

# REPARACION Y REFORZAMIENTO DE HOSPITALES DAÑADOS POR SISMOS

Por: Julio Kuroiwa H.

CISMID, UNI  
LIMA-PERU

## R E S U M E N

Para reparar y reforzar edificaciones dañadas por terremotos, es necesario conocer, porqué y cómo fallan; por eso, se presenta en primer lugar, cómo se comportan los diferentes tipos de estructuras frente a sismos.

El principal objetivo de un proyecto de reparación y reforzamiento, es eliminar las causas de las fallas; y, elevar su resistencia hasta hacerles compatibles con las exigencias de las normas sísmicas vigentes, al mínimo costo. Se dan las metodologías para realizar los estudios que permiten lograr el objetivo enunciado, para tipos de edificaciones: adobe y albañilería sin reforzar con techo liviano y flexible, muros de albañilería con techo rígido y pesado, y edificaciones de concreto reforzado, con o sin muros de albañilería de relleno.

Finalmente se dan algunas informaciones sobre la experiencia americana y japonesa sobre este tópico, y sobre los trabajos presentados en la 9na. Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica realizada en Tokio y Japón en agosto de 1988.

### 1. INTRODUCCION

La seguridad que puedan ofrecer los hospitales frente a los sismos es esencial, para que presten eficiente servicio si ocurre un evento destructivo de esta natur

raleza, y poder así, socorrer a las víctimas.

En general pueden presentarse 2 casos donde es necesario incrementar su resistencia sísmica.

- Reparar y reforzar hospitales que se han dañado en un terremoto para que tengan comportamiento satisfactorio en futuros eventos; y,
- Reforzar hospitales que se construyeron cuando no existían normas sísmicas, y ahora resultan deficitarias y requieren que su resistencia sísmica sea incrementada para satisfacer las exigencias de las normas vigentes.

En el primer caso, uno de los pasos más importantes consiste en diagnosticar claramente las causas de las fallas para que estas sean eliminadas en el proceso de reparación y reforzamiento. Por la razón expuesta, es necesario que se conozca los tipos de edificaciones hospitalarias más comunes, cómo se comportan y eventualmente fallan, al ser sometidas a altas intensidades sísmicas. Esta información se proporciona en los puntos siguientes de este trabajo.

Por otra parte, los métodos y materiales utilizados en la construcción de edificios, así como los métodos de análisis y diseño sismorresistente han logrado importante progreso en las últimas décadas. No es de extrañar por eso, que existan numerosos hospitales que están en la actualidad por debajo de los estándares exigidos por las modernas normas sísmicas. Este es otro punto que se tratará en este trabajo.

Después de los terremotos ocurridos en el Perú en 1970, 1974 y 1979, el autor tuvo ocasión de dirigir

los proyectos de reparación y reforzamiento de más de - 150 edificios de concreto armado y cerca de 2500 viviendas de albañilería de ladrillo (1)\*. La metodología desarrollada en esa ocasión se mantiene válida y será la parte más importante de este trabajo (2).

Por otra parte, investigadores japoneses y norteamericanos han estado muy activos intercambiando sus experiencias en la reparación y reforzamiento de edificios, a través de su programa de cooperación en el campo de la Ingeniería sísmica. Se han revisado los trabajos más importantes presentados en esas reuniones y se incluyen las conclusiones más relevantes (3) (4) (5).

También se dan informaciones sobre los trabajos sobre reparación y reforzamiento en la IX Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica realizada en Tokio Japón en 1988 (6).

## 2. COMPORTAMIENTO SISMICO DE EDIFICACIONES

Para preparar buenos proyectos de reparación y reforzamiento de edificaciones, es esencial que se entiendan claramente porqué y cómo fallan al ser sometidas a la acción de los terremotos.

La solución óptima para el reforzamiento para cualquier tipo de edificio, consiste en eliminar las causas de las fallas estructurales y no estructurales al mínimo costo.

Las antiguas y debiles edificaciones sin refor

(\*) Referencia

zar son las de mayor riesgo sísmico, sin embargo, las técnicas utilizadas en su construcción son raramente investigadas y en general los modernos códigos sismorresistentes, no las consideran.

Por lo expuesto, una detallada y sistemática investigación en el campo de los daños causados por terremotos, puede ser uno de los mejores métodos para determinar el comportamiento sísmico de los varios tipos de edificaciones antiguas construídos sobre diferentes tipos de suelos, y condiciones geológicas y topográficas.

2.1 Las construcciones de adobe y de albañilería sin reforzar con techo ligero y flexible, han causado la mayoría de las víctimas, en pasados sismos ocurridos en la América Latina. Este tipo de edificaciones cuyo borde superior de los muros son libres, en general, fallan por las fuerzas de inercia generadas por el peso propio de los muros, que actúan perpendicularmente a su cara. Bajo estas circunstancias, las fuerzas horizontales provocan momentos negativos y corte cerca a las esquinas, presentándose una grieta que se propaga de arriba a abajo. Si esto sucede en ambos extremos del muro, quedan en voladizo, fallando por volteo.

En la parte central del borde superior de los muros, el momento positivo produce grietas; que se agravan, si en esa zona hay aberturas correspondientes a ventanas y puertas, desprendiéndose fácilmente esa porción de muro. Este tipo de daños puede producirse con intensidades VII en la escala MM.

## 2.2 Edificios con muros de albañilería techo rígido y pesado.

En lo que se refiere a edificaciones en base a muros de albañilería, con techos rígidos y pesados, - que actúan como diafragma tienden a fallar por corte, - que actúan en la dirección del eje del muro, apareciendo grietas por tensión diagonal, formando la clásica "X". En los estudios de daños producidos en este tipo de construcción después de los sismos ocurridos en el Perú en 1970, 1974, 1979, se encontró una buena correlación y de manera consistente entre los daños observados y la densidad de muros (1). Esto fue especialmente claro en muros de albañilería sin reforzar. También se encontró que la adición de columnas y vigas de concreto armado de refuerzo, incrementan de manera dramática la resistencia sísmica de este tipo de edificaciones. Esto puede observarse en el gráfico 4. Vale la pena mencionar que cuando la densidad de muros es inferior a unos 5 cm/m<sup>2</sup> la deflexión lateral es grande y se producen daños en puertas, ventanas y vidrios, aunque la albañilería no sufra daños importantes, si está confinada.

## 2.3 Edificios de concreto reforzado

La experiencia en el Perú y algunos países Latinoamericanos, se refieren al comportamiento sísmico de edificaciones de concreto reforzado bajas y de altura media, hasta unos 12 pisos. La mayor parte de daños en estos tipos de edificios se deben a una inadecuada estructuración para tomar las cargas laterales producidas por los sismos, lo que ha provocado concentración de esfuerzos en elementos críticos como "columnas cortas" que fallaron en gran número.

Otra causa común de daños, fue la alta resistencia sísmica en una dirección y muy débil en la otra.

La ubicación de elementos rígidos como la caja de ascensores en un extremo de la construcción, y/o la ubicación de edificios en esquinas con muros rígidos en las 2 fronteras posteriores, causaron excentricidades que provocan daños en el edificio por torsión en el lado flexible del edificio o en las fachadas, respectivamente.

Los daños por impacto entre edificios vecinos o porciones de edificios separados por juntas de separación (corre a todo lo alto del edificio. En la generalidad de los casos, la cimentación es común en el 2do. caso) es poco frecuente en suelos rígidos como el de Lima, pero muy frecuente en suelos blandos y compresibles, como parte de la Ciudad de México que forma parte del fondo del antiguo lago Texcoco y el "Plan" en Valparaíso - Chile, zona reclamada al mar.

#### 2.4 Edificios de madera y caña

Las construcciones de madera, caña y barro es también muy difundido en la América Latina, el Bahareque en Centro América y la Quincha en el Perú, son ejemplos de este tipo de construcción. En general su comportamiento ha sido satisfactorio por su poco peso, sin embargo, cuando la madera se somete a humedecimientos y secado sucesivos, en zonas lluviosas como El Salvador, esta se descompone debilitándose.

En el sismo de San Salvador de 1986 (12) las construcciones de Bahareque débiles y antiguas sufrieron graves daños.

La "Quincha Prefabricada", desarrollada por el autor hace algunos años en la UNI, con la colaboración de varios alumnos con auspicio de ININVI, puede ser utilizada en postas médicas en zonas rurales por ser muy económicas, versátiles, y de fácil construcción. Puede también ser utilizado en programas de reconstrucción, después de desastres. Por haber sido concebida para ser prefabricada, es posible realizar construcciones masivas en poco tiempo (11).

### **3. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES LOCALES**

Las condiciones naturales de sitio dadas por las características de suelos, geología y topografía tienen una gran influencia, y en muchos casos, son determinantes en la gravedad y distribución geográfica de los daños causados por los terremotos.

Dada la importancia de este tema, ha sido tratado de manera separada en otra conferencia dictada en el presente Seminario Internacional (Ver: LOCALIZACION DE HOSPITALES PARA PREVENCION Y MITIGACION DE DESASTRES POR J. KUROIWA). En ese trabajo inclusive se incluyen los métodos y técnicas de microzonificación desarrollados en el Perú.

En los terremotos ocurridos en el Perú en los últimos 20 años, más del 80% de daños en edificaciones observadas, han ocurrido cuando teniendo defectos estructurales, han estado ubicados sobre suelos donde han ocurrido gran amplificación de las ondas sísmicas.

#### 4. METODOS DE REPARACION Y REFORZAMIENTO DE EDIFICACIONES DAÑADAS POR SISMOS.

##### 4.1 La experiencia peruana

Esta porción del trabajo está basada principalmente en la experiencia del autor que en los últimos 20 años, quien ha dirigido la preparación de los proyectos de reparación y reforzamiento de unas 2,500 viviendas de albañilería y más de 150 edificios de concreto reforzado. Estos últimos hasta de 12 pisos (1). En cambio, los proyectos para reforzar construcciones de adobe han sido poco numerosos.

Para una presentación sistemática se incluyen los métodos de reparación y reforzamiento por tipo de construcción.

##### a. Construcción de adobe y albañilería sin reforzar con techo ligero y flexible.

Tal como se ha explicado en 2.1 los muros de este tipo de construcción se comportan como una losa fija en su borde inferior (cimentación) y los 2 bordes laterales (empotrados en sus cruces con los muros perpendiculares) y libre en su borde superior, debido al poco peso y la flexibilidad del techo. La falla ocurre en las esquinas con la grieta que se propaga de arriba hacia abajo. En el caso de las construcciones de adobe, el medio más eficaz para evitar este tipo de falla es colocando una viga collar continua en todos los muros, a la altura del dintel.

Si la grieta se ha producido en el muro sin que pierda estabilidad, la metodología que se puede utilizar es la siguiente:

1. Se suspende el techo por encima del borde superior de los muros.
2. Se retiran las hileras de adobe hasta la altura del dintel.
3. Se construye la viga collar, cuyo refuerzo puede ser de madera ensamblada a manera de una escalera echada y cubierta con suelo cemento de unos 15 a 20 cm. de espesor; o una viga de concreto con 2  $\emptyset$  3/8" y estribos de  $\emptyset$  1/4" a 25 cm. y de 15 cm. de espesor. Es importante detallar claramente el cruce de las vigas en las esquinas.
4. Se restituyen las hileras de adobe, que con su peso estabilizan a la viga collar.  
En caso de albañilería de ladrillo con techo ligero y sin reforzar la viga collar de concreto armado puede colocarse en el borde superior, si se le agregan columnas de concreto armado que nacen desde la cimentación.

b. Construcciones de albañilería con techos rígidos y pesados.

Un análisis sísmico donde se calculan el corte actual, según las normas sismorresistentes; y su confrontación con el área resistente al corte de los muros existentes en la dirección considerada y su resistencia unitaria, permitir determinar el déficit, si existiera. Por diferencias se puede calcular el área adicional por corte que se requiere. En general, este déficit se puede cubrir con pequeños muros de concreto armado en la dirección débil. Este es un método general.

Sin embargo, en el Perú se ha desarrollado un método simple y práctico, basado en estudios del comportamiento de cientos de edificaciones de albañilería cuyos resultados se sintetizan en la fig. 3 que muestra cuan efectivos son las columnas de concreto armado a reducir los daños en este tipo de construcción. También muestra una relación directa entre el incremento de la densidad de muros y la disminución de daños, relación que es más clara en las construcciones sin refuerzos. La misma figura sugiere el método a emplearse en la reparación y reforzamiento de construcciones con techo rígido y pesado con muros portantes de albañilería, y consiste en la adición de un sistema espacial continuo de concreto reforzado conformado por columnas y vigas de refuerzo.

Las columnas de sección rectangular, se orientarán en su mayor dimensión en la dirección debil de la edificación, y se empotra en la cimentación, donde se corta un volumen en forma de pirámide truncada donde se aloja la canastilla de acero (4  $\emptyset$  1/2" ó 3/8" con estribos de 1/4"). A lo alto del muro se pica de manera dentada, dejando cajas de 3 ladrillos de altura.

La viga se puede agregar sin problemas en edificaciones hasta de 2 pisos, si se hace invertida encima del último techo. Hay que tener especial cuidado que las varillas de las columnas tengan la suficiente longitud de anclaje en las vigas, de acuerdo a los requerimientos de las normas vigentes de concreto reforzado. Al cubrir con concreto, la armadura continua mencionada, se consigne en sistema monolítico que incrementa sustancialmente la resistencia sísmica de las edificaciones.

c. Edificaciones de concreto reforzado

La metodología desarrollada para reparar y reforzar e d edificaciones de concreto armado con o sin muros de albañilería de relleno es más completa y sofisticada - que el método anterior. La mayor experiencia acumulada corresponde a este tipo de construcción. Los pasos de la metodología son los siguientes:

1. Estudio de los daños estructurales y no estructurales sufridos por la edificación y su dibujo en planos a escala apropiada. Es importante realizar esta labor de manera muy detallada, para evitar regresar al campo, que puede ser un gran inconveniente si la obra se ubica a gran distancia de la oficina. Además, como el proyecto incluye metrado y presupuesto, solo una detallada información permitirá su desarrollo de manera precisa y completa, - que se requiere tanto, desde el punto de vista técnico como de costos.
2. Análisis sísmico del edificio en su estado presísmico, con computadora, para determinar su respuesta, incluyendo la corrección por tensión.

Se determinan así los defectos estructurales. Los más frecuentes que se han encontrado son: columnas, cortas, excentricidad, mayor resistencia en una de las direcciones, insuficiente separación entre edificios vecinos o entre porciones de una misma edificación, separadas por juntas.

También se calcularán las deflexiones, lo que permite cuantificar el grado de daño que sufrirán los elementos no estructurales, como grietas en diagonal en los muros de relleno, rotura de vidrios, - etc.

3. Comparación de los daños observados en el campo, con los resultados obtenidos con la ayuda del computador. Esto permite un diagnóstico certero de las causas de las fallas, paso muy importante para una cura efectiva. Vale la pena mencionar, que al aplicar el método a los primeros edificios, al inicio de la década del 70, se pudo determinar que las hipótesis asumidas para calcular la rigidez lateral de los elementos resistentes verticales; columnas y muros; la mayoría de los ingenieros estructurales, cometían errores graves del orden del 300-400%. Como por ejemplo; considerar toda la altura de piso a fondo de viga, como altura efectiva de las columnas, (estando atrapadas por muros altos en la dirección de análisis) en vez de la altura libre sobre su parte superior, dando origen a las "columnas cortas".

Este efecto provocó, que prácticamente todos los locales escolares de concreto armado de la zona macrosísmica del terremoto del 31 de mayo de 1979, fallaran por columnas cortas, por la necesidad de tener en las aulas, buena iluminación y ventilación cruzada.

También podemos mencionar, que en los primeros edificios se reajustaron las hipótesis de cálculo, y después se tuvieron una correspondencia muy buena entre los daños observados en el campo y los resultados calculados con el computador.

4. Planteamiento de alternativas para el reforzamiento, que cumplen con 2 objetivos: primero, eliminar las causas de las fallas, y segundo, elevar la re-

sistencia sísmica haciéndolos que alcance el nivel de las exigencias de las normas vigentes.

Por razones obvias, la alternativa que se selecciona, para su desarrollo detallado, es aquella que tiene el mínimo costo.

Se ha encontrado, que para el rango de edificios estudiados, de 2 a 12 pisos, y con capacidad portante del suelo entre 0.5 y 4 kg/cm<sup>2</sup>, resulta más económico, concentrar la solución con unos pocos elementos de gran rigidez y resistencia, como son los muros de concreto reforzado. Esta solución permite eliminar las causas de las fallas de manera sencilla. Por ejemplo, si la caja de ascensor y de escaleras está en un extremo del edificio, la colocación de muros rigidos en el otro extremo, elimina la excentricidad. Al comienzo hubo que hacer varios tanteos; pero después las dimensiones y ubicaciones de los muros seleccionados daban resultados satisfactorios en el primer tanteo. Por otra parte, se encontró que reforzar cada columna, viga y nudo, resulta de alto costo, a pesar de la mano de obra barata en el Perú.

5. Desarrollo y diseño de los detalles de reforzamiento y unión de elementos existentes y nuevos. Para estar seguro que las soluciones satisfactorias en caso de sollicitaciones extremas, se ha empleado para el pegado de concreto nuevo y antiguo, resina epóxica; y soldadura, entre armadura existente y refuerzo. A pesar de ello, los costos de reparación y reforzamiento fueron razonables, entre el 10 y 30% del valor actualizado de los edificios. Un pun

to muy importante a considerar es la retracción del concreto, que puede separar el nuevo concreto del existente. El uso de aditivos, y el llenado del concreto por etapas, siendo el último de poco volumen y sin retracción, resolvió este problema.

6. Preparación de especificaciones técnicas, metrados y presupuestos. En esta parte, se recomienda ser conservador en la parte del costo del picado del concreto porque por el tiempo transcurrido y el exceso de cemento utilizado puede dar origen a concretos muy duros de picar.
7. Inspección durante la construcción, para aclarar consultas y resolver situaciones no previstas; y sobre todo, asegurar que los trabajos de reparación y reforzamiento están siendo ejecutados de acuerdo a las soluciones desarrolladas y especificaciones técnicas.

## 5. LA EXPERIENCIA NORTEAMERICANA Y JAPONESA

Como parte importante del Programa de Cooperación entre los Estados Unidos de Norteamérica y el Japón en las investigaciones en el campo de la Ingeniería Sísmica, se celebraron 3 seminarios, sobre reparación y reforzamiento de estructuras entre los años 1980 y 1982, produciéndose 4 volúmenes que contienen material muy valioso (3) (4) (5). No es el propósito sintetizar aquí dichos volúmenes sino informar que existe esa información y realizar algunos comentarios de los puntos que se consideran de interés para este trabajo, complementando así su parte medular.

Quizás en el primer seminario (3) se discutieron los materiales de mayor interés para este certamen, porque resume los avances en el campo en U.S.A. y Japón hasta 1980. Sugano (7) dice que el reforzamiento de un edificio puede lograrse a) incrementando su capacidad para tomar fuerza sísmica lateral, b) Dando al edificio suficiente ductilidad y adecuada resistencia, y c) Una adecuada combinación de ambos.

Si se les compara con la metodología desarrollada y aplicada en el Perú, se llega a la conclusión que hay coincidencia cuando se trata de incrementar la resistencia lateral de los edificios en base a la adición de muros de concreto reforzado, debido posiblemente a que ambos se aplicaron para edificios bajos y de mediana altura.

En lo que respecta al método de incrementar la ductilidad de las columnas, este no se ha aplicado en el Perú por 2 razones: primero, el estudio de factibilidad económica, indicaba que era más barato adicionar unos pocos muros de concreto reforzado en lugares estratégicos y no reparar cada elemento; y segundo, se carecía de medios económicos para probar a escala apropiada columnas cuya ductilidad había que ser incrementada. Por las razones expuestas sólo se harán comentarios sobre el segundo caso que serán breves por razones de espacio, y poder el lector recurrir a la fuente original.

La ductilidad de las columnas se incrementa cubriéndolas con elementos de acero: cuadrado o rectangular de tipo cajón, tipo tubular, y con bandas; relleno luego al espacio libre con mortero de arena-cemento. En todos los casos se logra un sustancial incremento de su

resistencia al corte, de 21 kg/cm<sup>2</sup> a 33 kg/cm<sup>2</sup> para columnas largas y de un 25 a 38 kg/cm<sup>2</sup> en columnas cortas, pero lo más importante es el incremento de la ductilidad, del orden del 300-400%.

Es también interesante la revisión panorámica que hace Warner (8) de la experiencia norteamericana, - que es ilustrado con una serie de detalles constructivos.

En el Perú se tiene muy poca experiencia en la reparación y reforzamiento de estructuras de acero. Uno de los trabajos (9) incluido en el volumen de la ref. 3 da la experiencia japonesa en este tipo de trabajos en edificios de acero.

La utilización de la resina epóxica en la reparación de edificios de concreto armado se efectuó en uno de 7 pisos, probado hasta la falla en ensayos a escala - natural y luego inyectada con resina epóxica (10). Se - concluyó que se recuperó la resistencia inicial después de los trabajos de reparación aunque el período natural de vibración quedó en 0.5 seg., partiendo de 0.43 seg. Cuando el edificio había llegado a su máxima incursión y antes de ser reparado, el período se había alargado hasta 1.48 segundos.

## **6. TRABAJOS RECIENTES SOBRE REPARACION Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS.**

En la Novena Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica realizada en Tokio y Kioto, Japón, en agosto de 1988, hubieron varias sesiones dedicadas al tema de nuestro interes. En el volumen VII de las memorias de dicha reunión técnica se incluyen 8 trabajos sobre daños y de-

terminación de riesgos en estructuras (pág. 181 al 282) 11 trabajos sobre evaluación de la capacidad sísmica de estructuras existentes (págs. 285 a 350); 8 trabajos sobre reparación de estructuras (págs. 353 al 400); y 20 trabajos sobre reforzamiento de estructuras (págs. 403 al 522) Ref. 6.

Mientras los primeros trabajos se refieren principalmente a la determinación de la vulnerabilidad e índice de daños, y estudio de daños producidos por sismos recientes y la predicción de daños en edificaciones existentes; los del segundo grupo se refieren, a la evaluación de la capacidad sísmica de edificios, determinados tanto experimentalmente como estudios de campos realizados después de sismos, como el de México de setiembre de 1985.

En lo que se refiere al grupo de trabajos sobre reparación de estructuras, un alto porcentaje de ellos corresponden a reportes de ensayos experimentales hechos en modelos de elementos de concreto reforzado y acero; y también obras de ingeniería civil, como puentes y otras construcciones.

En lo que se refiere a reforzamiento de estructuras, se incluyen trabajos que van desde los lineamientos para incrementar la resistencia sísmica de edificaciones existentes, hasta ejemplos específicos de reforzamiento en Chizouka, Japón; Palo Alto, California; Ciudad de México etc; hasta el comportamiento sísmico de edificaciones reforzadas después de ser dañadas por sismos anteriores. También como preservar monumentos históricos, impidiendo que los sismos los dañen.

## 7. COMENTARIOS FINALES

Se ha presentado cómo y porqué fallan en caso de sismos los tipos de edificaciones más comunes en la América Latina y métodos para su reparación y reforzamiento.

Esta información puede ser utilizada para evaluar la resistencia sísmica, descubrir sus defectos estructurales; en coordinación con un trabajo anterior del autor, evaluar la seguridad del emplazamiento, y preparar los proyectos de reparación y reforzamiento de hospitales. En este proceso se pueden eliminar los defectos estructurales y actualizarlos a las normas sísmicas vigentes, al mínimo costo, si las alternativas por evaluar se plantean con ingenio.

Teniendo en cuenta la diferente experiencia de los participantes del Seminario Internacional, se ha procurado en lo posible transmitir conceptos que puedan ser utilizados en la toma de decisiones. Tampoco se ha discutido muchos detalles de diseño y constructivos porque este tipo de material está disponible en la literatura publicada desde el inicio de la presente década, y se da donde se los puede encontrar.

## R E F E R E N C I A S

1. KUROIWA J. y J. KOGAN "Repair and Strengthening of Buildings Damaged by Earthquakes" Memorias VI Conf. Mundial de Ingeniería Sísmica. Vol 4, pp. 569-576. Estambul, Turkia, Sep. 1980.
2. KUROIWA J. "Existing Buildings. Retrofitting and - Repairing. Small Buildings Damaged by Earthquakes & Floods" Memorias Conf. Internacional sobre Mitigación de Desastres Naturales Investigación y Práctica: Pequeñas Edificaciones y Desarrollo de la Comunidad, 11 págs. Nueva Delhi, India, Oct. 1984.
3. DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING THE UNIVERSITY OF MICHIGAN (Editore ) "Memorias del Primer Seminario Sobre Reparación y Reforzamiento de Estructuras. Vol de 261 págs. Mayo, 1980.
4. DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING THE UNIVERSITY OF MICHIGAN (Editores) "Memorias del Segundo Seminario Sobre Reparación y Reforzamiento de Estructuras. Vol. de 420 págs. Mayo, 1981.
5. DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING THE UNIVERSITY OF MICHIGAN (Editores) "Memorias del Tercer Seminario Sobre Reparación y Reforzamiento de Estructuras, - Vol. 1 361 págs. Vol. 2, 450 pgs. Mayo, 1982.
6. MEMORIAS 9na. Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica Vol. VII. Distribución Maruzen Co. Ltd. Tokio, Kioto. Japón, 1988.

7. SUGANO Shunsuke "Aseismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings". Mem. 1er. Seminario sobre Reparación y Reforzamiento de Estructuras del Programa Cooperativo USA/Japón. Dep. de Ing. Civil Univ. de Michigan (Editores), pp. 13-40. Mayo, 1980.
8. WARNER James "Repair and Retrofit of Buildings. Over view of U.S. Experiences Current Practice and Weaknesses" Mem. del 1er. Seminario sobre Reparación Reforzamiento de Estructuras del Programa Cooperativo USA/Japón. Dep. de Ing. Civil. Univ. de Michigan (Editores) pp. 41-57. Mayo, 1980.
9. YAMANOUCHI. Hiroyuki "Retrofitting and Repairs of Existing Steel Building Structures" Incluido en la Ref. 3, pp. 58-65. Mayo 1980.
10. HIROSAWA M., OKAMOTO S., NAKATA S., KAMINOSONO & H. SEKIGUCHI. "A Repairing Test of Full Scale Seven - Story Reinforced Concrete Building Subjected to Seismic Load". Memorias del 3er. Seminario del Programa Cooperativo Conjunto USA-Japón sobre Ingeniería Sísmica en Reparación y Reforzamiento de Edificios y Servicios Públicos Vitales, pp. 101-137. Dpto. de Ing. Civil. Univ. de Michigan (Edit.), San Francisco CA., Mayo 1982.
11. KUROIWA J. "Prefabricated Quincha Construction" Mem. Simposio Internacional sobre Asistencia Sísmica en zonas menos industrializadas. pp. 115-121. Zurich. Marzo 1984.
12. KUROIWA J. "El Terremoto de San Salvador del 10 de Octubre de 1986". Pub. No. 01-87 CISMID/FIC-UNI. 59 págs. Lima - Junio, 1987.