

## REFERENCIAS

1. Cardona O.D., «Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo», Taller Regional de Capacitación para la Administración de Desastres, ONAD/PNUD/OPS/OEA, Bogotá, Mayo 1991; *II Simposio Latinoamericano de Riesgo Geológico Urbano*, Vol.1, EAFIT, Pereira, Julio 1992.
2. Cardona O.D., «Términos de Uso Común en Manejo de Riesgos», AGID Report No. 13, EAFIT, *I Seminario Andino de Geología Ambiental*, Medellín, Abril 1990.
3. Bolt, B.A., «Terremotos,» *Serie Reverté Ciencia y Sociedad*, Barcelona, 1981.
4. Organización Panamericana de la Salud, *Guías para la Mitigación de Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina*, Washington, D.C., 1992.
5. Pan American Health Organization, *Disaster Mitigation Guidelines for Hospitals and Other Health Care Facilities in the Caribbean*. Washington, D.C., 1992.
6. Arnold C., Durkin M., *Hospitals and the San Fernando Earthquake*, Building Systems Development Inc., 1983.
7. Wheeler, E.T., *Diseño Funcional y Organización de Hospitales*. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, 1976.
8. Savage, P.E.A., *Planeamiento Hospitalario para Desastres*, México: Harla/OPS, 1989.
9. Organización Panamericana de la Salud, *Programa de Reconstrucción y Reordenamiento de los Servicios de Salud*, México: Secretaría de Salud, 1986.
10. Sanz Septien, M., «La Seguridad Contra Incendios en Hospitales», *Mapfre Seguridad*, Vol 7, No. 27 (Jul-sep) 1987.
11. Rodríguez Tellez, C., *Manual de Vigilancia y Protección de Instalaciones*, Consejo Colombiano de Seguridad, Bogotá, 1988.
12. Earthquake Engineering Research Institute (EERI), *Reducing Earthquake Hazards: Lessons Learned from Earthquakes* (Publication No. 86-02). Oakland, California: EERI, Noviembre 1986.
13. Arnold, C., Reitherman, R., *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios*. México: Limusa, 1987.
14. Organización Panamericana de la Salud, *Análisis de Riesgo en el Diseño de Hospitales en Zonas Sísmicas* (Edición de varios artículos). Washington, D.C., 1989.
15. Dowrick, D.J., *Diseño de Estructuras Resistentes a Sismos para Ingenieros y Arquitectos*. México: Limusa, 1984.
16. Arnold, Chris, et al., *Seismic Considerations for Health Care Facilities* (FEMA informe no. 150, EHRS 35). Washington, D.C., 1987.
17. Federal Emergency Management Agency (FEMA), *Instructor Guide for Nonstructural Earthquake Mitigation*

*for Hospitals and other Health Care Facilities*. Emmitsburg, Maryland, 1988.

18. EERI, *Nonstructural Issues of Seismic Design and Construction* (Publicación no. 84-04), 1984.
19. FEMA, *Non Structural Earthquake Hazard Mitigation for Hospitals and Other Care Facilities*, (FEMA informe no. IG 370), 1989.
20. Reitherman, Robert, *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage: A Practical Guide*. San Francisco: Bay Area Earthquake Preparedness Project, 1986. (FEMA informe no. 74, 1985.)
21. FEMA. *Seismic Protection Provisions for Furniture, Equipment, and Supplies for Veterans Administration Hospitals*. Washington, D.C., 1987.

# Anexo 1

## EJEMPLO DE DISEÑO SISMICO\*

### HOSPITAL DE LA ADMINISTRACION DE VETERANOS

#### Un Ejemplo de Diseño Sísmico Arquitectónico Hospitalario

Uno de los casos conocidos a nivel internacional de diseño arquitectónico de hospitales que se destaca por la integración de aspectos de mitigación del riesgo sísmico es el caso del Hospital de la Administración de Veteranos localizado en Loma Linda, en el estado de California.

Este complejo hospitalario fue localizado después de un análisis detallado de los posibles terrenos disponibles en un área en la cual pasan once fallas geológicas activas conocidas, en un radio de 65 millas, incluidos varios segmentos de la falla de San Andrés. Un estudio detallado desde el punto de vista sísmico indicó que aunque la falla de Loma Linda estaba muy cerca al lote elegido, dicha falla pasaba entre 60 a 120 metros al suroeste del sitio y que no era probable la ruptura superficial de la falla.

El edificio se diseñó desde el punto de vista estructural para una aceleración máxima de 0.5 g y sus componentes no estructurales esenciales para una aceleración de 2.0 g.

Las principales consideraciones sobre la configuración fueron las siguientes:

**1. Geometría del terreno:** El lote de 16 hectáreas permitió a los diseñadores considerar un edificio independiente y sin restricciones por la geometría del terreno. El área del lugar era suficiente para permitir la consideración de un edificio bajo, distribuido en forma horizontal.

**2. Programáticas:** Los estudios de investigación sobre la organización y planificación de hospitales, realizados por arquitectos antes del proyecto de Loma Linda, habían establecido algunas ventajas de la distribución horizontal, definidas como plantas en que las áreas clínicas y de diagnóstico se situaban en el mismo piso que las áreas de cuidado de los enfermos, en vez de concentrarlas en una estructura base conectada verticalmente con las funciones relacionadas con las camas.

Las ventajas se relacionaban en general con el aspecto de transporte interno, las cuales se estudiaron en forma separada por los arquitectos durante la fase del diseño esquemático del hospital de Loma Linda, bajo un contrato separado de la Administración de Veteranos. Por la experiencia con los hospitales AV planeados verticalmente, se habían detectado algunos problemas para establecer una circulación adecuada, ya que la concentración de la circulación vertical en una sola torre tendía a provocar una sobresaturación o un desperdicio de capacidad dependiendo de la hora del día. El personal del hospital señaló también una preferencia general por el movimiento horizontal, en vez del vertical, indicando que sería conveniente una reducción de la circulación vertical para pacientes graves, por ejemplo, durante el período pre y posoperatorio.

**3. Estéticas:** El diseño de hospitales tiende a ser dominado por la solución de plantas muy complejas y por los problemas de servicio y equipo, y la apariencia tiende a ser un aspecto secundario. La ciudad de Loma Linda deseaba que el establecimiento del hospital fuera «parecido a un parque». En respuesta a este deseo, y a la escala relativamente pequeña de los alrededores inmediatos al terreno, parecía apropiada la imagen de un edificio bajo, sin un carácter sui generis, situado hacia el centro del terreno (ver Figura A.1). Por sus 65.000 metros cuadrados aproximadamente, el edificio sería muy grande, pero su altura relativamente baja y el gran tamaño del terreno ayudaría a reducir el impacto del edificio sobre la comunidad.

FIGURA A.1. LA GRAN PLANTA TIPO PARQUE DEL HOSPITAL DE LA ADMINISTRACION DE VETERANOS EN LOMA LINDA

**4. Sistema constructivo:** El hospital se propuso como una demostración del Sistema de Edificios Hospitalarios

de la Administración de Veteranos, que se había desarrollado durante varios años por el mismo equipo de asesores responsables del diseño de este hospital. El sistema constructivo consistía en un conjunto de conceptos de diseño cuidadosamente creados con el fin de racionalizar y organizar el diseño preliminar del hospital.

Los aspectos estructurales del sistema consistían en un sistema de estructuración a bases de columnas y vigas, con claros moderados y de pisos de poco peralte, con grandes alturas de piso a piso y elementos resistentes a las fuerzas laterales concentrados en la torre de servicio y en el extremo de cada uno de los módulos de servicio que juntos forman cada piso del edificio. No se había previsto la posibilidad del uso del sistema en las condiciones sísmicas extremas que se daban en Loma Linda, pero el enfoque estructural permite que los severos requisitos sísmicos se satisficieran con buen éxito.

Los requisitos de planificación y estéticos, entonces, propusieron un edificio bajo, con planta amplia, que coincidió muy bien con el diseño sísmico rígido que reduciría el desplazamiento de los pisos, y en consecuencia, los daños arquitectónicos, mecánicos, eléctricos y de contenido, y la consecuente pérdida de la capacidad operativa. Además el edificio bajo y rígido tendría un período de vibración más corto y posiblemente una respuesta más baja que la que establecían sismos de las fallas geológicas cercanas.

Los requisitos anteriores fueron expresados específicamente por los ingenieros en estructuras como un diseño preferible de no más de cuatro pisos, simétrico respecto a los dos ejes de la planta y respecto a su sección. Cualquier configuración compleja se subdividiría de tal modo que cada componente, de ser posible, cumpliera con estos requisitos. Conforme a esto, los arquitectos estudiaron con cierto detalle algunos esquemas usando edificios solos y múltiples de tres, cuatro y cinco pisos, empleando todo el sótano, la mitad de éste y sin sótano. Al evaluar la resistencia sísmica, se consideraron la simetría, la disponibilidad de muros de cortante, los requisitos de juntas de separación y la continuidad de las rigideces verticales (ver Figura A.2).

**FIGURA A.2. DISEÑOS ESQUEMATICOS DE LAS ALTERNATIVAS PRELIMINARES  
ESTUDIADAS POR LOS ARQUITECTOS**

En todas las soluciones que se instalaron sótanos se producían discontinuidades verticales de rigidez en el primer piso. Las soluciones de edificios múltiples requerían muchos puentes de conexión para conservar una circulación razonable, los cuales a su vez requerirían muchas juntas sísmicas.

La configuración elegida fue la más sencilla de todas las estudiadas: un bloque sencillo, con planta casi cuadrada, sin sótano y con una disposición simétrica de cuatro patios dentro del bloque. Los patios son relativamente pequeños. La planta tenía una distribución regular de muros de cortante en todo el conjunto, que se prolongan de una manera ininterrumpida desde el techo hasta la cimentación y tienen una continuidad directa en planta con los miembros estructurales (ver Figuras A.3-A.5).

**FIGURA A.3. CORTE A TRAVES DE LOS PATIOS, MOSTRANDO LOS MUROS  
DE CORTANTE EN LOS EXTREMOS**

**FIGURA A.4. PLANTA DE ESTRUCTURACION  
TÍPICA**

**FIGURA A.5. PLANTA DEL TERCER PISO, MOSTRANDO  
LA DISTRIBUCIÓN DE LA CIRCULACIÓN**

La distribución de la planta y la circulación del edificio se relacionaron cuidadosamente con la posición de los muros de cortante para obtener una penetración mínima de éstos y una distribución de planta departamental y pública claramente definida y fácilmente accesible. El resultado final es notablemente libre en ambos renglones. Las ocho torres de servicio (cuatro en cada extremo) permiten la colocación de los muros de cortante principales. Cada torre tiene dos muros de cortante en el sentido este-oeste y otro en el sentido norte-sur. Este último es un muro interior atravesado por grandes ductos y otros servicios horizontales. Sin embargo, estas aberturas se repiten y controlan cuidadosamente, y el uso de un muro interior permite que estos muros cortante sean continuos con el marco perimetral del edificio. Esto no sería así si se hubieran usado los muros extremos de la torre (ver Figura A.6).

**FIGURA A.6. PENETRACION CONTROLADA DE LOS MUROS DE CORTANTE  
PARA CORREDORES Y DUCTOS DE SERVICIO**

En el sistema resistente lateral general se emplean muros de cortante de concreto y un marco «de apoyo» dúctil resistente a momento. El sistema original rígido de muros de cortante se diseñó para un alto nivel de fuerza, de modo que la estructura tenderá a tener deflexiones laterales pequeñas debido a los sismos de diseño que se comentaron antes. El desplazamiento máximo calculado de piso a piso fue alrededor de  $0.004H$ , muy dentro de los intervalos convenientes aceptados para hospitales.

De esta manera se llevó a cabo el diseño de este hospital cumpliendo satisfactoriamente y en forma armónica con todos los requerimientos de un diseño ideal, en el cual ingenieros y arquitectos trabajaron en conjunto desde el inicio del proyecto, logrando un grado de integración de todos los aspectos que garantizan su funcionamiento incluso en el caso de un muy intenso terremoto.

## **Anexo 2**

# **FORMA Y VOLUMEN DE EDIFICACIONES\***

\*Adaptado por el autor de *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios*, Christopher Arnold y Robert Reitherman, México, D.F., Editorial Limusa, 1987, pag. 224-230. Las figuras están tomadas del mismo texto, bajo autorización de Casa Editorial Limusa.

\*Tomado de *Configuración y Diseño Sísmico de Edificios*, Christopher Arnold y Robert Reitherman, México, D.F., Editorial Limusa, 1987, pag. 177 y 178. Reimpreso bajo autorización.