

1061

# NUD/UNDRO

## TALLER REGIONAL DE CAPACITACION PARA DESASTRES

### COMPORTAMIENTO DE HOSPITALES EN COSTA RICA DURANTE LOS SISMOS DE 1990 Ing. Miguel F. Cruz A., M.Sc.

---

#### OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar las bondades y posibles deficiencias del reforzamiento estructural de los hospitales en Costa Rica, a la luz de los sismos que se presentaron en este país durante el año 1990.

Se mostrará también las dificultades encontradas en el proceso y los procedimientos adaptados para hacer frente a estas dificultades.

Se hará una descripción del tipo de refuerzo adoptado en cada hospital y se discutirán los planes para llevarlos a cabo. Los costos de estos reforzamientos serán evaluados en comparación con el presupuesto hospitalario y el valor de la edificación. También se hará una descripción de las pérdidas sufridas en los hospitales reforzados y en los no reforzados de manera que sirva de parámetro comparativo.

#### INTRODUCCION

##### *Riesgo Sísmico en Costa Rica*

Costa Rica es un país Centroamericano situado entre las latitudes 8 y 11 grados norte y las longitudes 82 y 86 grados oeste. Su plataforma continental está ubicada en la placa tectónica del Caribe y frente a su costa pacífica se encuentra la zona de subducción donde la placa de Cocos se introduce debajo de la del Caribe. Esta zona de subducción es capaz de producir sismos de magnitudes de hasta 7.5 en la escala Richter y capaces de producir intensidades en el centro del país del orden de VII en la escala Mercalli modificada (MM).

Este choque entre placas ha causado que en la plataforma continental se presente cantidad innumerable de fallas locales capaces de producir sismos de magnitudes Richter de 6, relativamente superficiales y cercanos a los centros urbanos, e intensidades de hasta VIII en escala Mercalli modificada. La periodicidad de la actividad sísmica en Costa Rica, al igual que en toda Centro América, es relativamente alta lo que mantiene a los organismos de monitoreo, de prevención y de atención de emergencias en constante alerta y en actividades de revisión y actualización.

### *Antecedentes de daños en hospitales*

Durante la década de **los** ochenta se presentaron sismos en América Latina cuyas principales víctimas a nivel de infraestructura fueron las instalaciones hospitalarias. Tal **es** el caso del sismo de México, ocurrido el 19 de setiembre de 1985 que causó colapso total del Hospital Juárez y la pérdida total del Centro Médico.

El **10** de octubre de 1986 ocurrió un sismo de magnitud 5.7 en San Salvador, que causó intensidades de IX en la zona epicentral. Este sismo fue causado **por** fallas locales ubicadas debajo de la ciudad de San Salvador y a sólo **3** kilómetros del epicentro produjo aceleraciones máximas del movimiento del terreno de **0.47g** (47% de la aceleración que experimentan los cuerpos en caída libre). Estas aceleraciones máximas son uno de los **parámetros** que se **utilizan** en el diseño estructural y son una medida cuantitativa de la intensidad del movimiento del terreno.

Este sismo causó daños en **6** hospitales de la capital salvadoreña y redujo la capacidad de camas de 2160 instaladas a 925 después del sismo; **es** decir, se perdió el 57% de la capacidad instalada. **Los** trastornos sufridos en la atención médica fueron enormes e incuantificables.

El terremoto del **3** de julio de 1983 ocurrido en San Isidro de Pérez Zeledón, en Costa Rica, es uno de los antecedentes costarricenses de sismos que hacen daño a las instalaciones hospitalarias. Este sismo de magnitud 5.9 causado por una falla local produjo intensidades de VII (MM) en la comunidad de San Isidro y VIII en algunas comunidades circunvecinas. La instalación pública que más sufrió daños fue precisamente el Hospital Escalante Pradilla perteneciente a la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS).

El hospital fue inaugurado en 1975 y diseñado antes de la promulgación del Código Sísmico de Costa Rica y contaba con 210 camas y atendía a una población de 110.000 habitantes. La estructura presentaba serias deficiencias que lo hacían altamente vulnerable ante los sismos y además, **los** equipos electromecánicos carecían de seguridad al presentar anclajes y sujeciones inadecuados y al estar una gran cantidad de ellos concentrados en un mismo sitio.

Los daños estructurales que produjo el sismo fueron fallas por el mecanismo conocido como columna corta, generalizados en toda la estructura. El daño no estructural en cielos y ventanas e instalaciones fue excesivo y contribuyó a crear el pánico entre el personal y los pacientes que abandonaron las instalaciones en forma precipitada, dejando equipos en funcionamiento y salidas abiertas de los sistemas de **gas**, vapor y aire comprimido. El hospital salió de operación y debió prestar servicios de emergencia en un hospital de campaña.

El costo total de las reparaciones ascendió a 25 millones de colones, 500.000 dólares al cambio oficial de esa fecha, de manera que se **inviertieron** \$2.380 por cama en reparaciones. Las reparaciones se concluyeron en julio de **1984**, o sea se necesitaron **12** meses para dejar al hospital en condiciones normales de operación.

### *Iniciativas para la prevención y mitigación de las emergencias sísmicas en Costa Rica*

Desde la época de los años treinta existían en Costa Rica leyes que prohibían la construcción con adobe y bahareque con el objeto de reducir el efecto de los sismos sobre las construcciones; sin embargo no es hasta 1974 que se edita la primera edición del Código Sísmico de Costa Rica con el objeto de formalizar los diseños y procedimientos constructivos en el país.

Esta iniciativa de crear un código de diseño y construcción antisísmica fue tomada por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos a la luz de lo ocurrido en Managua, Nicaragua ciudad que fue destruida por el terremoto del 23 de diciembre de 1972 y lo ocurrido en Tilarán, Costa Rica durante el terremoto del 13 de abril de 1973. Este código fue actualizado y se publicó una segunda versión en 1986.

En 1977 la Oficina de Planificación y Política Económica, el Instituto Nacional de Seguros y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos contrataron la realización de "Un Estudio de Riesgo Sísmico para Costa Rica" con el John A. Blume Earthquake Engineering Center de la Universidad de Stanlord. Este estudio ha servido de base para definir los niveles de riesgo aceptados en la segunda versión del Código Sísmico.

Existen en el país organismos de monitoreo e investigación en las universidades con apoyo de oficinas internacionales, que son en la actualidad los encargados de mantener actualizados los datos y proponer algunas normas para la prevención y mitigación de las emergencias sísmicas. En 1986 se creó la Comisión Nacional de Emergencias, organismo que se ha ocupado además de la atención misma de las emergencias, de la promoción de medidas de prevención en las instituciones nacionales, y de la asesoría para puesta en marcha de los planes para la atención hospitalaria en situaciones de desastre. Es así como se han formado comités de emergencia en todos los hospitales y en la mayoría de ellos se cuenta con un plan de acción para cuando la emergencia es interna o externa al hospital. Estos planes para emergencia externa han sido ensayados en cuatro hospitales del Área Metropolitana ( Hospital Nacional de Niños, México, Calderón Guardia y San Juan de Dios), y en dos hospitales regionales ( Liberia y Los Chiles ).

Existe un plan base para ser adoptado por todos los hospitales del país. En lo relativo a los planes de atención para emergencias internas como inundaciones, incendios o terremotos, casi todos los hospitales cuentan con un estudio de vulnerabilidad para estos riesgos y cuentan con brigadas contra incendios capacitadas por el Instituto Nacional de Seguros (INS). Para el caso de sismo los estudios de vulnerabilidad se iniciaron desde 1984 y los diseños y construcciones de los reforzamientos se iniciaron en 1987. En la actualidad el Hospital Nacional de Niños se encuentra totalmente reestructurado; el Hospital Monseñor Sanabria de Puntarenas y el Hospital México se encuentran en proceso de reestructuración.

### *Proyecto de evaluación y reforzamiento de hospitales*

Los estudios de vulnerabilidad a los hospitales del país se iniciaron en **1984** en la Universidad de Costa Rica como proyectos de investigación y como respuesta a la preocupación creciente en el medio de que se repitiera la experiencia de **1983** en San Isidro de **Pérez Zeledón**. La Escuela de Ingeniería Civil se vio motivada a iniciar esta labor gracias al incentivo que le diera el Fondo Nacional de Emergencias de ese entonces y al interés mostrado por las autoridades políticas de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). La Oficina de Desastres de la Organización Panamericana de la Salud fue otro de los organismos que motivaron a las personas de la Universidad de Costa Rica a iniciar este proceso ya que se presentaba como un campo de investigación nuevo en América Latina. Después del estudio del Hospital Calderón Guardia la Universidad le solicitó en **1985** al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) la financiación para estudiar la totalidad del sistema hospitalario del país. El CONICIT aprobó parcialmente el financiamiento solicitado, de ahí que la Universidad utilizó los fondos en estudiar la vulnerabilidad sísmica del Hospital México en 1986. Este financiamiento se logró, entre otros factores, gracias a que prominentes médicos de la CCSS apoyaron decididamente al proyecto.

El estudio de vulnerabilidad del Hospital **México** fue el primer estudio de vulnerabilidad sísmica integral que se realizó en el país, ya que en él se tocaron los aspectos de los diferentes niveles de riesgo a que estaba expuesto, los aspectos estructurales, los no estructurales y los aspectos de índole operativo que presentaba el hospital.

Simultáneamente la CCSS por medio de su Departamento de Arquitectura e Ingeniería contrató los estudios de vulnerabilidad de los hospitales Monseñor Sanabria situado en la Ciudad de Puntarenas y Nacional de Niños situado en San **José**. Estos estudios los contrató con empresas privadas y lamentablemente a la fecha no se cuenta con los informes finales de dichos estudios de vulnerabilidad debido probablemente a problemas administrativos dentro de institución.

Los sismos de México de 1985 y San Salvador de 1986 ya citados, fueron elementos catalizadores que hicieron comprender a las autoridades políticas, los riesgos a que estaban sujetos los hospitales, y que estaban enumerados en los estudios de vulnerabilidad. En setiembre de **1987** el Gobierno Central de la República emitió un decreto, en donde exigía a todas las instituciones nacionales el estudio de vulnerabilidad y refuerzo (de ser necesario) de todos sus edificios.

Después de los estudios de vulnerabilidad la CCSS contrató los diseños de refuerzo de los tres hospitales mencionados con tres empresas privadas diferentes quienes impusieron su criterio para determinar los niveles de riesgo y el tipo de respuesta que se requería. Estos proyectos de reestructuración no fueron incluidos en un plan general que definiera objetivos, que asignara presupuesto y que uniformizara los niveles de riesgo, por lo que podían perder continuidad, lo que efectivamente sucedió. Estos proyectos fueron la respuesta institucional a los resultados arrojados por los estudios de vulnerabilidad y a las experiencias vividas por países vecinos.

Las construcciones de estos refuerzos las contrató la CCSS mediante el proceso de licitación pública. Estas licitaciones se referían básicamente al refuerzo estructural, dejando los aspectos arquitectónicos y operativos del hospital no muy bien detallados en las mismas, lo que ocasionó transtornos y pérdidas económicas durante el proceso constructivo que se comentarán más adelante.

En la actualidad no se está realizando ningún estudio de diagnóstico ni de refuerzo de los hospitales existentes, salvo los refuerzos y reparaciones de los daños causados por los sismos del año 1990. Inclusive se está procediendo a diseñar un nuevo hospital sin considerar los aspectos no estructurales y operativos necesarios para lograr una obra segura contra sismos. Esta situación se debe a los problemas presupuestarios que atraviesa la CCSS, pero no a la falta de conciencia de sus funcionarios que han adquirido suficiente experiencia y conocimiento del riesgo existente.

#### DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS EN HOSPITALES REFORZADOS

Los hospitales reforzados hasta 1990 han sido ya mencionados. Dos de ellos están ubicados en la ciudad de San José y son el Hospital Nacional de Niños y Hospital México. Un tercero está ubicado en la ciudad de Puntarenas en la costa pacífica y es el Hospital Monseñor Sanabria. En esta parte del trabajo se describen estos hospitales, la naturaleza de su reforzamiento y el impacto operativo que este reforzamiento tuvo sobre los mismos.

##### *Hospital Nacional de Niños*

Este hospital se dedica exclusivamente a la atención de niños y cuenta en la actualidad con 375 camas.

El hospital está compuesto por 4 edificios independientes; el más antiguo de ellos es un edificio de 3 pisos construido en el siglo pasado y que cuenta con 10000 m<sup>2</sup>. Este edificio no fue reforzado durante el pasado proceso de reforzamiento. Los otros tres edificios, dos de 5 pisos y el otro de 1 piso, fueron construidos entre los años 1960 y 1964. En conjunto estos tres edificios tienen un área de construcción de 16.000 m<sup>2</sup>.

El valor del hospital se estima en 2600 millones de colones (23.6 millones de dólares) y su presupuesto anual es de 2000 millones de colones (18.2 millones de dólares).

Los trabajos de reestructuración de los edificios concluidos en el año 1964 consistieron en colocar paredes o muros estructurales según las direcciones principales de resistencia de los edificios. Un esquema de esta reestructuración se puede apreciar en la figura 1.

Es importante señalar que esta reestructuración involucraba trabajar prácticamente en todos los ejes de resistencia del edificio, ya fuesen estos ejes de resistencia externos o internos.

La estructuración original del edificio era basada en columnas y losas planas, sin **vigas**. Esto hacía que el edificio fuese muy flexible y que se **deformase** mucho lateralmente cuando ocurrían **sismos**. **El** daño no estructural que presentaba era grande y la posibilidad de una falla súbita del sistema estructural no podía descartarse.

La reestructuración brindada al edificio le permite reducir sus desplazamientos laterales y por consiguiente el daño no estructural; también incrementa **su** resistencia, lo que elimina la probabilidad de sufrir falla súbita.

**El** valor de esta reestructuración fue de **110** millones de colones (\$1.100.000 U.S.A.) de los cuales 65 millones son del contrato original y **45** millones corresponden a trabajos y costos adicionales, **es** decir se invirtieron **293.000** colones **por** cama en dotar al hospital de mayor seguridad **sísmica**. Esta inversión también representa un **4.2%** del valor del hospital. En el artículo **3.4** se presentan otros datos económicos donde se compara esta inversión con la realizada en otros hospitales.

Durante el proceso de reestructuración, que se inició en **1988** y duró **25** meses, la capacidad de hospitalización se redujo a **30** camas y el hospital debió comprar servicio de cirugía al Hospital San Juan de Dios. Muchos de los servicios debieron prestarse en el Centro Nacional de Rehabilitación, **con** los inconvenientes que significa un traslado parcial del hospital. **Los** servicios que continuaron laborando en el inmueble hospitalario debieron soportar las incomodidades propias de una construcción como **los** son el ruido, **el** polvo, los cambios de circulación, etc. Un inconveniente que apuntaron **los** encargados del hospital fue la indisposición del personal y en algunos momentos la falta de comprensión y colaboración para laborar en esas condiciones.

### *Hospital México*

Este es un hospital general que cuenta con gran cantidad de especialidades y servicios, y sirve de hospital de referencia a todos **los** hospitales de la parte o mitad oeste del país.

**El** hospital cuenta con **600** camas y está compuesto **por 3** edificios de hospitalización de 10pisos, un edificio de quirófanos de **4** pisos y **6** edificios de otros servicios entre los que se encuentran consulta externa, casa de máquinas y lavandería, etc. (ver figura **2**.)

Este hospital fue diseñado **por** el Instituto Mexicano del Seguro Social en el año de **1962** y la construcción se concluyó en **1969**.

Tienen un área de construcción de 3000 m<sup>2</sup> y un costo de 3000 millones de colones (\$27.3 millones). Su presupuesto anual es de 3000 millones de colones.

**La** reestructuración **del** complejo hospitalario se circunscribió a los 3 edificios de hospitalización, quirófanos, casa máquinas y lavandería.

Los edificios reestructurados estaban compuestos por marcos (vigas y columnas) de concreto poco dúctiles con paredes de bloques integradas a los marcos. Esta integración no era uniforme y además no se integraban a todo lo alto de las columnas lo que comprometía la resistencia y estabilidad de los marcos de concreto. Existen en el edificio dos escaleras de emergencia ubicadas en los extremos de los edificios de hospitalización. La estructura de estas escaleras eran muros en voladizo apoyados en una sola placa en su base, lo que les daba una gran probabilidad de sufrir volcamiento como un cuerpo rígido a la hora de un sismo. Este fenómeno ya se ha observado en este tipo de estructuras en sismos pasados.

La reestructuración de los 3 edificios de hospitalización consistió básicamente en colocar columnas y vigas adicionales a los marcos de concreto por su parte exterior y en desligar todas las paredes del sistema estructural. Adicionalmente los muros de las escaleras de emergencia se ligaron a la estructura del edificio con el objeto de evitar su volcamiento. Esta estructuración aumenta la rigidez de los edificios lo que implica una disminución de los desplazamientos laterales debidos a sismos, que a su vez reducen el daño no estructural y la posibilidad de choque entre los diferentes edificios. También aumenta la resistencia lo que hace que el daño estructural se presente para sismos mayores de los originalmente considerados para el diseño, con menor probabilidad de presentarse en la vida Útil de la estructura, y por lo tanto el riesgo se disminuye.

En el edificio de quirófanos se utilizó una estructuración para refuerzo a base de muros de corte colocados en el perímetro del edificio. Se escogió esta estructuración porque se trabajaría en un alto porcentaje del tiempo por fuera del edificio, y porque aportaba los mismos beneficios enumerados anteriormente como reducción de desplazamientos, de daño no estructural, etc. Esta reestructuración se muestra en la figura 3.

En el edificio de lavandería y casa de máquinas la solución escogida fue la de reforzar las paredes existentes para que se encargasen de tomar y equilibrar las cargas inducidas por los sismos. Los diseños de la reestructuración se iniciaron en noviembre de 1987 y se concluyeron en julio de 1988. La construcción se inició en mayo de 1989 y a la fecha no ha concluido.

Se estima que este proceso de construcción finalizará en diciembre de 1991, es decir, que se requerirán 31 meses en este proceso.

El costo de esta reestructuración es de 235 millones de colones (\$2.350.000.00 U.S.A.) de los cuales 185 millones corresponden al contrato original y 50 millones a costos y trabajos adicionales. Esta inversión representa ¢392.000 por cama y 7.8 % del valor del hospital.

Durante todo este proceso el hospital debió reducir su número de camas hasta un mínimo de 400 y los inconvenientes fueron que se presentara gran cantidad de pacientes en espera para cirugía electiva, y en espera para estudio; también en urgencias muchas veces los pacientes permanecían en los pasillos esperando una cama para su internamiento. En estas condiciones hubo dos muertes de pacientes esperando cama. Esto hizo que el personal de este servicio se indispusiera y que los asegurados se molestaran con el personal.

Otro problema, ya de índole constructivo, fueron los constantes atrasos en las entregas parciales por parte de la compañía constructora y el robo por parte de **los** trabajadores **de** construcción de pequeños objetos como grifería, cerraduras, etc.

El personal del hospital se queja de una falta de coordinación central por parte del Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la **CCSS**. Esto se puede apreciar desde el principio de la obra ya que para esa fecha **el** director del hospital no estaba enterado del proceso a que iba a ser sometido **su** hospital y mucho menos de la programación.

Hasta la fecha no ha habido que comprar servicios a otros hospitales, solamente reducir el número de ingresos, aunque en el futuro habrá que hacerlo. Cuando se refuercen **los** quirófanos se deberá comprar servicios para cirugía ambulatoria y algunos en cirugía electiva. A juicio del personal el ruido y el polvo han sido un problema menor en este hospital.

### *Hospital Monseñor Sanabria*

Este es un hospital ubicado a 100 m de la playa en el puerto de Puntarenas, y sirve de hospital regional de la zona del Pacífico Central y Guanacaste. Este hospital cuenta con muchas especialidades y tiene como hospital de referencia al Hospital México. Atiende una población flotante de 500.000 habitantes.

El conjunto de edificios que lo forman son **el** edificio principal de 10 pisos, un edificio **de** servicios generales y consulta externa de 1 piso y un edificio de quirófanos de 3 pisos. El hospital fue diseñado en el año 1964 y la inauguración de **los** servicios médicos fue en mayo de 1974. Cuenta con 17.000 m<sup>2</sup> de construcción y se puede estimar su valor en 1.700 millones de colones ( 15.5 millones de dólares).

El edificio estaba originalmente construido a base de marcos ( vigas y columnas) de concreto reforzado. Las paredes interiores son de bloques huecos de arcilla apoyados en vigas y columnas de manera que interactúan con la estructura. **Las** paredes exteriores son de bloque ornamental de arcilla o bloques macizos de arcilla. El edificio está cimentado en un depósito de arena marina saturada de muy poca capacidad de soporte, por lo que hubo que cimentarlo en pilotes.

Desafortunadamente no **se** cuenta con un estudio de vulnerabilidad bien detallado que indique las deficiencias de la estructura original y tampoco se cuenta con un estudio que muestre el potencial de licuefacción del depósito de arena donde se encuentra cimentado el edificio. La licuefacción **es** un fenómeno que se presenta en arenas saturadas cuando **la** vibración del terreno hace que la misma pierda la resistencia y estabilidad.

La planta arquitectónica del edificio principal tiene forma de T y la reestructuración consistió en introducir muros de corte en los 3 extremos de la T. (ver figura 4).



Según los planos de reestructuración y lo observado en el sitio, las paredes de mampostería permanecerán según la estructuración original, es decir, no exigen sus diseñadores la eliminación de su interacción con la estructura principal. Esto puede comprometer el servicio futuro debido a daños en las paredes.

Indudablemente que la introducción de los muros de corte mejoró el comportamiento de la estructura reduciendo los desplazamientos laterales y aumentando la resistencia. Esto hará que los daños no estructurales se reduzcan a la hora de los sismos y que el riesgo de falla estructural se reduzca. La reestructuración se inició en junio de 1988 y a la fecha no ha concluido, con un tiempo actual de 34 meses ejecutando un trabajo que se había contratado para realizarlo en 12 meses.

Originalmente el hospital contaba con 289 camas y debido al proceso de reestructuración éstas se redujeron a 200, las cirugías debieron reducirse de 485 a 342 por mes y las estancias de pacientes se redujeron de 5 días/paciente a 4.3 días/paciente.

El presupuesto hospitalario es para 1991 de 1012 millones de colones (\$9.2 millones dólares) El valor de la reestructuración es de 127 millones de colones de los cuales son 102 millones correspondientes al contrato original y 35 millones a costos y trabajos adicionales. Este costo representa un 7.5 % del valor del hospital y además representa una inversión de 439.000 colones por cama.

Los inconvenientes que la reestructuración representó para este hospital son muchos y de diferente naturaleza. La falta de coordinación con el Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la CCSS provocó enormes problemas al extremo que ninguna programación se cumplió y las autoridades del hospital no tenían ninguna autoridad para obligar a la compañía constructora a cumplir. El plazo de entrega se ha extendido indefinidamente y, al igual que en el Hospital México, el día de inicio de las obras la administración desconocía la naturaleza y programación de los trabajos que se harían en el hospital.

La compañía constructora ha causado enormes destrozos, y ha habido robos por parte de sus trabajadores, de los acabados e instalaciones del edificio, y se niega a repararlos pues aduce que el cartel de licitación no la obliga. Esto aparentemente es un defecto del cartel que no es muy claro en lo referente a las obligaciones del contratista con los acabados e instalaciones que deba reubicar o reconstruir a la hora de realizar las labores de reestructuración. Esto se ha presentado en los otros hospitales reestructurados sin embargo el éxito para lograr que las compañías constructoras asuman esta responsabilidad depende de la buena voluntad de negociación de las partes, pues el cartel solo sirve como marco de referencia.

Las autoridades del hospital opinan que si se les hubiese tenido en cuenta en la programación hubiesen pasado algunos servicios a las clínicas de la ciudad de Puntarenas o hubiesen alquilado algún edificio para brindar algunos servicios. Esto hubiese incrementado la velocidad de los trabajos de reestructuración.

Otro de **los** problemas presentados **es** que a partir de mayo de 1989 el número de traslados hacia el Hospital **México** debió ser reducido sustancialmente debido a que el México inició su reestructuración y redujo su capacidad.

Un inconveniente que causó la reestructuración **es** que **los** quirofáneos estuvieron cerrados por 7 meses y durante ese período se suspendió completamente la cirugía electiva, con el consiguiente desperdicio **de** recursos.

**Las** autoridades de este hospital se quejaron de la falta de apoyo de las autoridades de la institución y de la mala planificación y ejecución del proceso constructivo.

### *Costos comparativos de las reestructuraciones*

Se presentan en este artículo los costos de las reestructuraciones comparativamente con otros datos financieros hospitalarios. En la tabla 1 se muestran datos generales como son número de camas, (NC), presupuesto anual 1991, (PA), valor del hospital en millones de colones, (VH), valor de la reestructuración total incluyendo costos adicionales debidos a reajustes y trabajos extra, (VR), y valor del contrato original al inicio de la construcción, (VO).

En la tabla 2 columna 2 **se** muestran los valores de las reestructuraciones relativos al número de camas originales en el hospital; estos datos nos indican de que el costo de reestructuración por cama puede estimarse entre 300 a 450 mil colones con un promedio de 374 **mil** colones (**\$3740 U.S.A./cama**). En relación con el presupuesto anual se observa en la columna 3 que las reestructuraciones cuestan entre un 5% y 12% del presupuesto hospitalario de un año, con un promedio de 8.5 % . Si este costo se obtiene en relación al valor del hospital, columna 4, las reestructuraciones oscilan entre un 4 y 7.5 % del valor del hospital.

Este valor del hospital incluye el valor de la obra arquitectónica y el valor del resto del equipo. Estos dos últimos índices de costos son relativamente bajos y van a indicar la rentabilidad de la inversión cuando se comparen con las pérdidas que se sufren durante los sismos.

Los datos correspondientes al Hospital de Niños en las columnas 2, 3 y 4 son comparativamente menores ya que la reestructuración en este hospital se limitó solamente al 61% del área Útil del hospital.

Los costos adicionales **por** reajustes y trabajos adicionales se muestran en la columna 6; se puede notar que los costos se llegaron a incrementar hasta en un 69 % con un promedio del 40 %. Estos números son poco representativos ya que el Hospital de Niños modifica sustancialmente **los** datos, pues en sus costos están incluidos los costos **de** remodelaciones internas realizadas por solicitud del personal. Se puede argumentar que el incremento de costos es del orden del 25 % si no se incluyen remodelaciones.

Un último dato comparativo que se muestra es la reducción porcentual de camas máxima que se experimenta durante las remodelaciones. Esta reducción parece oscilar entre un 30 y 35 % como máximo.

En el caso del Hospital de Niños el dato es poco representativo ya que una buena parte del internamiento y cirugía se realizó en el Hospital San Juan de Dios. Estos datos serán luego comparados con los datos de pérdidas y desperdicio de recursos que se presentan durante los sismos.

#### IMPACTO DE LOS SISMOS DE 1990 SOBRE ALGUNOS HOSPITALES

El año de 1990 fue uno de los años sísmicamente más activos del presente siglo. La actividad sísmica se inició el 25 de marzo con el sismo de Cóbano, continuó con el enjambre sísmico de Puriscal entre los meses de mayo y julio y concluyó con el sismo del 22 de diciembre ubicado también en la zona de Puriscal.

Estos sismos causaron sacudidas del terreno de intensidades moderadas y fuertes en los sitios de diversos hospitales. Se presentan aquí los efectos de estos sismos en los hospitales reforzados y en dos hospitales no reforzados que son el Hospital San Juan de Dios en San José, y el Hospital San Rafael en Alajuela.

### *Características de los sismos*

El domingo 25 de marzo de 1990 a las 7 horas y 22 minutos ocurrió un sismo de magnitud Richter 6.8 a 29.7 km de profundidad ubicado a 19km al sureste de Cóbano en la península de Nicoya.

Este sismo fue causado por la zona de subducción de la costa pacífica. Las intensidades que este sismo produjo en el territorio costarricense se encuentran en la figura 4. Puede apreciarse que el Hospital Monseñor Sanabria se encuentra ubicado en una zona de intensidad VII (MM) y a una distancia de 40 km del epicentro.

Este sismo produjo registros de aceleraciones con valores de la aceleración máxima de 0.27g en la base del Hospital Monseñor Sanabria, de 0.17g en Alajuela y 0.10g en San José. Este sismo causó daños en el hospital antes mencionado que se comentarán más adelante.

El daño que este sismo causó en el centro del país puede considerarse de leve o moderado. En mayo se inició un fenómeno en la zona de Puriscal que mantendría actividad sísmica continua durante dos meses. Este fenómeno llamado el enjambre sísmico de Puriscal causado por el fallamiento local intraplaca culminaría con el sismo del 30 de junio. Este evento de magnitud 5.0 Richter originado a una profundidad de 12km causó las intensidades que se muestran en la figura 5. Puede observarse que los hospitales considerados en este estudio estaban ubicados en la zona de intensidad V (MM), a excepción del Hospital Monseñor Sanabria que estaba ubicado en una zona de intensidad IV (MM). Las aceleraciones máximas del movimiento del terreno que este sismo produjo en San José fueron del orden de 0.08g. El daño causado por este sismo en el área metropolitana puede considerarse de leve a moderado.

El 22 de diciembre ocurrió otro sismo con epicentro ubicado también en la zona de Puriscal de magnitud 5.7 Richter y a una profundidad de 25 km.

Las intensidades que este sismo causó se muestran en la figura 6. El daño causado a las construcciones y la alarma que produjo en la población califican a este sismo como el más fuerte sentido en la zona central del país en los últimos 50 años. Las intensidades asignadas en la ciudad de Alajuela fueron de VII a VIII (MM) y en San José fueron de VI a VII. El epicentro de este sismo se ubicó a 25 km al sureste de Alajuela y a 32 km al sur de San José. Este sismo produjo gran cantidad de daños en Alajuela, Puriscal y en algunos sectores al norte y al oeste de San José.

Las aceleraciones máximas del movimiento del terreno que produjo este sismo fueron también las aceleraciones más grandes registradas en Costa Rica. En Alajuela la aceleración máxima fue de 0.45 g y en San José los registros estuvieron entre 0.13 y 0.20g.

Los dos primeros sismos mencionados no produjeron muertes a pesar del daño tan cuantioso, sobre todo en la vivienda rural. El sismo del 22 de diciembre produjo sólo un muerto en la ciudad de Alajuela. La cantidad de heridos fue relativamente baja, no así la cantidad de familias damnificadas por pérdida de la vivienda. Se estima que los muertos y los heridos no alcanzaron las cifras que se presentan

ante este tipo de eventos en América Latina, debido a que **los** tres ocurrieron en fines de semana cuando las oficinas y **los** edificios usualmente están desocupados.

### *Hospital Nacional de Niños*

La intensidad sísmica más grande que sufrió el hospital **fué** de VI durante el sismo del 22 de diciembre estando la reestructuración totalmente concluida.

El hospital no **sufrió** ningún tipo de daño, salvo la caída de algunos objetos y el agrietamiento menor en algunas paredes.

**El** sismo produjo aceleraciones máximas del movimiento del terreno en San José que oscilaron entre 0.15 y 0.2g, aceleraciones ligeramente menores que las utilizadas para diseño de obras civiles de importancia normal, y del orden de la mitad de las utilizadas para el diseño de obras civiles de importancia superior. En todo caso el movimiento del terreno puede clasificarse de moderado a fuerte en la ciudad de San José. Según la filosofía de diseño, ante este tipo de sismo, las construcciones deben presentar daño no estructural y algún daño estructural menor reparable. De acuerdo con lo observado, el edificio se comportó aún mejor que lo establecido en la filosofía de diseño. Aunque no ha sido una prueba total, ya que el sismo fue menor que el de diseño, el comportamiento del edificio **sí** permite apreciar las ventajas de estar reforzado e intuir que ante sismos mayores el comportamiento de la estructura será satisfactorio.

En lo referente al comportamiento del personal, según la opinión de su director y de algunas jefaturas de servicio, se puede decir que fue excelente ya que no se presentaron las tendencias a iniciar la carrera en busca de la salida como en sismos anteriores; por **el** contrario, **el** personal se mantuvo en sus puestos mientras duró la sacudida. Este comportamiento se debe indudablemente a la confianza que les brindaba el edificio reforzado.

### *Hospital México*

Durante el sismo del 25 de marzo el hospital experimentó una sacudida del terreno de intensidad VI (MM). Se estima que la aceleración máxima del movimiento fue del orden de 0.10g. El proceso de reestructuración a esa fecha presentaba el siguiente estado de avance: se trabajaba en el último nivel del edificio sur-este y no se había iniciado la reestructuración en **los** demás edificios.

Según el estudio de vulnerabilidad realizado en la Universidad de Costa Rica el valor de la aceleración máxima de 0.10g era el valor para el cual se iniciaba el daño estructural. Es decir si la aceleración máxima fuese mayor de 0.10g se tendría daño estructural, de lo contrario no debía presentarse el daño.

El efecto de este sismo sobre el edificio fue el siguiente: en el edificio sur-este no se presentó ningún tipo de daño, en el edificio central y en **el** de quirófanos hubo caída de cielos y agrietamiento de paredes, en el edificio nor-oeste hubo rotura de vidrios, caída de cielos, agrietamiento en paredes e

inicio de rotura en algunas columnas del 5to piso. Según el estudio de vulnerabilidad estas columnas serían las primeras en iniciar la falla.

En el edificio de lavandería no se presentaron daños.

Este sismo no fue una prueba contundente para la reestructuración ya que la aceleración máxima que presentó es del orden de un tercio de la utilizada para el diseño del refuerzo; sin embargo sí mostró las deficiencias de la estructura original y señaladas en el estudio de vulnerabilidad.

El sismo del 30 de junio produjo una sacudida menor que la del sismo del 25 de marzo. Para esa fecha la reestructuración del edificio sur-este estaba totalmente concluida y se trabajaba en los 2 primeros pisos del edificio nor-oeste. El daño causado por este sismo fue insignificante en todo el edificio. Se realizó una inspección de las columnas que presentaban inicio de falla en el 5to piso pero sus condiciones no se habían deteriorado más.

La sacudida del sismo del 22 de diciembre fue indudablemente la más fuerte. Una zona de San José donde se asignó intensidad VII está a menos de un kilómetro de distancia del hospital. Según una correlación de daños y aceleraciones máximas realizada por el autor se puede concluir que el hospital estuvo sujeto a aceleraciones máximas similares a las registradas en el centro de San José, es decir entre 0.13 y 0.17g.

De acuerdo con el daño observado se puede pensar que el movimiento en el emplazamiento del hospital fue preferencialmente en la dirección sur-este nor-oeste. Esto coincide con el patrón de radiación de las ondas sísmicas, y pudo haber sido un factor para que el daño en las partes no reforzadas no fuese más grande.

El estado de la reestructuración para esa fecha era el siguiente: edificio sur-este totalmente concluido y ocupado por el hospital, edificio central, edificio quirófanos y edificio lavandería sin iniciarse. En el edificio nor-oeste se trabajaba por la fachada principal en el nivel N6 y por la fachada posterior en el nivel N5; los muros de las escaleras de emergencia estaban ya amarrados a la estructura hasta el nivel N5, lo mismo que las paredes de mampostería estaban ya desligadas de la estructura y debidamente fijadas contra el volcamiento hasta ese nivel.

Los daños que este sismo produjo se pueden resumir como sigue: en el edificio sur-este no se presentó ningún tipo de daño, en el edificio central y en quirófanos hubo caída de cielo, rotura de vidrios, contaminación y agrietamiento en paredes. En el edificio nor-oeste hubo daños estructurales y no estructurales. En el nivel N7 se encontraba la unidad de cuidados intensivos. Este piso según el avance de la reestructuración representaba un apéndice flexible, montado sobre una estructura más rígida, sujeto al efecto de látigo que sufren los últimos pisos. Como consecuencia de esto toda la ventanería de cuidados intensivos falló, lo mismo que el ciclo. Hubo que trasladar inmediatamente esta unidad al edificio sur-este ya reforzado. En el nivel N7 se presentaron 3 columnas con agrietamiento mostrando el inicio de la falla. Estas columnas estaban todavía ligadas a las paredes de manera que formaban columnas cortas, y las paredes que las confinaban en la dirección nor-oeste sur-este mostraban grietas con aberturas permanentes de hasta 5mm.

En el nivel **N6** había una columna que estaba todavía confinada por paredes y sufrió la caída del recubrimiento (concreto entre el borde del elemento y el acero de **refuerzo**). En ese mismo nivel había una pared desligada que no había sido fijada contra el volcamiento **por** lo que presentaba daños en su base.

En el edificio de lavandería no se presentó ningún tipo de daño. La **razón por** la que el **daño** no fue más grande en las partes no reforzadas parece ser la dirección preferencial del movimiento que coincide con la dirección más resistente de **los** edificios. Debe considerarse también que un **sismo** aislado no **es** más que un dato estadístico adicional y que la respuesta de una estructura determinada ante **un** sismo dado puede diferir de la respuesta ante otro sismo de igual aceleración **máxima** pero de características dinámicas diferentes.

No **hubo** daños de otros sistemas eléctricos y mecánicos ni de equipo médico. La actitud del personal ante este sismo fue la de correr a **refugiarse** en las partes ya reforzadas. El costo de los daños causados por **los** sismos no se pudo determinar ya que las reparaciones quedaron como parte del proceso de reestructuración o como gastos normales de mantenimiento del presupuesto hospitalario.

Este sismo tampoco fue una prueba contundente de la reestructuración pero **sí** mostró una vez más las ventajas que la reestructuración le proporciona al hospital y las deficiencias de la estructuración original. También probó parcialmente el criterio de diseño adoptado para el cálculo de la reestructuración que era el siguiente: el edificio debía resistir elásticamente (sin daño estructural) sismos de aceleraciones máximas de 0.18g y menores y resistir inelásticamente (con daño estructural reparable y sin colpso) sismos de aceleraciones máximas de 0.30g o menores. La primera parte de este criterio fue probada por este **sismo**.

### *Hospital Monseñor Sanabria*

El sismo que causó daños en este hospital fue el sismo del 25 de marzo. **Los sismos** del **30** de junio y del **22** de diciembre no causaron ningún tipo de daño en el hospital. El estado de la reestructuración **el** 25 de marzo era el siguiente: los muros de costado oeste llegaban hasta el décimo piso, **los** muros del costado este llegaban hasta el segundo **piso** y los muros del costado norte llegaban hasta el sexto piso, ver figura **3**.

Esto indudablemente causaría una respuesta con grandes problemas de torsión y desplazamientos no uniformes en la planta debido a la no simetría de la estructura adicionada en ese momento. La aceleración máxima registrada en la base del edificio durante este sismo fue de 0.27g (Laboratorio de Ingeniería Sísmica, Universidad de Costa Rica). Este valor es menor que el sugerido por el Código Sísmico para diseño de obras de importancia superior.

El daño que este sismo causó **se** concentró en las paredes de mampostería y en la farmacia por caída de medicamentos y equipos. No **se** observaron daños en la estructura principal.

Los daños en paredes de mampostería se debieron a que durante el proceso de reestructuración no se desligaron de la estructura principal, y además a los grandes desplazamientos que sufrió el ala este debido a los efectos de torsión provocados por el reforzamiento no simétrico en ese momento.

El criterio de algunos profesionales es que la reestructuración salvó al edificio, con lo cual coincide el autor; sin embargo se puede reiterar que el no separar las paredes de la estructura principal y el proceder no uniformemente con la reestructuración es una causa de los daños.

El costo de los daños causados por el sismo fueron cuantificados por el Instituto Nacional de Seguros (INS) en 30 millones de colones; sin embargo las autoridades del hospital opinan que esa cifra no puede cuantificarse debido a que ellos realizaron trabajos de reparación con el presupuesto hospitalario y a que la compañía constructora negoció con el Departamento de Arquitectura de la CCSS otras reparaciones.

Hay otras pérdidas relacionadas con el desperdicio de recursos a que se vió sometido el hospital en los meses posteriores al sismo. De las 200 camas que estaban disponibles antes del sismo debieron quedar operando solo 20 debido a los destrozos en la mampostería en los pisos superiores. El hospital debió ser desalojado y quedó operando únicamente en la primera planta. En los días posteriores al sismo se aumentó el número de camas a 93 y se mantuvo ese número hasta setiembre de 1990. Es decir el hospital se redujo hasta un 32 % de su capacidad total original y su presupuesto mensual en esas fechas era de 66.295.000.00 de colones. Si se considera que se desperdicia el 68 % de ese presupuesto mensual, dada la reducción de la capacidad, se puede decir que en 5 meses se desperdiciaron 225 millones de colones lo que es casi el doble del valor de la reestructuración. Este desperdicio fue mayor que lo mencionado ya que se tardó casi un año en volver al número de camas que se tenía antes del sismo. Si se calcula el desperdicio de recursos de esos 5 meses con respecto al número de camas original del hospital se tiene que se desaprovecharon 778 mil colones por cama, cifra mucho mayor que la invertida en reestructuraciones, ver tabla 2 página 2.

A esta pérdida debe sumarse el costo de las reparaciones y la pérdida no cuantificable de no brindar el servicio médico.

Este sismo realmente probó a la reestructuración pero también mostró los grandes problemas operativos que se presentan si se dañan las paredes.

El problema de dejar las paredes integradas a las estructura no se está corrigiendo en este hospital y en el futuro se podrá tener un problema similar que cause problemas de operación. Según las autoridades de la CCSS y del Hospital se notó después del sismo una ligera pérdida de verticalidad del edificio lo que puede ser provocado por la baja capacidad de soporte de la arena marina.

### *Hospital San Juan de Dios*

Este hospital es uno de los más antiguos del país y cuenta con Y edificios independientes construidos en diferentes épocas y con diferentes números de pisos. El edificio de medicina de 5 pisos es el más alto. En total el área construida del hospital alcanza 55.000 m<sup>2</sup>.



El hospital cuenta con **920** camas y tiene un presupuesto anual de **4.004** millones de colones (**\$36.4** millones):

En este hospital se realizó el primer diseño hospitalario antisísmico que se realizara en Costa Rica ya que en **1925**, y debido a **los** daños causados **por** el sismo de **1924** en un sector del hospital, se contrató al ingeniero H.T. Purdy de la ciudad de New **York** para que realizara un **diseño** antisísmico. El diseño realizado para ese sector del hospital fue una construcción de 2 pisos, con estructura metálica, entrepiso de madera y paredes livianas de tela metálica repellada (tela metálica con revoque). El edificio así construido ha demostrado con el paso de los años que efectivamente es antisísmico.

El hospital está ubicado en el centro de la ciudad y sus construcciones datan de **1898, 1940, 1967**, y la **más** reciente de **1990**.

**Los** sismos de 1990 causaron poco daño en este hospital. Sin embargo el sismo del 22 de diciembre tuvo un impacto más grande sobre dicho hospital.

Durante este sismo la caída de cielos fue abundante, la rotura de ventanas fue leve, el ascensor se desajustó y duró dos días fuera de operación, las separaciones entre **los** edificios quedaron abiertas lo que causaba intranquilidad en el personal. En **la** unidad de neonatología hubo abundante agrietamiento y hubo que evacuarla. No hubo más daños en equipos ya que el comité de desastres había tomado las medidas correctivas para evitar el daño a estos sistemas.

Según la opinión de **su** director el personal reaccionó apropiadamente durante este sismo; sin embargo temía trabajar en algunas zonas que ellos consideran peligrosas. El personal del hospital ha solicitado una evaluación completa del hospital a las autoridades de la **CCSS** la cual no se ha realizado hasta la fecha. El personal está de acuerdo en someter al edificio a un proceso de reforzamiento y a sacrificarse en las condiciones de trabajo por algún tiempo, con el objeto de incrementar la seguridad sísmica. Esta opinión se ha visto favorecida por las experiencias y resultados de los refuerzos en otros hospitales.

Este sismo no causó grandes pérdidas económicas y el costo de las reparaciones se incluyó dentro del presupuesto asignado a mantenimiento. Este costo se ha estimado en alrededor de un millón de colones.

Este hospital no está reforzado y tampoco existe un estudio de vulnerabilidad que indique su grado de seguridad. Fue capaz de soportar un sismo de intensidad **VI** con relativamente poco daño pero queda la duda si soportará sismos de intensidades mayores.

### ***Hospital San Rafael***

Este hospital está ubicado en Alajuela y la mayoría de **sus** edificios son las instalaciones hospitalarias más antiguas del país, datan **de** 1884. Las construcciones más recientes dentro de este hospital son del año 1970.

Contaba hasta antes del sismo del 22 de diciembre con 218 camas y con una área útil de 10.000m<sup>2</sup>.

Su presupuesto anual es de **783** millones de colones. El sismo del **22** de diciembre causó una intensidad en **Alajuela** de **VII** (MM) con aceleraciones máximas del movimiento del terreno de 0.45 g. Estas aceleraciones son del orden del doble o el triple de las aceleraciones registradas durante el sismo del 25 de **marzo**.

El sismo del **22** de diciembre causó excesivo daño al hospital y redujo **su** capacidad a **85** camas. La construcción **más** antigua que es una construcción de **2** pisos de ladrillo sin refuerzo **no** fue la que **más** daño **sufrió**. El daño que presentó fue agrietamiento severo de repellos (revoques) y desprendimiento del cielo del salón de medicina de mujeres. En el centro de equipos se dañó una pared que habrá que demoler.

El daño más importante sufrido en este hospital fue precisamente el daño generalizado en la losa del techo de casa máquinas y lavandería y en las vigas coronas (vigas superiores de pared). Esta situación paralizó a la caldera **y** por lo tanto no había agua caliente ni vapor y no se contó con el servicio de lavandería. **A** tres meses de presentado el sismo la situación persistía ya que la Contraloría General de la República exige ciertos procedimientos para los desembolsos y gastos de dinero aun en condiciones de emergencia **y a** que la **CCSS** no ha tenido capacidad de respuesta ante estas emergencias. Este tiempo de todas maneras debe invertirse en realizar los diseños de una reparación **y** en adjudicar los trabajos a una empresa constructura.

Como ya se ha mencionado el sismo causó una reducción del **65%** de la capacidad del hospital lo que lleva a un desperdicio de recursos en los meses siguientes al evento. Este desperdicio puede calcularse de la siguiente manera: el presupuesto mensual es de **65.25** millones de colones de los cuales se desaprovechan el **65 %**, es decir se gastan **42.4** millones de más por **mes** al mantener **los** costo fijos para una capacidad reducida. Si *se* considera que se tardarán tres meses en dejar al hospital en condiciones normales de operación, más los tres meses que lleva a la fecha disminuido, lo que significa seis meses de inactividad casi total, entonces se habrán desperdiciado **254.4** millones de colones. Esta cantidad supera en mucho a lo invertido en la reestructuración del Hospital **México**. También es equivalente a desperdiciar **1.167.000.00** de colones por cama.

Desde este punto de vista las reestructuraciones, descritas en el capítulo anterior, parecen rentables.

Aun si los números financieros de pérdidas y de inversión fuesen similares, habría que considerar la pérdida no cuantificable de perder el servicio médico, y la inversión posterior para reparar. En el caso del Hospital San Rafael deberán invertirse en reparaciones aproximadamente **20** millones de colones.

Otros inconvenientes que el sismo causó adicionalmente de los ya mencionados fueron los siguientes: en los primeros días después del sismo el personal se negaba a trabajar y también se

suspendieron por completo las cirugías, se redujeron **los** ingresos a expensas de propiciar la salida rápida de pacientes y hubo que buscar cupo para traslado de pacientes a **otros** hospitales ya que el Hospital México estaba reducido debido a su reestructuración.

Este hospital atendió a **200** pacientes después del sismo del **22** de diciembre de los cuales **8** debieron ser trasladados a los hospitales de San José.

En el mes de enero de 1991 se vivió un caos en todo el sistema hospitalario debido al exceso de demanda **por** internamiento y a la poca capacidad que se tenía ya que el Hospital San Rafael estaba dañado y los Hospitales **México** y Monseñor Sanabria estaban reducidos **por** reestructuración.

#### VALORACION DEL PROGRAMA DE REFUERZO DE HOSPITALES

##### *Efectividad de los refuerzos estructurales*

De **los** 5 hospitales estudiados solo dos de ellos estuvieron sometidos a movimiento fuerte del terreno.

Uno es el Hospital Monseñor Sanabria que fue sometido a aceleraciones máximas del movimiento del terreno de 0.27 **g** y ubicado en una zona de intensidad **VII** (MM) durante el sismo de 25 de marzo. Este hospital estaba parcialmente reforzado a esa fecha.

El otro es el hospital San Rafael que fue sometido a aceleraciones máximas del orden de 0.45 **g** durante el sismo del 22 de diciembre. Este hospital está ubicado en una área donde la intensidad se clasificó entre **VII** y **VIII** (MM). Se estima que la reestructuración del Hospital Monseñor Sanabria salvó al edificio y probablemente **si** su proceso constructivo hubiese sido simétrico el daño no estructural hubiese sido menor. En el caso del Hospital **San** Rafael, si la lavandería hubiese estado diseñada antisísmicamente o hubiese sido reforzada para evitar el daño excesivo del techo, no se hubiesen presentado **los** problemas operativos, que tuvo que enfrentar en **los** meses posteriores al sismo. En estos dos casos fue donde **se** presentó el desperdicio de recursos debido a problemas operativos, que pudieron haberse evitado o reducido con un mínimo de prevención.

**Los** otros tres hospitales ubicados en San José se vieron sometidos a intensidades de **VI** (MM) durante el sismo del **22** de diciembre. Comparando las respuestas que presentaron los edificios o las partes reforzadas con el edificio o las partes no reforzadas, se puede observar que el daño no estructural que **se** presentó en las partes no reforzadas (Hospital San Juan de Dios y algunos edificios del Hospital México) fue sustancialmente mayor que el presentado en las reforzadas (Hospital de Niños y algunos edificios del Hospital México), donde **el** daño de este **tipo** fue nulo. Desde el punto de vista estructural las partes reforzadas tuvieron un comportamiento excelente, no así las partes no reforzadas donde, a pesar de haber experimentado un sismo mejor que el de diseño, se empezaron a evidenciar fallas **que** pondrían en peligro a las estructuras durante sismos mayores.

Se puede concluir que **los** refuerzos estructurales asignados a los hospitales tuvieron un efecto beneficioso durante los sismos de 1990.

### *Rentabilidad de la inversión en refuerzo*

**El** análisis de rentabilidad de una inversión de este tipo no debe limitarse al análisis de costos; sino que debe incluir el beneficio que representa para la sociedad **el contar con los** servicios médicos después de un evento destructor. Estos beneficios **son** de difícil estimación y dependen del tipo de instalación hospitalaria y de las condiciones de cada sociedad.

Considerando solo la parte financiera se puede concluir, según lo presentado en el capítulo anterior, que la inversión es rentable para evitar el desperdicio de recursos. Las pérdidas totales que se tuvieron en el Hospital Monseñor Sanabria se estiman en 255 millones de colones (desperdicio de recursos más pérdida directa) lo que representa una pérdida total de 882.000 colones **por** cama. En el Hospital San Rafael se tuvo una pérdida total de 265 millones lo que representa 1.260.000 colones **por** cama. Esto nos da un promedio de pérdidas causadas por **los** sismos de 1.071.000 colones por cama. Si utilizamos este promedio para estimar las pérdidas que se tendrían en el Hospital México y en el Hospital de Niños, si no estuviesen reforzados y si fuesen sometidos a un sismo fuerte, entonces las pérdidas serían de **642** millones de colones en el Hospital México y de **401** millones de colones en el Hospital de Niños. Estos valores superan en mucho lo invertido en reestructuración.

Se han utilizado los datos de pérdidas del Hospital Monseñor Sanabria a pesar de ser uno de los hospitales reforzados ya que su reestructuración no simétrica e incompleta a la hora del **sismo** fuerte provocó gran parte del daño no estructural. Esta reestructuración mantuvo la integridad estructural del edificio.

### *Dificultades de los procesos de construcción*

Las dificultades de estos procesos ya han sido señaladas y aquí se resumen algunas de las más importantes.

**A** nivel institucional se notó una falta de coordinación entre los diferentes departamentos que tienen que ver proceso. Según el criterio de algunos personeros de la institución el Departamento de Arquitectura e Ingeniería consideró a estos proyectos como otros proyectos más de construcción. No **se** coordinó con la Gerencia Médica que **es** la que administra el servicio que se vería afectado con las reestructuraciones. Tampoco se dio una coordinación entre este departamento y **las** autoridades de cada uno de los hospitales. Las autoridades hospitalarias debieron haber exigido esta coordinación y una programación de los trabajos, según las capacidades del hospital, antes del inicio de los mismos. Esta posición aparentemente débil de los directores de hospitales favoreció el desorden al que se enfrentaron luego. Los directores se quejaron de **la** falta de apoyo de parte de **sus** autoridades superiores.

Otro problema que se presentó con mucha frecuencia fue el incumplimiento con los plazos parcial& por parte de las compañías constructoras. Estos incumplimientos se debieron a tres factores bien definidos: a la naturaleza propia de las labores de reestructuración que tienen un sinnúmero de labores imprevistas, a la falta de coordinación con las autoridades del hospital para el desalojo de áreas de trabajo y al atraso de las negociaciones y falta de pago **por** parte de la **CCSS** de los trabajos adicionales. Este último punto fue causado por la ambigüedad de los carteles de licitación que no especificaban cuales trabajos deben ser considerados como extra y cuales parte del contrato. **A** manera de ejemplo algunas compañías han querido cobrar como un trabajo adicional la reparación de un piso que debió ser removido para colocar una placa de cimentación.

Esta situación también se debió a que no se confeccionaron planos arquitectónicos que indicaran los cambios o efectos que tendría la reestructuración en los acabados de las edificaciones y las licitaciones se realizaron únicamente con planos estructurales.

#### *Posibilidades de reforzar el resto del sistema hospitalario*

Las posibilidades de continuar con este programa para todos los hospitales del país son relativamente buenas, salvo por el problema financiero. Actualmente Costa Rica tiene uno de los déficit fiscales más grandes de su historia, y tanto el Gobierno de la República como sus instituciones tratan por todos **los** medios de reducir el gasto público.

En este momento el problema financiero **es** el único que atrasa la continuidad de este programa. Existe suficiente confianza en los refuerzos realizados por parte de las autoridades de la **CCSS**. Además los sismos del año 90 han venido a aumentar el nivel de conciencia de la necesidad de evaluar las estructuras y de reforzarlas si este fuese el caso. Debe recordarse que el decreto de estudio y refuerzo del año 1987 está vigente todavía y de eso tienen conocimiento las autoridades de la institución. **A** juicio de la Gerencia de Operaciones de la **CCSS** el proceso **que** debe seguir en los hospitales reforzados **es** el mantenimiento, la prevención del daño en los elementos no estructurales y en los equipos. También considera que se debe contar con un plan evaluador para efectos de tomar decisiones en los momentos posteriores a sismos fuertes.

Desde el punto de vista técnico las empresas consultoras y constructoras del país han adquirido suficiente experiencia en este tipo de trabajo. También el Departamento de Arquitectura e Ingeniería de la **CCSS** y **los** demás departamentos que tienen que ver con el proceso han sacado experiencia provechosa para ser aplicada a nuevos proyectos de este tipo. El conjunto de conocimientos y experiencias serán aplicados a los nuevos proyectos e indudablemente el proceso se mejorará.

#### *Posible escenario después de un evento sísmico en San José*

Si las condiciones de movimiento que se presentaron en Alajuela llegasen a presentarse en San José, *es* decir, que **se** tengan intensidades de VII a VIII (MM), probablemente la cantidad de heridos

supere el millar. En lo referente a la cantidad de camas disponibles en hospitales, San **José** cuenta **aproximadamente** con **3000** camas, de las cuales quedarían **2000**, que serían suficientes para atender la demanda del momento. Este último dato se ha obtenido suponiendo que se pierdan la mitad de ellas en los hospitales no reforzados y no se pierda ninguna en los hospitales reforzados.

La suposición de no perder camas en los hospitales reforzados esta sustentada en el tipo de comportamiento observado durante los sismos de 1990, lo que da cierta garantía de que los refuerzos fueron apropiados.

En estos hospitales el daño no estructural puede presentarse y causar algunos trastornos operativos que podrán solucionarse relativamente rápido, ya que *se* cuenta con un plan de emergencia. La suposición de perder el 50 % de las camas de los hospitales no reforzados no *es* más que una suposición optimista. Recuérdese que en San Salvador (octubre 1986) *se* perdió el 57 % de la capacidad instalada, en San Isidro (3 de julio de 1983) se perdió el 100 %. en Alajuela fue el 65 % y en Puntarenas fue un 68 %. Ese 50 % de pérdida de camas representan aproximadamente 1000 camas y si utilizamos los datos de pérdidas económicas del artículo 5.2 entonces *se* tendrá una pérdida de **más** de mil millones de colones.

*Ante* el panorama planteado se hace indispensable continuar con el plan de evaluación y reforzamiento de hospitales.

## RECOMENDACIONES

Se resumen aquí algunas recomendaciones para que este proceso pueda ser aplicado al refuerzo de hospitales en otros países, para que *se* eviten los errores que se cometieron en Costa Rica, sacando provecho de la experiencia costarricense en esta materia.

### *Inicio del proceso*

El crear conciencia en los sectores encargados de tomar las decisiones políticas y financieras no es una tarea fácil. Esta labor debe iniciarse convenciendo a los grupos profesionales involucrados en el diseño, construcción y operación de hospitales ya que estos grupos harán *su* gestión individual y no se opondrán a los cambios que vengan.

Ayudará mucho en este inicio el contar con una evaluación de uno o más hospitales. Deben tenerse datos concretos, para lo cual se puede contar con ayuda de las universidades o con los organismos de investigación.

La primera evaluación que se haga debe ser concisa y explicar claramente **los** riesgos a que están expuestos los hospitales. Puede hacer comparaciones con lo observado en otros sismos y proyectar las pérdidas que se tendrían en caso de un evento destructor en la localidad del hospital.

El costo de una reestructuración no será posible conocerlo hasta que no se realice un diseño detallado. Estos costos dependerán de las condiciones originales del hospital, de la solución de refuerzo adoptada y de los costos de construcción en cada país. **Los** datos aportados en el presente informe serán de utilidad.

Las inversiones en muchos casos serán millonarias pero en **todos** los casos no representarán un porcentaje alto del presupuesto anual de un hospital. Desde el punto de vista de la construcción siempre será más barato y más rápido reestructurar con el hospital desalojado. De no ser posible este procedimiento, por razones de operación o por razones financieras, deberá procederse por etapas que podrán distribuirse en uno o varios años lo que bajará la carga financiera.

### *El diseño estructural y la inspección*

El diseño estructural de una reestructuración hospitalaria es un proceso más complicado que **los** trabajos comunes de ingeniería, y debe ser realizado por personal capacitado en el área de ingeniería sismo-resistente. El diseño debe ser arquitectónicamente factible, debe aportar la resistencia y rigidez adecuadas para garantizar la estabilidad durante **los** sismos y debe aprovechar al máximo la estructura existente para hacerlo económicamente factible. Desde el punto de vista de resistencia y rigidez, la estructura de un hospital debe comportarse elásticamente (sin daño estructural) para sismos fuertes de alta probabilidad de ocurrencia durante la vida Útil del hospital. **Las** estructuras comunes **ante** estos sismos presentarían daño considerable. Por otro lado debe comportarse inelásticamente (con daño estructural sin colapso) para **sismos** fuertes con baja probabilidad de ocurrencia durante la vida útil de edificios. El daño causado por estos sismos en las construcciones comunes revestiría carácter de desastre generalizado.

El diseño estructural y el concepto utilizado para realizarlo es de importancia fundamental pero también es de importancia la inspección rigurosa del proceso constructivo. De nada vale un buen detalle constructivo y suficientemente estudiado, si a la hora de la construcción se ejecuta mal. La tendencia a cometer errores en la construcción es muy grande de ahí que se requiere una inspección rigurosa y consciente de su responsabilidad; de ella depende que la reestructuración planteada y el sacrificio hecho para realizarla tengan **éxito**.

### ***El cartel de licitación***

Este elemento de la contratación para realizar la construcción **es** un elemento que servirá de apoyo y ayudará en el proceso constructivo posterior y en las negociaciones que **se** presenten.

El cartel de licitación debe exigir por parte del constructor un plan de avance de las obras para ser aprobado por las autoridades del hospital. Lo ideal es que **el plan de** avance sea un **plan** conjunto del hospital y de la compañía constructora. Debe indicar claramente las multas a que se someterá la compañía en caso de incumplimientos parciales y totales.

Debe también indicar las indemnizaciones que recibirá en caso de incumplimientos por parte del hospital.

**Se** indicará el procedimiento a seguir para la negociación de **los** incrementos de plazo y para modificaciones del plan de avance.

En lo referente a **las** responsabilidades sobre **los** acabados existentes de las obras, se presentarán planos arquitectónicos que indiquen los cambios o efectos que sufrirán y el estado en que quedarán al final de las etapas de construcción.

Debe definirse **en** el cartel qué es un trabajo adicional y el procedimiento a seguir para la negociación del costo de los mismos.

En relación con las responsabilidades de la compañía constructora sobre las obras exteriores como jardines, accesos, aceras, etc. **se** deberá establecer su alcance. **Se** deberá establecer también el procedimiento que asuman la compañía y el hospital para evitar daños a la propiedad. El cartel debe establecer las obligaciones y derechos de **las** autoridades hospitalarias en relación con la construcción, ya que ellas serán evaluadoras y colaboradoras permanentes de la compañía constructora.

### ***La seguridad de equipos y elementos no estructurales***

El daños en estos sistemas puede llegar a ser tan intenso que puede comprometer sustancialmente la prestación del servicio después de un sismo. Este daño puede presentarse aún estando la estructura en perfectas condiciones.

La seguridad de estos sistemas puede lograrse siguiendo algunos procedimientos relativamente sencillos como son:

- Fijar contra el volcamiento o deslizamiento los elementos que presentan esta tendencia.
- Limitar los desplazamientos relativos de lámparas, cielos, tuberías, etc.



- Colocar juntas flexibles en tuberías en las zonas de juntas de construcción o de grandes desplazamientos.
- ▶ Colocar bandas en estantes para evitar caída de recipientes.
- ▶ Colocar los elementos de distribución eléctrica lejos de tuberías y recipientes que transporten o contengan líquidos o gases.
- ▶ Colocar bandas o plásticos adhesivos en las ventanerías de los servicios importantes.

Muchas otras medidas como éstas pueden tomarse y podrán ser identificadas después de una revisión de las condiciones de cada equipo o sistema.

#### CONCLUSIONES

- ▶ Se ha mostrado en este trabajo que los sismos causan daños de toda índole en los hospitales. Los daños estructurales y no estructurales son a su vez causantes de problemas operativos, de pérdidas económicas y de desperdicio de recursos.
- ▶ La pérdida del servicio y el desperdicio de recursos son los daños más significativos de los sismos del año de 1990 sobre el sistema hospitalario de Costa Rica.
- ▶ Estas pérdidas superan en dos o tres veces la inversión realizada en reestructuración.
- ▶ Las reestructuraciones realizadas mantuvieron la integridad estructural, y en dos de los tres casos redujeron significativamente los daños no estructurales. Estas reestructuraciones han probado ser efectivas.
- ▲ Estas reestructuraciones resultan rentables cuando se comparan con las pérdidas financieras que se presentaron en el año de 1990 y cuando se comparan con las posibles pérdidas financieras ante eventos sísmicos mayores. Resultan todavía más rentables si se considera que el servicio podrá mantenerse en condiciones de emergencia sísmica.
  - ▶ Las reestructuraciones produjeron un cambio de actitud positiva ante los sismos en el personal de los hospitales reforzados.
  - ▶ Los procesos constructivos pudieron haber sido mejorados si se hubiese realizado una planificación ordenada, si se hubiesen incluido en los carteles de licitación las cláusulas necesarias para evitar ambigüedades y si se hubiese coordinado con todos los sectores involucrados en el proceso constructivo.

Este trabajo ha sido realizado mediante entrevistas, visitas, investigación de planos y otros documentos de licitación, investigación bibliográfica y otros documentos escritos, a solicitud del Departamento de Desastres Naturales de la Oficina Panamericana de la Salud con sede en Costa Rica. Trabajo realizado durante **los** meses de febrero y marzo de 1991.

## BIBLIOGRAFIA

1. Herrera Giri, **C.E.** y Quirós Rojas, V. "Estudio de Vulnerabilidad Sísmica del Hospital México" Universidad de Costa Rica. San José, Diciembre 1986.
2. **Cruz Azofeifa, M.F.** y **Acuña Prado, R.F.** "Estudio de Vulnerabilidad del Hospital México, II parte". Universidad de Costa Rica. Instituto de Investigaciones en Ingeniería. San José, Junio 1987.
3. Hidalgo López I. "**Estudio** de Vulnerabilidad Sísmica del Hospital Calderón Guardia". Universidad de Costa Rica. San José, Diciembre de 1984.
4. **Cruz Azofeifa, M.F.** y **Acuña Prado, R.F.** "Efectos del Sismo del **10** de Octubre de 1986 sobre el Sistema Hospitalario de San Salvador". Revista del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. San José, Julio 1987.
5. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. "Código Sísmico de Costa Rica 1986", Editorial Tecnología de Costa Rica. Cartago, 1987.
6. Mortgat, C.P. y Otros. "**A** Study for Seismic **Risk** for Costa Rica". J.A. Blume Earthquake Engineering Center Stanford. 1977.
7. Vargas Monge, W. "Vulnerabilidad Sísmica de los Sistemas Vitales (San Isidro, **3** julio **1983**)" Universidad de Costa Rica. San José, 1985.
8. Grases, José "Desempeño de Instalaciones Hospitalarias Durante Sismos. Estrategia para la Reducción de la Vulnerabilidad". VI Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sísmica, México D.F., Setiembre 1990.
9. Herrera Giri, C.E. y Cruz Azofeifa, M.F. "Respuesta Sísmica de un Edificio del Hospital México Antes y **Después** de su Reestructuración". IV Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sísmica. San José, Noviembre 1989
10. Laboratorio de Ingeniería Sísmica. "Sismo de Cóbano, **25** de Marzo de 1990, Efecto sobre suelos y Edificaciones". Instituto de Investigaciones en Ingeniería, Universidad de Costa Rica. San José. Octubre 1990.
11. Steward, D. "Reducción de Riesgos en Componentes no Estructurales de los Hospitales para casos de Terremotos". Análisis de Riesgo en el Diseño de Hospitales en Zonas Sísmicas. Organización Panamericana de la Salud. Agosto 1989.
12. Red Sismológica Nacional. " Informes Mensuales de Junio y Diciembre de 1990" Universidad de Costa Rica. San José 1990.

**13. Gobierno de Costa Rica. "Gaceta # 169" Decreto 1-7712. San José, 3 de Setiembre de 1987.**

## CONCLUSIONES

- ▶ Se ha mostrado en este trabajo **que** los sismos causan daños de toda índole en los hospitales. Los daños estructurales y no estructurales **son** a su vez causantes de problemas operativos, de pérdidas económicas y de desperdicio **de** recursos.
- ▶ La pérdida del **servicio** y **el** desperdicio **de** recursos son los daños **más** significativos de los sismos del año de 1990 sobre el sistema hospitalario de Costa Rica.
- ▶ Estas pérdidas superan en dos o tres veces la inversión realizada en reestructuración.
- ▶ Las reestructuraciones realizadas mantuvieron la integridad estructural, y en dos de los tres casos redujeron significativamente **los** daños no estructurales. Estas reestructuraciones han probado ser efectivas.
- ▶ Estas reestructuraciones resultan rentables cuando se comparan con las pérdidas financieras que se presentaron en el año de 1990 y cuando **se** comparan con las posibles pérdidas Financieras ante eventos sísmicos mayores. Resultan todavía más rentables **si** se considera que el servicio podrá mantenerse en condiciones de emergencia sísmica.
- ▶ Las reestructuraciones produjeron un cambio de actitud positiva ante los sismos en el personal de los hospitales reforzados.
- ▶ Los **procesos** constructivos pudieron haber sido mejorados si se hubiese realizado una planificación ordenada, si se hubiesen incluido en los carteles de licitación las cláusulas necesarias para evitar ambigüedades y **si** se hubiese coordinado con todos los sectores involucrados en el proceso constructivo.

Este trabajo ha sido realizado mediante entrevistas, visitas, investigación de planos y otros documentos de licitación, investigación bibliográfica y otros documentos escritos, a solicitud del Departamento de Desastres Naturales de la Oficina Panamericana de la Salud con sede en Costa Rica. Trabajo realizado durante los meses de febrero y marzo de 1991.