

7763

# CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE MITIGACIÓN DE DESASTRES EN INSTALACIONES DE SALUD

México, D.F., 26-28 de febrero de 1996



Gobierno de México



OPS/OMS



DAH/DIRDN



Banco Mundial



CEPAL



OEA

## ESTUDIO DE VULNERABILIDAD "Refuerzo y Riesgo Sísmico de Hospitales en Costa Rica"

por

**MIGUEL F. CRUZ. A.**

**Consultor en Ingeniería Estructural y Sismo-resistente**

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD  
"Refuerzo y Riesgo Sísmico de Hospitales en Costa Rica"**

**Miguel F. Cruz A.<sup>1</sup>**

**RESUMEN**

Las experiencias sísmicas vividas en Costa Rica y en Centroamérica en los años 70 y 80 indujeron a la Universidad de Costa Rica y a la Caja Costarricense de Seguro Social a realizar estudios de vulnerabilidad sísmica de hospitales. Estos estudios se hicieron entre 1984 y 1987 y motivaron el diseño de los refuerzos hospitalarios llevados a cabo entre 1989 y 1991.

Los sismos de México en 1985 y de El Salvador en 1986 fueron eventos que favorecieron la decisión de reforzar los hospitales en Costa Rica. Se reforzaron tres hospitales importantes con tres criterios diferentes debido a que contrató a tres diferentes compañías diseñadoras. Los procesos de refuerzo no estuvieron exentos de problemas pero al final se concluyeron con costos rentables comparados con el valor del hospital y con las pérdidas causadas por terremotos.

Durante 1990 y 1991, estando algunos en proceso de reestructuración, estos hospitales fueron sometidos a sacudidas sísmicas de moderadas a fuertes, las cuales probaron la efectividad de las reestructuraciones y la parte básica de la filosofía de diseño estructural.

Las pérdidas producidas por estos sismos se debieron al daño no estructural el cual se produjo en las partes no reforzadas de los edificios.

---

<sup>1</sup> Profesor Asociado, Universidad de Costa Rica. Consultor e Ingeniería Estructural y Sismo-resistente.

El aspecto multidisciplinario de trabajo, que incluyó sismólogos, geotecnistas, arquitectos, ingenieros estructurales, electromecánicos, ingenieros urbanistas y profesionales de la salud, fue considerado luego en el diseño de un hospital nuevo, aprovechando la experiencia acumulada en los estudios de vulnerabilidad y refuerzo. Tanto la parte de amenaza sísmica, la estructural, la no estructural y la operativa fueron analizadas por expertos en cada campo coordinadas por un encargado de proyecto. Los diferentes aspectos del riesgo fueron analizados y se diseñaron medidas correctivas para reducir los riesgos al mínimo aceptable.

## **INTRODUCCION**

En Costa Rica tres de los hospitales considerados prioritarios por la Caja Costarricense de Seguro Social fueron estudiados y reforzados durante el período 1985-1992. Este proceso de estudio - diseño - refuerzo fue posible gracias a la intervención de diferentes sectores involucrados con el riesgo sísmico y con la administración de los hospitales.

Este trabajo presenta el desarrollo y los procedimientos seguidos en Costa Rica para estudiar la vulnerabilidad sísmica de hospitales importantes y posteriormente el proceso de refuerzo de los mismos. Se muestra también la influencia que tuvo ese refuerzo en los hospitales durante los sismos de 1990 y 1991.

La experiencia acumulada por la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) y por los profesionales en ingeniería sísmica se aprovechó y se aplicó al diseño de un hospital nuevo. El procedimiento seguido también se muestra en este trabajo.

Se presentan algunas comparaciones de orden económico y de costos y se dan algunas recomendaciones y sugerencias para iniciar y mejorar un proceso de estudio - diseño - refuerzo en un hospital existente y para proponer un proceso de diseño sismo-resistente en caso de hospitales nuevos.

## **ANTECEDENTES**

Durante las décadas de los años 70 y 80 hubo en Costa Rica un creciente interés por la seguridad sísmica motivado por los sismos de Managua 1972, Tilarán 1973 y Ciudad de Guatemala 1976. Esto llevó a la promulgación del Código Sísmico de Costa Rica en 1974 por parte del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos y motivó a la Oficina de Planificación

y Política Económica, al Instituto Nacional de Seguros y al mismo Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos a contratar, con el J.A. Blume Earthquake Engineering Center de la Universidad de Stanford, un "Estudio de Riesgo Sísmico para Costa Rica". Este estudio es utilizado actualmente por la última versión del Código Sísmico.

En 1983 el terremoto de Pérez Zeledón (Costa Rica) produjo severos daños al Hospital Escalante Pradilla que lo obligó a salir de operación durante la emergencia y a prestar servicio en condiciones de reparación durante los 12 meses que siguieron a la emergencia.

En ese mismo año y motivado por los daños observados en Pérez Zeledón, el director del Hospital Calderón Guardia de San José le solicitó a la Universidad de Costa Rica que realizara una evaluación de la vulnerabilidad sísmica de sus instalaciones, a lo cual la Escuela de Ingeniería Civil de dicha universidad respondió afirmativamente y realizó un estudio de vulnerabilidad operacional y no estructural del Hospital.

Posteriormente, en 1985, el CONICIT (Concejo Nacional de Investigación y Tecnología) concedió a la Universidad de Costa Rica un fondo de investigación para estudiar la vulnerabilidad sísmica del Hospital México. Este fue el primer estudio de vulnerabilidad sísmica integral realizado en el país ya que se evaluaron los diferentes aspectos del riesgo a que estaba expuesto el hospital. Se evaluaron los aspectos estructurales, los no estructurales y los de índole operativo. Personeros de la Oficina de Desastres de la Organización Panamericana de la Salud motivaron al personal universitario a iniciar este tipo de investigación ya que se presentaba como un nuevo campo de trabajo en América Latina. En ese mismo año la Caja Costarricense de Seguro Social contrató a dos firmas de ingeniería estructural para realizar el estudio de vulnerabilidad sísmica estructural del Hospital Monseñor Sanabria en Puntarenas y del Hospital Nacional de Niños en San José.

Los sismos de México 1985 y de El Salvador 1986 fueron eventos que impulsaron a las autoridades de la CCSS a contratar los diseños de la reestructuración de los hospitales estudiados y a iniciar luego el proceso de refuerzo.

Además de las condiciones favorables ya mencionadas, existencia del Código Sísmico de Costa Rica y el Estudio de Riesgo Sísmico de Costa Rica, se dieron durante la década de los ochenta dos condiciones que impulsaron o favorecieron los estudios de vulnerabilidad y refuerzo. Estas fueron la creación de la Comisión Nacional de Emergencias que tuvo una importante labor a nivel hospitalario para la preparación en la atención de desastres, y la promulgación del Decreto 169 del Poder Ejecutivo que obligaba a las instituciones del estado a estudiar y a reforzar sus instalaciones contra eventos sísmicos.

Los estudios de vulnerabilidad sísmica realizados en Costa Rica y en otros países de América Latina motivaron la publicación de dos trabajos relativos al diseño seguro de obras hospitalarias. Estos trabajos publicados en el VI Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sísmica realizado en Ciudad de México en 1990, reconocen el aspecto multidisciplinario del diseño seguro contra riesgos de la naturaleza y resumen los procesos de diseño necesarios para reducir la vulnerabilidad en instalaciones nuevas. Estos procesos junto con desarrollos recientes se aplicaron al diseño de un hospital nuevo como se mostrará más adelante.

#### **ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD 1984-1986.**

Los estudios de vulnerabilidad sísmica los inició, como ya se ha mencionado, la Universidad de Costa Rica en 1984, y luego la CCSS continuó estos estudios en dos de sus hospitales.

El trabajo de la Universidad de Costa Rica indicaba que el problema de seguridad no radica únicamente en lo estructural sino que radica también en la respuesta de los sistemas no estructurales y en el sistema operativo con que cuente el hospital para hacer frente a la emergencia.

Un estudio de vulnerabilidad, por lo tanto, debe evaluar estos tres aspectos. El trabajo se inicia con la identificación de los riesgos. En el caso de sismos hay que identificar la magnitud de los sismos fuertes en la zona y el período de retorno en que se presentan (estudio de amenaza sísmica).

Una vez identificada la amenaza, deberá definirse un nivel de riesgo a aceptar para seleccionar la magnitud del sismo contra la que se medirá la seguridad.

Los niveles de desempeño de la estructura se medirán contra las exigencias de los sismos y se podrá determinar si la estructura es segura. Si la estructura no es segura todo el sistema hospitalario es vulnerable, pero lo contrario, que la estructura sea segura, no significa que el sistema hospitalario sea invulnerable.

La seguridad del sistema no estructural considera al sistema electro-mecánico y arquitectónico. Las rutas de las tuberías, los apoyos de equipos, la ubicación relativa de los mismos, etc. son aspectos que deben considerarse como elementos a fallar durante sismos y a sacar de operación al hospital. Los elementos arquitectónicos como fachadas, cielos, puertas y ventanas, pisos, escaleras, etc. pueden sufrir daños que obliguen a la paralización del servicio.

El sistema operativo del hospital durante la emergencia puede resultar un caos que impida brindar el servicio. La entrada y salida de ambulancias, las áreas de atención de

heridos, la ubicación relativa de laboratorio y rayos x respecto a urgencias, etc. son aspectos que deben evaluarse en los estudios de vulnerabilidad.

Disminuir la vulnerabilidad en la parte no estructural y operativa es generalmente simple y poco costosa. La reducción de la vulnerabilidad estructural implica intervenciones mayores, de costo elevado y de difícil ejecución. Los estudios realizados en Costa Rica de 1984 a 1986 indicaban la necesidad de intervenir estructuralmente los hospitales además de intervenir la parte no estructural y relativamente poco la parte operativa.

La definición de la amenaza sísmica para revisar los hospitales se tomó del "Estudio de Riesgo Sísmico de Costa Rica" ya mencionado y los niveles de desempeño se definieron según lo indicado en el Código Sísmico de Costa Rica. En el caso del Hospital México la revisión no se hizo únicamente para el sismo más grande posible en el área sino también para aquellos sismos que tuviesen un período de retorno más pequeño. Es decir se verificó el desempeño para sismos catastróficos (MM IX) y para sismos moderados (MM VI-VII).

Los resultados de los estudios de vulnerabilidad fueron comunicados a las autoridades de la CCSS quienes decidieron contratar de inmediato los diseños de refuerzo. Los estudios de vulnerabilidad fueron claros, concluyentes e indicaron a las autoridades políticas las acciones que debían tomarse para reducir el impacto de los eventos sísmicos.

## **DISEÑO Y REFUERZO 1986-1992**

El refuerzo estructural debe realizarse en un edificio cuando se ha podido demostrar que su estructura es susceptible de sufrir daños severos ante sismos fuertes.



El refuerzo eleva la seguridad estructural del edificio pero no puede convertir al sistema en uno totalmente invulnerable ya que sería imposible reforzar todos los elementos para que sobreviva sin daño el sismo más grande posible.

Los hospitales reforzados por la CCSS han sido mencionados y fueron: el Hospital Nacional de Niños, el Hospital México y el Hospital Monseñor Sanabria. Las características de estos hospitales se resumen en la tabla 1. Se muestra también el costo del refuerzo. Se puede observar que el costo de las reestructuraciones osciló ente 70 y 80 dólares por metro cuadrado de construcción. Rango bastante pequeño a pesar de las diferencias en el tipo de refuerzo.

**TABLA 1**

<b>Hospital</b>	<b>Area M<sup>2</sup></b>	<b># Camas</b>	<b>Año Construcción</b>	<b># pisos</b>	<b>Costo refuerzo</b>
Nal. Niños	16000	375	1960	5	1.100.000
México	30000	600	1962	10	2.350.000
Monseñor Sanabria	17000	289	1970	10	1.270.000

El proceso de diseño, el tipo de refuerzo y el proceso constructivo fue muy diferente en cada uno de los tres casos. Esto se debió a que la CCSS depositó toda la responsabilidad del diseño del refuerzo en las tres compañías consultoras que contrató para tal fin. La CCSS no definió una política de refuerzo en cuanto a lo técnico, simplemente solicitó incrementar la seguridad estructural de los edificios y esto quedó a criterio del diseñador contratado.

El Hospital Nacional de Niños fue reestructurado a base de muros de corte para sostener el sistema de losas planas y columnas que componen su sistema estructural. Durante el proceso de reestructuración que duró 25 meses el hospital tuvo una capacidad reducida de camas. Hubo épocas críticas donde la capacidad de hospitalización se redujo a 30 camas, esto motivado por la falta de colaboración y comprensión del personal para trabajar en condiciones de construcción

El Hospital México fue reestructurado a base de marcos rígidos dúctiles para ayudar al sistema similar que constituía su estructura original. Las paredes de mampostería fueron desligadas de la estructura para permitir el libre funcionamiento de la estructura. La Figura. 1 muestra la forma original del hospital y la forma reestructurada. El proceso constructivo del refuerzo tardó 36 meses y dado el proceso adoptado y la forma del hospital la reducción de camas no superó un 33% de la capacidad instalada. Sin embargo hubo muertes de pacientes esperando cama lo que indispuso al personal y a los asegurados.

Un problema que se presentó, al igual que en los otros hospitales, fue el atraso de las entregas parciales por parte de la compañía constructora, el robo de pequeños objetos por parte del personal de la construcción y la constante aparición de trabajos adicionales constructivos debido a que el cartel no contemplaba algunas reposiciones arquitectónicas propias del proceso de refuerzo. La falta de coordinación de la compañía constructora y del departamento de Arquitectura e Ingeniería de CCSS con las autoridades del hospital causó enormes problemas de programación y atraso de las obras.

El Hospital Monseñor Sanabria, construido originalmente a base de marcos dúctiles, fue reestructurado a base de muros de corte. En este caso las paredes de mampostería no fueron desligadas ya que no lo exigieron así sus diseñadores.

FIGURA 1  
HOSPITAL MEXICO



a) Fachada original en proceso de refuerzo



b) Fachada finalizada