

INFORME TÉCNICO EVALUATIVO DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL SISMO DEL 2 DE OCTUBRE DE 1995 EN EL HOSPITAL DE TENA: DR. JOSE MARIA VELASCO IBARRA Y SUS POSIBLES SOLUCIONES .

Por: Ing. Jaime Argudo Rodríguez
Consultor OPS/OMS.
14 de Diciembre de 1995.

1. ANTECEDENTES

A consecuencia del sismo del 2 de Octubre de 1995 (magnitud Richter 6.2 y epicentro en la cordillera del Cutucú, 200 km al sur de Tena), el Hospital: Dr. José María Velasco Ibarra sufrió daños, siendo necesaria su evacuación inmediatamente después del sismo, quedando severamente restringido para la prestación de sus servicios de salud.

El día 8 de Noviembre de 1995 a solicitud del Ministerio de Salud, El Programa de Preparativos para Emergencias y Desastres de la OPS/OMS presentó un conjunto de experiencias e iniciativas que a nivel nacional y continental se están llevando a cabo con la finalidad de mejorar la seguridad sismo-resistente de los hospitales, reducir su vulnerabilidad estructural, no estructural y funcional y propiciar que éstos permanezcan seguros y operativos después de un desastre para una adecuada atención de las emergencias.

Adicionalmente, se discutió sobre los daños producidos en el Hospital Velasco Ibarra, la conveniencia de una nueva inspección, la posibilidad de rehabilitar áreas seguras en el corto plazo y de reparar los daños luego de realizar un estudio integral en el mediano plazo.

Así, el 24 de Noviembre de 1995, los ingenieros: Jorge Zurita, Jefe del Departamento de Infraestructura del Ministerio de Salud, Marcelo Romo, Diseñador de la estructura Rommel Yela y Jaime Argudo, Consultores de la OPS/OMS, visitaron el Hospital Velasco Ibarra para inspeccionar los daños y emitir el respectivo informe técnico.

2. RELEVAMIENTO Y DESCRIPCION DE LOS DAÑOS

En el Cuadro 1, contiene el detalle de los daños según su ubicación, tipo, mecanismos, origen; y la formulación de observaciones y recomendaciones para el posible tratamiento futuro de los mismos. A partir de la página 12, se anexan fotos ilustrativas.

3. ANALISIS DE LOS FACTORES QUE OCASIONARON LOS DAÑOS Y PARTICIPARON EN EL COMPORTAMIENTO SISMO-RESISTENTE DEL EDIFICIO.

El siguiente análisis constituye un diagnóstico cualitativo sobre las bases de la información disponible: experiencias de sismos anteriores, informes previos de los daños (referencias 1 - 5), planos del hospital y relevamiento de los daños en el sitio

Se deja constancia que en ausencia de un análisis matemático resulta imposible cuantificar la participación efectiva de cada uno de los siguientes factores en el mecanismo global de los daños, sin embargo a criterio del autor los mismos se ordenan según su importancia y grado de participación estimada.

3.1. FACTORES CONSTRUCTIVOS

a) Mampostería y mortero de mala calidad y resistencia:

Las paredes se edificaron con ladrillo, material que se fabrica artesanalmente con grandes variaciones de calidad y resistencia. En este tipo de edificaciones se debería utilizar bloques de cemento cuya resistencia es mayor y su calidad homogénea.

El mortero en los enlucidos muestra mala adherencia por defectos en la preparación de las superficies de enlucido, exagerado espesor, y baja resistencia.

b) Insuficiente refuerzo transversal y pobre arriostramiento de las paredes:

Las paredes en su mayoría no están debidamente arriostradas contra las columnas mediante refuerzos transversales de acero (chicotes). Las muy esbeltas deberían disponer de viguetas de amarre a media altura, y las muy largas de pilaretes intermedios que permitan un mejor confinamiento y contribuyan a resistir los esfuerzos sísmicos.

c) Juntas sísmicas de dilatación rígidas:

Las juntas sísmicas de dilatación se han construido uniéndolo monolíticamente a elementos estructurales independientes que pertenecen a bloques diferentes. No se advirtió la existencia de un material de relleno flexible en las juntas, sino más bien de enlucidos rígidos.

Cabe mencionar que en algunas juntas donde existen uniones tipo pared - columna o tipo columna - columna, que se rompieron durante el sismo actualmente se están engrampando mediante vinchas de acero, procedimiento de reparación equivocado, puesto que por el contrario, las juntas se deben limpiar y colocar en su interior un material flexible que amortigue y no restrinja las vibraciones.

d) Tuberías rígidas que atraviesan juntas sísmicas:

La mayoría de los daños en las tuberías de agua, oxígeno y vapor, se han producido porque éstas atraviesan las juntas sísmicas sin disponer de uniones flexibles que puedan absorber y disipar las deformaciones diferenciales entre los bloques.

e) Ventanas y tumbados falsos:

Muchas ventanas colocadas sobre antepechos de mediana altura, rematan o se adosan contra las columnas reduciendo su altura efectiva (efecto de columna corta), otras rematan contra las juntas de dilatación. En ambos casos, la concentración de deformaciones y esfuerzos, no pueden ser resistidos por los vidrios produciéndose rotura de cristales, con peligro de ocasionar daño a las personas adyacentes.

Los tumbados falsos por su parte, ofrecen gran flexibilidad y en algunos casos poseen una exagerada holgura entre planchas y perfiles, lo que posibilita que éstos se deformen, pierdan estabilidad y caigan.

3.2. EFECTO DE TORSION ACCIDENTAL EN EL EDIFICIO

No se ha respetado la junta sísmica entre el bloque de consulta externa y el bloque principal (T) y se ha perdido la simetría en la dirección N.S., en la cual actuó el sismo. Se ha creado un efecto de torsión accidental que ocasionó que los esfuerzos, las deformaciones y los daños se desarrollen con mayor severidad en la porción Nor-Oeste de la "T".

Los trabajos de rehabilitación deben considerar la necesidad de separar inmediatamente éstos bloques respetando la junta sísmica de la fachada norte.

3.3. FACTORES ARQUITECTONICOS

a) Irregular Elevación:

El edificio posee cambios bruscos en elevación y juntas sísmicas, cuya disposición se ilustra en la Figura No.1. Nótese la falta de uniformidad, continuidad y proporción .

Los bloques en "L", poseen una discontinuidad (cambio de elevación de dos a un piso) y una desproporción (mide 27.5 metros de largo y 19.3 metros de ancho), que induce a un comportamiento sísmico con fuerte componente rotacional, perjudicial para el edificio.

b) Configuración de la planta:

Las plantas (pisos) no poseen las virtudes de una arquitectura sismo-resistente: Simplicidad, Compactividad, Simetría y una gran Rigidez Torsional. No hay simplicidad, se han adoptado formas arquitectónicas tipo "T" y "L", que en varios países han probado no poseer un buen comportamiento sismo-resistente. La planta en "L" de la Figura No. 1 no es compactiva (similitud de largo y ancho).

El edificio se proyectó simétrico en la dirección NS (aunque ha perdido ésta simetría por efecto de la torsión accidental) y es totalmente asimétrico en la dirección EW. Ventajosamente el sismo ofreció una mínima sollicitación en ésta, la dirección más vulnerable del edificio. Tampoco posee una gran rigidez rotacional, mas bien se ha sacrificado rigidez dimensionando a las columnas exteriores con menor tamaño que las interiores.

c) Necesidad de una nueva junta de construcción:

Se estima necesario crear una nueva junta de construcción a lo largo del eje "D", tal como es muestra en la Figura No. 2 por las siguientes razones:

- Reducir la interacción entre bloques: Los desplazamientos relativos de giro y traslación entre bloques, pueden llegar a ser tan grandes como para trabar al bloque en "T" con los bloques en "L", puesto que éstos bloques poseen juntas en forma de "U" muy alargada. Adicionalmente a lo largo de esta junta sísmica en forma de "U", existe conexión a nivel de cimentación entre dos o tres columnas que pertenecen a bloques con comportamiento dinámico diferente pero que interacturan entre sí a través del suelo (fenómeno de interacción suelo - estructura).

- Mejorar el comportamiento dinámico de los bloques en "L". La nueva junta, proporciona una mayor simetría en la dirección EW, compactividad y proporcionalidad; lo que se estima muy útil para mejorar el comportamiento sismo-resistente.

3.4. EFECTO DEL SITIO

En ciudades tales como México y Guayaquil, donde existen depósitos de suelos blandos superficiales sobre suelos o rocas subyacentes de mucha más rigidez, se ha observado que los sismos lejanos y superficiales pueden producir una amplificación de las intensidades y sollicitaciones sísmicas en la superficie de éstos depósitos.

Por la información disponible sobre las características geológicas del sitio, existen indicios de que tal efecto pudo haber ocurrido en la zona del hospital Velasco Ibarra.

3.5. DEFORMABILIDAD EXCESIVA DE LA ESTRUCTURA

La ausencia de muros o diafragmas diseñados para rigidizar al edificio y para soportar fuerzas sísmicas de corte; y las dimensiones seleccionadas para las columnas han dotado a la estructura de una deformabilidad posiblemente normal para edificios de uso no esencial, pero excesiva para hospitales.

Esto ha contribuido a que las paredes absorban fuerzas sísmicas en niveles no despreciables, produciéndose daños a consecuencia de su baja resistencia.

Las columnas perimetrales son de menor tamaño que las interiores, creándose pórticos más débiles (tal es el caso del pórtico I, de la fachada norte), algunos que ventajosamente no fueron mayormente exigidos por el sismo puesto que están en la dirección EW, y otros donde se concentraron la mayor parte de los daños (pórticos 1 y 7 de las fachadas Este y Oeste).

Este factor se estima que podría llegar de mucho más peso si un sismo solicitase a la estructura en la dirección EW, dado que la estructura posee baja rigidez torsional y en ésta dirección la es totalmente asimétrica.

3.6. FACTORES DE MANTENIMIENTO Y OPERACION

a) Instalaciones de líneas vitales:

Algunos de los equipos e instalaciones de líneas vitales que quedaron fuera de operación después del sismo probablemente hubieran permanecido operativos si acreditaban un buen mantenimiento. Tal es el caso de los ascensores en los cuales, se advierte que el sismo afectó a un ya deteriorado sistema de contrapesos.

b) Equipos médicos:

Los equipos de laboratorio afectados durante el sismo habrían podido permanecer en buen estado, si no hubiesen estado en condiciones operativas vulnerables.

4. COMPORTAMIENTO SISMO-RESISTENTE DEL EDIFICIO

La estructura no sufrió daño alguno y muy probablemente sus elementos más solicitados experimentaron esfuerzos cercanos a los de su límite elástico (a juzgar por el tamaño de las deformaciones).

Los planos estructurales muestran una estructura que ha sido diseñada con la teoría de la resistencia última (norma del código ecuatoriano desde 1977) cuyo objetivo fundamental es el de precautelar las vidas de las personas que habitan la edificación dotando a la estructura de una capacidad de liberar energía mediante deformaciones más allá de su límite de resistencia, evitando mecanismos de colapso frágil y procurando mecanismos de falla controlada.

No obstante, el hospital no tuvo un buen comportamiento sismo-resistente, lo que se concluye a partir de las siguientes premisas:

- a) A consecuencia de los daños quedó inoperativo, debió ser evacuado inmediatamente después del sismo, y, hasta la presente fecha permanece muy restringido en sus servicios.

Esto debido a que, el diseño estructural no debe estar exclusivamente gobernado por criterios de resistencia, sino también por un control más conservador de las deformaciones transmitidas a los elementos no estructurales, los que adicionalmente deben proyectarse con un adecuado detallamiento constructivo y edificarse con un estricto control de calidad.

Los daños en el hospital de Tena nos dejan una lección, muy útil para la planificación de nuevas instalaciones hospitalarias: “A pesar de que una estructura no experimente daño alguno, el comportamiento sismo-resistente del edificio puede ser deficiente, si los daños en los elementos no estructurales son de tal intensidad, como para producir el colapso operativo y funcional de los servicios de salud del hospital”.

- b) El nivel de daños producido en los elementos no estructurales: arquitectónicos (paredes, ventanas, tumbados, instalaciones de líneas vitales (energía, agua, oxígeno, vapor, etc) y equipos (ascensores, microscopios, etc); es muy grande y debe ser reducido para proteger la operatividad y funcionalidad.
- c) El sismo del 2 de Octubre no constituye un evento crítico. Las fallas geológicas de la región en su mayoría pueden liberar una energía superior, en una dirección más vulnerable y con localización epicentral mucho más cercana al sitio.

En pocos años de vida, el hospital es la segunda vez que experimenta daños de consideración frente a sismos cuyo período de recurrencia es del orden de los diez años.

Frente a la hipótesis de que pueda experimentar en el futuro, un sismo de magnitud mayor que 7, con epicentro al oeste, a menos de 100 kms; se deben considerar medidas estructurales que permitan reducir su vulnerabilidad. (El terremoto de Ambato de 1949, cuya recurrencia es del orden de 50 a 100 años, es un evento como el antes citado)

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. REHABILITACIÓN DEL EDIFICIO

a) Areas Seguras:

Dado que la estructura no ha sufrido daño, el edificio en su mayor parte es tan seguro como antes y solamente aquellas áreas expuestas al colapso de paredes que pudieran ocasionar lesiones a las personas deben permanecer restringidas en su uso. Este es el caso de todos los ambientes contiguos a las paredes de las fachadas Nor-Este y Nor-Oeste del bloque principal o "T" de cinco pisos.

b) Trabajos de Rehabilitación:

Se recomienda que los trabajos de rehabilitación comprendan actividades prioritarias y provisionales que permitan la completa operatividad del hospital, bajo condiciones de seguridad equivalentes a la situación antes del sismo y mediante una inversión mínima.

Se considera prioritario:

- Reparar los ascensores, equipos y tuberías de las instalaciones vitales (oxígeno, agua, luz, vapor).
- Limpiar y demoler la pared sobre la junta sísmica que separa el pabellón de consulta externa y el bloque principal. Utilizar uniones flexibles para las tuberías que atraviesan esta junta, mobiliario y tabiquería divisoria de ambientes no monolítica o móvil.
- Colocar refuerzos tipo vinchas en las paredes agrietadas y resanar las fisuras respetando las juntas de dilatación. Durante la inspección realizada se pudo observar, que se han colocado vinchas para reparar grietas en zonas de juntas sísmicas, las mismas que deberían permanecer abiertas.

5.2. ESTUDIOS PREVIOS AL REFORZAMIENTO DEL HOSPITAL

Los estudios que a continuación se detallan son recomendados como necesarios para la selección y el diseño del tipo de reforzamiento que requiere el hospital:

a) Análisis estático y dinámico de la estructura:

Para cuantificar el comportamiento sismo-resistente del hospital, recomendándose incorporar a los modelos los efectos de la interacción suelo-estructura, para una correcta cuantificación de los desplazamientos laterales y la dimensión mínima requerida de las juntas sísmicas.

b) Evaluación del efecto del sitio:

Un estudio experimental de las características dinámicas del suelo y la estructura para evaluar el riesgo de amplificación de las solicitaciones sísmicas en el sitio. Este estudio permitiría juzgar la conveniencia o no de ejecutar posteriormente una perforación para obtener información geotécnica sobre los parámetros mecánicos del subsuelo.

c) Evaluación de la calidad de los materiales:

Principalmente la mampostería, debe ser estudiada experimentalmente para evaluar su resistencia real y poder decidir, que porción de la misma deberá sustituirse, como arriostrarse más efectivamente, etc. También se recomienda certificar la posible buena calidad del hormigón de la estructura, mediante un selecto número de ensayos de recuperación de núcleos de hormigón en el sitio y su posterior ensayo en laboratorio.

5.3. REFORZAMIENTO Y REPARACIÓN DEL HOSPITAL

5.3.1. REFORZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Reforzar la estructura del hospital para cumplir con los siguientes propósitos:

a) Reducir la vulnerabilidad no-estructural:

Se debe garantizar la seguridad de los elementos arquitectónicos, instalaciones, equipos y la operatividad del hospital. La manera más efectiva de lograrlo es rigidizando la estructura y limitando sus reformaciones laterales y rotacionales.

b) Incrementar la seguridad y mejorar su comportamiento sismo-resistente:

A través del reforzamiento se puede incrementar la seguridad del edificio y mejorar su comportamiento sismo-resistente principalmente en las direcciones Este-Oeste y rotacional.

5.3.2. REPARACIÓN E INTRODUCCIÓN DE JUNTAS SÍSMICAS:

Se deben limpiar y reparar las juntas sísmicas existentes e introducir nuevas juntas tal como se ilustran en la figura No. 2, a través de lo cual se mejorará notablemente el comportamiento sismo-resistente, restituyendo la simetría en la dirección Norte-Sur y propendiendo a una mayor simetría, compactividad y proporcionalidad en la dirección Este-Oeste.

5.3.3. RECONSTRUCCIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Las paredes deben arriostrarse, repararse y en casos extremos demolerse y reconstruirse; las instalaciones deben repararse colocándose uniones flexibles en los tramos de tuberías y ductos que atraviesan juntas de construcción; los equipos deben repararse y en el caso de los ascensores sustituirse dado que están obsoletos y carentes de repuestos.

No se recomienda una reparación basada exclusivamente en dotar de mayor resistencia a los elementos no-estructurales, sin reforzar a la estructura por las siguientes razones:

- a. No se podrá elevar mediante este procedimiento la seguridad del hospital, que no ha sido puesta a prueba frente a sismos críticos y que depende del comportamiento sismo-resistente de la estructura frente a este tipo de solicitaciones.
- b. Para garantizar un bajo nivel de daños de los elementos no estructurales y la completa operatividad del hospital luego de un nuevo sismo similar al del 2 de octubre de 1995, la dimensión de los trabajos y la técnica a utilizar resultaría tanto o más costosa que una solución de reforzamiento combinada con las necesarias reparaciones de los elementos no-estructurales más vulnerables.
- c. Es importante recalcar que, considerando los estudios del Instituto Geofísico (Yépez, 1992), en cuanto a intensidades esperadas en la zona y fuentes sismo-genéticas del país, una reparación integral del Hospital permitiría contar con un nivel de seguridad mayor y mejorará su respuesta ante eventos más destructivos, muy probables en esa región.

6. PRESUPUESTO ESTIMADO PARA LA REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DEL HOSPITAL

El cuadro No. 2 contiene el presupuesto global y preliminar, de los gastos requeridos para la reparación y reforzamiento del hospital, cuyo monto total asciende a US\$350.000 dólares estadounidenses.

7. CÓDIGO PARA EL DISEÑO DE NUEVOS HOSPITALES

La experiencia del hospital Velasco Ibarra, así como el colapso estructural u operativo de hospitales en varios países de América, sugiere la necesidad de disponer de un código para el diseño de nuevas instalaciones hospitalarias.

8. REFERENCIAS

1. Informe dirigido al Señor Ministro de Salud Pública sobre los acontecimientos y daños ocurridos en la Provincia del Napo. Por Dr. José Cedeño (Director de Planeamiento de la Seguridad), Dr. David Carbonell (Director Provincial de Salud de Napo) y Dr. Rodrigo Fiallo (Director del Hospital Velasco Ibarra).
2. Informe técnico de daños producidos en el hospital Velasco Ibarra a raíz del sismo del 2 de octubre de 1995. Por Ing. Gerardo Moya y Arq. Ricardo Morillo, Supervisores del Departamento de Infraestructura Física del MSP, Dr. José Cedeño, Director de Planeamiento Físico de la Seguridad del MSP, Dr. David Carbonell, Director de Salud de Napo, Dr. Jacobo Moreta, Jefe del PAI, Dr. Gonzalo Jaramillo, Médico de Epidemiología del MSP.
3. Informe de Equipos dañados en el Hospital luego del sismo del 2 de Octubre. Por Tecnóloga Médica Irene Vaca Hospital Velasco Ibarra.
4. Informe de Topografía. Por Hugo Arrobo del Consejo Provincial del Napo.
5. Informe técnico de evaluación estructural del Hospital Dr. José María Velasco Ibarra de la ciudad de Tena (Ecuador). Por Ing. Rommel Yela, Consultor OPS/OMS.

**CUADRO 1. : EVALUACION DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR EL SISMO
DEL 2 DE OCTUBRE DE 1995 EN EL HOSPITAL VELASCO
IBARRA DE LA CIUDAD DE TENA, PROVINCIA DEL NAPO.**

UBICA CION	TIPO DE DAÑOS	MECANISMO DEL DAÑO	ORIGEN DEL DAÑO	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
Planta Baja: Rayos X	Agrietamiento de paredes de mampostería y desprendimiento del enlucido en la columna de los ejes "E" y "5".	La junta sísmica en el eje "5", entre los bloques principal de 4 pisos y el de 2 pisos se construyó monolítica, uniendo columnas de los dos bloques mediante enlucidos que se desprendieron al trabajar la junta durante el sismo.	Constructivo: juntas monolíticas Arquitectura: cambio brusco de elevación, entre ejes D y F del bloque de 5 pisos que se adosa en el 1er piso a la terraza del bloque en "L".	Las columnas en "E5" tienen un plinto de cimentación común, lo que favorece la interacción dinámica entre los bloques a través del suelo. Recomendación: desconectar la terraza del primer piso mediante nuevas juntas y la reparación de las existentes. Ver Figura # 2.
Planta Baja: laborato- rios, cocina, farmacia.	Agrietamiento de paredes de mampostería	Los agrietamientos tienen componente principal en el plano de la pared y pequeños desplazamientos transversales con pandeo lateral de la pared.	Constructivo: malo o inexistente arriostramiento lateral de la mampostería con gran esbeltez.	Probable mala calidad y resistencia de la mampostería. Recomendación: Reparar y Arriostrar la mampostería respetando las juntas de dilatación.
Planta Baja: área de consulta externa	Agrietamiento de paredes, desprendimiento de su enlucido, ruptura de vidrios, caída de tumbado, Instalaciones rotas.	La junta entre el pabellón de consulta externa y el bloque principal se construyó monolítica y se abrió durante el sismo ocasionando los daños e incluso la ruptura de instalaciones y tuberías que atraviesan la junta.	Constructivo: la junta no permitió los desplazamientos relativos entre los bloques, ocasionando daño local y torsión accidental en el edificio.	Demoler pared de la junta, independizar bloques, usar tabiques y mobiliario móvil e instalaciones con uniones flexibles
Planta Baja: área de archivo y caja de admisión.	Agrietamiento de paredes de mampostería y desprendimiento de recubrimiento de columnas en el eje "T".	Zona más deformada(N.O.). En eje 2, en la mampostería se vio típica falla en cruz por esfuerzos sísmicos de corte. Columnas 2I, 3I, con recubrimiento reventado en unión con pared de fachada, sin afectación del núcleo confinado de hormigón.	Constructivo: junta monolítica de consulta externa dio mayor rigidez al edificio en zona NE. Arquitectura: Columnas 2I,3I con efecto de columna corta.	La menor rigidez de las columnas del eje I, favoreció que este sismo con menores deformaciones transversales EW en comparación con las NS, desarrolle daños a lo largo del eje I.
Primer Piso: Área de Neonato- logía y fachada N.O.	Agrietamiento de paredes y daños en las instalaciones de oxígeno, etc. Desplome, no confirmado de 2.5 cms en la columna II, ver referencia 4.	El daño en instalaciones que no atraviesan juntas sísmicas denota que la zona sufrió grandes deformaciones en dirección NS del sismo, pero también en dirección EW y giros rotacionales por la torsión accidental del edificio. La columna II, esquina NorOeste, resultó ser el elemento estructural más solicitado.	Constructivo: La fachada Oeste posee mampostería esbelta, no reforzada y mal arriostrados. Se aprecia una mala práctica constructiva en los enlucidos de fachada. Giro y desplome del parapeto que reviste a la columna II.	Demoler fachada, y reconstruirla arriostrándola contra las columnas 1F, 1G, 1H y 1I. Usar pilaretes intermedios y vigas de amarre para reducir esbeltez. Más que un desplome de la columna II, se presume es de la mampostería, que la reviste, lo que se debe revisar.