% de su tamaño y el

FIGURA 11. UTILIZACION DE AREAS LIBRES

espacio restante se considera área libre para aislamientos, jardines y parqueaderos (Figura 11). Aquí vale la pena hacer algunas observaciones en relación con precisar algunos aspectos tales como: el área libre debe brindar la posibilidad de ubicar un helipuerto que debe estar localizado cerca del acceso de urgencias. Este helipuerto debe estar planeado en conjunto con las autoridades competentes, quienes pueden dar las pautas y normas referentes a su ubicación, tamaño, señalización, área de influencia, etc. Además es necesario que dicho helipuerto esté relacionado de una forma directa con la entrada de Urgencias. Este acceso debe ser libre de cualquier obstáculo o barrera arquitectónica que imposibilite el arribo de camillas, equipos médicos, suministro de gas, etc. en situaciones de emergencia. Las especificaciones de caminos desde el edificio hasta el helipuerto deben cumplir con normas de acabados resistentes a la intemperie, de superficies antideslizantes, fácilmente identificables en el día o la noche, durables, etc., condiciones que brinden la posibilidad de acceder segura y fácilmente. Se considera que cumplidos los anteriores requisitos la norma quedaría complementada y por consiguiente se habrá avanzado en uno de los puntos

de mitigación, agregando un aspecto más a la adecuada prestación de servicios hospitalarios en situaciones de desastre.

Parqueaderos: Las normas al hacer mención a las zonas de parqueaderos, simplemente hacen referencia a la solución de problemas relativos al flujo y estacionamiento de vehículos. Sin embargo, algunas indicaciones en cuanto a su ubicación y servicios necesarios en estas áreas convertiría a la zona de parqueaderos en un sector vital para la atención de desastres.

A manera de ejemplo, las normas podrían contemplar entre otros los siguientes aspectos: además de especificar el número de parqueaderos por cama, se podría agregar que un porcentaje de dicha área podría ser ubicada adyacente a la zona de Urgencias, en razón a que este sector puede ser habilitado como área para la atención prehospitalaria; la zona de parqueaderos podría ser utilizada para llevar a cabo la clasificación de heridos o triage en el caso de una atención masiva de heridos, evitando la congestión del hospital (21). Por otra parte, esta zona debe estar dotada de tomacorrientes especiales para la intemperie y brindar así la posibilidad de conectar equipos médicos, que son necesarios en momentos de un desastre mayor. Además esta área debe estar dotada de suministro de agua, para atender casos masivos de personas quemadas e intoxicadas.

Todos estos aspectos podrían ser más precisados en la medida que las ideas anteriores tengan mayor aceptación y se realice un análisis profundo multidisciplinario que dé pautas de tamaño, cantidad, volumen etc. De las áreas libres también se pueden mencionar aquellas que en un determinado momento podrían ser ocupadas por hospitales móviles, ampliando así la atención de pacientes. En consecuencia además de los servicios de agua y luz sería necesario considerar la posibilidad de disponer el suministro de gas, alimentación, medicamentos, etc.

Es importante delimitar y señalar muy bien el área de parqueo de ambulancias, recorridos de llegada y evacuación, pues de este aspecto depende en gran medida la organización del hospital en situaciones normales de funcionamiento y aún más, en momentos de una crisis motivada por una atención masiva de heridos.

No debe dejarse de lado muchos otros temas importantes que también podrían ser objeto para implementar medidas de mitigación de riesgos, tales como zonas verdes, localización y tipo de árboles, veredas, etc. que se recomienda analizar en forma creativa con fines de complementar las normas existentes.

De lo anterior se puede visualizar al hospital como un servicio dinámico y no como una edificación paralizada que debe ser evacuada y olvidada ante la ocurrencia del desastre; situación que depende de su capacidad de soportar y responder adecuadamente ante el evento, lo cual depende a su vez de la coherencia entre la solución estructural y la solución arquitectónica, aspecto que se tratará más adelante (ver anexo 1).

Servicios públicos: En la selección del lote o el terreno para un hospital las normas especifican que debe estar dotado de servicios públicos, entendiéndose por ésto lo referente a suministro de agua y luz. Es bien

conocido que las líneas vitales o infraestructura de servicios es uno de los elementos más vulnerables en situaciones de desastre, lo cual incluye acueductos, alcantarillados, redes de energía, comunicaciones, redes de gas, entre otros. En consecuencia, este aspecto debe ser uno de los de mayor consideración para lograr que el servicio hospitalario pueda continuar después de ocurrido un evento desastroso intenso.

Suministro de energía

Al hacer mención del suministro de energía, es necesario tener en cuenta, que además del fluido eléctrico público hay necesidad de dotar al hospital de una planta de emergencia de capacidad suficiente para atender por lo menos un 70% del consumo del edificio. El 50%, como lo indican las normas, puede ser insuficiente, más si se considera que esta recomendación es bastante antigua, época en la cual no existía la actual tecnología.

No obstante, lo anterior se refiere a la capacidad de la planta de respaldo, pero es importante preguntarse en qué forma se debe manejar ese suministro de energía, cómo se deben realizar las redes y qué recomendaciones podrían sugerirse para que este servicio fundamental no falle en caso de un desastre.

Teniendo en cuenta que el sistema eléctrico es uno de los servicios más vulnerables en situaciones de desastre, una medida que podría reducir el riesgo de pérdida del servicio podría ser que la casa de máquinas, la subestación y las plantas de emergencia se localicen en una estructura separada de la estructura del edificio del hospital, diseñada muy rigurosamente desde el punto de vista estructural, con el fin de evitar que en caso de un terremoto, por ejemplo, este servicio se interrumpa por su falla parcial o total. Es importante mencionar que estos servicios no sólo son importantes para las áreas hospitalarias, sino también, en el caso de que un desastre alcance a afectar las edificaciones principales, para atender las áreas libres aledañas al hospital donde se podrían colocar hospitales móviles, zonas de triage, etc.

Los ductos de conducción de cables, deben estar muy bien planeados y ubicados de tal forma que se pueda prever un sistema de fácil revisión y cambio. De esta manera el chequeo y mantenimiento puede realizarse en forma permanente, evitando posibles complicaciones y cortocircuitos que producirían situaciones fatales dentro de la edificación.

Por ser los ductos para las redes eléctricas muy vulnerables, se debe pensar en sistemas de alambrado que en caso de terremoto ofrezcan la suficiente flexibilidad para evitar su rompimiento.

Suministro de agua

Tal como se mencionó con anterioridad el suministro de agua es otro de los factores que merece especial atención dado que es vital en todas las áreas. Las normas indican que se debe contar dentro del hospital con un determinado número de metros cúbicos de agua por cama, especificación que varía de un sitio a otro. Dependiendo de la ubicación del hospital en algunos casos podría proveerse de tanques de reserva para momentos de sequía, los cuales podrían ser alimentados por pozos profundos una vez se

realice el respectivo tratamiento de sus aguas. Es conveniente para la ubicación de este sistema de abastecimiento tener en cuenta las consideraciones realizadas para el sistema de electricidad, el cual se propone en una estructura independiente. Igualmente, el sistema de ductos merece un diseño especial que le permita por su flexibilidad sobrevivir y continuar el servicio después de un evento sísmico intenso.

La parte normativa de los edificios para hospitales no menciona en ningún momento la evacuación de las aguas servidas. Dichas aguas son en la mayoría de los casos vertidas a los sistemas de alcantarillado, ríos o quebradas sin ningún tratamiento, causando efectos sobre el medio ambiente y poniendo en peligro la comunidad por posibles infecciones y contaminaciones masivas que crearían otros tipos de situaciones de desastre. Esta observación es necesario tenerla en cuenta, con el fin de exigir que en los edificios existentes y futuros se localicen sistemas de tratamiento de aguas servidas antes de entregarlas a los colectores de la ciudad.

Suministro de gas

Uno de los servicios que merece especial atención son las redes de suministro de gas para uso doméstico. En algunos países sólo hasta hace poco tiempo se inició este tipo de servicio, razón por la cual se está en el momento oportuno para incorporar especificaciones especiales en el diseño y construcción de este tipo de redes que permita reducir las posibilidades de emergencias, particularmente después de terremotos. Válvulas de cierre automático por vibración y cambios de presión son recomendadas no sólo sobre las líneas urbanas sino también en edificaciones importantes como los hospitales.

Actualmente es muy importante evaluar la posible aplicación de nuevas tecnologías tales como sistemas de calefacción mediante energía solar, lo cual puede reducir posibles emergencias con calderas y costos de operación que repercuten con el tiempo en la economía del hospital.

Restricciones ambientales: Las normas usualmente mencionan que los terrenos para las instalaciones hospitalarias deben ser preferiblemente de topografía plana, asunto difícil en los países donde la mayoría de sus ciudades se encuentran ubicadas en zonas montañosas. Sin embargo, lo más importante a tener en cuenta en el momento de la escogencia del sitio para el futuro hospital es que éste no quede en zonas inestables o propensas a deslizamientos. En varias ocasiones se ha presentado que hospitales ya construidos o en construcción donde no se consideraron estos aspectos fueron afectados por inestabilidades del suelo que para solucionarlas fue necesario hacer grandes inversiones.

Igualmente corren riesgo edificaciones de la salud localizadas cerca de industrias que pueden causar problemas de contaminación o incluso explosiones o incendios. Por otra parte, en caso de que el terreno se encuentre cerca de un río o una quebrada es necesario conocer las posibilidades de inundación, con el fin de relocalizar el proyecto o encontrar una solución a este problema en el planteamiento arquitectónico.

Red vial: Especifican las normas que un terreno para un hospital, dependiendo de su nivel de complejidad, debe estar ubicado cerca de una vía importante que comunique áreas en desarrollo de la ciudad y en algunos casos a otros municipios. Este aspecto también se hace obvio tenerlo en cuenta, tal como se mencionó antes, al tratar de manera general los factores de riesgo, pues depende de una buena comunicación con el casco urbano que se salven muchas vidas en caso de desastres ocasionados por terremotos, incendios, inundaciones, etc.

Por lo anterior se deduce que es indispensable ubicar el edificio para el hospital, no solamente adyacente a una vía importante, sino quizás por dos o tres que den la posibilidad de tener accesos alternos, que permitan la llegada o salida de pacientes en forma alternativa. Es importante agregar a las normas que las vías en lo posible deben ser de buenas especificaciones y que es necesario establecer con las autoridades competentes de la localidad, la elaboración de planos indicativos de la manera como se puede evacuar la zona, indicando conjuntamente, las acciones que se tendrán que llevar a cabo para que el tráfico no sea interrumpido. Esto permite establecer claramente las rutas de acceso y evacuación y sus diferentes posibilidades, dependiendo de las zonas afectadas.

Tal como se anotó previamente, no es conveniente que el sitio para el hospital quede antes o después de una única vía conectada por un puente, pues en el caso de que el puente sea afectado por una inundación o un terremoto, el hospital quedaría incomunicado.

Tal como se ha podido ilustrar, el acceso al hospital es uno de los aspectos críticos que debe tenerse muy en cuenta no solamente en el caso de futuros diseños sino en el caso de edificaciones existentes, pues aun cuando los servicios no sean afectados directamente por un desastre, un difícil acceso podría colapsar la función del hospital e impedir que pueda operar en el momento que más se necesita.

Medidas de mitigación en la zonificación general

En el capítulo anterior se indicaron en forma general las áreas que componen el hospital e igualmente se hizo mención en dicha descripción a la necesidad de efectuar algunas variaciones en el diseño que ayudarían a la mitigación de desastres en el edificio (Figura 12).

FIGURA 12. UBICACION DE SERVICIOS GENERALES

No solamente con fines de mitigación y prevención, sino con fines de administración del edificio, se considera fundamental explorar la posibilidad de que el sector de Servicios Generales esté separado del bloque general de la edificación del hospital (Figura 13). Las siguientes son las razones por las cuales resulta deseable esta medida dentro del diseño arquitectónico hospitalario:

- a. 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

momentos de una eventual explosión.

Colocadas las calderas fuera del edificio principal los daños a la infraestructura general serían leves en caso de una explosión, afectando en un menor grado el funcionamiento del hospital. Algo similar puede decirse en relación con la central de gases del hospital, situación que si bien es cierto aumentaría los costos iniciales de construcción, al comparar dicho costo con el costo de los daños que podrían evitarse resulta poco significativo.

FIGURA 13. DISTRIBUCION DE SERVICIOS GENERALES

- b. 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.

Al localizarse fuera del edificio central, en caso de incendio o terremoto esta planta podría ser utilizada para adelantar muchas acciones ya sea en campo abierto o en sectores del edificio que no hubiesen sido afectados. Dado que con la planta eléctrica de emergencia se ubican la subestación y los tableros, todo este conjunto de servicio de energía quedaría localizado en la estructura independiente propuesta, cuyas especificaciones sismo-resistentes pueden ser mucho más estrictas, con el fin de garantizar su funcionamiento aun en el caso de un sismo intenso.

- c. Por las mismas razones, se considera 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.

Tal como se mencionó, 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. Si estos servicios se ubican en la estructura independiente propuesta para el sector de servicios generales no solamente se reducirían las cargas laterales sobre el edificio principal en caso de sismo, sino que sería más factible garantizar su funcionamiento permanente y continuo de suministro de agua durante la fase posdesastre. Con el suministro eléctrico garantizado, los equipos hidroneumáticos se mantendrían en operación, permitiendo alimentar el edificio y el sistema de protección contra incendios, lo que significaría una garantía más en la mitigación y prevención de desastres.

- d. 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.

Este servicio podría en estas condiciones ofrecer el suministro de alimentos no sólo para los sectores utilizables del edificio del hospital sino, también, para las áreas adaptadas en las áreas libres.

- e. 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 a la recomendación anterior (Figura 14).

Esta nueva área o sector del hospital puede imaginarse como un «bunker», que albergue un conjunto de equipos vitales, similar a una unidad de cuidados intensivos, que tendría como objetivo alimentar y controlar en caso de desastre los servicios de comunicación, suministro de energía, agua, gas, etc. ya sea para atender la operación total o parcial del hospital o incluso, en un caso extremo, a un hospital a campo abierto.

FIGURA 14. NUEVA AREA DE SERVICIOS GENERALES

1-ADMINISTRACION
2-SERVICIOS INTERMEDIOS
3-SERVICIOS GENERALES
4-CONSULTA EXTERNA Y URGENCIAS
5-HOSPITALIZACION

Medidas de mitigación en la zonificación particular

Como una medida de mitigación en la zonificación general se ha planteado la posibilidad de una nueva ubicación del área de servicios generales, situación que conllevaría a tener dos edificaciones con características muy particulares. Una, a la cual se hizo referencia en el aparte anterior, que es controlada desde la administración y la otra que sería considerada como el área científica, a la cual se hará referencia a continuación (Figura 15).

Se puede identificar como área científica a los cuatro sectores restantes del hospital, que son: Consulta Externa, Servicios Intermedios, Hospitalización y Administración. Tal como ya ha sido mencionado, el área de consulta externa contiene dentro de su propia organización funcional la sala de urgencias, considerada como área vital para atender pacientes en caso de emergencia y por consiguiente supremamente importante para tenerla en cuenta en los aspectos de mitigación de desastres.

En situaciones normales de funcionamiento el área de urgencias se ocupa de la atención del 10% de los pacientes que llegan al sector de atención ambulatoria, mientras que el 90% restante es atendido por el sector de la Consulta Externa. En situaciones de desastre, dependiendo de su magnitud, la proporción es totalmente a la inversa, asunto que de inmediato sugiere pensar en una solución, es decir, en qué forma se pueden plantear ajustes en las funciones que corresponden a la consulta externa para que en momentos de una emergencia este sector apoye la respuesta del hospital (9).

FIGURA 15. RELACION DE AREAS CIENTIFICA Y DE SERVICIOS GENERALES

Las normas especifican que el sector de Urgencias debe estar conectado por una circulación interna al área de consultorios donde se hará el movimiento de personal médico y paramédico (Figura 16). También se especifica que el sector debe estar dividido en un área blanca y una roja, y adicionalmente indica aspectos relativos para cada uno de los espacios en relación con acabados, tamaño, equipos, etc. Es importante agregar a lo anterior que el área de urgencias debe estar ubicada de tal forma que su circulación interna se pueda conectar con los sectores de espera de la consulta externa, de tal manera que en situaciones de desastre ésta se pueda desalojar permitiendo la ubicación de camillas y equipos necesarios adicionales para la atención de pacientes.

De lo anterior se puede concluir, que el área de urgencias no solamente puede tener expansiones hacia el exterior, tal como se anotó anteriormente, sino también que las puede tener hacia las zonas interiores. En el caso de un desastre mayor posiblemente la consulta externa, propiamente dicha, no prestará el servicio al público, razón por la cual este servicio se puede habilitar temporalmente para atender los heridos que haya causado el evento.

Vale la pena tener en cuenta que en lo referente a instalaciones técnicas hay necesidad de prever en los sectores de espera, la posibilidad de conectar equipos de Rayos X portátiles, oxígeno, resucitadores, monitoreo, etc., para que el área se pueda habilitar eficientemente.

FIGURA 16. EXPANSION EXTERNA DEL AREA DE URGENCIAS

Ahora bien, si los consultorios de la consulta externa están diseñados de una manera sencilla y con especificaciones de acabados que den condiciones de asepsia, en situaciones de emergencia se pueden prestar servicios de salas de procedimientos, curaciones y hasta de pequeña cirugía si las condiciones lo permiten.

Al tener en cuenta las anteriores observaciones, todo el sector de Consulta Externa se puede habilitar como una gran área de urgencias en situaciones de desastre, si las condiciones de seguridad del edificio lo permiten (Figura 17).

A este sector sería factible anexarle las áreas del vestíbulo o hall general de llegada, dependiendo de una buena zonificación, situación que ayudaría a aumentar la capacidad de uso en forma significativa.

Un sector considerado vital para el desarrollo de un buen Servicio de Urgencias es el destinado a Ayudas de Diagnóstico y Tratamiento. En este sector, dependiendo del planteamiento arquitectónico, se pueden proponer soluciones similares a las hechas para los espacios de Consulta Externa, o sea, la posibilidad de convertir las áreas de espera ubicadas sobre las circulaciones externas en posibles sectores de atención a pacientes (Figura 18). Por esta razón, además de las instalaciones eléctricas necesarias y comúnmente utilizadas en esta zona es necesario prever la posibilidad de que se puedan instalar equipos especiales para este tipo de situaciones, de la misma forma como se indicó anteriormente.

**FIGURA 17. EXPANSION DE URGENCIAS HACIA VESTIBULO
Y CONSULTORIOS**

FIGURA 18. EXPANSION DEL AREA URGENCIAS

Las áreas de Fisioterapia y en especial la Sala de Ejercicios ubicada en el área de ayuda diagnóstica y tratamiento, se convierten, por varias razones, en un sector vital para ser utilizado en situaciones de desastre.

Una de ellas es su ubicación, dado que se encuentra entre las circulaciones interna y externa, situación que le permite convertir el sector en filtro hacia la zona de Rayos X, laboratorio y el centro quirúrgico. Otra razón importante se debe a su tamaño, que permite ofrecer una capacidad suficiente para que sea utilizada como filtro o antesala para acceder al área quirúrgica. Una tercera razón es que en la mayoría de los casos las especificaciones de acabados de este sector, ofrecen buenas condiciones de asepsia. De lo anterior se desprende que el sector de Terapias es un área supremamente útil para que en determinado momento su uso sea orientado a satisfacer nuevas necesidades.

Por otra parte es importante anexar a este sector el área del Centro Quirúrgico y Obstétrico, que en la mayoría de los casos está ubicado en niveles superiores a los de las ayudas diagnósticas (Figura 19).

FIGURA 19. NUEVA UBICACION CIRUGIA

Una recomendación importante en relación con este sector, en cuanto a mitigación de desastres, se refiere a que las normas deben especificar que la ubicación del Centro Quirúrgico en los edificios de hospitales debe estar en las plataformas básicas, las cuales son menos vulnerables que los pisos superiores, lo que puede brindar una mayor garantía para la prestación del servicio.

Otro aspecto importante de la adecuación arquitectónica que se propone es la cercanía a las áreas de Rayos X y Laboratorio, como también al área de urgencias, evitándose recorridos verticales y acortándose el tiempo de traslado de pacientes. Este cambio es factible si se realiza la adecuación de las zonas de servicios generales, dado que ubicados éstos en un sector aparte, tal como se sugirió anteriormente, el desplazamiento de estos servicios daría la oportunidad de relocalizar funcionalmente, no solamente los servicios de cirugía, sino también la esterilización central, la unidad de cuidados intensivos y el servicio de obstetricia.

Como bien se conoce, el área de hospitalización es uno de los sectores sobre los cuales más se ha reglamentado a través del tiempo. En especial en aspectos relacionados con el tamaño, recorridos, funcionamiento, acabados, etc., pero poco o nada se ha reglamentado en relación con la mitigación de desastres; asunto que se considera de gran importancia dado que en la mayoría de los casos este servicio se encuentra ubicado en los

pisos superiores de los edificios hospitalarios (Figura 20). En primera instancia, corresponde a los ingenieros diseñadores de la estructura considerar los aspectos relativos a la resistencia, ductilidad y comportamiento estructural que permitan reducir la posible vulnerabilidad de la edificación, aspecto que va a estar altamente ligado con la concepción volumétrica y la configuración que el diseñador arquitectónico realice, tal como se tratará más adelante.

FIGURA 20. DISTRIBUCION GENERAL

Por otra parte, es muy importante tener muy presente qué hacer o qué prever en momentos de incendios. Un primer aspecto está relacionado con la red contra incendios, la cual debe ser mantenida y verificada periódicamente, con el fin de que en situaciones de desastre se encuentre en perfecto funcionamiento (10). Existe para este tipo de edificaciones una norma en la cual se indica que las escaleras para incendio no deben quedar a más de 35 metros de distancia, que los materiales deben ser incombustibles y otras especificaciones relativas a las dimensiones de ancho, alto, inyectores de aire, etc. (norma que infortunadamente muy poco se aplica). Esta norma además podría recomendar que en algunos casos las escaleras podrían no llegar al primer piso, sino a las terrazas de la plataforma básica, con excepción de las previstas para el público, de tal forma que no se congestione el primer piso y por el contrario que las personas se puedan dispersar sobre la plataforma, de tal manera que evacuen utilizando las escaleras externas o de bomberos.

Se considera importante también introducir al diseño del hospital exclusas cortafuegos, que consisten en puertas corredizas debidamente embebidas en los muros, con especificaciones de materiales resistentes al fuego que aíslen el sector evitando la propagación del fuego. Esto en conjunto con las especificaciones de materiales son aspectos de especial relevancia para lograr mitigar y prevenir desastres en los hospitales (11).

Hasta el momento se ha hecho referencia a posibles cambios funcionales arquitectónicos y a situaciones especiales relacionados con aspectos generales de zonificación y distribución de un hospital con fines de prevención. En adelante se hará referencia a cada una de las áreas en particular, haciendo énfasis en su distribución, posibles cambios internos y externos tendientes a convertir estos sectores en áreas más eficientes en caso de emergencia.

Además de los aspectos consignados en el capítulo anterior, existe en el área de Consulta Externa y Urgencias una distribución interna, que al hacerle algunas transformaciones, orientadas a la mitigación de desastres, pueden ofrecer resultados positivos en este aspecto.

El área de urgencias se distribuye en dos ambientes principales, el área roja y área blanca; la primera se refiere a aquellos espacios, donde por la naturaleza de su trabajo se efectúan determinados procedimientos donde la sangre está presente, tales como, curaciones, pequeña cirugía, etc., razón por la cual en este sitio se concentra la mayoría del equipamiento médico y

personal especializado en trauma. Por esta razón se ha planteado que su ubicación, entre el acceso del exterior y su prolongación hacia las zonas de espera de la consulta externa es de gran importancia para que se cumpla la eficiente relación de los servicios en el caso de emergencia. No igualmente sería el rol que se le asignaría al área blanca, dado que en este sector se ubican los consultorios, ambientes para hidratación, observación, etc., que no obstante colocados paralelamente al área roja, ofrecen la oportunidad de ser utilizados para llevar a cabo un triage provisional o la clasificación de pacientes que se dirigen al área roja, al sector de espera o a otras posibles áreas que se ubiquen en forma adyacente en el exterior.

Como ya se mencionó, la Consulta Externa también es susceptible de ser convertida temporalmente en Urgencias, no solamente en los sectores de espera, sino también en los ambientes de consultorios generales, especializados, inyectología y vacunación, etc. Es conveniente aclarar, que en la mayoría de los casos la Consulta Externa es un área que está localizada cerca o adyacente al vestíbulo o hall principal, espacio que se convierte en área útil para la atención masiva, ofreciendo de esta manera una posibilidad más, donde el cambio de uso permite aumentar más el área de atención a pacientes en situaciones de desastre (Figura 21).

FIGURA 21. AREAS GENERALES DE URGENCIAS

En el sector de Urgencias es importante ubicar de manera estratégica la estación de enfermería, para ofrecer la posibilidad de que ésta se pueda convertir en un área para la redistribución del sector, asignándole la función de administrar el servicio y convirtiéndose así en el centro de la información, administración y comunicaciones.

Es conveniente aclarar que los espacios dedicados a consultorios, inyectología, vacunación, etc., se pueden utilizar como ambientes para el funcionamiento de salas de procedimientos y algunos espacios como el de inyectología y vacunación pueden utilizarse para pequeña cirugía. Por lo anterior se puede deducir que la Consulta Externa, Urgencias, los sectores exteriores adyacentes, las zonas de espera y el área del vestíbulo principal se podrían convertir en una gran central de Servicios de Urgencias, con una distribución que tiene características de alta eficiencia, tal como se puede ilustrar en el esquema (Figura 22).

FIGURA 22. UBICACION CIRUGIAS Y SERVICIOS INTERMEDIOS

Tal como se mencionó, el área de Diagnóstico y Tratamiento se considera importante para ser utilizada en el momento de un desastre, dado que permite ampliar el área de urgencias y porque puede convertirse en un filtro final dentro de los procedimientos operatorios. Una vez efectuados los procedimientos rutinarios en los sectores en que se realiza el triage, el área de Diagnóstico y Tratamiento puede permitir una clasificación especial en el Salón de Ejercicios, que por sus características y acabados perfectamente puede cumplir la función de zona de preparación e inducción

preoperatoria; todo lo anterior complementado con la cercanía de los servicios de Rayos X y Laboratorio, que son indispensables para poder pasar a un proceso operatorio.

Complementaría los cambios sugeridos para adecuar el diseño hospitalario ante situaciones de desastre el que las normas de distribución de áreas especificaran con la debida precisión, que el Centro Quirúrgico por ser un Servicio de Diagnóstico y Tratamiento, debe ser ubicado adyacente al área de Servicios Intermedios, situación que es posible si los Servicios Generales, ocupan la posición sugerida fuera del edificio principal.

En el interior del Centro Quirúrgico son muy pocas las variaciones que se pueden plantear, dadas las funciones que allí se desarrollan, pero sí vale la pena anotar que las especificaciones para redes eléctricas deben cumplir los requisitos máximos de seguridad, en lo referente a alturas de tomas, pisos conductivos; requerimientos básicos para evitar posibles explosiones, por concentración de gases medicinales. Los sistemas de renovación y suministro de aire para mantener las presiones internas deben cumplir, también, condiciones de máxima seguridad y flexibilidad, que permitan absorber movimientos en caso de sismo.

Las sugerencias de modificación propuestas se pueden realizar tal como lo ilustra el esquema (Figura 23).

FIGURA 23. ESQUEMA DE LA NUEVA DISTRIBUCION

Sobre las áreas de hospitalización, se caracterizan dos áreas en su distribución: la que sirve y el área servida. En la primera se encuentran ubicados los servicios de enfermería, tratamientos, consultas, depósitos, baños, etc. y en la segunda las habitaciones. Los recorridos están dimensionados de tal forma que desde una estación de enfermería exista un recorrido aproximadamente de 35 metros, de manera que las escaleras de incendio queden a una distancia que no supere esta recomendación y que las exclusas corta fuego queden debidamente colocadas.

PROBLEMAS DE FORMA Y VOLUMEN

Por su naturaleza, las construcciones hospitalarias tienden a ser construcciones de gran envergadura y complejidad, lo que conduce a que en muchos casos presenten esquemas de configuración complejos. Por configuración no se designa aquí a la mera forma espacial de la construcción en abstracto, sino a ella en cuanto se halla en estrecha relación con el tipo, disposición, fragmentación, resistencia y geometría de la estructura de la edificación, relación de la cual se derivan ciertos problemas de respuesta estructural ante sismos. 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 (12).

A continuación se expone brevemente la incidencia de la configuración en la respuesta sísmica de las edificaciones, así como los mecanismos correctivos. 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 (ver Figura 24). Por esta razón es un tema que debe ser comprendido en toda su amplitud por los arquitectos diseñadores (13).

Problemas de configuración en planta

Los problemas que se relacionan a continuación son pertinentes a la disposición de la estructura en el plano horizontal, en relación con la forma y distribución del espacio arquitectónico.

Longitud

La longitud en planta de una construcción influye en la respuesta estructural de la misma de una manera que no es fácil determinar por medio de los métodos usuales de análisis. En vista de que el movimiento del terreno consiste en una transmisión de ondas, la cual se da con una velocidad que depende de las características de masa y rigidez del suelo de soporte, la excitación que se da en un punto de apoyo del edificio en un momento dado difiere de la que se da en otro, diferencia que es mayor en la medida en que sea mayor la longitud del edificio en la dirección de las ondas. Los edificios cortos se acomodan más fácilmente a las ondas y reciben una excitación semejante en todos sus apoyos, a diferencia de los largos.

FIGURA 24. FORMAS SENCILLAS Y COMPLEJAS EN PLANTA Y ELEVACION

Tomado de *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios*, Christopher Arnold y Robert Reitherman, México, D.F., Editorial Limusa, 1987, pag. 239. Reimpreso bajo autorización.

Los edificios largos son también más sensibles a las componentes torsionales de los movimientos del terreno, puesto que las diferencias de movimientos transversales y longitudinales del terreno de apoyo, de las que depende dicha rotación, son mayores.

El correctivo usual para el problema de longitud excesiva de edificios es la partición de la estructura en bloques por medio de la inserción de juntas, de tal manera que cada uno de ellos pueda ser considerado como corto. Estas juntas deben ser diseñadas de manera tal que permitan un adecuado movimiento de cada bloque sin peligro de golpeteo, tal como se describe más adelante.

Flexibilidad

La flexibilidad de una estructura ante cargas sísmicas puede definirse como su susceptibilidad a sufrir grandes deformaciones laterales entre los diferentes pisos, conocidas como derivas. Las principales causas residen en la distancia entre los elementos de soporte (claros o luces), a las alturas libres de los mismos, y a la rigidez de los mismos. Dependiendo de su grado, la flexibilidad puede traer como consecuencias:

- ↳ Daños en los elementos no estructurales adosados a niveles contiguos.
- ↳ Inestabilidad del o los pisos flexibles, o del edificio en general.

Falta de redundancia

El diseño estructural sismo-resistente contempla la posibilidad de daño de los elementos para los sismos más intensos. Desde este punto de vista, el diseño de la estructura debe buscar que la resistencia a las fuerzas sísmicas no dependa en gran parte o totalmente de un número reducido de elementos, puesto que la falla de los mismos puede tener como consecuencia el colapso parcial o total en los instantes posteriores del sismo, debido a la debilidad de los restantes. En este sentido, debe buscarse que la resistencia a las fuerzas sísmicas se distribuya entre el mayor número de elementos posible (14).

Lógicamente el problema de la falta de redundancia está vinculado generalmente al de la flexibilidad, puesto que el menor número de elementos en un área determinada conlleva la presencia de grandes vanos entre los soportes y, por tanto, menor rigidez lateral de la estructura.

Torsión

La torsión ha sido causa de importantes daños de edificios sometidos a sismos intensos, que van desde la distorsión a veces visible de la estructura (y por tanto su pérdida de imagen y confiabilidad), hasta el colapso estructural.

La torsión tiene lugar por excentricidad del centro de masa con relación a la rigidez. Los tres grandes casos que pueden dar lugar a dicha situación en planta son:

- ↳ Posición de la estructura más rígida de manera asimétrica con respecto al centro de gravedad del piso.
- ↳ Colocación de grandes masas en forma asimétrica con respecto a la

rigidez.

↳ Combinación de las dos situaciones anteriores.

Debe tenerse presente que los muros divisorios y de fachada que se encuentren adosados a la estructura vertical tienen generalmente una gran rigidez y, por tanto, al menos mientras su resistencia sea superior a la exigencia del sismo, participan estructuralmente en la respuesta a éste y pueden ser causantes de torsión, como en el caso corriente de los edificios de esquina.

Si se contempla además la situación en altura, el panorama de la torsión puede complicarse aún más cuando hay irregularidades verticales, como los escalonamientos. En efecto, la parte superior del edificio transmite a la inferior un cortante excéntrico, lo cual provoca torsión del nivel de transición hacia abajo, independientemente de la simetría o asimetría estructural de los pisos superiores e inferiores.

Cuantitativamente, puede considerarse que una excentricidad entre la masa y la rigidez es grande cuando supera el 10% de la dimensión en planta bajo análisis. En un caso así deben tomarse medidas correctivas en el planteamiento estructural del edificio.

Como todos los problemas de configuración, el de la torsión debe ser enfrentado desde la etapa de diseño espacial y formal. Los correctivos necesarios para el problema de la torsión pueden resumirse en los siguientes puntos, en general:

↳ Las torsiones deben ser consideradas inevitables, debido a la naturaleza del fenómeno y a las características de la estructura. Por esta razón, se sugiere proveer a los edificios de la llamada rigidez perimetral, la cual busca abrazar la estructura contra toda posibilidad de giro y repartir la resistencia torsional entre varios elementos, de acuerdo con la necesidad de redundancia.

↳ Para efectos del control de la torsión, debe estudiarse con cuidado el planteamiento de la estructura en planta y en altura, así como la presencia y la necesidad de aislamiento de los muros divisorios que puedan intervenir estructuralmente en el momento de un sismo, tal como se tratará más adelante. En todo esto el objetivo debe ser la mayor simetría posible de la rigidez con respecto a la masa.

Flexibilidad del diafragma

Un comportamiento flexible del diafragma de piso implica deformaciones laterales mayores, las cuales son en principio perjudiciales para los elementos no estructurales adosados a los niveles contiguos. En segundo lugar, el trabajo de ensamblaje de la estructura vertical por parte del diafragma resulta hecho de manera deficiente, por lo cual se presenta mayor trabajo de unos elementos y menor en otros.

Son varias las razones por las cuales puede darse este tipo de trabajo flexible. Entre ellas se encuentran las siguientes:

↳ *Flexibilidad del material del diafragma.* Entre los materiales de construcción usuales la madera es la que ofrece los mayores inconvenientes desde este punto de vista.

- ↪ *Relación de aspecto del diafragma.* Por tratarse de un trabajo a flexión, mientras mayor sea la relación largo/ancho del diafragma, o de un sector suyo, mayores pueden ser las deformaciones laterales del mismo. En general, los diafragmas con relaciones de aspecto superiores a 5 pueden considerarse flexibles.
- ↪ *Rigidez de la estructura vertical.* La flexibilidad del diafragma debe juzgarse también de acuerdo con la distribución en planta de la rigidez de la estructura vertical. En el caso extremo de un diafragma alargado en el que todos los elementos tengan igual rigidez es de esperarse un mejor comportamiento del diafragma que en el caso en el cual tengan grandes diferencias en este punto.
- ↪ *Aberturas en el diafragma.* Las aberturas de gran tamaño practicadas en el diafragma para efectos de iluminación, ventilación y relación visual entre los pisos, ocasionan la aparición de zonas flexibles dentro del diafragma, las cuales impiden el ensamblaje rígido de las estructuras verticales.

Las soluciones al problema de flexibilidad del diafragma son múltiples, y dependen de la causa de la misma. En principio, para construcciones importantes, tales como hospitales, debe evitarse la construcción de pisos de materiales flexibles como la madera. En segundo lugar, al igual que por efectos de longitud, los edificios que tengan una relación de aspecto en planta grande deben ser segmentados por medio de juntas. Con respecto a la tercera causa, debe evitarse tener diferencias de rigidez muy grandes entre los elementos de la estructura vertical. Finalmente, las grandes aberturas en el diafragma deben estudiarse con cuidado, con el fin de proveer mecanismo de rigidización o, si esto no es posible, segmentación del edificio en bloques.

Concentración de esfuerzos en planta

Este problema surge en edificios denominados de plantas complejas y es muy común en edificaciones hospitalarias. Se define así a una planta en la cual la línea de unión de dos puntos cualesquiera de la misma suficientemente alejados hace su recorrido en buena parte fuera de la planta. Esto se da cuando la planta está compuesta de alas de tamaño significativo orientadas en diferentes direcciones (formas en H, U, L. etc.). En ellas, cada ala puede asimilarse a un voladizo empotrado en el cuerpo restante del edificio, sitio en el cual sufriría menores deformaciones laterales que en el resto del ala. Por esta razón aparecen grandes esfuerzos en la zona de transición, los cuales producen con frecuencia en ella daños en los elementos no estructurales, en la estructura vertical y aun en el diafragma.

Para este caso la solución corrientemente adoptada consiste en la introducción de juntas de separación sísmica, como las mencionadas para el caso de los edificios largos. Estas juntas permiten que cada bloque tenga su propio movimiento sin estar atado al resto del edificio, con lo cual se rompe el esquema de trabajo en voladizo de cada ala. Las juntas, obviamente, deben tener el ancho suficiente para permitir el movimiento de cada bloque sin golpeteo (15).

Problemas de configuración en altura

Concentraciones de masa

El problema en cuestión es el ocasionado por altas concentraciones de la masa total del edificio en algún nivel determinado, por causa de la disposición en él de elementos pesados, tales como equipos, tanques, bodegas, archivos, etc. El problema es mayor en la medida que dicho nivel pesado se ubica a mayor altura, debido a que las aceleraciones sísmicas de respuesta aumentan también hacia arriba, con lo cual se tiene una mayor fuerza sísmica de respuesta allí y mayor posibilidad de volcamiento.

En el diseño arquitectónico de estas construcciones resulta deseable disponer los espacios que representen pesos inusuales en sótanos o en construcciones aisladas aledañas al cuerpo principal del edificio. En casos en los cuales por razones topográficas se deba tener grandes almacenamientos de agua en alturas elevadas, debe preferirse construir torres independientes para ese fin, en lugar de adosarlas al edificio principal.

Columnas débiles

El diseño sísmico de pórticos busca que el daño producido por sismos intensos se produzca en vigas y no en columnas, debido al mayor riesgo de colapso del edificio por el segundo tipo de daño. Sin embargo, muchos edificios diseñados según códigos de sismo-resistencia han fallado por esta causa. Estas fallas pueden agruparse en dos clases:

- ↳ Columnas de menor resistencia que las vigas.
- ↳ Columnas cortas.

Varias son las causas de que el valor de la longitud libre se reduzca drásticamente y se considere que se presenta una columna corta:

- ↳ Confinamiento lateral parcialmente en la altura de la columna por muros divisorios, muros de fachada, muros de contención, etc.
- ↳ Disposición de losas en niveles intermedios.
- ↳ Ubicación del edificio en terrenos inclinados.

Las columnas cortas son causa de serias fallas en edificios bajo excitaciones sísmicas debido a que su mecanismo de falla es frágil. Las soluciones más adecuadas para el caso de muros de todo orden que impidan el movimiento libre de la columna consisten básicamente en la ubicación del muro en un plano diferente al de la columna, o en la separación del muro de la misma por medio de juntas. Para el caso de edificios con niveles intermedios, el proyecto arquitectónico debe considerar la ubicación de las columnas fuera de la línea de transición entre los niveles. Finalmente, en terrenos inclinados, debe buscarse la ubicación de los cimientos de las columnas a profundidades mayores.

Pisos débiles

Varios tipos de esquemas arquitectónicos y estructurales conducen a la formación de los llamados pisos débiles, es decir, pisos que son más vulnerables al daño sísmico que los restantes, debido a que tienen menor

rigidez, menor resistencia o ambas cosas. Los esquemas usuales son:

- ↳ Mayor altura del piso.
- ↳ Interrupción de elementos estructurales verticales en el piso.
- ↳ Construcción sobre terrenos inclinados.

El primer caso se da frecuentemente por la búsqueda de volúmenes mayores en ciertos niveles de la construcción, generalmente por razones técnicas (exigencias de equipos, etc.) o simbólicas (imagen del edificio en los niveles de acceso, etc.). Esto conduce a que en los pisos en

FIGURA 25. IRREGULARIDADES EN ESTRUCTURAS

Interpretación gráfica de «irregularidades en estructuras o en sistemas de marcos», del Comentario al SEAOC (Recommended Lateral Force Requirements and Commentary). Tomado de *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios*, Christopher Arnold y Robert Reitherman, México, D.F., Editorial Limusa, 1987, pag. 20. Reimpreso bajo autorización.

cuestión se presente un debilitamiento de la rigidez, debido a la mayor altura de los elementos verticales, y de la resistencia.

La interrupción de elementos verticales de la estructura ha probado ser la causa de múltiples colapsos parciales o totales en edificios sometidos a terremotos. La razón estriba en que el piso en el cual se interrumpen los elementos es de mayor flexibilidad que los restantes, con lo cual se aumenta el problema de estabilidad, pero además y principalmente, porque se origina un cambio brusco de rigidez que ocasiona una mayor acumulación de energía en el piso más débil. Los casos más usuales de tal interrupción, que ocurre generalmente por razones espaciales, formales o simbólicas, son los siguientes:

- ↳ Interrupción de las columnas.
- ↳ Interrupción de muros estructurales (muros de cortante).
- ↳ Interrupción de muros divisorios, concebidos erróneamente como no estructurales, alineados con pórticos.

Escalonamientos

Los escalonamientos en los volúmenes del edificio se presentan habitualmente por exigencias urbanísticas de iluminación, proporción, etc. Sin embargo, desde el punto de vista sísmico, son causa de cambios bruscos de rigidez y de masa, y por tanto, traen consigo los problemas correspondientes mencionados más arriba de concentración de la energía de daño en los pisos aledaños a la zona del cambio brusco. En términos generales, debe buscarse que las transiciones sean las más suaves posibles con el fin de evitar dicha concentración.

Los escalonamientos invertidos deben ser evitados en zonas sísmicas, debido a que conllevan, además, un grave riesgo de volcamiento, de acuerdo a lo mencionado con respecto a la distribución de la masa (ver Figura 25).