

do en su escala de aceleraciones para que su valor máximo fuera 0.30 g. Los resultados de este análisis indican la existencia generalizada de la situación viga fuerte-columna débil que provoca que la estructura tienda a colapsar mediante mecanismo de traslación de las columnas, lo cual es indeseable.

Diseño del reforzamiento estructural

El objetivo de la intervención en la estructura de los edificios del Hospital México es solucionar los problemas de estructuración, resistencia y flexibilidad anotados anteriormente.

Para lograr este objetivo se requiere independizar los paneles de mampostería de la estructura principal, e incluir nuevos elementos estructurales que logren un balance en-

tre resistencia y rigidez, de manera que reduzcan las fuerzas internas en elementos con capacidad insuficiente, provean un mecanismo de falla adecuado y eliminen la posibilidad de choque entre edificios. Además la estructura resultante debe elevar los valores de aceleración de no daño de .15 g a .18 g, y la aceleración de no colapso a .30 g.

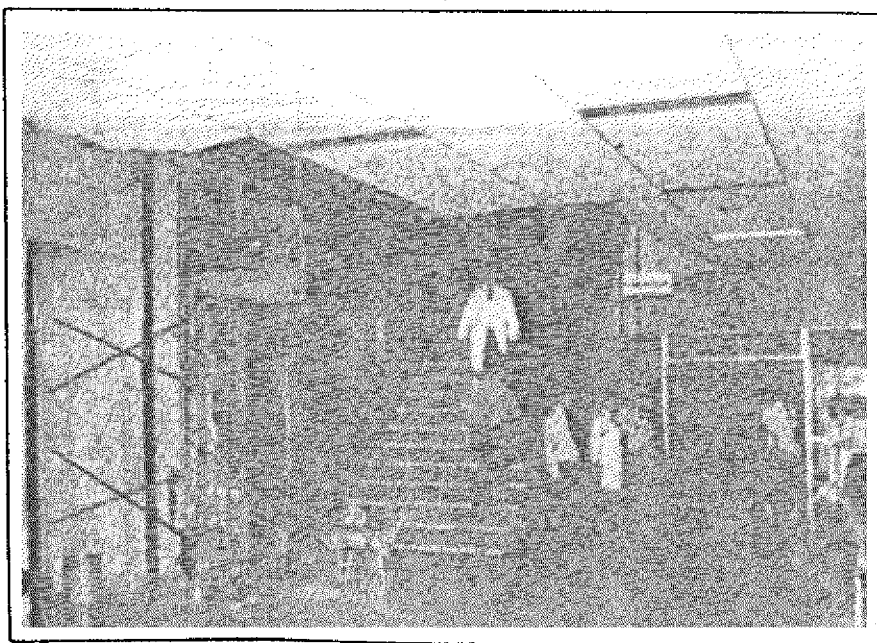
El diseño del reforzamiento estructural sigue un proceso similar al de una estructura nueva, pero con una cantidad mayor de limitaciones. La principal limitación es la propia estructura existente, pues el diseño debe adecuarse completamente a ella eliminando sus deficiencias y sin causar perjuicios importantes. Además existen condiciones que limitan la solución adoptada y que se relacionan con el uso del edificio, su ocupación du-

rante la etapa de construcción, los métodos constructivos, la seguridad estructural durante el proceso y por supuesto los aspectos económicos. No se debe olvidar que también es muy importante la relación de la estructura con aspectos estéticos y funcionales del edificio.

El proceso de solución es iterativo y requiere la evaluación de las diferentes posibilidades de reforzamiento. La opción escogida por Heriel S.A. como empresa consultora, para los edificios de hospitalización, fue incorporar dos nuevos ejes de resistencia cerca de las fachadas principal y posterior, formados por marcos de concreto unidos a las losas de entepiso.

En los Edificios Sureste y Noroeste se integraron las escaleras de emergencia, para aprovechar la rigidez de sus muros y evitar su posible volcamiento. En el Edificio Central se amplió el área de piso en la zona de escaleras para incluir marcos adicionales.

La opción escogida para el Edificio de Quirófanos fue la construcción de dos áreas adicionales en sus extremos, en una estructura muy rígida de marcos y muros, de manera que absorbiera un alto porcentaje de la carga sísmica del edificio. Con esto se lograría realizar una cantidad mínima de trabajos en las áreas de quirófanos y salas de partos, y el tiempo mínimo de interrupción de sus servicios.



Los trabajos de construcción se efectuaron sin paralizar la actividad del hospital.

Debido a que los elementos nuevos deben tomar parte importante de las fuerzas sísmicas, se le dio especial atención a los detalles de unión de la estructura del edificio existente y de la nueva estructura, ya que los puntos de unión son claves para una adecuada transmisión de fuerzas y una respuesta satisfactoria del conjunto.

Para analizar el comportamiento de las estructuras reforzadas en relación con el de las estructuras originales, se presentan los siguientes datos del Edificio Noroeste:

- los períodos de los modos de vibración se reducen de 1.36 seg y 1.26 seg a 1.04 seg y 0.99 seg en las direcciones transversal y longitudinal.

- la torsión en planta se reduce al desligar las paredes ubicadas en el eje extremo, junto a las escaleras. La unión con las escaleras causa una torsión que se ubica dentro de los límites del CSCR.

- los desplazamientos máximos calculados se reducen de 17 cm a 9.3 cm. La posibilidad de choque es mínima, pues la separación entre edificios es 15 cm.

- la escalera de emergencia, al quedar ligada al Edificio Noroeste, no tiene posibilidad de volcamiento.

- las paredes de mampostería se desligan y se evita su falla así como problemas de columna corta y piso suave.

- a pesar que los nuevos elementos reducen el porcentaje de la carga sísmica que toman los elementos existentes, al aumentar la rigidez del edificio aumentan también las fuerzas de sismo. El resultado es que las vigas y columnas existentes deben resistir fuerzas similares a las anteriores, y se requiere reforzar algunos de ellos para aumentar su capacidad en cortante y/o para aumentar su capacidad de deformación.

En resumen, se logró eliminar los problemas de estructuración, los nuevos elementos colaboran para una mejor distribución de las cargas y en la reducción de la flexibilidad, y se refuerzan los elementos existentes con poca capacidad.

Proceso constructivo

A mediados de 1989 se iniciaron los trabajos de reforzamiento de la estructura del

Edificio Sureste. Debido a la ocupación del hospital, se decidió realizar el trabajo en etapas, de manera que se terminó el refuerzo del Edificio Sureste, se continuó con el Edificio Noroeste y luego el Edificio Central. Los edificios de Lavandaría, Casa de Máquinas y Quirófanos se reforzaron simultáneamente con el Central.

La realización de este tipo de obras, que produce mucho ruido y polvo al efectuarse las demoliciones, provoca situaciones difíciles en un ambiente que busca asepsia y tranquilidad para los pacientes. La coordinación entre la Dirección de Arquitectura e Ingeniería, la empresa constructora y la administración del hospital es muy necesaria para que el avance de los trabajos se alcance con el menor trastorno de las funciones del hospital.

Durante la etapa de construcción surgieron algunas



Nudo de unión de estructura existente y nueva

condiciones diferentes a las esperadas según los detalles de los planos originales, y problemas constructivos que propiciaron cambios en algunos elementos o detalles.

Algunos de estos cambios son:

- modificación de la cimentación de las escaleras de emergencia, para evitar la demolición y posterior reconstrucción de una sección de pisos, paredes, instalaciones sanitarias y otros acabados.

- cambio del detalle de refuerzo de paredes de sótano, simplificando el trabajo propuesto en planos con estructura de acero, para utilizar estructuras de concreto.

- modificaciones en el refuerzo de la estructura del pórtico de la entrada principal.

- demolición o separación estructural de marquesinas que causaban problemas de columna corta.

- reducción de los trabajos a realizar en el Edificio de Lavandería y Casa de Máquinas.

Las condiciones reales de la estructura existente y su utilización durante la construcción presentan limitaciones fuertes a los trabajos de reforzamiento. Fue frecuente la necesidad de realizar modificaciones a los detalles de anclajes y uniones entre la estructura nueva y la existen-

te, debido a la presencia de elementos electromecánicos en operación o condiciones estructurales inesperadas.

La ejecución de las obras se facilitó debido a que la solución propuesta involucraba un porcentaje muy alto del trabajo a realizar por fuera de los edificios, con lo que se logró un menor deterioro de los acabados e instalaciones existentes.

Referencias

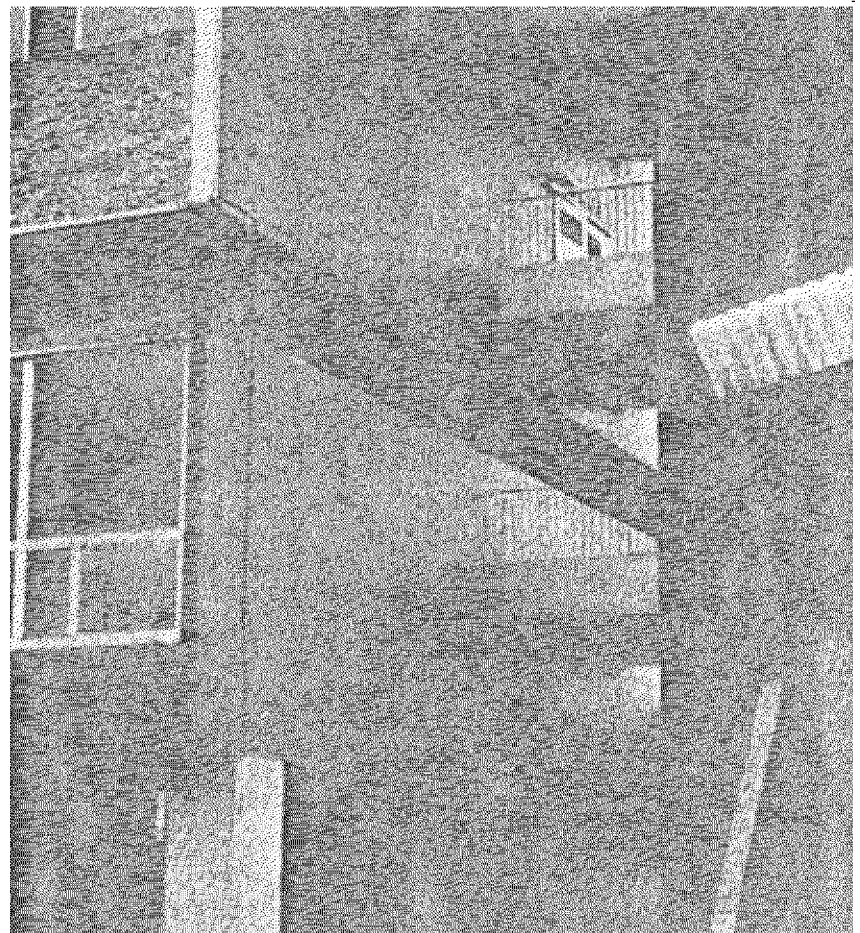
1. Herrera Giri, Carlos y Quirós Rojas, Víctor
Estudio de Vulnerabilidad Sísmica del Hospital México

Informe de Proyecto Final para graduación
Universidad de Costa Rica
Diciembre 1986.

2. Cruz Azofeifa, Miguel y Acuña Prado, Roy
Estudio de Vulnerabilidad Sísmica del Hospital México. II Parte
Instituto de Investigaciones en Ingeniería.
Universidad de Costa Rica, 1987.

3. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos
Código Sísmico de Costa Rica
San José 1986

4. Herrera Giri, Carlos y Cruz Azofeifa, Miguel
Respuesta sísmica de un edificio del Hospital México antes y después de su reestructuración.
Cuarto Seminario de Ingeniería Estructural. San José 1988



Problemas de columna corta y piso suave en edificio noroeste.