

207  
11



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“REPARACION DE ESTRUCTURAS DE  
CONCRETO Y MAMPOSTERIA”**

**T E S I S     P R O F E S I O N A L**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
CESAR ARTEAGA MORITA

MEXICO, D.F.

1989

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

REPARACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO  
Y MAMPOSTERIA

- 1.- I N T R O D U C C I O N .
- 2.- IDENTIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.
- 3.- REHABILITACION TEMPORAL.
- 4.- EVALUACION DEFINITIVA Y REPARACION.
- 5.- CONCLUSIONES.

## I N D I C E

1.-	Introducción.	1
2.-	Identificación y Evaluación Preliminar de Daños.	3
2.1.	Finalidad.	3
2.2.	Inspección Preliminar.	3
2.3.	Daños Estructurales.	5
2.4.	Daños No Estructurales.	10
2.5.	Clasificación y Evaluación Preliminar de Daños.	10
3.-	Rehabilitación Temporal.	13
3.1.	Finalidad.	13
3.2.	Apuntalamiento Vertical.	13
3.3.	Soporte Lateral.	24
3.4.	Métodos de Acuñaer.	32
4.-	Evaluación Definitiva y Reparación.	36
4.1.	Finalidad.	36
4.2.	Revisión Detallada.	36
4.3.	Información Adicional.	37
4.4.	Verificación de la Información.	37
4.5.	Evaluación de la Estructura.	40
4.6.	Proyecto de Reparación.	43
5.-	Conclusiones.	44
5.1.	Materiales de Reparación.	44
5.2.	Restauración de Elementos Estructurales.	47
5.3.	Restauración de Elementos No Estructurales.	52
5.4.	Supervisión de Obra.	55
6.-	Bibliografía.	57

## 1.- INTRODUCCION.

Gran parte de la República Mexicana se encuentra en una zona sísmica y sus costas son azotadas por fenómenos naturales como son los ciclones.

Por tal motivo se ha realizado un estudio sobre la manera de llevar a cabo una reconstrucción en estructuras de concreto y mampostería. Después del sismo del 19 de septiembre de 1985, cuyo epicentro fue en las costas de Guerrero y que afectó principalmente a la ciudad de México, ocasionando un gran número de construcciones dañadas, no se contaba con ninguna guía que proporcionara las normas a seguir para llevar a cabo un estudio de los daños de una edificación y posteriormente un proyecto de reparación. Otro aspecto que motivó a realizar este trabajo son los constantes ciclones que afectan a nuestras costas, dejando también una gran cantidad de estructuras dañadas.

Este trabajo está soportado en documentos de investigación de la UNAM y algunas otras universidades, así como en publicaciones del Departamento del Distrito Federal y reparaciones que lleva a cabo.

El capítulo 2, trata sobre cómo llevar a cabo una identificación de los daños de una estructura afectada para poder realizar una evaluación preliminar con la cual se podrá determinar la posibilidad de reparación o la necesidad de demolición.

Si procede su reparación será necesario rehabilitar temporalmente la estructura, lo cual se trata en el capítulo 3. La finalidad de esta etapa es detener el deterioro de la estructura y -- evitar más daños a ésta, debido a posibles réplicas que pudieron dañarla como son sismos o ciclones, ésto permitirá realizar un estudio más completo para determinar si procede su reparación.

En el capítulo 4 se trata la manera de llevar a cabo la evaluación definitiva de la estructura dañada, así como la mejor alternativa para su reparación.

Por último el capítulo 5 trata las conclusiones, éstas abarcan los siguientes aspectos: Materiales de reparación, los cuales deben existir en la zona, restauración de elementos estructurales y no estructurales, así como la supervisión de la obra.

## 2.- IDENTIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.

### 2.1. FINALIDAD.

Lo primero que debe hacerse para proponer la reparación de una estructura, es la identificación de los daños que presenta ésta, ésto nos permitirá obtener una información para el desarrollo de los siguientes puntos:

I. Evaluación preliminar de la estructura, ésto nos permitirá determinar si es factible su reparación o necesita demolerse.

II. Elección de la alternativa de rehabilitación temporal.

En la primera etapa se establecerá si se justifica intentar su reparación o por el contrario si la estructura se encuentra muy dañada y pueda derrumbarse causando daños a estructuras vecinas o, a vías de circulación, es necesaria su demolición si se llega a tener duda y no se tengan consecuencias en caso de un derrumbe, podría retrasarse la demolición hasta obtener una información más detallada que la que nos da la evaluación preliminar.

Si la decisión es reparar la estructura, el primer paso es apuntalar las zonas necesarias para garantizar la estabilidad temporal de la misma.

Esta primera etapa de evaluación preliminar debe complementarse con una inspección más precisa de la estructura, ésto nos permitirá tener información para realizar el proyecto de reparación.

### 2.2. INSPECCION PRELIMINAR.

Consiste en revisar visualmente la estructura para localizar los daños que ésta presenta.

Esta revisión también nos permite conocer su sistema estructural ya que existen varios como son:

- Sistemas de marcos rígidos con o sin contraventeo.
- Sistemas de piso de vigas y losas.
- Sistemas de piso de losa plana.
- Sistemas de piso de losas macizas o aligeradas.
- Muros de concreto reforzado.
- Muros de mampostería con o sin contraventeo.

El conocer el sistema estructural empleado nos permitirá realizar una mejor evaluación de los daños.

Otro aspecto que nos ayudará es el conocer el tipo de cimentación empleado, ya que existen varios tipos como son:

- Zapatas aisladas o corridas.
- Cimentación total o parcialmente compensada.
- Pilotes de fricción o de punta.

Cuando se realice la inspección deben tomarse medidas de seguridad, como el uso de casco y evitar zonas de posibles derrumbes.

Para localizar los daños en la estructura será necesario retirar parte de los recubrimientos y acabados para cuantificar los daños, será necesario tomar mediciones sobre los elementos dañados así como revisar los desplomes. Para llevar a cabo esta operación de inspección preliminar es necesario el siguiente equipo:

- Casco
- Cinta métrica
- Tabla de apoyo
- Formas de inspección
- Martillo y cincel
- Plomada y nivel
- Linterna



- Grietómetro
- Cámara fotográfica
- Binoculares

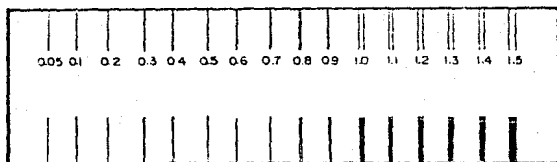


Fig. No. 1 Grietómetro para medir anchos de grietas.

Para controlar y archivar toda la información es necesario contar con formas diseñadas para este uso, las cuales deben incluir lo siguiente:

- Identificación de la estructura.
- Identificación del sistema estructural.
- Identificación de problemas de estructuración.
- Identificación de daños en elementos estructurales.
- Identificación de daños en elementos no estructurales.
- Identificación de problemas en la cimentación.
- Posible causa de los daños.

### 2.3. DANOS ESTRUCTURALES.

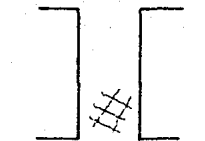
En la siguiente tabla se encuentran los daños estructurales más

comunes clasificados de acuerdo al tipo de elemento estructural, tipo de apariencia que presentan y la causa que los originan.

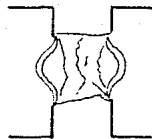
En este tipo de daños se tendrá mayor cuidado al realizar la inspección.

Tabla de Daños Estructurales más Comunes.

Elemento Estructural	TIPO DE DAÑO	CAUSA
Columna Fig. 2	Grietas diagonales. Grietas Verticales. Desprendimiento del recubrimiento. Aplastamiento del concreto y pandeo de barras.	Cortante o torsión. Flexocompresión. Flexocompresión. Flexocompresión.
Vigas Fig. 3	Grietas verticales. Rotura del refuerzo Aplastamiento del concreto. Grietas diagonales. Rotura de estribos.	Flexión. Flexión. Flexión. Cortante o torsión. Cortante o torsión.
Unión Viga-Columna Fig. 4	Grietas diagonales. Falla por adherencia del refuerzo de vigas.	Cortante. Flexión.
Muros de Concreto Fig. 5	Grietas diagonales. Grietas horizontales. Aplastamiento del concreto y pandeo de barras.	Cortante. Flexocompresión. Flexocompresión.
Muros de Mampostería Fig. 6	Grietas como placas perimetralmente apoyada. Grietas verticales en las esquinas y centro. Grietas diagonales.	Flexión. Flexión y volteo. Cortante.

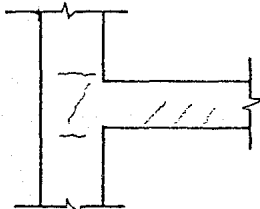


a) Grietas Diagonales.

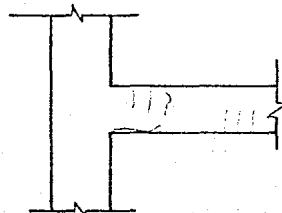


b) Aplastamiento del concreto y pandeo de barras.

Fig. 2. Daños en Columnas.

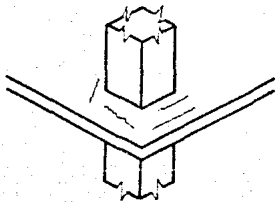


a) Grietas Diagonales.

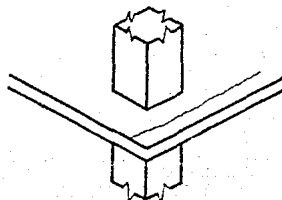


b) Grietas verticales y aplastamiento del concreto.

Fig. 3. Daños en Vigas y Uniones.



a) Grietas por Penetración.



b) Grietas Longitudinales.

Fig. 4. Daños en Losas Planas.

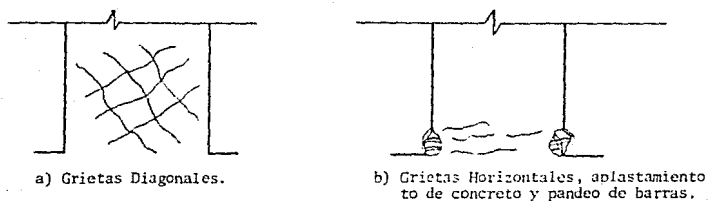


Fig. 5. Daños en Muros de Concreto.

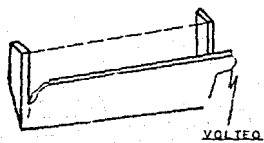
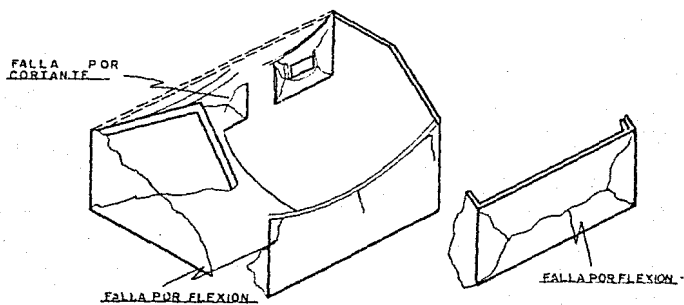


Fig. 6. Daños en Muros de Mampostería.

#### 2.4. DAÑOS NO ESTRUCTURALES.

Frecuentemente los daños que tienen los elementos no estructurales son por falta de rigidez de la estructura o debido a uniones inadecuadas con ésta.

Los daños más frecuentes son:

- Agrietamiento de los elementos divisorios de mampostería.
- Aplastamiento de uniones entre los elementos divisorios y la estructura.
- Desprendimiento de plafones.
- Rotura de vidrios.
- Desprendimiento de aplanados, fachadas y recubrimientos.
- Rotura de instalaciones diversas.

#### 2.5. CLASIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS.

En la tabla siguiente se clasifican y evalúan los daños que presenta una estructura, se utiliza para la inspección preliminar, los criterios que en ella se encuentran deben aplicarse con holgura en base a la experiencia de la persona que lleva a cabo la evaluación.

CLASIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR  
DE DAÑOS.

TIPO DE DAÑO	DESCRIPCION	EVALUACION PRELIMINAR
No estructural	Daños únicamente en elementos no estructurales.	No existe reducción en la capacidad sísmo-resistente. No se requiere desocupar. La reparación consistirá en la restauración de los elementos no estructurales.
Estructural ligero	Grietas de menos de 0.5 mm de ancho en elementos de concreto. Fisuras y caída de aplomos en paredes y techo. Grietas de menos de 3 mm de ancho en muros de mampostería.	No existe reducción en la capacidad sísmo-resistente. No se requiere desocupar. La reparación consistirá en la restauración de los elementos dañados.
Estructural fuerte	Grietas de 0.5 a 1 mm de ancho en elementos de concreto. Grietas de 3 a 10 mm de ancho en muros de mampostería.	Existe una reducción importante en la capacidad sísmo-resistente. Debe desocuparse y mantenerse sólo acceso controlado, previa rehabilitación temporal. Es necesario realizar un proyecto de reparación para la restauración y el refuerzo de la estructura.

TIPO DE DAÑO	DESCRIPCION	EVALUACION PRELIMINAR
Estructural grave	<p>Grietas de más de 1 mm de ancho en elementos de concreto.</p> <p>Desprendimiento del recubrimiento en columnas.</p> <p>Aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en columnas y muros de concreto.</p> <p>Agrietamiento de losas planas alrededor de las columnas.</p> <p>Aberturas en muros de mampostería.</p> <p>Desplome en columnas de más de 1:100 de su altura.</p> <p>Desplome del edificio de más de - - 1:100 de su altura.</p>	<p>Existe una reducción importante en la capacidad sismo-resistente.</p> <p>Debe desocuparse y suprimirse el acceso y la circulación en la vecindad.</p> <p>Es necesario proteger la calle y los edificios vecinos mediante la rehabilitación temporal, o proceder a la demolición urgente.</p> <p>De ser posible deberá recurrirse a una evaluación definitiva que permita decidir si procede la demolición o bien el refuerzo generalizado de la estructura.</p>



### 3.- REHABILITACION TEMPORAL.

#### 3.1. FINALIDAD.

Si una vez hecha la evaluación preliminar se determina que no es necesaria la demolición inmediata de la estructura, se tomarán las acciones adecuadas para garantizar la protección temporal, con el fin de tener tiempo para hacer un estudio de la rehabilitación definitiva. La finalidad de estas acciones es la de quitar la carga vertical que actúa sobre los elementos estructurales dañados, protegiendo así a la estructura de posibles réplicas del fenómeno que causó sus daños, como puede ser un sismo.

La rehabilitación temporal da resistencia provisional a los elementos de los cuales depende la estabilidad del sistema estructural en su conjunto, además proporciona seguridad en las vías de comunicación adyacentes a las personas que circulan alrededor y a los trabajadores que realizan la rehabilitación.

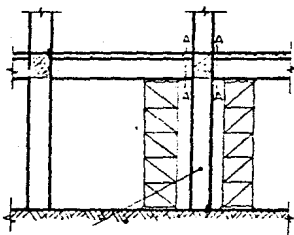
Como el diseño de protección temporal debe realizarse lo más -- pronto posible, no se tiene el tiempo suficiente para aplicar métodos de precisión para el dimensionamiento, por lo que se recurre a métodos aproximados y a la experiencia del calculista para determinar la magnitud de las cargas y así poder dimensionar el sistema de protección.

Lo anterior deberá ser de acuerdo al Reglamento de Construcción Vigente en el lugar, ya que generalmente éste nos indica cuáles son las normas a seguir respecto al % de cargas a considerar, así como también indica cuándo no es necesario los apuntalamientos laterales.

#### 3.2. APUNTALAMIENTO VERTICAL.

Lo primero que debe hacerse es un sistema de protección tempo--

ral, el cual tendrá la finalidad de tomar parte de la carga que actúa sobre columnas o muros dañados. Cuando un elemento está dañado se le proporciona un apoyo vertical que actúa en el piso afectado como se muestra en la fig. 7.



COLUMNA O MURO DAÑADO

Fig. 7. Apuntalamiento vertical en un piso.

En estos casos debe determinarse la resistencia al cortante en las secciones A-A para asegurar que el apuntalamiento vertical no rompa los pisos, y sea funcional.

Otro método consiste en proporcionar apuntalamiento vertical provisional a todos los pisos, además del correspondiente dañado, este procedimiento reduce notablemente las fuerzas cortantes en las secciones A-A en ambos lados del elemento dañado, ya sea columna o muro, se debe cuidar que los puntales sean colineales en todos los pisos, cuando los puntales están apoyados en las las debe prevenirse que no se presenten problemas de penetración para evitar ésto, los puntales se apoyan sobre piezas horizontales que pueden ser tablones o vigas acostadas, los cuales distri

buyen la carga, cuando se tienen cargas grandes y pisos débiles es necesario combinar placas de acero con tableros o vigas.

Usualmente se debe transmitir las cargas hasta la cimentación y en algunos casos será necesario construir un cimiento provisional para llevarlas hasta el suelo.

Se debe tener cuidado que la separación sea la mínima posible entre el apuntalamiento y el elemento dañado, dejando sólo el espacio suficiente para los trabajos de reparación.

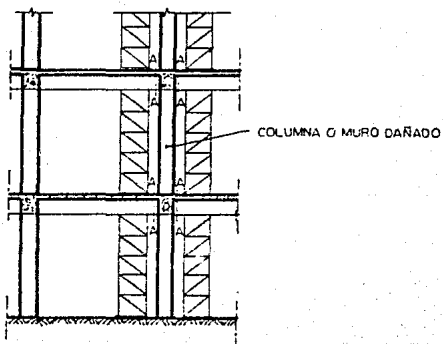


Fig. 8. Apuntalamiento en varios pisos.

## SOPORTES DE MADERA

- El material más utilizado para realizar apuntalamiento vertical es la madera debido a que se obtiene más fácilmente inclusive llega a tenerse ya que se utiliza en cimbras y obra falsa, - en la construcción a base de concreto. A continuación se enlistan las secciones más comunes con sus medidas nominales:

- Polín de 4 x 4"
- Viga de 4 x 8"
- Tablón de 2" de espesor
- Duelas de 3/4 a 1 1/2"

En realidad estas medidas suelen ser algo menores, el tipo de madera que se utiliza generalmente es pino, ya que es la más accesible.

A continuación se da una tabla que proporciona los valores de esfuerzos permisibles conservadores para madera de pino que se utiliza en elementos de apuntalamiento ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Tabla de valores de esfuerzos permisibles conservadores para madera de pino usada para elementos de apuntalamiento (kg/cm<sup>2</sup>).

Sección Transversal	Flexión $f_{bp}$	Tensión $f_{tp}$	Compresión paralela a las fibras	Compresión perpendicular a las fibras	Cortante $f_{vp}$	Módulo de elasticidad promedio $E_p$	Módulo de elasticidad mínimo $E_{min}$
Piezas de 2 pulg. de grosor o menos y 6 pulg. de ancho o menos	95	70	80	25	10	90,000	60,000
Polines (4 x 4 pulgadas)	85	65	75	25	10	85,000	55,000
Vigas (4 x 8 pulg) y secciones mayores	75	60	70	25	10	80,000	50,000

NOTAS: Para que sean aplicables estos esfuerzos la madera no debe tener nudos que ocupen más de la cuarta parte de la sección de la pieza y el contenido de humedad debe ser menor que 18%.

Si la madera está húmeda (el contenido de humedad mayor de 18%), el esfuerzo cortante ( $f_{vp}$ ) debe reducirse en 15%, la compresión paralela a fibras ( $f_{cp}$ ) en 20% y la compresión perpendicular ( $f_{np}$ ) en 50%.

Métodos simplificados para dimensionar elementos de madera que tra bajarán especialmente a cargas axiales de compresión, ya que es co mo trabajan los soportes verticales.

DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS DE MADERA PARA  
APUNTALAMIENTO.

NOTA: Usar las dimensiones reales, no las nominales.

Esfuerzos permisibles: los esfuerzos debidos a las cargas previstas, no afectadas de factores de carga, deben ser iguales o menores que los esfuerzos permisibles.

Esfuerzo permisible de compresión:

$$f_{cd} = \frac{0.3E_{\min.}}{(kl/b)^2} \leq f_{cp} \quad \dots\dots\dots (a)$$

donde:

$E_{\min}$  = Módulo de elasticidad mínimo  
(kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cp}$  = Esfuerzo permisible de compresión paralela a las fibras, cuando no rigen los efectos de esbeltez (kg/cm<sup>2</sup>)

$kl$  = Longitud efectiva.

$b$  = Dimensión de la sección en la dirección crítica (cm).

Dimensionamiento de puntales sujetos esencialmente a cargas axiales de compresión.

Capacidad de carga:

$$P = f_{cd} A \quad \dots\dots\dots (b)$$

donde:  $P$  = Capacidad axial de compresión admisible (kg).  
 $f_{cd}$  = Esfuerzo de compresión permisible ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), según ecuación (a).  
 $A$  = Área de la sección del puntal. ( $\text{cm}^2$ ).

Longitudes efectivas.

Tomar  $k = 1$  y  $l$  = longitud total del puntal cuando no existe arriostamiento.

Tomar  $k = 1$  y  $l$  = longitud entre nudos o puntos de apoyo cuando existe arriostamiento. Como en los ejemplos de la fig. 9.

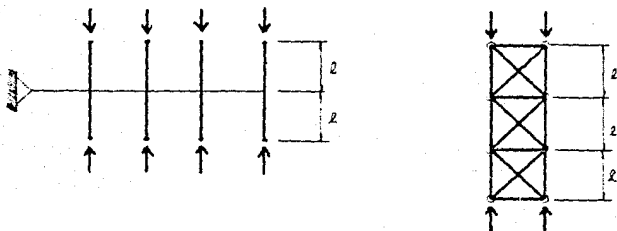


Fig. 9. Longitudes efectivas.

Es necesario revisar los efectos de esbeltez en las dos direcciones principales; regirá la condición más desfavorable.

### Miembros compuestos.

La capacidad de miembros formados por la unión de piezas con pernos o flejes debe tomarse igual a la suma de las capacidades de los miembros unidos considerados independientemente.

Para cargas ligeras se pueden utilizar vigas o postes sin necesidad de arriostrar.

Para cargas significativas, las secciones se pueden combinar para así soportar dichas cargas, la unión se efectúa por medio de clavos, pernos o flejes.

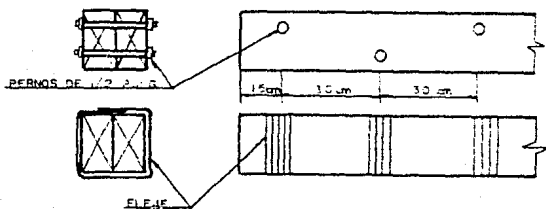


Fig. 10. Puntales formados por dos vigas.

En uno de los extremos del puntal se deberá acuñar.

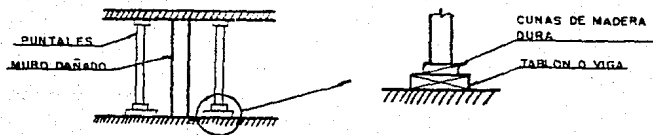


Fig. 11. Puntales simples.



Para incrementar la capacidad de carga de los elementos aislados se pueden arriostrar en forma triangular para disminuir las longitudes de pandeo.

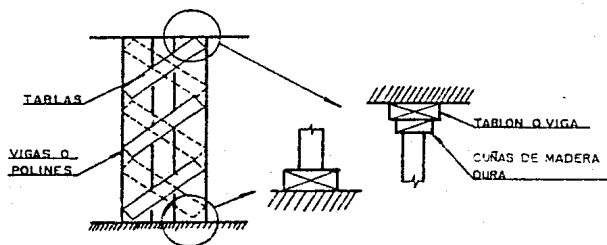


Fig. 12. Puntales arriostrados

El arriostrado para elementos cuadrados como polines, debe realizarse en ambos sentidos para garantizar que sea efectivo. En elementos rectangulares como vigas el arriostramiento puede hacerse solamente en el sentido desfavorable.

Las piezas que se utilizan para arriostrar deben ser de un espesor mínimo de una pulgada y un ancho mínimo de 10 cm, se unen con clavos de 2 1/2" y el número que se utiliza en cada unión, debe ser el máximo posible, dejando los espacios que establecen las normas. El apoyo de elementos arriostrados se realiza de manera semejante a los elementos simples.

Cuando los dinteles y los muros sobre aberturas se encuentran dañados de manera que su capacidad de carga y su estabilidad lateral son dudosas, se realizan refuerzos con elementos de madera.

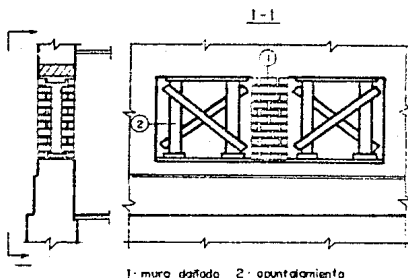


Fig. 15. Apuntalamiento de aberturas.

#### PERFIL DE ACERO.

Para soportar grandes cargas se utilizan perfiles simples de acero o compuestos de varias combinaciones de ellos. Ambos deben estar provistos de placas de apoyo y acunarse como se realiza en los soportes de madera.

Para dimensionar los perfiles se utilizan los procedimientos usuales.

Un método adecuado para una columna dañada consiste en un refuerzo formado por ángulos colocados en las esquinas de la columna y unidos con soleras de acero, este tipo de soporte puede aprovecharse para el refuerzo definitivo.

Los huecos entre los ángulos y la columna dañada deben rellenarse con un mortero con aditivos expansores.

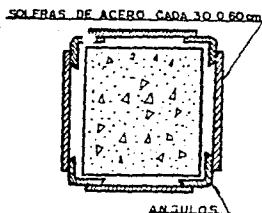


Fig. 14. Apuntalamiento con ángulos y soleras de acero.

#### ELEMENTOS TUBULARES Y PUNTALES TELESCOPICOS.

Las cimbras y obras falsas que se utilizan en construcciones de concreto se pueden aprovechar para apuntalar. Estas se fabrican con diversos elementos estandarizados.

Para apuntalar sistemas de pisos ligeros que hayan sufrido daños se puede utilizar una combinación de elementos tubulares, los cuales pueden ajustarse a la altura deseada por medio de un dispositivo roscado, se debe tener cuidado en apoyar debidamente ambos extremos de los elementos tubulares con placas de acero, su capacidad de carga se obtiene de los fabricantes.

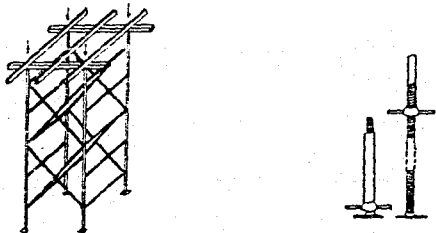


Fig. 15. Puntales telescópicos y elementos tubulares diversos.

Cuando se trata de cargas ligeras se pueden utilizar soportes telescópicos independientes, ya que tienen una capacidad de carga de 2 tons., y una altura máxima de 3 m, su altura puede ajustarse mediante un dispositivo roscado, los extremos tienen placas de apoyo para evitar la penetración en caso de esfuerzos excesivos, se debe de contar con tablonos o vigas en los extremos para lograr una mayor repartición de la carga.



Fig. 16.

### 3.3. SOPORTE LATERAL.

#### - Aspectos Generales.

Es necesario que durante las operaciones de reparación de un edificio dañado se tenga un soporte lateral que se localice en el lugar adecuado y tenga la capacidad requerida, para así garantizar la protección temporal de la estructura. Este sistema de apuntalamiento debe de estorbar lo menos posible en los trabajos de reparación. También se debe tomar en cuenta la localización y resistencia de las partes de la estructura original que no sufrieron daños graves.

Los principales soportes laterales son sistemas de contraventeo de distintos tipos y puntales inclinados, a continuación se des-

criben algunos de ellos.

- Contraventeo de Marcos.

Para rigidizar edificios que están contruidos a base de marcos, se pueden utilizar contraventeos constituidos por elementos diagonales de madera o de acero que trabajen en compresión para que tengan un buen funcionamiento deben acunarse en ambos extremos. Debe revisarse la resistencia al cortante de la viga y la columna para garantizar que resista las componentes debidas a los elementos rigidizantes.

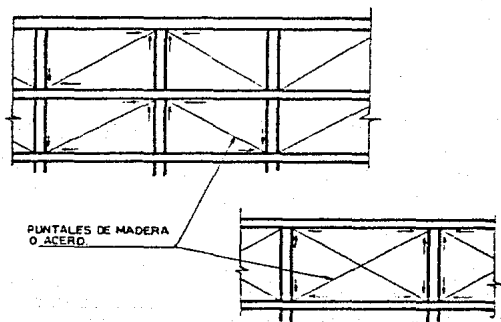


Fig. 17. Contraventeo con puntales en compresión.

Si después del análisis se determina que las columnas no son ca-

paces de resistir las componentes verticales de los elementos rigidizantes será necesario complementar el contraventeo con elementos verticales adicionales.

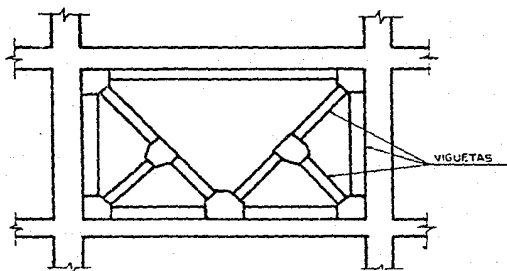


Fig. 18. Alternativa de contraventeo con perfiles metálicos.

Otra manera de llevar a cabo un contraventeo es utilizando miembros que trabajen a tensión, estos miembros pueden ser perfiles laminados de acero o cables.

Los cables generalmente se dimensionan por resistencia última, debido a que los fabricantes dan la carga de rotura. Se utiliza un factor de seguridad de 3, lo cual es razonable. Para que los cables trabajen en forma eficiente se templan ligeramente con templadores. Los perfiles laminados de acero, se dimensio-

nan utilizando la resistencia última o los esfuerzos permisibles por medio de métodos comunes.

Un aspecto importante es la revisión de los efectos que los tirantes producen en columnas y vigas. Así como el estudio de la unión de los tirantes a la estructura que se está reparando.

La ventaja de este tipo de contraventeo es que los miembros no están expuestos a pandeo.

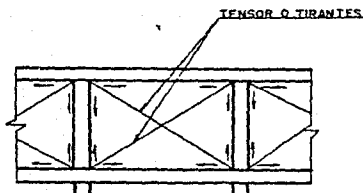


Fig. 19. Contraventeo con tensores o tirantes.

- En algunos casos es recomendable proporcionar soporte a la estructura mediante tirantes exteriores, en tales casos se diseña un muerto de anclaje, este diseño deberá hacerse de manera que se cuente con un factor de seguridad de 1.5 para las condiciones siguientes:

- a) El peso del muerto debe ser mayor a la componente vertical del tirante.
- b) El área del muerto que actúa sobre el suelo debe ser lo suficientemente grande para que el empuje pasivo sea ma-

por a la componente horizontal del tirante.

- c) La localización del anclaje del tirante debe ser tal que garantice el no volteo del muerto.

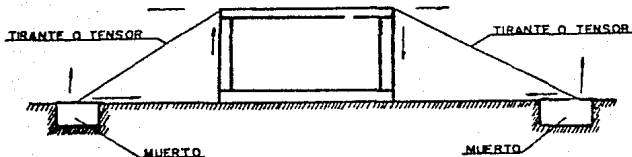


Fig. 20. Soporte lateral con tirantes o tensores exteriores.

#### SOPORTE LATERAL DE MUROS.

El soporte lateral se da a los muros de carga de concreto o mampostería con el objeto de que no caigan hacia afuera, debido a posibles réplicas de las acciones que ocasionaron dañarlos u otras acciones horizontales, ya que si éstos llegaran a colapsarse ocasionaría el derrumbe de los techos o pisos que sostienen, una manera de realizar este soporte lateral es apuntalando exteriormente mediante puntales colocados a distancias adecuadas de acuerdo a las fuerzas que se estima deben resistir. Los puntales pueden formarse por dos vigas unidas por flejes o pernos, deben estar apoyados a la altura de los pisos sobre un elemento vertical de madera unido al muro, así como también de elementos de conexión para resistir la componente vertical del puntal inclinado. Las fuerzas laterales deberán ser absorbidas por el apoyo del extremo inferior el cual deberá estar empotrado o apoyado por al-



gún otro procedimiento. La inclinación de los puntales con respecto a la horizontal no debe ser mayor a  $45^\circ$ , de preferencia  $25^\circ$  es la inclinación óptima. Para lograr un ajuste adecuado se utilizan cuñas en el extremo inferior. Debe garantizarse un apoyo adecuado con el suelo.

El apuntalamiento puede realizarse también con tubos de acero o perfiles laminados.

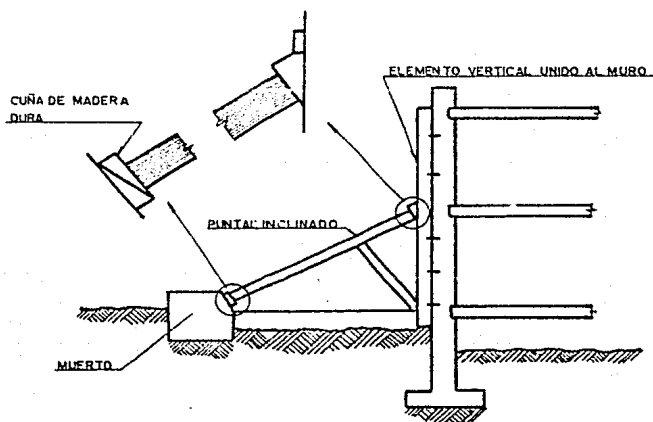
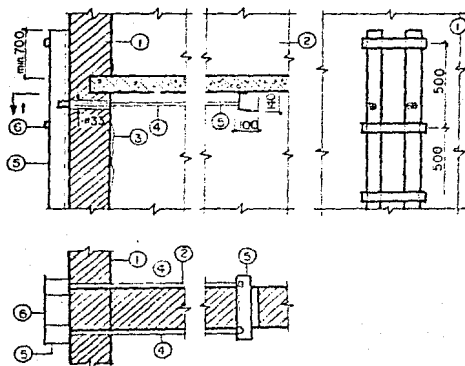


Fig. 21. Apuntalamiento exterior.

Cuando no se tiene terreno suficiente para la colocación de tensores inclinados o puntales exteriores, se puede recurrir a tirantes de acero que unan los muros exteriores con los interiores perpendiculares a ellos.



1 - muro exterior 2 - muro interior 3 - grifa  
4 - tensor 5 - conolas 6 - plocos

Fig. 22. Soporte interior con tirantes.

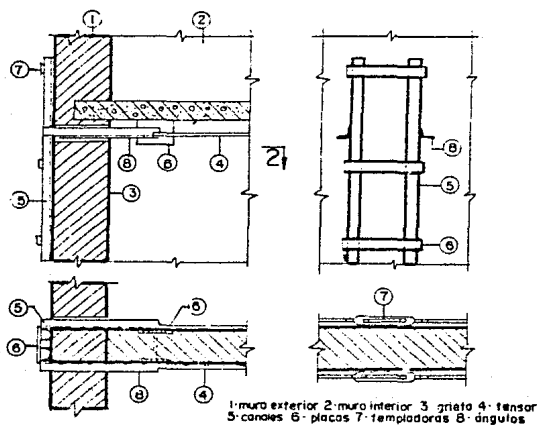


Fig. 23. Soporte interior con tirantes  
(otra alternativa).

Otra manera de utilizar estos tirantes es ligando los muros exteriores a elementos del sistema de piso.

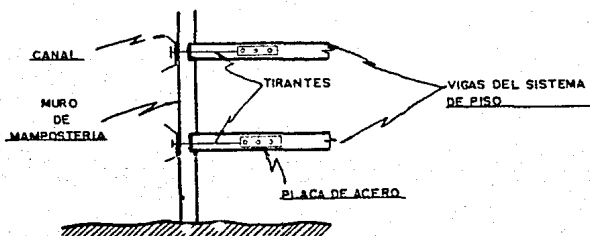


Fig. 24. Anclaje de muro exterior a vigas de  
los sistemas de piso.

O bien colocar tirantes de muro a muro, debe tenerse en cuenta que ésto no garantiza la estabilidad de toda la estructura, es por ello que es necesario complementar con algún otro tipo de contraventeo de los ya descritos.

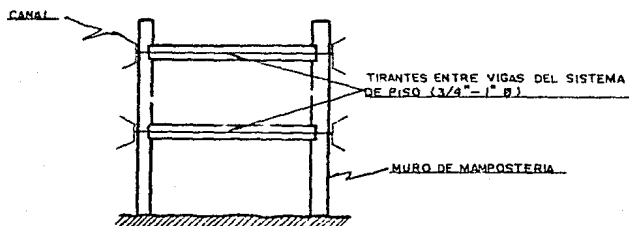


Fig. 25. Anclaje de muro a muro.

#### 3.4. MÉTODOS DE ACUÑAR.

Uno de los aspectos importantes para garantizar un buen funcionamiento del sistema temporal es la transferencia de cargas a éste, de los elementos dañados. Acuñando adecuadamente los miembros que trabajan a compresión. Esto puede realizarse por medio de varios dispositivos.

- Cuñas de madera
- Gatos mecánicos
- Gatos hidráulicos ordinarios
- Gatos hidráulicos planos.

##### CUÑAS DE MADERA.

Estas deben de realizarse de madera dura, seca y libre de nudos. Para evitar que se rompa, las fibras se orientan como se observa en la fig.

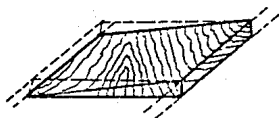


Fig. 26. Orientación de las fibras en cuñas de madera.

Después de ajustarlas se clavan para evitar que se muevan. No deben utilizarse cuñas sueltas.

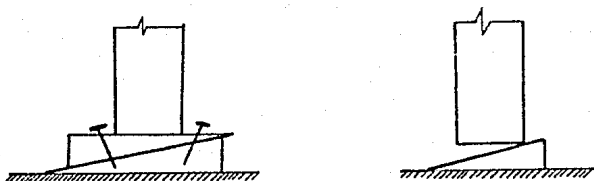


Fig. 27. Uso de cuñas de madera.

#### GATOS MECANICOS.

Para utilizar este dispositivo se debe contar con una superficie de apoyo proporcional a la carga que transmiten para evitar problemas de penetración, para no tener riesgo de volteo, la superficie de apoyo debe estar también en relación con la altura del gato. Se sugiere que se cuente con  $50 \text{ cm}^2$  de apoyo por cada tonelada de carga.

#### GATOS HIDRAULICOS ORDINARIOS.

Este dispositivo puede instalarse de tal forma que apliquen la misma carga simultáneamente en varios elementos del sistema de apoyo. Para que el operador de los gatos hidráulicos pueda relacionar la presión de aceite con la carga aplicada, éstos deben estar calibrados.

La ventaja que presentan los gatos hidráulicos es que el operario puede manejarlos a distancia sin que corra peligro, cuando se está acuñando. Para lograr una mejor repartición de carga y cuando la base de los gatos no garantiza un apoyo adecuado puede intercalarse una placa de acero o una pieza de madera entre la base y la superficie de apoyo.

#### GATOS HIDRAULICOS PLANOS.

Estos gatos representan una manera eficaz de acuñar y tienen la ventaja de operarse a distancia igual que los gatos hidráulicos ordinarios, funcionan generalmente inyectándose aceite o agua. Se les puede inyectar lechada de cemento cuando se desea que la deformación del gato sea permanente, la presión de inyección de berá mantenerse mientras endurece la lechada.

Los gatos planos se fabrican de varias formas pero principalmente son de forma circular.

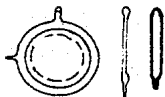


Fig. 28

En esta figura se muestra un gato plano antes y después de la -  
inyección de líquido. Hay ocasiones que es conveniente colocar  
lechada, madera dura o placas de plomo entre la estructura sopor-  
tada y el gato plano, de esta manera se mejoran las condiciones  
de apoyo.



Fig. 29.

Cuando se termina la operación de gaseo conviene instalar cu-  
ñas de madera como medida de seguridad en caso de pérdida de  
presión.

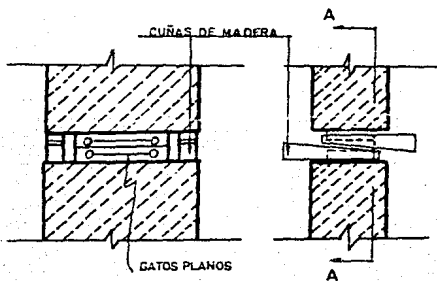


Fig. 30.

#### 4.- EVALUACION DEFINITIVA Y REPARACION.

##### 4.1. FINALIDAD.

La finalidad de realizar una evaluación definitiva es determinar si la estructura dañada es reparable, es decir si es posible obtener parte de la inversión que representaba antes de las acciones que ocasionaron dañarla como pudieron ser sismos o vientos. La reparación será aceptable cuando el costo de ésta sea menor del que implicaría demoler y volver a construir una estructura.

La reparación de una estructura dañada puede llevarse a cabo en dos niveles.

I.- RESTAURACION: Es la recuperación de la capacidad sismo-resistencia original.

II.- REFUERZO: Es el incremento de la capacidad sismo-resistente original y mejoramiento de la estructura.

El análisis de las opciones de reparación y las limitaciones del caso permitirán tomar la solución adecuada para realizar su diseño y construcción.

##### 4.2. REVISION DETALLADA.

Esta etapa final de la identificación de los daños de la estructura se debe realizar después de su rehabilitación temporal, para ello tendrán que ser retirados todos los acabados de los elementos estructurales que se sospeche puedan estar dañados de acuerdo a la inspección preliminar.

La revisión detallada consiste en registrar en fichas individuales en las cuales se anote la información detallada e inclusive fotografías del elemento dañado que se esté revisando, se reco-



mienda obtener copias reducidas de los planos para manejarlos fácilmente dentro del proyecto de reparación.

#### 4.3. INFORMACION ADICIONAL.

Es recomendable contar con información adicional que abarque el diseño original del edificio, su proceso constructivo, adaptaciones que haya tenido durante su vida útil y algo muy importante, su uso, con la finalidad de poder hacer la evaluación definitiva y el proyecto de reparación, así como la identificación de los daños. Esta información adicional se obtiene de los siguientes puntos.

- 1.- Planos estructurales.
- 2.- Planos arquitectónicos.
- 3.- Planos de instalaciones diversas.
- 4.- Estudio de mecánica de suelos.
- 5.- Memoria de cálculo.
- 6.- Reglamento de construcción utilizado.
- 7.- Reglamento de construcción vigente para la reparación.
- 8.- Informes del control de calidad de los materiales utilizados.
- 9.- Bitácora de la construcción.
- 10.- Uso actual de la estructura.
- 11.- Remodelaciones.

Si por algún motivo no se llega a contar con la información anterior, principalmente la que se refiere a los puntos 1, 2, 3 y 5 se obtendrá a partir de la propia estructura, para ello se podrán utilizar los métodos de verificación que a continuación se mencionan.

#### 4.4. VERIFICACION DE LA INFORMACION.

Es necesario comprobar la validez de la información que se tie-

ne, ya que cabe la posibilidad de que no se hayan cumplido las especificaciones del proyecto desde el inicio, tanto en la construcción como en las propiedades de los materiales utilizados.

Los principales puntos que deben comprobarse son los siguientes:

- Planos estructurales.
- Planos de instalaciones.
- Planos arquitectónicos.

Se comprobará la coincidencia entre los planos y la estructura en lo que se refiere a:

- 1.- Existencia y localización de los elementos estructurales.
- 2.- Armado y dimensión de los elementos estructurales.
- 3.- Existencia y localización de ductos.
- 4.- Existencia, localización y tipo de los elementos divisorios.
- 5.- Existencia y localización de aberturas.
- 6.- Elementos de fachada y tipo de acabados.
- 7.- Relleno en azoteas.
- 8.- Uso actual de la estructura.

Existen sistemas de detección que nos sirven para localizar ductos de acero o el refuerzo en elementos de concreto, así como también nos permite verificar sus dimensiones, estos sistemas son los siguientes:

- Sistemas electromagnéticos:

Estos sistemas determinan la posición del refuerzo en elementos de concreto, así como también el diámetro del acero cuando se conoce su recubrimiento. Esto se logra mediante un instrumento que genera un campo electromagnético y que registra las alteraciones que éste sufre en presencia de elementos que contengan hierro.

- Radiografías:

Este sistema es poco usual, ya que es más costoso que el anterior, consiste en tomar radiografías de los elementos de concreto.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.

Es necesario comprobar las características mecánicas de los materiales, para ello se puede utilizar los siguientes equipos:

a) EQUIPO DE ULTRASONIDO:

Este equipo de verificación nos permite hacer estimaciones de la resistencia del concreto y de su módulo de elasticidad, así como del estado de agrietamiento interno.

Esto se logra mediante un instrumento que registra la velocidad de un pulso ultrasónico, a través del concreto, la cual depende de la densidad del mismo.

b) ESCLEROMETRO:

Este dispositivo mide de rebote de un sistema masa-resorte contra la superficie de un elemento de concreto en base a relaciones empíricas, las cuales difieren de acuerdo al tipo de curado y a la clase de agregados utilizados en el elemento, se puede estimar la resistencia del concreto en función de la lectura del índice de rebote.

c) EXTRACTOR DE CORAZONES:

Esta prueba se realiza para poder estimar la resistencia del concreto y su módulo de elasticidad, así como también nos da información sobre su composición granulométrica, densidad aparente y estado de carbonatación.

d) PISTOLA DE WINDSOR:

Mediante este instrumento se puede estimar la resistencia del concreto a partir de la penetración de un dardo metálico en el elemento en cuestión. Esta prueba también se basa en el uso de relaciones empíricas de penetración-resistencia y que deben corresponder al tipo de agregado usado en el elemento de estudio.

e) EXTRACCION Y PRUEBA DE BARRAS:

Esto se realiza para verificar la calidad del acero empleado, se extraen algunas muestras y se someten a pruebas estandar a tensión.

Se recomienda aplicar más de una alternativa para tener seguridad en los datos obtenidos. Conviene combinar pruebas de precisión - como c y d con pruebas más sencillas y económicas como a y b.

MECANICA DE SUELOS Y NIVELACION.

Si se tienen desplomes o hundimientos es necesario efectuar una nivelación general de la estructura, y hacer pruebas de laboratorio, así como nuevos sondeos para verificar las características del suelo.

Es recomendable tener un perfil que muestre la variación de los desplazamientos laterales de la estructura y llevar a cabo nivelaciones periódicas hasta comprobar que ya no hay movimientos significativos.

4.5. EVALUACION DE LA ESTRUCTURA.

Para evaluar una estructura dañada es necesario conocer su capacidad sismo-resistente original, y así comprender su comportamiento durante el sismo o realizar un diseño por viento si es que la causa que lo dañó fue un ciclón, a continuación se describen métodos de análisis sísmicos que pueden emplearse.

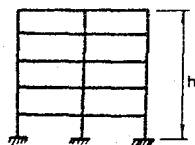
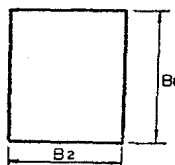
## a) ANALISIS SIMPLIFICADO:

Se aplica a edificios que cumplan con lo siguiente:

$$h \leq 13m$$

$$\frac{B_1}{B_2} \leq 2$$

$$\frac{h}{B_2} \leq 1.5$$



Consiste en comparar la fuerza cortante obtenida en el entrepiso en estudio contra la fuerza cortante resistente última.

## b) ANALISIS ESTATICO:

Se emplea para estructuras con una  $h \leq 60$  m considera la acción sísmica representada por un conjunto de fuerzas horizontales -- que actúan al nivel de cada uno de los pisos y se considera que la aceleración de éstos varía linealmente.

## c) ANALISIS DINAMICO:

Se debe emplear en estructuras con  $h > 60$  m, pero se puede utilizar en cualquier tipo de estructura, se basa en un espectro de diseño, permite conocer la capacidad resistente inicial y localizar los elementos más críticos.

En una estructura se deben localizar sus puntos más débiles. Generalmente suelen ser los siguientes:

- a) Conexiones excéntricas viga-columna.

- b) Conexiones columna-losa plana.
- c) Columnas cortas debido a muros de altura incompleta.
- d) Cambios severos de rigidez y estructuración en elevación.
- e) Torsión excesiva por una distribución inadecuada de la rigidez en planta.
- f) Incompatibilidad de deformaciones entre muros, diafragma y marcos.

Se restaurarán los elementos dañados de una estructura y se aumentará su ductibilidad en éstos, si se determina que en la estructura original sólo se presentaron daños ligeros y se originaron en pocos elementos, además la capacidad de la estructura debe cumplir con las normas vigentes.

Si la estructura no cumple con las normas vigentes y se tienen daños generalizados graves, así como problemas de estructuración se reforzará la estructura.

Independientemente de la restauración y el refuerzo de los elementos dañados se recomienda poner elementos rigidizantes y con mayor razón si se tiene una mala estructuración. Será necesario el refuerzo de la estructura si más del 25% de los elementos deben restaurarse, debido a que la restauración recupera sólo el 70% u 80% de la rigidez original.

Las posibles alternativas de reparación pueden incluir demoliciones parciales, se tomará aquella que se adapte lo mejor posible a las limitaciones del caso, que generalmente son:

- a) Costo.
- b) Funcionalidad.
- c) Espacio.
- d) Dificultad técnica.
- e) Estética.

#### 4.6 PROYECTO DE REPARACION.

Si después de la evaluación definitiva se determina que la estructura es reparable, se procede al diseño de la alternativa elegida.

Se debe prever para el diseño del refuerzo de la estructura que casi siempre éste participará a tomar solo la carga viva y accidental. Otro punto de mucha importancia es el diseño de las conexiones entre la estructura original y los elementos de refuerzo, así como la transmisión de las cargas de éstos a la cimentación.

## 5. - CONCLUSIONES :

Una vez tomada la alternativa de reparación se procede a llevarla a cabo tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Materiales de reparación.
- Restauración de elementos estructurales.
- Restauración de elementos no estructurales.
- Supervisión de la obra.

### 5.1. MATERIALES DE REPARACION.

#### - Objetivo:

Los materiales de reparación que se utilicen en el resane de grietas así como en la sustitución de morteros y concretos dañados, deben ser capaces de alcanzar rápidamente su resistencia y mantener su adherencia indefinidamente. Habrá casos en que se requiera en combinación acero de refuerzo, placas y perfiles metálicos, soldaduras y conectores mecánicos.

#### - Resinas:

Por lo general las resinas se emplean en la inyección de grietas de concreto menores de 0.5 mm de ancho o como pegamento en la unión de elementos metálicos al concreto.

Las propiedades más importantes de las resinas son: buena capacidad adhesiva; alta resistencia y dureza; resistencia a los ácidos y solventes; baja contracción y gran durabilidad. Su inconveniente principal es su baja resistencia al calor, ya que pierde su resistencia a temperaturas mayores de 100°C.

Estos materiales son sistemas compuestos por una resina (poliester, acrílico, epoxi, etc.) y su endurecedor, ambos se pueden conseguir en forma líquida o sólida, una vez que se mezclan se endurecen en unos cuantos minutos, lo cual debe ser aprovechado para su aplica-



ción, su resistencia final se obtiene en pocas horas.

La preparación y aplicación de las resinas se debe llevar a cabo de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes.

- Lechadas y Morteros.

La lechada de cemento es una mezcla muy fluida de agua y cemento, se puede utilizar en la inyección de grietas menores de - 0.5 mm de ancho en elementos de concreto y mampostería, en la preparación de la superficie de contacto entre un concreto nuevo y viejo, éste es para mejorar la adherencia.

Cuando se tienen grietas mayores de 0.5 mm de ancho se recomienda utilizar lechadas de cemento y arena, es preferible utilizarla en combinación con aditivos expansores y plastificantes.

- Concretos.

Concreto colado IN-SITU.

Las principales dificultades que presenta el uso del concreto - colado in-situ en las reparaciones son la falta de adherencia y la contracción, lo cual ocasiona la pérdida de contacto con el concreto viejo, para mejorar la adherencia se prepara la superficie de contacto con una lechada o un adhesivo. Para que no - se presente contracción se recurre al uso de algún aditivo esta bilizador.

Se puede acelerar el fraguado del concreto por medio de aditi- vos acelerantes.

El colado se debe realizar por capas de menos de 20 cm compactadas con vibrador.

Para obtener las mínimas contracciones se debe realizar un buen curado, para ésto se pueden utilizar membranas de curado.

- Concreto lanzado.

En la reparación de muros de concreto o mampostería el concreto lanzado tiene muchas ventajas como son: Alta resistencia y necesidades mínimas de cimbra.

Se utiliza un equipo neumático que mezcla la arena y el cemento con agua en el momento de la expulsión, proporcionando la cantidad mínima necesaria para la hidratación obteniendo así altas resistencias.

Para obtener la mínima contracción se debe efectuar un buen cura do. Se pueden utilizar aditivos acelerantes para alcanzar la resistencia requerida con rapidez.

- Concreto a base de resinas.

El concreto a base de resinas se obtiene al sustituir el cemento por resinas (poliester, epoxi, acrílico, metacrilato, etc.), en la fabricación del concreto. Se utiliza para sustituir pequeños volúmenes de concreto dañado, ya que presentan una gran adherencia, alta resistencia y baja contracción.

Sus desventajas son: su baja resistencia al calor y un módulo de elasticidad mucho menor que los concretos de cemento portland.

- Soldadura y anclajes mecánicos.

Con frecuencia en la reparación de elementos de concreto y mampostería es necesario la adición de acero de refuerzo y la fijación de conectores metálicos.

La soldadura para unir el acero de refuerzo nuevo con el viejo, debe realizarse con cuidado para evitar cambios en sus características mecánicas debido a enfriamientos rápidos, es por ello que se debe precalentar el acero. Otra manera de llevar a cabo esta unión es por sistemas de extrusión.

Cuando es necesario anclar elementos conectores metálicos en el concreto se pueden ahogar con lechadas o morteros.

Otra opción son los anclajes mecánicos como los clavos o pernos hincados por disparos y los taquetes.

### 5.2. RESTAURACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

En el proyecto de reparación se intentará restaurar la resistencia original de los elementos estructurales, es conveniente aumentar su ductibilidad.

#### - Inyección de grietas.

La inyección de lechadas o resinas en grietas es adecuada para la restauración de elementos de concreto o mampostería con daños no muy graves.

Con este procedimiento se puede llegar a recuperar la resistencia original, pero solamente del 70% al 80% de la rigidez, ya que no es posible inyectar la totalidad de las grietas.

Se inyectan elementos de concreto cuando se tienen grietas pequeñas y no se han presentado aplastamientos. En grietas de 0.5 mm de ancho se emplea la inyección de resinas, para grietas de 0.5 a 5 mm de ancho es necesario mezclar resinas con algún agregado.

Para realizar la inyección se deberá proceder a limpiar el polvo de las grietas con chorro de aire y sellarlas superficialmente con yeso dejando ahogadas boquillas metálicas de 1 cm de diámetro espaciadas de 20 a 50 cm.

1 grietas

2 boquillas para inyeccion

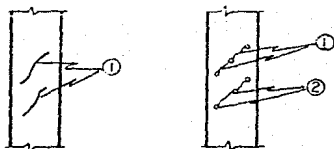


Fig. 31. Inyección de grietas en columnas.

Las resinas se introducen a presión iniciando por la boquilla más baja y avanzando hacia arriba. Para grietas de más de 0.5 mm de ancho se puede intentar realizar la inyección por gravedad.

En muros de mampostería con grietas entre 0.5 y 3 mm de ancho se puede inyectar resinas aunque es más práctico el uso de una lechada de cemento-arena. Para grietas de 3 a 10 mm de ancho es necesario emplear algún aditivo expansor con la lechada.

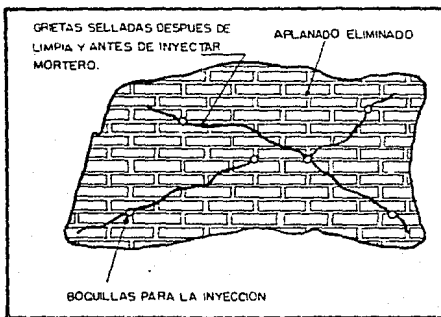


Fig. 32. Inyección de grietas en muros de mampostería.

Cuando se tienen daños severos se recomienda la sustitución de materiales, ésto es reemplazar materiales dañados por otros en

buen estado para lograr ésto es necesario liberar de carga el elemento en cuestión, mediante apuntalamiento.

Las superficies de unión entre los materiales viejos y los nuevos se limpian con un chorro de arena, o un cepillo de alambre y aire comprimido, después se satura de agua.

Se emplea este método en elementos de concreto cuando se han producido aplastamientos de éste o pandeo del refuerzo, se remueve el concreto dañado, dejando una superficie rugosa y si es necesario se sustituyen los tramos de refuerzo pandeados por otros en buen estado.

En el colado se procurará utilizar una cimbra holgada que facilite la colocación del concreto, ya que se utilizarán aditivos expansores, aunque haya sobrantes que recortar.

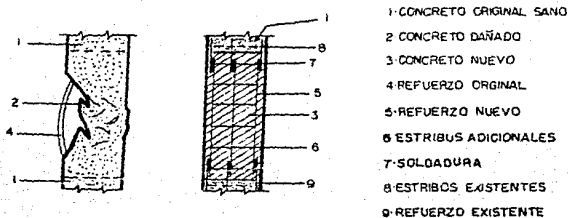


Fig. 33. Sustitución de materiales en columnas.

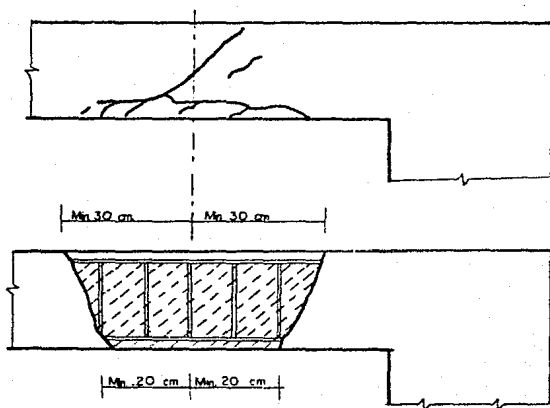


Fig. 34. Sustitución de materiales en vigas.

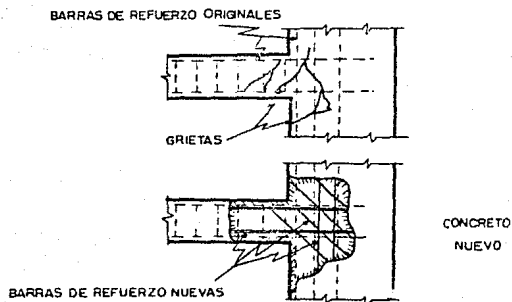


Fig. 35. Sustitución de materiales en uniones.

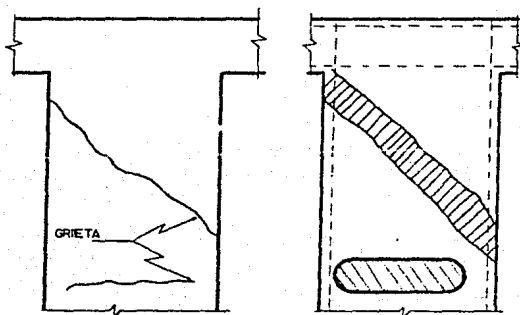


Fig. 36. Sustitución de materiales en muros de concreto.

En elementos de mampostería con grietas mayores de 10 mm de ancho se recomienda reemplazar las piezas dañadas usando un mortero rico en cemento.

### 5.3. RESTAURACION DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.

Los elementos no estructurales están formados por el equipo y las instalaciones necesarias para el funcionamiento de una construcción, así como por los elementos arquitectónicos.

La mayoría de los casos, estos elementos requieren restauración y refuerzo de sí mismos y de sus uniones con la estructura, si se tienen desligadas las uniones de tal forma que el movimiento de la estructura no ocasione distorsión en los elementos no estructurales, deberán restaurarse las juntas manteniendo separaciones adecuadas a los desplazamientos esperados y además será necesario regular la estabilidad de los elementos ante el sismo para restaurar sus anclajes o reforzarlos. Si los elementos no estructurales están ligados a la estructura, se deberán tomar en cuenta para el análisis de distribución de fuerzas. A continuación se presentan algunas recomendaciones para los principales elementos arquitectónicos.

#### - Muros Divisorios.

El más común de los elementos divisorios es el muro de mampostería, éstos son muy rígidos y tienden a trabajar estructuralmente absorbiendo gran parte de las fuerzas sísmicas cuando están ligados a la estructura, sin embargo son frágiles y sufren daños ante deformaciones pequeñas, es por ello que no conviene ligarlos a la estructura a menos que ésta también sea muy rígida. Se debe evitar ligar a la estructura muros que no cubran toda la altura y que ocasionen la falla de las columnas como "columnas cortas". También se debe evitar que la ubicación de los muros que estén ligados ocasionen excentricidades importantes.



Si el muro resultó dañado se restaura con las mismas técnicas ya descritas. Si el daño se presentó en la unión con la estructura en muros desligados o si la reparación exige el desligue de algunos muros, se debe proporcionar una separación mínima de 2 cm.

Las holguras en los extremos de los muros se deben rellenar con algún material flexible y aislantes como la espuma de polietileno.

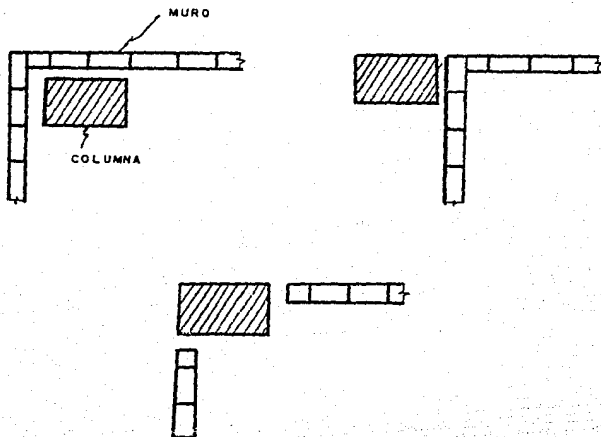


Fig. 37. Alternativas para desligar los muros de la estructura en elevación.

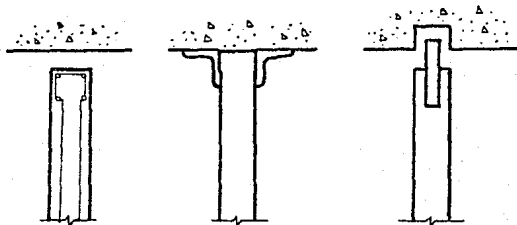


Fig. 38. Alternativas para desligar los muros de la estructura en elevación.

- Recubrimientos.

Se deberán reemplazar los recubrimientos pétreos dañados, cuidando de proporcionar algún anclaje mecánico con la estructura.

Si se tienen recubrimientos prefabricados, se detallarán los anclajes y se debe proveer las holguras suficientes entre ellos para evitar que los afecten los movimientos laterales de la construcción.

- Ventanas.

En la reparación de la ventanería se deben sustituir los vidrios rotos, así como verificar que exista una holgura entre los marcos de las ventanas y la estructura o entre ellos y los vidrios, esta holgura debe rellenarse con un sellador que permanezca flexible con el tiempo.

- Plafones.

En la reparación de plafones se deberán reemplazar las piezas dañadas, así como restaurar y reforzar los anclajes al techo incluyendo contraventeo para evitar el balanceo y garantizar una holgura perimetral que evite la interacción con la estructura.

5.4. SUPERVISION DE LA OBRA.

Debido a que en la reparación de una estructura se utilizan materiales, técnicas y soluciones estructurales poco usuales, es necesario contar con supervisión tanto en el proyecto como en la construcción. Ya que de esta forma se garantizará una correcta ejecución del trabajo.

- Supervisión del proyecto.

El supervisor deberá revisar los criterios de diseño, comprobar la exactitud de los cálculos, así como de verificar que los planos y las especificaciones se transmitan de manera clara y precisa al constructor.

- Supervisión de la Construcción.

Generalmente la supervisión del proceso constructivo se realiza por personal independiente del contratista.

La principal diferencia que presenta la supervisión de una construcción nueva con respecto a una obra de reparación consiste en el empleo de materiales novedosos, como el concreto lanzado y las resinas, así como la necesidad de adaptar las soluciones del proyecto a las condiciones ya existentes en la estructura.

Para supervisar la calidad del concreto lanzado se debe inspeccionar continuamente los materiales, el equipo y el procedimiento de aplicación. Se tratarán de detectar huecos a golpe de martillo y apoyar la supervisión con la extracción de corazones.

Para tener un control de calidad en el uso de resinas, se deberá supervisar el proporcionamiento y el procedimiento de mezclado - de los componentes, así como la inspección del proceso de aplicación que deberá llevarse a cabo en el tiempo especificado a partir de la mezcla. Para verificar la calidad de la inyección y la del comportamiento de la resina en las grietas, se recurre a la extracción y prueba de corazones, o el análisis con ultrasonido.

Una manera de verificar la reparación consiste en medir el período fundamental de la estructura antes y después de la reparación. Si ésta se ha efectuado con éxito, existirá una disminución del período, debido al aumento en la rigidez de la estructura, este período coincidirá en su valor con el obtenido del modelo dinámico usado - para el análisis de dicha reparación.

6.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Hernández B. O. "Procedimientos de Reparación de Estructuras Dañadas por Sismo" (primera etapa). Departamento del Distrito Federal. Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. México, D.F., Abril 1981.
- 2.- Loera, S. "Manual para Evaluar Daños Causados por Sismos en Edificios de Concreto Reforzado", Departamento del Distrito Federal, México, Marzo 1982.
- 3.- Mendoza, C.J. "Manual para Evaluar Daños causados por Sismos en Estructuras de Mampostería". Departamento del Distrito Federal, México, Mayo 1982.
- 4.- "Requisitos de Seguridad y Servicio para las Estructuras. Título IV del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal". Instituto de Ingeniería. UNAM. México, Julio 1977.
- 5.- "Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto. Normas - Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal". Instituto de Ingeniería UNAM. México, Julio 1977.
- 6.- "Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal". Instituto de Ingeniería UNAM. México, Julio 1977.
- 7.- "Formas para la Inspección de Estructuras Dañadas por Sismo": Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco; Colegio de Ingenieros Civiles de México; Departamento del Distrito Federal (2 versiones); SEDUE; Delegación Cuauhtémoc; Bufete Industrial.

- 8.- "Diseño y Construcción de Estructuras de Madera. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal". Instituto de Ingeniería. UNAM. México, Julio 1977.
  
- 9.- "Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal". Instituto de Ingeniería UNAM. México, Julio 1977.