

29
30

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería



**REPARACION DE ESTRUCTURAS DE
CONCRETO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ROBERTO CAMACHO MORA

FALLA DE ORIGEN



MEXICO, D. F.

1989.



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.

" INDICE "

	Pág.
1 . - Introducción. -----	6
2 . - Identificación y Evaluación Preliminar de Daños.-----	7
2.1.- Objetivos.	
2.2.- Inspección Preliminar.	
2.3.- Daños Estructurales.	
2.4.- Daños Generales.	
2.5.- Clasificación y Evaluación Preliminar de Daños.	
3 . - Bases para una desición.-----	19
3.1.- Objetivos.	
3.2.- Inspección Física.	
3.3.- Causas del Daño.	
3.4.- Cuantificación de Daños.	
3.5.- Dificultad Técnica.	
4 . - Medidas preliminares. -----	34
4.1.- Objetivos.	
4.2.- Acciones.	
4.3.- Apuntalamientos Verticales.	
4.4.- Soportes Laterales.	
4.5.- Métodos de Acuñaamiento.	
4.6.- Otras Acciones.	
5 . - Evaluación Definitiva y Reparación. -----	51
5.1.- Objetivos.	
5.2.- Inspección Desarrollada.	
5.3.- Información Complementaria.	

	Pág.
5.4.- Verificación de la Información.	
5.5.- Evaluación de la Estructura.	
6 . - Proyecto de Reparación,-----	67
6.1.- Objetivos.	
6.2.- Alternativas.	
6.3.- Anteproyecto.	
6.4.- Toma de Desiciones.	
6.5.- Proyecto a Realizar.	
6.6.- Ejecución.	
7 . - Métodos de Reparación,-----	78
7.1.- Consideraciones Generales.	
7.2.- Métodos de Inyección de Concretos, Lechadas y/o resinas Epóxicas en Agrietamiento.	
7.3.- Método de la Adición de Acero de Refuerzo y la Fijación de Conectores Metalicos.	
7.4.- Algunos Métodos de Adhesión de concreto Viejo con Concreto Nuevo Utilizado.	
7.4.1.- Concreto Colado in--situ.	
7.4.2.- Concreto Lanzado.	
7.4.3.- Resinas Epóxicas.	
8 . - Restauración,-----	100
8.1.- Consideraciones Generales.	
8.2.- Muros Rigidoz y Muros de Relleno.	
8.3.- Marcos, Armaduras, Contraventeos y Contrafuertes.	
8.4.- Muros de Mampostería.	

Pág.

9 . - Restauración y Refuerzo de Elementos Estructurales. ----	107
9.1 .- Consideraciones Generales.	
9.2 .- Restauración.	
9.3 .- Refuerzo de Vigas.	
9.4 .- Refuerzos de columnas	
9.5 .- Refuerzo de Uniones Viga-- Columna.	
9.6 .- Refuerzo de MUros de Concreto.	
9.7 . - Refuerzos de Muros de Mampostería.	
10. - Restauración y Refuerzo de Elementos no Estructurales.---	122
10.1.- Consideraciones Generales.	
10.2.- Muros Falsos y/o Divisorios.	
10.3.- Recubrimientos y Acabados.	
10.4.- Ventanas y Plafones.	
11. - Supervisión y Verificación de la Reparación.-----	127
11.1.- Objetivos.	
11.2.- Supervisión del Proyecto y Construcción.	
11.3.- Verificación de la Reparación.	
12 . - Conclusión General. -----	131
Bibliografía. -----	133

REPARACION DE ESTUCTURAS DE CONCPETO

INTRODUCCION:

El deterioro y la conservación de las obras son motivo constante de -- preocupaciones, que lleva consigo gastos considerables y causas graves, perjuicios a la industria y a los usuarios.

Para el ingeniero este problema comporta dos aspectos fundamentales; - PREVENIR Y REPARAR. Dejando a parte la necesidad de conocer en ambos - casos la naturaleza de lo daños que puedan producirse, estos dos aspectos son diferentes y serán tratados, por lo tanto de diferente forma.

De las consideraciones, PREVENIR Y REPARAR, la primera en determinado momento tiene mayor importancia a lo largo de este documento pone de -- manifiesto, la necesidad de tener en cuenta, durante las fases del proyecto y de ejecución, el problema de la conservación de una obra.

Los detalles, aunque algo fastidioso y los procedimientos de construcción que se describen aquí, parecerán a menudo evidentes, pero se reencuentran con frecuencia; pequeñas en apariencia, sus defectos pueden tener consecuencias graves, por esta razón.

El ingeniero proyectista debe escoger los materiales adaptados a las condiciones atmosféricas y al emplazamiento de la obra, debe estudiar la obra de manera que impida que produzca deterioros graves (al menos para la duración prevista de la misma), y debe también, por intermedio del personal - de control, exigir que la ejecución sea correcta.

Es claro que estos tres puntos; calidad de los materiales, calidad de los planos de detalle y calidad de la ejecución, exiga el conocimiento de lo que hay que evitar y de las diversas formas de deterioros posibles y sus causas.

Los datos relativos a las diferentes formas de deterioros posibles se exponen en este documento. El ingeniero encargado del proyecto y del control de una obra nueva prestará especial atención a este tema, junto con los responsables de la conservación de construcciones ya existentes .

Si no se ha podido impedir el deterioro, conviene abandonar, sustituir o reparar la obra; habitualmente, la obra se repara, la ejecución de una reparación de este género necesita una técnica minuciosa.

Es importante señalar que los constructores saben que los edificios deben considerarse como nuevos hasta los treinta años, de su construcción si han sido bien construidos y bien conservados.

Si embargo, a fin de armonizar los estudios con los fenómenos que puedan presentarse, se ha establecido esta distinción.

2.- IDENTIFICACION Y EVALUACION PRELIMINAR DE DAÑOS

2.1 OBJETIVOS

Para el ingeniero, la manera de abordar el problema de la degradación de una obra y de su conservación, debe ser parecido a la de un médico abordando un caso.

Esto implica la comprobación de la existencia de una enfermedad, el diagnóstico y el remedio, y concede amplia importancia a la necesidad de prevenir el mal.

En su trabajo, el ingeniero debe conocer las diferentes formas de deterioros cuyas manifestaciones son conocidas (los síntomas), la causa o causas de los diferentes tipos de desperfectos (la enfermedad) y la manera de solucionar el problema (el remedio).

Correlativamente, las obras nuevas o existentes (las que estan sanas) deben estar correctamente proyectadas, construidas y conservadas para evitar los deterioros.

Para poder utilizar este documento de la manera más práctica posible, el lector debe abordarlo recordando lo que se acaba de decir, aprenderá -- primero a conocer los síntomas y las enfermedades y no se preocupará del remedio hasta que haya establecido el diagnóstico.

Por lo tanto el primer paso para planear la posible reparación de una estructura es como ya dijimos el reconocimiento de los daños existentes en ella. La información que se pueda reunir, se utilizará para desarrollar la evaluación preliminar de la estructura y la determinación de la estrategia y los detalles de la rehabilitación temporal.

Así en esta primera etapa, se deberá definir si se justifica intentar ésta o si por el peligro de un derrumbe inmediato que pueda afectar las construcciones o vías de circulación vecinas es necesaria la demolición.

En casos dudosos, y cuando las consecuencias de un posible derrumbe no sean peligrosas, puede convenir retrasar la decisión de demoler hasta contar con una información complementaria que se nos proporcionará, -- inmediatamente la evaluación preliminar.

Si no se llegará a demoler , la estructura, entonces tendrá que procederse a tomar las medidas de apuntalamiento necesarias que garanticen la seguridad temporal de la estructura.

2.2 INSPECCION PRELIMINAR

Los primeros trabajos deben consistir en un examen ocular de las condiciones de emplazamiento, característica constructiva, planos del edificio, materiales empleados etc.

Las indagaciones preliminares, versarán sobre; la edad del edificio, el sistema de fundación del mismo, la naturaleza del terreno de asiento, en lo que concierne a la edad, conviene distinguir los edificios antiguos de los nuevos, entendiéndose por tales los que tienen menos de diez años de existencia y por antiguos aquellos cuya edad excede de un decenio.

En cuanto a la fundaciones, debe tenerse en cuenta si son continuas o establecidas sobre arcos y pilares, procurando indagar la profundidad de las mismas.

La naturaleza del terreno de asiento, es necesario averiguar si el edificio se apoya sobre un terreno de transporte, o bien sobre un terreno enegadizo, o sobre arcillas impregnadas de aguas freáticas corrientes o mansas, en fin sobre terrenos socavados por grutas de tobas o puzolanas. En segundo lugar el ingeniero debe elaborar el plano planimétrico de todas las lesiones que encuentra en las estructuras horizontales del edificio para confrontar después con el plano de las lesiones en sentido vertical. En tercer lugar debe procurarse que se establezcan en los sitios oportunos, especialmente en las lesiones de importancia, palomillas espías, para así poder estudiar mejor las causas que motivan las perturbaciones estáticas ordinarias de los edificios, en efecto como se ha dicho antes, sabremos que si la palomilla se rompe la perturbación continúa (*), en caso contrario, puede tenerse la seguridad de que la perturbación es estacionaria.

* En los países que sufren de los bruscos cambios de temperatura, como son más aparentes las constracciones o dilataciones de las obras, es posible que las palomillas se rompan, no a causa de la perturbación, sino por efecto de la temperatura.

Sin embargo, el caso no es muy común, puesto que las palomillas están construidas según las normas establecidas, por lo tanto como hacen un solo cuerpo con el resto de la obra, resultan ordinariamente al abrigo de los cambios atmosféricos.

Deberá por lo tanto investigarse, como se mencionó anteriormente, cual fué el sistema empleado; marcos rígidos con o sin contraventos, con sistemas de piso de vigas y losas o de losas planas sin vigas, macisas o aligeradas; muros de concreto reforzado, muros de mampostería, elementos piccolados, o alguna combinación de los sistemas anteriores.

También es importante tener nota del sistema de cimentación empleado, zapatas aisladas o corridas, sistema reticulares parcial o totalmente compensados, polines de función o de apoyo directo, o alguna combinación de estos sistemas.

para localizar los daños y cuantificarlos, durante la inspección será necesario revisar los desplomes (como ya se dijo al usar palomillas), y efectuar mediciones sobre los elementos más dañados, lo que implica retirar parte de los acabados,

La realización de estas operaciones, se realizan con el siguiente -- equipo; martillo y cincel, desarmador, cinta métrica, plomada o nivel, linterna, gireómetro para medir ancho de grietas, binoculares, cámara fotográfica, formas para información.

Las formas para acopio de información deberán incluir los siguientes conceptos; A) indentificación del edificio, B) indentificación de daños en elementos estructurales y no estructurales, C) indentificación de -- problemas de estructuración, D) indentificación de problemas en la cim~~en~~tación, E) indentificación del sistema estructural, F) estimación de ~~causas~~ causas posibles de los daños.

Es importante tener presente que el ingeniero responsable de la conservación debe recibir una formación técnica que le permita saber donde buscar, para ser capaz de detectar los deterioros.

Saber lo que hay que buscar, dónde y cómo buscarlo necesita el conoci-
miento de diferentes tipos de degradación y de sus causas fundamentales,
la experiencia en este sentido es indispensable.

2.3 DAÑOS ESTRUCTURALES

La primera función de una obra es soportar cargas, lógicamente el verdadero criterio para determinar su capacidad de cumplir esta tarea, es una prueba de carga. Hay, sin embargo, dos complicaciones.

La prueba de carga no refleja las variaciones, debidas al tiempo, de las características de la obra. Además, como el ensayo no puede ser llevado hasta rotura, y los resultados de ensayo de carga sobre obras ya existentes no corroboran casi nunca los resultados de los cálculos, ésta prueba no indica el margen de seguridad ofrecido por la obra, y entonces debe ser conservado un coeficiente de seguridad mínimo.

por consiguiente estimamos que un ensayo de carga no debe ser considerado como índice válido de resistencia, más que si:

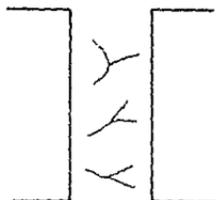
- 1.- La carga aplicada durante el ensayo es igual o superior al producto de la carga de servicio por un coeficiente de seguridad conveniente.
- 2.- La carga de prueba permanece aplicada durante un cierto tiempo, para que se pueda tener idea acerca de los efectos de fluencia, etc.

A continuación se resumen los daños estructurales más comunes sobre los que se deberá hacer énfasis, durante la inspección. Los daños se clasificaron por elemento estructural, indicando la causa principal.

DAÑOS	CAUSAS
Grietas diagonales	Cortante o torsión (figura 1)
Grietas verticales	Flexocompresión (figura 2)
Desprendimiento del recubrimiento	Flexocompresión " " " "
Aplastamiento de concreto y pandeo de barras.	Flexocompresión " " " "
VIGAS O TRABES	
Grietas diagonales y rotura de -- estribos.	Cortante o torsión (figura 3)
Grietas verticales, rotura del refuerzo, apalastamiento de concreto.	Flexión ----- (figura 4)
UNIONES	
Grietas diagonales	Cortante (figura 3)
Falla por adherencia del refuerzo de vigas.	Flexión. ----- (figura 4)

*Nota se trata de uniones

Trabe -----columna.



GRIETAS DIAGONALES EN
AMBOS SENTIDOS Y COMBI-
NADAS.

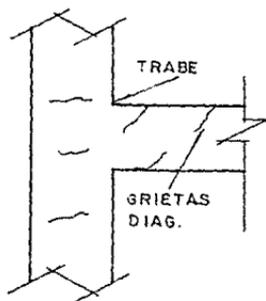
C A S O 1



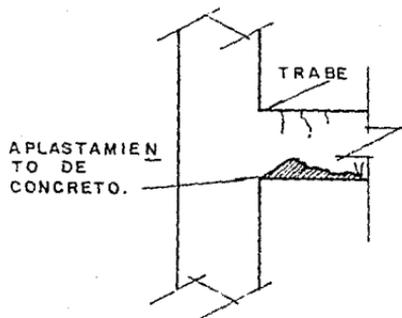
PANDEO DE
BARRAS

APLASTAMIENTO DEL CONCRETO

C A S O 2

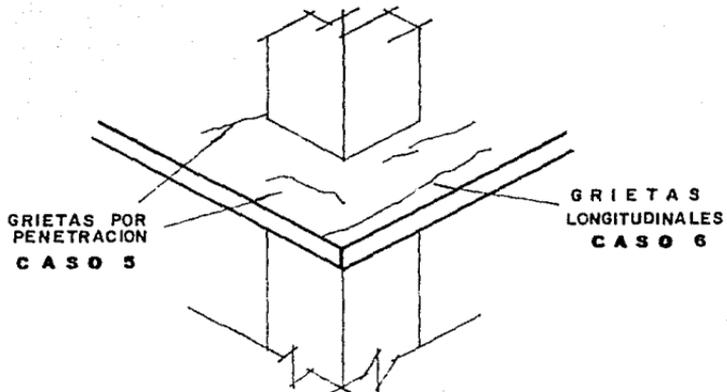


C A S O 3

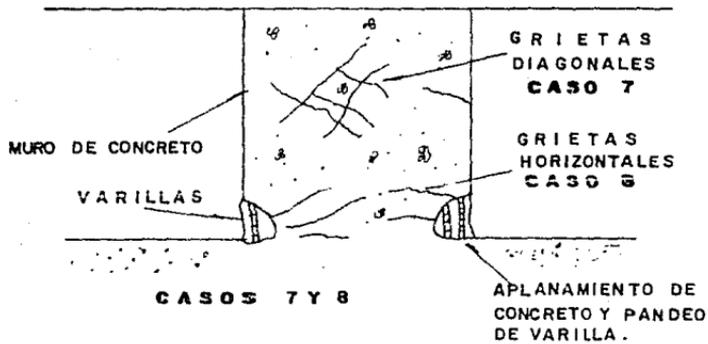


C A S O 4

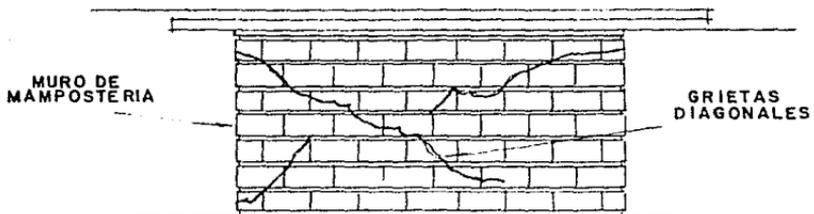
DAROS	CAUSAS
PISOS (losas planos)	
Grietas alrededor de columnas en losas o placas planas.	Penetración (figura 5)
Grietas longitudinales.	Flexión ---(figura 6)
MUROS DE CONCRETO	
Grietas diagonales	Cortante ---(figura 7)
Grietas horizontales,aplastamiento del concreto y pandeo de barras.	Flexocompresión (figura 8)
MUROS DE MAMPOSTERIA	
Grietas diagonales	Cortante ----(figura 9)
Grietas verticales en esquina _ centro.	Flexión y volteo (figura 10)
Grietas como placa perimetralmente apoyada.	Flexión ---- (figura 11)



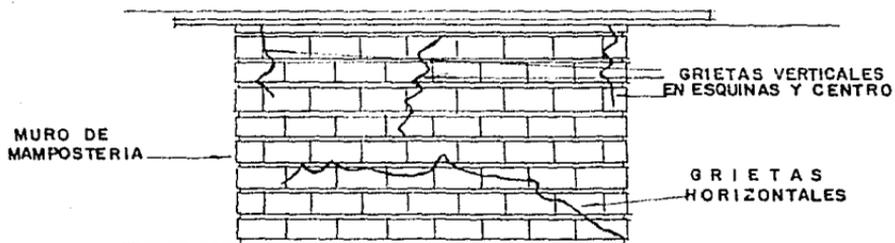
**C A S O S
5 Y 6**



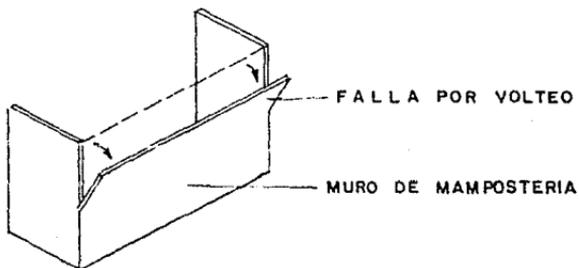
C A S O S 7 Y 8



C A S O 9



C A S O 10



C A S O 10

2.4 DAÑOS GENERALES

En general si la obra examinada está en servicio. Es preciso determinar tan rápidamente como sea posible si se puede continuar utilizando sin peligro o si conviene reducir su utilización.

Si la resistencia ha sido fuertemente disminuida se corre peligro, incluso, de estar obligado a abandonarla o a instalar apoos provisionales.

Incluso si la obra no está en servicio es esencial conocer su resistencia y el margen de seguridad que ofrece. La evaluación de la resistencia de una obra dañada, puede ser un problema importante. Sin embargo, no es éste el caso generalmente, y normalmente es claro que la resistencia es aún suficiente.

Por ejemplo, la disgregación del recubrimiento de una losa de concreto o de un soporte zuchado no es grave, a menos que las armaduras estén muy corroídas. En efecto este recubrimiento no participa generalmente en la resistencia de la sección y las tensiones de adherencia son débiles.

Incluso las juntas de dilatación deterioradas son desperfectos localizados en el concreto que no hacen correr graves riesgos al conjunto de la obra; el deterioro puede también limitarse a losas y placas de revestimiento u otros elementos no resistentes.

Generalmente los daños a elementos no estructurales se deben a la unión inadecuada de estos elementos con la estructura, o a una falta de rigidez de la misma. Los daños más comunes no estructurales que se pueden encontrar en una obra de concreto son:

- . Aplastamiento de las uniones entre la estructura y los elementos -- divisorios.
- . Rotura de vidrios
- . Desprendimiento de aplanados, recubrimiento y elementos de fechada.
- . Agrietamientos de los elementos divisorios de mampostería.
- . Rotura de tuberías
- . Rotura de instalaciones divisorios
- . Desprendimiento de plátanos.

2.5 CLASIFICACION Y EVALUACION PREELIMINAR DE LOS DAÑOS

Esta etapa es, muy importante, no es posible evaluar la importancia de las reparaciones a hacer ni escoger los mejores métodos de reparación si la causa de los daños no es conocida. Lo que significa que la causa específica debe ser detectada.

De hecho, sobre todo para el concreto, es frecuente que no se pueda identificar, sea porque los datos para encontrar el origen del mal son insuficientes, o porque varios agentes destructores actúan simultáneamente.

Se puede sin embargo, eliminar posibilidades hasta que no queden más que unas cuantas, y escoger entonces un método de reparación que mejore el estado presente e impida la extensión de los daños debidos a todos los agentes destructores cuya acción se sospecha.

Conviene señalar que si no se consigue detectar la causa de los daños se puede escoger un método de reparación equivocada, que en determinado momento es más perjudicial que salubre.

No hay reglas ni métodos elaborados para determinar la o las causas de los deterioros. Cada caso plantea un problema particular y debe ser objeto de un diagnóstico particular.

Sin embargo, la experiencia permite establecer un cierto número de esquemas de principio. En general, el diagnóstico es difícil de hacer y es preciso conformarse con saber perfectamente lo que pueda deteriorarse y eliminar las causas posibles de dificultades hasta que aparezca la solución correcta.

Algunas sugerencias importantes serían, inspeccionar y estudiar la obra, no vacilar en tomarse el tiempo que haga falta inspeccionándola. Observarla con más y buen tiempo. Compararla a otras construcciones próximas y tratar de analizar lo que tiene de anormal, es preciso tener paciencia, los problemas de reparación no se resuelven por las técnicas del trabajo en cadena.

Estudiar el problema, es preciso llegar al fondo de las cosas y tomarse bastante tiempo. En este campo no hay muchas urgencias reales, por lo que conviene no dejarse empujar a una decisión apresurada.

Es igualmente importante estudiar la solución bastante a fondo para descubrir el defecto oculto latente, y no contentarse con reparar un deterioro superficial que pueda disimular una anomalía más profunda.

A continuación se presentan algunos criterios recomendables para la clasificación y evaluación preliminar de los daños de una estructura. En las medidas recomendadas se distingue entre la simple restauración, y el refuerzo que incrementa la resistencia de los elementos y /o la estructura.

Los criterios más recomendables para la clasificación y evaluación preeliminar de los daños en una estructura son:

DAÑOS NO ESTRUCTURALES

Consideramos solo daños en elementos no estructurales, en donde en la evaluación preeliminar contemplaremos:

- a) La reparación consistirá en la restauración de los elementos estructurales.
- b) No se requiere desocupar.
- c) No existe reducción en la capacidad sísmo --- resistente.

DAÑO ESTRUCTURAL LIGERO

Consideramos grietas menores a 0.5 mm de ancho en elementos de concreto; fisuras y caída de aplados en paredes y techo, grietas de menos de 3 mm de ancho en muros de mampostería; Por lo tanto en la evaluación preeliminar consideramos:

- a) La no existencia de la reducción en la capacidad sísmo---resistente.
- b) No se requiere desocupar.
- c) La reparación consistirá en la restauración de los elementos dañados.

DAÑO ESTRUCTURAL FUERTE

Consideramos 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, en donde en la evaluación preliminar consideraremos:

- a) Se deberá desocupar y mantenerse sólo el acceso controlado, previa rehabilitación temporal.
- b) Existe una reducción importante en la capacidad sísmo --- resistente.
- c) Es necesario realizar un proyecto de reparación para la restauración y el refuerzo de la estructura.

DAÑO ESTRUCTURAL GRAVE

Se considerarán grietas de más de un 1 mm de ancho en elementos de concreto, desprendimiento del recubrimiento en columnas, aplastamiento del concreto, rotura de estribos y pandeo del refuerzo en columnas y muros, aberturas en muros de mampostería, agrietamiento de losas planas alrededor de las columnas, desplome del edificio de más de 1:100 de su altura; con lo anterior en la evaluación preeliminar consideramos:

CONTINUACION

DAÑOS ESTRUCTURALES GRAVES

- a) Existencia de una reducción importante en la capacidad sismo--resistente.
- b) Es necesario proteger la calle y los edificios vecinos durante la rehabilitación temporal, o proceder a la demolición urgente.
- c) De ser posible deberá recurrirse a una evaluación definitiva que permita decidir si procede la demolición o bien el refuerzo generalizado de la estructura.
- d) Debe desocuparse y suprimirse el acceso y la circulación en la vecindad.

3.- BASES PARA UNA DECISION

3.1 OBJETIVOS

El objetivo primordial de este capítulo es determinar los síntomas de una estructura de concreto, como pueden ser, las fisuras, la disgregación y la desagregación (que se puede definir como una pudrición de toda la superficie, con pérdida de cemento y la liberación de áridos).

Cada uno de estos síntomas fundamentales es visible y puede ser fácilmente detectado y diferenciado de los demás. Sin embargo, cada uno se presenta bajo varias formas que tienen, cada una, una significación -- propia. Además, en una obra dada, no sólo pueden aparecer juntos los -- tres síntomas principales de degradación, sino que también son suce-- tibles de manifestarse al mismo tiempo sus diferentes formas.

Por lo tanto, diagnósticar la causa de la degradación del concreto es -- una operación muy delicada que difiere claramente de la misma investi-- gación en una obra de acero o de madera, donde la relación entre los -- síntomas y la causa es, normalmente muy clara.

Como se vió en el primer capítulo, se resuelve esté problema buscando todas las causas posibles del estado observando y procediendo por eli-- minación. Este procedimiento necesita, en primer lugar, la confección -- de una lista de los agentes y procsos de degradación y la comparación de su modo de actuar y de afectar a los elementos del concreto.

La siguiente etapa consiste en diagnósticar la causa probable, recurtien -- do al proceso de eliminación citado, las siguientes etapas son la cuan -- tificación de daños y por último la dificultad técnica para realizar la -- reparación.

3.2 INSPECCION FISICA

Quizá sea inútil precisar lo, pero para que una reparación pueda ser efectuada, es preciso que el deterioro haya sido advertido antes de que sea demasiado tarde, es decir, antes de que la obra se hunda.

De hecho, esta precisión que parece simple y evidente puede plantear un problema muy delicado. Por ejemplo las vigas y pibotes de madera - pueden ser dañados por insectos y xilófagos marinos hasta puntos cercanos al hundimiento, sin que sea apreciable la menor huella exterior, -- salvo por un observador especializado.

Inclusive un desperfecto común, como la corrosión del acero, puede ser difícil de advertir, ya que tiene lugar, principalmente, en las zonas - más inaccesibles de la obra.

La razón es simple, las partes accesibles se pintan, en tanto que, frecuentemente, no se presta atención a las inaccesibles.

Es frecuente incluso comprobar que gruesas vigas de madera que parecen perfectamente sanas son objetos de una pudrición interna muy avanzada.- En ese caso la pudrición, que es debida a la humedad, comienza y se desarrolla en los puntos de contacto entre la madera y estructura, en el lugar donde la humedad persiste.

Estas paredes no son visibles, la pudrición esta oculta y es preciso sondear la madera con un martillo para detectar el defecto.

Las caras de las vigas que son visibles y pueden ser examinadas sin dificultad por estar expuestas al aire, están secas y en perfecto estado, y no se pudrán.

podrían citarse más ejemplos, pero lo importante es tener presente que el ingeniero responsable de la conservación y reparación debe recibir una información técnica que le permita saber dónde buscar y que buscar para ser capaz de detectar los deterioros.

Saber lo que hay que buscar, dónde y como buscarlo necesita el conocimiento de diferentes tipos de degradación y de sus causas fundamentales: la experiencia es, es este sentido, primordial e indispensable.

3.3 CAUSAS DEL DAFIO

Las causas más frecuentes del deterioro de una obra o estructura de concreto, se mencionan a continuación:

- A) Causas de degradación que se producen durante la construcción.- La utilización de métodos inadecuados o la negligencia pueden afectar , durante una fase cualquiera de la obra, a la calidad del concreto.

Este concreto se dañará más fácilmente que el confectionado de acuerdo con las reglas adecuadas, y deberá ser rechazado. Aunque una mala puesta en obra pueda ser una puerta abierta a los agentes agresivos, raramente es causa directa de deterioros, salvo en los casos siguientes:

- a) Asientos localizados sobre las superficies de colado.
- b) Desplazamientos de las cimbras.
- c) Vibraciones.
- d) Segregación del concreto fresco.
- e) Retracción del fraguado del concreto.
- f) Decimbrado prematuro.

Figura 3.3.1.- Fisura debida al asiento de la superficie de colado durante la construcción.

Figura 3.3.2.- Fisura debida al movimiento de la cimbra, durante el fraguado del concreto.

Figura 3.3.3.- Fisuras en el concreto a causa de la segregación.

- B) Retracción durante el endurecimiento.- Las reacciones químicas que se producen durante el endurecimiento del concreto, se prolongan durante mucho tiempo (probablemente varios años), y llevan consigo una disminución de volumen denominada "retracción de endurecimiento" ó simplemente retracción. Si la obra no puede deformarse libremente se crean tensiones que pueden fisurar el concreto.

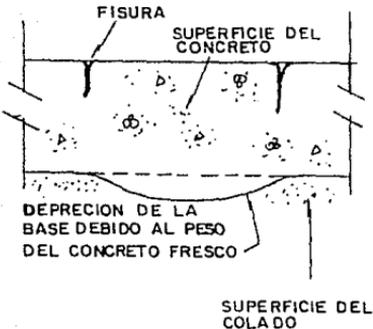


FIG 3.3.1 FISURA DEBIDO AL ASIENTO DE LA SUPERFICIE DE COLADO DURANTE LA CONSTRUCCION.

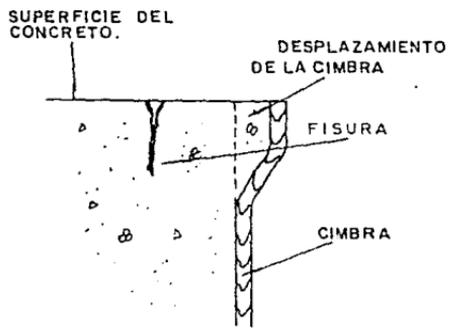


FIG 3.3.2 FISURA DEBIDO AL MOVIMIENTO DE LA CIMBRA, DURANTE EL FRAGUADO DEL CONCRETO.

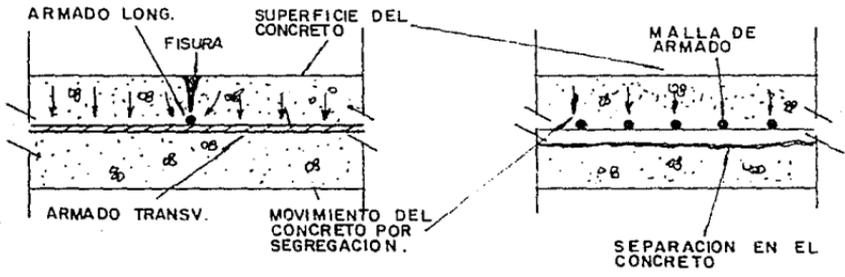


FIG. 3.3.3 FISURAS EN EL CONCRETO A CAUSA DE LA SEGREGACION.

Medidas preventivas.- Pueden limitarse los efectos de la retracción empleando mezcla más pobres, de cemento tipo I ó II en lugar del tipo III (alta resistencia inicial) y áridos de densidad normal en lugar de áridos normal en lugar de áridos ligeros.

C) Efectos térmicos.-

a) variaciones de la temperatura atmosférica.-

Las variaciones de temperatura en el concreto endurecido implica cambios de su volumen y de su forma. Si tales cambios son coartados por la estructura de la obra, se producen esfuerzos que pueden producir tracciones en el concreto.

b) Variaciones de la temperatura interna.-

Las variaciones de volumen del hormigón pueden deberse también a variaciones de temperatura interna, por ejemplo; el aumento de temperatura del concreto durante el fraguado en presas, losas de cimentación y cimientos de turbinas, que resulta de las reacciones exotérmicas que se producen, es un fenómeno conocido.

Menos conocida, pero también importante, es la influencia del empleo de áridos cuyo coeficiente de dilatación térmica difiere netamente del coeficiente medio del concreto, que es 12×10^{-6} por grados centígrados.

D) Absorción de agua en el concreto.-

En el mayor o menor grado, todo el concreto es poroso. De hecho frecuentemente se comprueba que entre las diferentes partes de una misma obra, construidas con los mismos materiales, según las mismas normas, con el mismo contratista, algunas están gravemente dañadas mientras que otras están sanas. Esto se debe generalmente a las diferentes cantidades de agua absorbidas por el concreto según sus condiciones de utilización y según su porosidad, que es función de la calidad de ejecución.

Cuando la cantidad de agua en el concreto aumenta, éste se entumece y aumenta su volumen.

E) Corrosión de los armados.-

a) Corrosión debida a ataques químicos.-

Salvo en los pocos casos de obras de concreto en masa, la construcción en concreto contiene armado de acero.

Estos armados se colocan expresa y casi invariablemente a algunos centímetros, normalmente apenas más de uno, de la superficie. Si el armado está en contacto con el aire o el agua se corroe. El volumen de óxido producido por la corrosión en unas ocho veces el del metal sano de que procede, lo que provoca fisuras y disgregación del concreto.

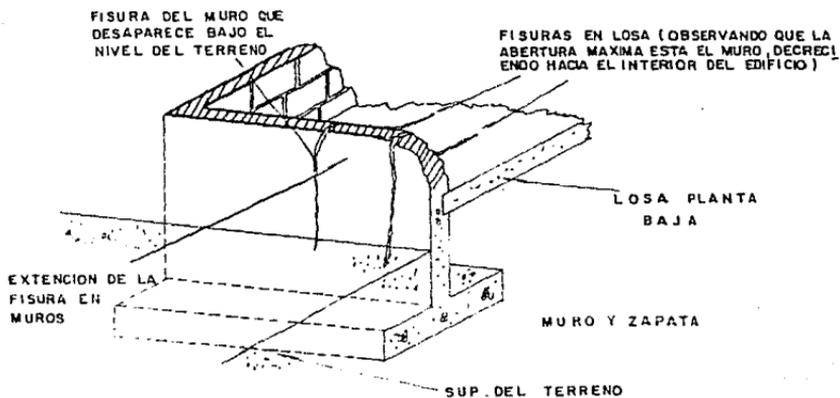


FIG 3.3.4 FISURA DEBIDO A EFECTOS TERMICOS

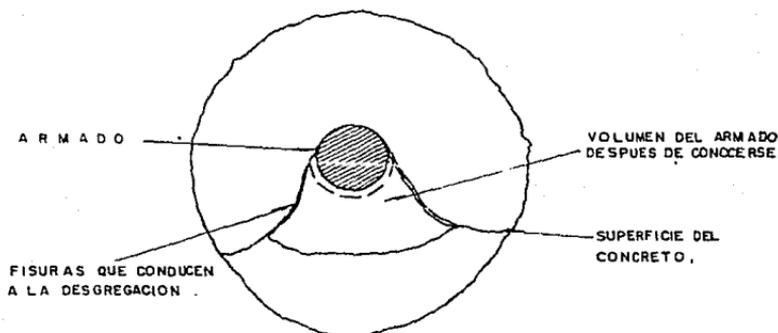


FIG 3.3.5 FISURAS EN EL CONCRETO DEBIDO A LA CORRÓSION DEL ARMADO.

CORROSION DE LOS ARMADOS

b) Corrosión debida a efectos electrolíticos.-

En contacto con el agua, sobre todo en presencia de sales, el concreto es conductor, las corrientes eléctricas erráticas puede generar un efecto electrolítico sobre el acero y provocar una fuerte corrosión.

Los orígenes de estas corrientes son frecuentes accidentales, como las tomas de tierra o las fugas; pueden también provocarse, como en el caso de la protección catódica.

cuando se toman medidas de protección, hay que recordar que los sulfatos, cloruros y carbonatos favorecen la corrosión.

F) Reacciones Químicas.-

a) Materiales defectuosos.-

La utilización de materiales defectuosos o sucios provocan variaciones de volumen en el concreto, fisuras y todo tipo de desperfectos imprevisibles.

b) Algunos de los más importantes agentes.-
Destructores.-

Los cementos comerciales son alcalinas y les atacan los ácidos, los compuestos orgánicos hidrolizables son ácidos y algunos alcoholes.

El agua del terreno, ácida a causa de la presencia de vegetales en descomposición, constituye a veces una fuente de dificultades a este respecto. Los forjados de lechería plantean un problema a causa del ácido láctico de la leche vertida que se agria.

Los forjados de cervecerías, de fábrica de pasta de papel y productos alimenticios, son otros tantos problemas. Las sales que contienen iones amonio y magnesio atacan al concreto, reaccionan con el calcio.

En particular la sustitución del calcio, por magnesio se produce en contacto con el agua de mar. Es uno de los mecanismos por los que el agua de mar ataca al concreto.

Figura 3.2.5 Fisuras en el concreto debidas a la corrosión de - el armado.

- G) Alteración atmosférica.-
Como se ha indicado anteriormente, todos los concretos son más o menos capaces de absorber agua. Si el agua absorbida se expone a temperaturas inferiores a 0°C, se hiela y aumenta de volumen; la presión resultante fisura la superficie de concreto.

Durante el deshielo, la superficie fisurada se disgrega. La repetición de este proceso lleva consigo la desintegración de la superficie del concreto.

Medidas preventivas; siendo el problema esencial el de la dilatación del agua absorbida por la masa del concreto al helarse, la mejor precaución es disminuir la porosidad utilizando un concreto compuesto, y de buena calidad.

En particular la proporción agua / concreto no debe sobrepasar de 23 litros por saco de concreto.

- H) Ondas de choque.-
Siendo el hormigón un material heterogéneo, es susceptible a disgregarse cuando está sometido a ondas de choque.

Esto se debe a las diferentes velocidades y propagación de las ondas en los diferentes materiales; áridos conglomerantes y armados. Los pibotes de concreto son muy sencillos a este fenómeno. Estos elementos necesitan generalmente una hica potente para su colocación.

Los muelles y los espigones son también fuerte de problemas en este aspecto. Si no están convenientemente protegidos, pueden ser dañados por los choques durante los ataques, sobre todo en los puntos de concentración de tensiones, tales como ángulos, cornisas, etc. Lo mismo ocurre en las cimentaciones de máquinas, se han observado también casos de rotura bajo el efecto de ondas de choques debidos al paso de la barrera del sonido.

Medidas preventivas, la experiencia adquiere en las zonas sísmicas durante el bombardeo, han demostrado que la utilización de secciones muy armados garantizan una excelente resistencia de las obras de concreto a las ondas de choques.

La resistencia a los choques puede también mejorarse por utilización, en la confección del concreto, de áridos angulosos y rugosos en vez de áridos rodados. En el caso de pibotes hincados, lo mejor es ayudar con chorro de agua con objeto de golpearlos con menos fuerza.

- I) Erosión (Abrasión)
Los casos que siguen son los ejemplos más frecuentes de erosión del concreto. En todo caso, la protección esencial consiste en utilizar un concreto de buena calidad, compacto y liso en superficie.

- a) Losas de pavimentos.-

La carga por eje de vehículos con llantas es normalmente fuerte, de 16 a 20 t.m., como el costo de la mano de obra ha crecido fuertemente, se tiende a ahorrar en el uso de estas máquinas, lo que

hacen que la suciedad y los deterioros que no se retiran inmediatamente, jugando éstos el papel de abrasivos respecto del pavimento. La abrasión de las losas de pavimentos es, un problema corriente.

b) Obras hidráulicas .-

Los canales de concreto padece también un problema, los cuerpos sólidos en suspensión desgastan por abrasión el fondo y los cajeros. Los particulares más gruesos se desplazan rebotando sobre el fondo.

Además a grandes velocidades puede producirse el fenómeno de cavitación (o sea, un tipo de desgaste, que no existe la presencia de sedimentos en suspensión).

c) Conducciones.-

La abrasión puede plantear un problema grave sobre todo si las conducciones transporta gas de alto contenido de cenizas. Sin embargo, lo único que se puede hacer es mejorar el proceso de combustión y utilizar un revestimiento.

d) Obras marítimas en zonas de rompientes.-

En las zonas de rompientes o próximas a ellas, las olas excavan el fondo y erosionan todas las construcciones que alcanzan con la partícula de arena y de lodo que proyectan violentamente,

El ciclo persigue, poco a poco, años tras años, millones de veces, desgastando el concreto más duro y el acero más resistente.

J) Mala concepción de los detalles constructivos.-

En los indicios anteriores se ha estudiado la degradación debida a deficiencia en los componentes del concreto, a una construcción inapropiada o mal concebida y a la agresividad del medio en sus diversas formas.

Tan preocupante como esto es la presencia de detalles constructivos mal proyectados que, respetando las exigencias del pliego de condiciones, no satisfacen en la práctica.

Si se examina un gran número de obras situadas en lugares diversos, se descubre que las degradaciones que se producen con mayor frecuencia están ligadas a ciertos detalles.

Así ocurre que ciertos efectos se producen por no preverlos durante la redacción del proyecto. Un gran número de detalles constructivos defectuosos se describen a continuación. Conviene evitarlos y tenerlos en cuenta durante la realización del proyecto.

- a) Angulos entrantes.
- b) Variaciones bruscas de sección.
- c) Juntas rígidas entre losas prefabricadas.
- d) Deformaciones.
- e) Fugas en las juntas.
- f) Goterones mal proyectados.
- g) Drenaje insuficiente.
- h) Juegos insuficientes de las juntas de dilatación.
- i) Tensiones tangenciales no previstas.
- j) Incompatibilidad de materiales o secciones.
- k) Efectos de fluencia no previstos.

3.4 CUANTIFICACION DE DAÑOS

Cuando se ha determinado la causa del deterioro y se ha comprobado la resistencia de la obra, hay que decir;

- a) Dejar que prosigan los deterioros.
- b) Tomar medidas para conservar la obra en su estado actual sin tratar de reforzarla.
- c) Reforzar la obra.
- d) Si los deterioros son de gran importancia, reconstruir e incluso abandonar la obra. Esta decisión debe tomarse en función de factores de seguridad.

ECONOMIA Y ESTETICA

Estos factores se rigen por los siguientes principios. Teniendo en cuenta que pueden aplicarse a las diferentes partes de la obra, decisiones y mé todos diferentes.

Primer caso; El cálculo demuestra que la resistencia de la obra es aún suficiente. Si el aspecto exterior de la obra deja que desear ó si los desperfectos ulteriores puedan actuar en este sentido, debe repararse la obra cuanto antes.

En caso contrario:

- 1) Inspeccionar la obra para saber si la degradación está estabilizada ó prosigue.
- 2) Si está estabilizada es inútil reparar sin aplicar un tratamiento -- preventivo; es mejor no hacer nada.
- 3) Si progresa, ver si es más económico dejarla avanzar y reparar más -- tarde ó reparar cuanto antes.
- A) Primero hay que ver si es posible diferir la reparación, si la resistencia de la obra es suficiente, pero no sobrada, y los deterioros -- progresan, es evidente que no puede diferirse la reparación.

Suponiendo que sea posible diferir la reparación, estudiar los costos del trabajo ejecutado inmediatamente ó pasado un tiempo. Si se difiere el trabajo, el deterioro se agravará y la reparación será más costosa.

Además, si hay que aplicar a la obra un tratamiento preventivo bajo-- una forma cualquiera, para diferir las reparaciones, es costo de está operación se añadirá al del trabajo definitivo. Contra estos gastos suplementarios serán parcial ó completamente por la inversión de sumas cuyo gasto hayan sido diferido.

Por ejemplo, supongamos que el tratamiento preventivo de ciertos elementos de una obra y las reparaciones posteriores deben costar un 50% más que la reparación inmediata. Esta cifra del 50% puede representar el costo del tratamiento preventivo (sea un 30%), la consideración del hecho de que las reparaciones serán más costosas si los deterioros -- están avanzados (un 20% más) y la parte correspondiente a las prevenciones de alzaz y bajas en el costo de la construcción.

Si se evalúa en un 6% por año el interés de la inversión de las sumas no gastadas, y "C" representa el costo de las reparaciones si se realizarán inmediatamente, los elementos financieros, a continuación son los siguientes:

Costo del tratamiento preventivo	0.30 C
" " " de la reparación inmediata	1.00 C
" " " de la reparación posterior	1.20 C
" " " de la reparación diferida por la aplicación inmediata de un tratamiento preventivo.	0.70 C

El cálculo de la rentabilidad se hace gracias a la fórmula del interés compuesto:

$$A = P (1 + i)^n$$

En dónde:

n= número de años

i= interés

a= suma total gastada

El año enésimo, que debe ser igual al valor capitalizado de la suma P no gastada al principio.

- b) Segundo caso: el cálculo revela que la resistencia de la obra es, en conjunto, insuficiente ó lo será rápidamente.

Es preciso, o bien reparar o reconstruir la obra, o bien renunciar a su utilización (parcial o totalmente), considerar un cambio de utilización. La primera decisión a tomar se presenta así: La obra (o una parte de ella) deteriorada ¿es verdaderamente necesaria?.

Es sorprendente comprobar con cuanta frecuencia un propietario descubre que no tiene necesidad de tal o cual dependencia, incluso de un edificio entero, cuando conoce el precio de las reparaciones. Ocurre también que se pone de manifiesto que las cargas aplicadas no son tan grandes como las previstas, y que la estructura puede en adelante --- preverse para una sobrecarga de uso inferior.

Sin embargo, si la decisión de no reparar o de limitar la reparación implica que la carga útil debe ser disminuida, es preciso dar a esta decisión carácter oficial, con el objeto de que los futuros usuarios estén avisados y, si se trata de un inmueble, pedir oficialmente un cambio de las condiciones en las cuales está ocupado.

Sin embargo, si se supone que la obra es necesaria, un criterio de elección empírico y corriente consiste en reparar, si el costo de la reparación es inferior al 50% de una obra nueva de sustitución, y construir esta nueva obra si los gastos sobrepasan ese porcentaje .

Esto supone, evidentemente, que, la obra puede ser puesta fuera de servicio durante el período de reconstrucción. Esto es a veces imposible, y entonces hay que hacer la reparación al precio que sea.

Si se ha decidido reparar, se pasa a la quinta etapa.

3.5 DIFICULTAD TECNICA

En relación con la dificultad técnica, se elegirá el procedimiento menos costoso y difícil que sirva para obtener el fin perseguido. Conviene tener en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- a) El costo no está representado únicamente por el gasto inicial. Hay -- que considerar el conjunto de gastos, que comprende esa cantidad inicial, los gastos de conservación y el interés producido por las cantidades no gastadas inmediatamente.
 - b) El trabajo debe ser hecho a su debido tiempo, sin prisas. Una reparación, para hacerse bien, requiere reflexión y cuidado, y esto lleva + tiempo. Además, el costo de la reparación crece a medida que la situación se agrava.
 - c) Si los daños son relativos pocos y aislados, se pueden realizar reparaciones parciales. Si son muchos, es preciso repararlos en su totalidad.
 - d) Es preciso asegurarse de que la reparación impedirá el progreso de los deterioros; de lo contrario, hay que tratar un margen suplementario de seguridad al reparar, para tener en cuenta la persistencia de la degradación o de la aparición de cualquier otra clase de alteración.
 - e) Si la obra se ha debilitado peligrosamente, la reparación debe devolverle su resistencia inicial y no limitarse a impedir que prosigan el proceso de deterioro.
 - f) ¿Qué plantea problemas de estética? . Si ocurre así los tipos de reparación posible son limitados, y pueden ser necesario ocultar la -- reparación por cualquier procedimiento ornamental.
Evidentemente, este camuflaje no debe nunca disimular desperfectos profundos ó prematuros, ni impedir el acceso a la obra que oculta.
 - g) Es preciso asegurarse que las reparaciones, durante su ejecución, no dificultarán seriamente el uso de la estructura. Si este inconveniente no se puede evitar, hay que tomar medidas para que la obra siga en servicio, como se hace para mantener la circulación durante -- las obras de carreteras.
- Estas medidas pueden alargar los plazos, ser gravosas y plantear --- problemas, todo esto hay que tenerlo en cuenta.
- h) Una reparación implica a menudo el aumento de los dimensiones de un elemento. Esto incrementa la rigidez del elemento, modifica la distribución de los esfuerzos debidos alas sobrecargas haciendo trabajar -- más algunos elementos y aliviando otros.

Estos cambios pueden ser importantes y tener serias consecuencias.

Se debe tener cuidado de que no dañen otras obras o partes de la misma obra. Es necesario un número de análisis de las tensiones. Es también necesario no dañar el drenaje, ni crear una pantalla -- térmica que aprisione la humedad en la obra en lugar de hacerla -- salir. Hay que asegurarse de que las juntas de dilatación siguen teniendo juego.

Como regla general, preciso no cambiar nada, no eliminar pasos o aberturas, y no dar de lado a ningún elemento sin razón alguna. Incluso si existe alguna razón, es recomendable obtener una autorización escrita del propietario y de la autoridad competente.

A veces, en particular cuando el proyecto y la ejecución deben de realizarse por la misma empresa, es tentador comenzar los trabajos sin haber terminado la realización de los planos ni la redacción - del pliego de condiciones.

Salvo si el caso es muy urgente, es mejor no comenzar sin haber - preparado estos documentos a excepción de casos elementales, los trabajos de reparación requieren un gran número de condiciones -- particulares.

4. - MEDIDAS PRELIMINARES

4.1 OBJETIVO

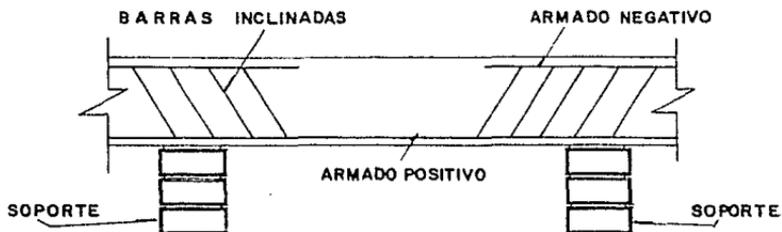
Ocurre con frecuencia que una obra seriamente dañada, cuya resistencia está aparentemente muy disminuida, continúa soportando su carga sin fallo perceptible. Este estado se explica esencialmente por las razones siguientes:

- 1.- Las obras se calculan generalmente basándose sobre procedimientos simplificados aplicados a los esquemas de construcción.
- 2.- Los elementos se dimensionan para soportar los esfuerzos máximos.
- 3.- El proyecto de una obra se basa normalmente en la teoría de la elasticidad. Procediendo a un análisis en rotura o por redistribución plásticas de momentos, es frecuentemente posible poner de manifiesto posibilidades resistentes superiores.
- 4.- Las sobrecargas de uso previstas raramente se alcanzan en la práctica.
- 5.- Puede proporcionarse un margen de seguridad inicial en forma de exceso de metal, dimensionando los elementos con la sección normalizada inmediatamente superior, o dirigiéndose a una sección más ligera pero de mayor inercia, respetando unos mínimos de espesor de metal o unos máximos de deformación.
- 6.- La distribución de esfuerzos puede diferir de la que se admite -- tradicionalmente cuando se proyecta la obra.
- 7.- La resistencia de los materiales, y sobre todo la del concreto, puede aumentar con el tiempo; si se trata del acero, puede producirse un endurecimiento por deformación.
- 8.- En algunos casos la carga prevista responde a condiciones temporales o necesidades de construcción, y las cargas de servicio son inferiores.

Figura 4.1.1 Efecto de catenaria debido a la aparición de fisuras.

Figura 4.1.2 Efecto de arco debido a la disgregación del hormigón.

- 9.- Los métodos de cálculo habituales no tienen en cuenta todos los parámetros, tales como el efecto bóveda en el relleno de un muro de contención lineal anclado, la colaboración del mortero de agarre del pavimento con el forjado y de los partocús de la



1) ESTRUCTURA

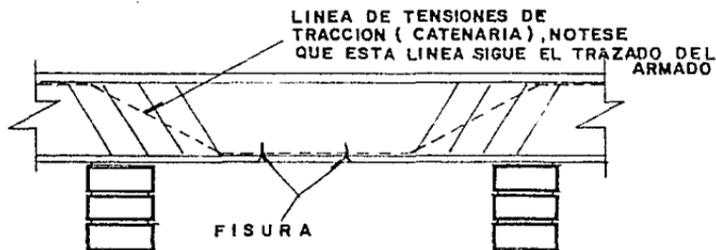
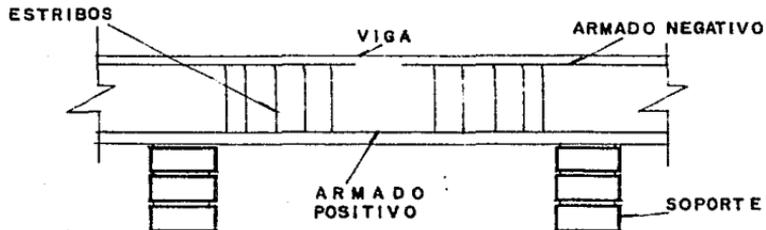
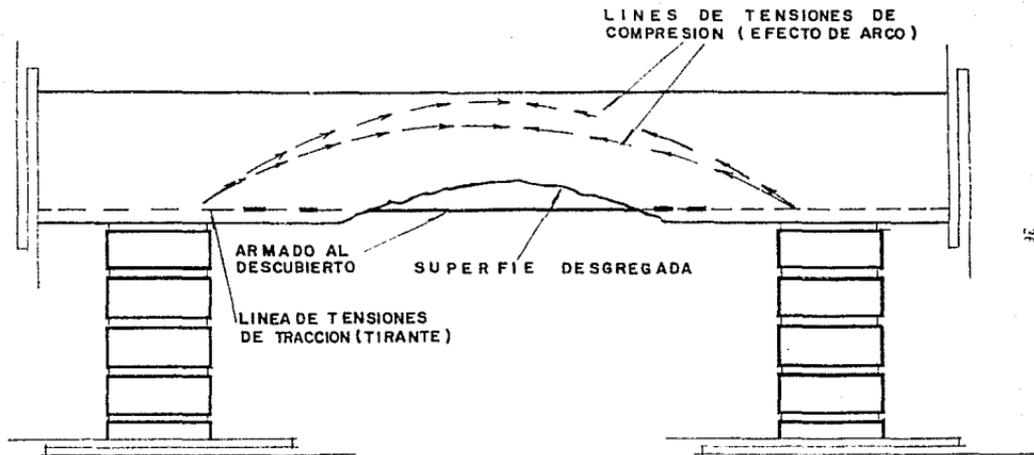


FIG 4.1.1 EFECTO DE CATENARIA DEBIDO A LA APARICION DE FISURAS.

2) EFECTO RESULTANTE DE LA APARICION DE FISURAS

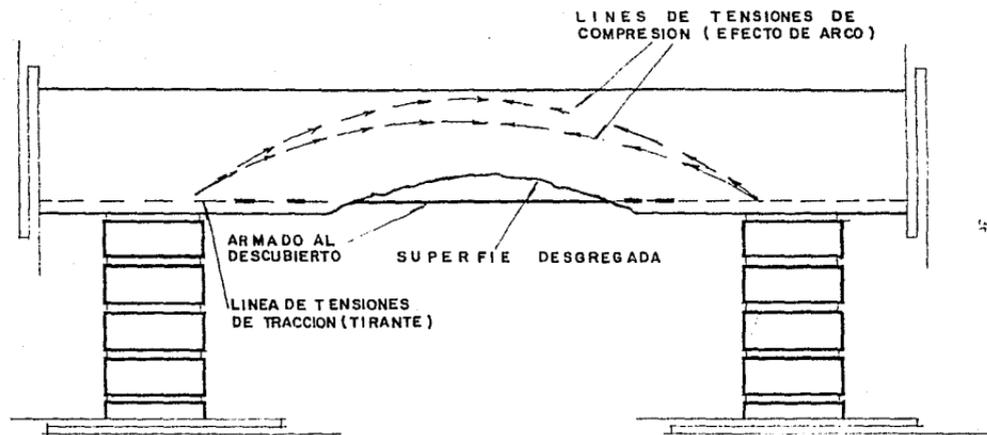


1) ESTRUCTURA



EFFECTOS RESULTANTES DE
LOS DETERIOROS

FIG 4.1.2 EFECTO DE ARCO DEBIDO A LA DESGREGACION DE HORMIGON.



36

**EFFECTOS RESULTANTES DE
LOS DETERIOROS**

FIG 4.1.2 EFECTO DE ARCO DEBIDO A LA DESGREGACION DE HORMIGON.

estructura , el incremento de resistencia de los pilares metálicos, proporcionado por sus elementos de protección contra el fuego, etc.

- 10.- Ciertos elementos se estudian en función de la rigidez y no de la resistencia y, por consiguiente, pueden tener dimensiones superabundantes.

Considerando lo anterior y la evaluación preliminar de daños se concluye que no es necesaria la demolición de inmediato la estructura , deberán definirse las medidas de emergencia apropiadas para garantizar protección temporal mientras se lleva a cabo el estudio de la rehabilitación definitiva.

por lo tanto al rehabilitar una estructura temporalmente se proporcionará una resistencia provisional a aquellos elementos y conexiones de las cuales depende la seguridad del sistema estructural total.

Además, la protección temporal deberá incluir medidas que garanticen la seguridad de las personas en las zonas adyacentes al edificio dañado y de los trabajadores que realicen las labores de rehabilitación.

El diseño de los sistemas de protección temporal debe efectuarse con premura, por lo que no se suele disponer de suficiente tiempo para aplicar los métodos convencionales de dimensionamiento. Así, se deberá recurrir a métodos aproximados de análisis para determinar las magnitudes de las cargas y de sus efectos.

4.2 ACCIONES

Si no se va a hacer una reparación, o se va a hacer parcialmente, si la obra puede continuarse utilizando en virtud de una reserva de resistencia superior a la que resulta de los cálculos de proyecto, es preciso que se reúnan las condiciones siguientes:

- 1) La resistencia de la obra debe permitirle soportar con un coeficiente de seguridad suficiente, además de las cargas actuales, las cargas máximas probables.
- 2) Hay que buscar la posible existencia de tensiones residuales importantes debidos al deterioro de la obra o a otros factores. La presencia de tensiones residuales contribuyen a disminuir la resistencia de pandeo de los elementos y constituye un factor importante que es frecuentemente despreciado.

Si la obra se ha deformado no debe levantarse a la fuerza. Es preciso desmontarla, enderezar los elementos libres de toda tensión y volverla a montar, o bien suponer que los elementos deformados no tienen la resistencia suficiente para soportar una carga superior a la que están soportando y reforzarlos.

- 3) Todas las deformaciones de la obra, necesarios para movilizar la reserva de resistencia indispensables, deben ser tomadas en consideración. Es necesario que estas deformaciones no sean causa de un aspecto desagradable o den origen a efectos secundarios molestos.

Tales como el bloqueo de juntas de dilatación, las filtraciones debidas a fisuras de fuerte espesor, o el descubrimiento de armados.

- 4) La reserva de resistencia utilizada (o la reducción aparente de la carga aplicada) debe ser real y permanente. No hay que contar con el empuje de un terreno en el que pueden ser hechas excavaciones, - por ignorancia o advertencia, ni con un peso que ocurre peligro de ser tirado, ni con el abrigo ofrecido por obras vecinas que pueden ser demolidas.

Si es necesario, se deberá colocar un cartel indicando la carga máxima, y se hará respetar. Si el problema planteado se refiere a cimentación, es preciso calcular las tensiones en el terreno suponiendo que se construirán obras en todos los terrenos adyacentes.

- 5) Es preciso detener de una manera eficaz y definitiva todo deterioro posterior de los elementos principales. No es, sin embargo, indispensable proteger los elementos que no han sido seriamente dañados.

Si la obra va a ser confiada a un personal de conservación competente, o si los elementos menos dañados en caso de ceder, no provocarían graves daños, se pueden definir las medidas de protección concernientes a ellos, y aprovechar las ventajas financieras.

Si no ocurre así, estos elementos deben recibir también una protección eficaz.

- 6) Si la reserva de resistencia deseada está proporcionado por factores no tenidos en cuenta en el proyecto, conviene rehacer los cálculos considerando estos factores. Es preciso comprobar cuidadosamente las disposiciones de detalles: Por ejemplo, los empalmes de armados que actúen a modo de tirantes, de manera que no haya pérdida de adherencia.

Es preciso comprobar que el empuje de arcos o los esfuerzos de tracción de catenarios son soportados por algún medio. También comprobar el estado de los apoyos de las vigas.

Podrá pensarse de los soportes o apuntalamientos laterales en --- aquellos casos en que los daños a reparar sean locales y se considere evidente que la estabilidad general de la estructura es adecuada.

Cabe mencionar que en las normas de emergencia en materia de construcción para el D.F. Publicadas por el diario oficial de la Federación tomo 392 con fecha del 18 de octubre de 1995, se menciona un decreto en el artículo 18-, que dice que mientras se lleva a cabo obras de refuerzo y reparación los edificios dañados deben estar apuntalados de manera que garanticen la estabilidad de la estructura para las cargas verticales estimados, y el 25% de las cargas laterales que se obtendrían aplicando las presentes normas con las cargas vivas provistas durante la ejecución de las obras.

4.3 APUNTALAMIENTO VERTICALES

El proporcionar apoyo auxiliar a las columnas y muros de cargas seriamente dañadas es la primera medida a tomar, al instalar un sistema de protección temporal. En algunas situaciones es posible limitar el apuntalamiento a un sólo piso,

En tales casos debe revisarse la resistencia a cortante en las secciones de las uniones trabe---losa, para poder así garantizar que el apuntalamiento vertical sea efectivo.

FIGURA 4.3.1 Apuntalamiento vertical en un piso. (se apuntala de igual manera para varios pisos.)

Una alternativa más confiable consiste en proporcionar soportes provisionales a todos los niveles del correspondiente al elemento dañado.

De esta manera se reducen considerablemente las fuerzas cortantes en las secciones trabe---losa, cuando el elemento de soportes provisional se apoya sobre losas debe cuidarse que no se presenten problemas de penetración.

Para evitar esto, los elementos de soporte deben apoyarse sobre piezas horizontales, que puedan ser tablonos o vigas de madera acostados, que distribuyan la carga. Generalmente será necesario transmitir cargas -- hasta la cimentación e incluso puede requerirse la construcción de un cimientto provisional para llevarlas hasta el suelo.

NOTA: La distancia entre los elementos de apoyo provisionales y el elemento dañado debe ser mínima posible.

La madera es quizá el apuntalamiento vertical más fácil de conseguir, los tablonos y tablas se consiguen en varios anchos. La madera generalmente utilizada es el pino, los elementos de la -- madera están sujetos a cargas axiales de compresión, que son las predominantes en elementos de soportes verticales.

Con cargas ligeras pueden utilizar polines o vigas no arriostradas. Para repartir la carga y evitar los problemas de penetración, es necesario colocar en los apoyos tablonos o vigas acostadas.

FIGURA: 4.3.2 Apuntalamiento vertical simple y apuntalamiento arriostrado.

También pueden formarse elementos compuestos compactos uniendo dos vigas. La eficiencia de los miembros aislados puede incrementarse por -- medio de arriostramientos triangulares que disminuyen las longitudes efectivos de pandeo.

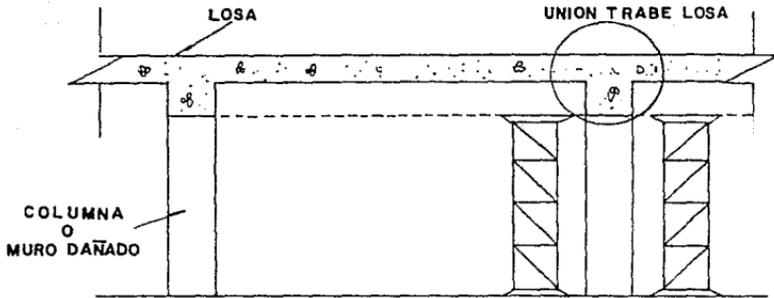


FIG. 4.3.1 APUNTALAMIENTO VERTICAL EN UN PISO (SE APUNTALA DE IGUAL MANERA PARA VARIOS PISOS)

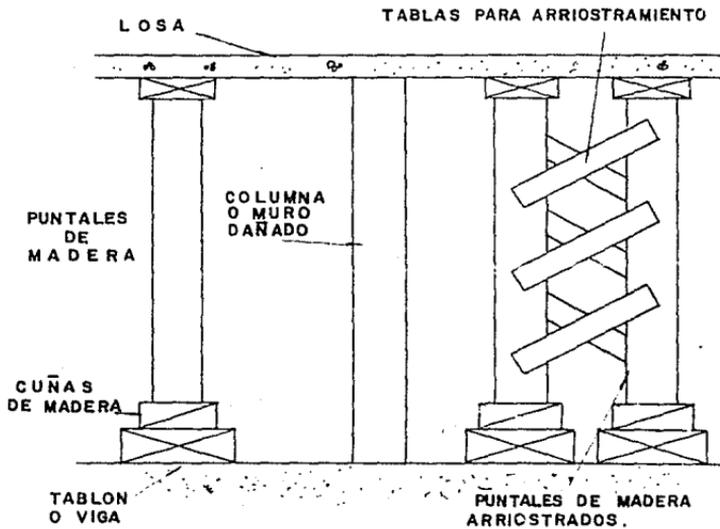
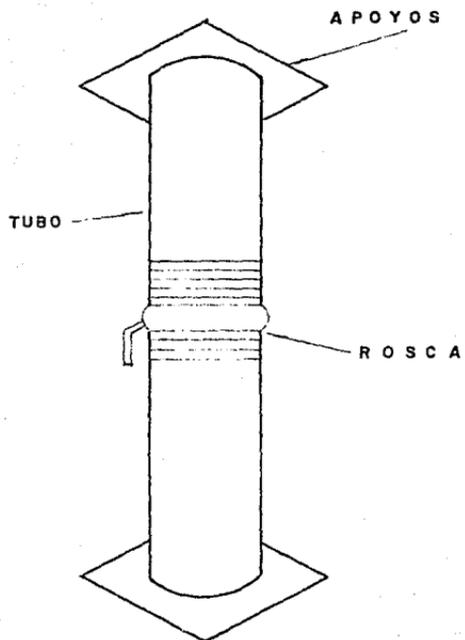


FIG. 4.3.2 APUNTALAMIENTO VERTICAL SIMPLE Y APUNTALAMIENTO ARRICOSTRADO.



PUNTA TELESCOPICO

FIG 4.3.3

En caso de secciones cuadradas como los polines, el arriostamiento - deberá hacerse en ambos sentidos para que sea efectivo.

Es importante señalar que los detalles de apoyo deben ser semejantes a los mencionados para miembros simples aislados.

cuando las porciones de muros entre aberturas o daños en los di nteles se han agrietado de manera que su capacidad de carga y su estabilidad lateral son dudosas, puede recurrirse a refuerzos con piezas de madera.

Cuando las cargas que deben soportarse son grandes, debe recurrirse al empleo de perfiles simples de acero o combinaciones de ellos para formar diferentes tipos de secciones compuestas.

Los perfiles simples así como las secciones compuestas, deben acuñarse debidamente, en forma semejante a la utilizada para los elementos de soportes.

Existen también diversos elementos producidos industrialmente para ser usados en cimbras y obras falsas para la construcción de estructura de concreto que pueden aprovecharse para apuntalar.

Para cargas muy ligeras pueden utilizarse soportes telescópicos independientes, la capacidad de estos elementos es de aproximadamente dos toneladas y una altura aproximada de tres metros. Para soportar sistemas de piso o techados ligeros que hayan sufrido daños, puede recurrirse a combinaciones de elementos tubulares. Al igual que en el caso de los soportes telescópicos independientes deben cuidarse los detalles de apoyo en ambos extremos.

FIGURA 4.3.3 Punta telescópica.

Es importante señalar también que los apuntalamientos concuerden bien de arriba a abajo, cuando se utilizan para varios pisos, para poder así evitar oscilaciones que afecten a la estructura en reparación.

4.4 SOPORTES LATERALES

La determinación de la capacidad y la distribución de los soportes -- laterales es uno de los aspectos más difíciles del diseño de sistemas de protección temporal. Además debe preocuparse que el sistema de apuntalamiento estorbe lo menos posible, tanto en el uso normal del edificio como en los trabajos de la reparación final.

El soporte lateral puede lograrse con apuntalamientos inclinados y con diversos sistemas de contraventeo.

Deben proporcionarse soportes lateral a los muros de carga, concreto o de mampostería con la finalidad de que no caiga hacia afuera, debido a diversas acciones horizontales, lo que ocasionaría el derrumbe de los pisos o techos que sostienen.

Los puntales pueden estar formados por dos vigas unidos por pernos o -- flejes, colocados a distancia convenientes según las fuerzas consideradas a resistir. Deben apoyarse a la altura de los pisos sobre piezas verticales de madera, unidas al muro por elementos de conexión adecuadas -- para resistir los componentes verticales del puntal inclinado.

El extremo inferior debe tener apoyo, empostrándolo o por algún otro procedimiento para que resista las fuerzas axiales o laterales. La inclinación de los puntales con respecto a la horizontal no debe ser mayor a 45°. El apoyo sobre el suelo debe ser adecuado.

FIG.4.4.1 Apuntalamiento exterior.

También se puede ligar los muros exteriores a elementos del sistema de piso o colocar tirantes de muro a muro.

FIG.4.4.2 Anclaje de muro exterior a vigas del sistema de piso.

FIG.4.4.3 Anclaje de muro a muro.

Los edificios a base de marcos pueden rigidizarse por medio de contraventeos por miembros diagonales de madera o acero que trabajen a compresión.

para que sean efectivos deben acuñarse adecuadamente en ambos extremos. Si las columnas no son capaces de resistir las componentes verticales introducidas por el contraventeo, será necesario completarlo con elementos adicionales verticales.

Los miembros pueden consistir en cables o en perfiles laminados de acero. Los perfiles laminados se dimensionan por los métodos usuales de -- esfuerzos permisibles o de resistencia última.

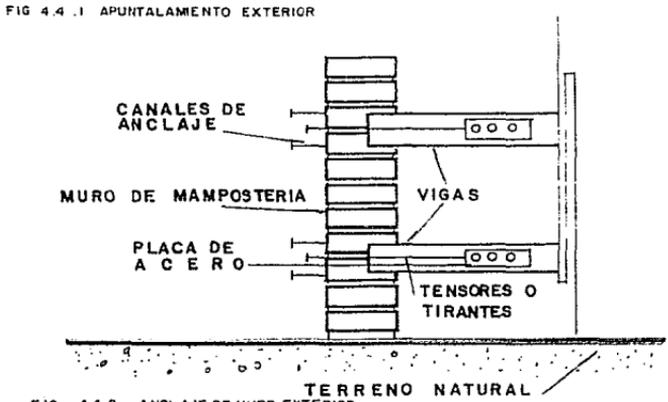
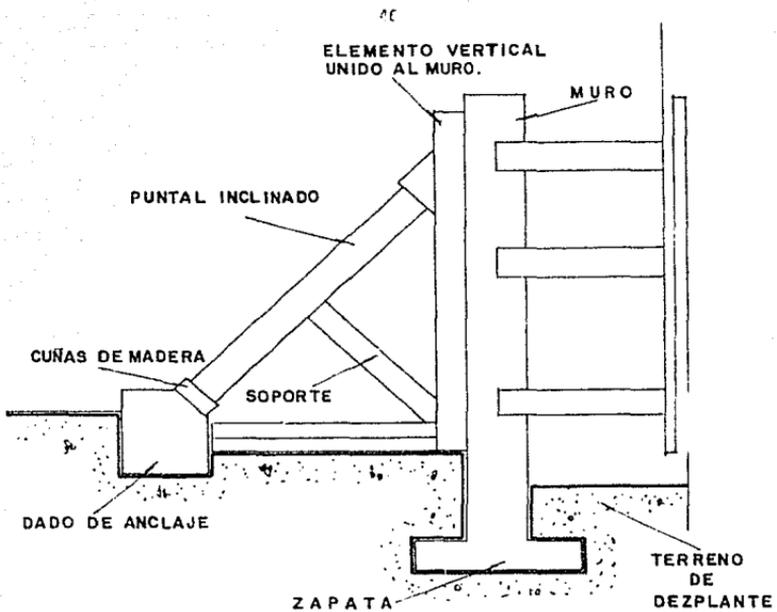
Los cables suelen dimensionarse por resistencia última, ya que el dato que acostumbran dar los fabricantes es la carga de rotura.

Los detalles de uníon de los tirantes a la estructura en proceso de -- reparación deben estudiarse cuidadosamente.

En al^rgunas situaciones puede resultar conveniente proporcionar sopor-- te a una estructura por medio de tirantes exteriores, el diseño del muerto que actúa sobre el suelo debe ser.

Lo suficientemente grande para que el manejo pasivo sea superior a la es-- componente horizontal del tirante, también el peso del muerto debe ser -- superior a la componente vertical del tirante, por último la localización del anclaje del tirante no debe provocar el volteo del muerto.

Ver figura 4.4.4 .



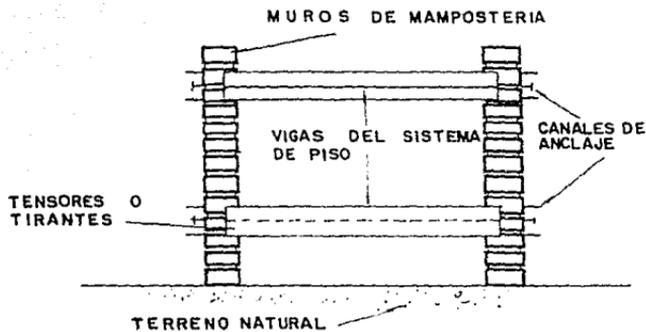


FIG. 4.4.3 ANCLAJE DE MURO A MURO

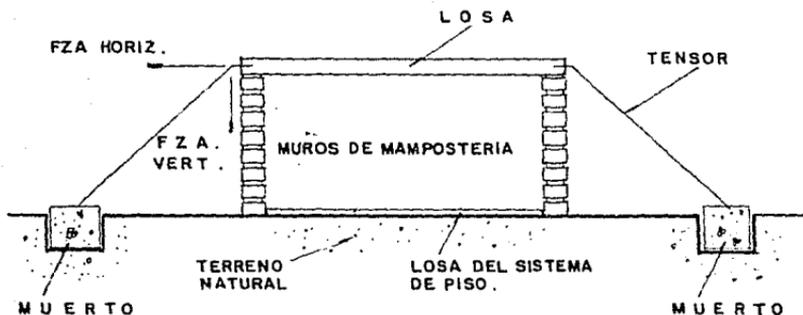


FIG. 4.4.4 SOPORTE LATERAL CON TENSORES ANCLADOS A UN MUERTO DE CONCRETO.

4.5 METODOS DE ACUÑAMIENTO

Para transferir cargas de los elementos estructurales dañados al sistema de soporte temporal es necesario acuñar adecuadamente del sistema -- que trabajan a compresión, esto puede hacerse por medio de cuñas de madera, gatos mecánicos, gatos hidráulicos ordinarios y gatos hidráulicos planos. Los daños de madera deben fabricarse de madera dura, seca y libre, una vez ajustada deben evitarse posibles movimientos sujetándolos con clavos.

FIG. 4.5.1 Uso de cuñas de madera.

Los gatos mecánicos deben tener una superficie de apoyo proporcional a la carga que transmiten, de manera que no existan problemas de penetración, también la superficie de apoyo deben estar en relación con la altura del gato, para evitar problemas de volteo.

Los gatos hidráulicos deben estar librados de manera que el operador -- pueda relacionar la presión del aceite con la carga aplicada.

Cuando las bases de los gatos no proporciona un apoyo adecuado puede -- intercalarse una pieza de madera o una placa de acero entre la base y la superficie de apoyo para lograr una mejor repartición de la carga.

Los gatos planos constituyen un medio eficaz de acuñar y pueden operarse a distancia al igual que los gatos hidráulicos ordinarios, generalmente funcionan inyectándoles agua o aceite.

A veces es conveniente colocar lechada, madera dura o placas de plomo -- entre la estructura soportada y el gato plano para mejorar las condiciones de apoyo.

Una vez terminada la operación, es conveniente instalar cuñas de madera como medida de seguridad en caso de una pérdida de presión.

FIG. 4.5.2 Gatos planos con acuñamientos de madera.

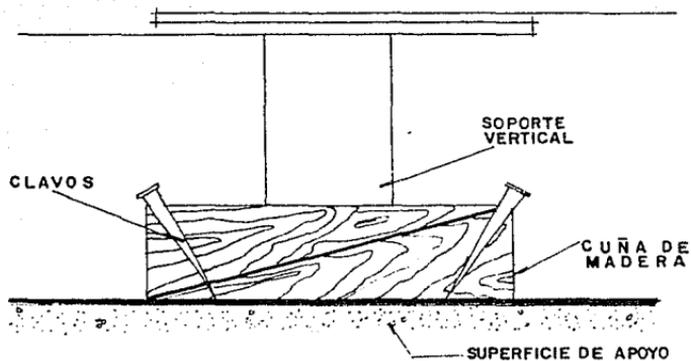


FIG 4.5.1 USO DE CUÑAS DE MADERA

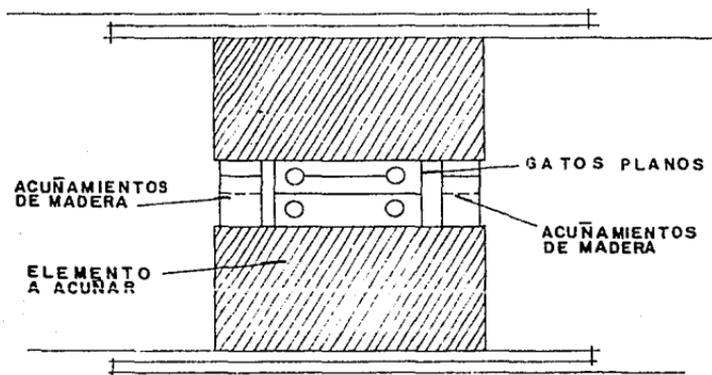


FIG 4.5.2 GATOS PLANOS CON ACUÑAMIENTOS DE MADERA

4.6 OTRAS ACCIONES

Otras acciones que nos sirven como medidas preliminares para la reconstrucción de una estructura, son:

Los acodalamientos; estos se colocan horizontalmente y consisten en unos polines recargados contra la pared, sostenidos por otros polines de madera verticalmente, los cuales se encuentran apuntalados por unas calzas cuños y pins se apoyan en plantillas de madera hincada en la tierra, el funcionamiento de estas acodalamientos consiste en que varias cuñas impiden que los pies de los puntales resbalen en las plantillas, trabajando en conjunto las calzas de madera aplicándolos sobre la misma plataforma y -- armandolas con contraventeos.

APEDS; Un apeo se compone de tres caballetes constituidos por vigas montantes que sostienen unos travesaños que reciben el nombre de sombreretes, las ventanas o los voladizos de los balcones pueden ser apuntaladas con facilidad y seguridad, ya que los elementos de madera están oblicuos y apretados uno contra otro por sus puntas y apoyadas en las plataformas, colocadas sobre los tableros de las ventanas, consolidando los voladizos de dicha ventana.

Para reconstruir un muro de carga, que soporte una losa, se apuntala dicha losa, colocando en el suelo vigas maestras a 45°, apoyándolas sobre las vigas o através de ellas.

Apoyadas en las vigas maestras, se colocan puntales, que soportan una carrera colocada paralelamente y verticalmente por encima de las vigas maestras.

El pié de los puntales, está cortado en bisel y se calza con una cuña de madera.

Para reconstruir un muro de mampostería en toda su altura, es preciso que todas las losas estén apuntaladas, para así poder realizar el apeo con toda seguridad.

5.- EVALUACION DEFINITIVA Y REPARACION

5.1 OBJETIVO:

Como se ha venido observando, diagnosticar las causas de deterioro de una obra de concreto consiste esencialmente en proceder por eliminación hasta llegar a una conclusión. El objeto de este punto es proponer una marcha a seguir para formular un diagnóstico. Desgraciadamente, procediendo así, no siempre se llega a una conclusión única.

Esto se debe, en parte, a la limitación de nuestros conocimientos actuales, pero más frecuentemente a una falta de datos, en particular en lo que se refiere a los antecedentes de la obra.

Por ejemplo, en más de 50% de los casos, datos esenciales, tales como el tipo de cemento, la composición del concreto, el origen del árido, las condiciones atmosféricas durante la construcción y para los pilotes, su longitud y las curvas de hinca, no pueden ser obtenidos.

A pesar de esto, se puede actuar eficazmente siguiendo un orden adecuado, fiándose de la propia experiencia y dando prueba de un buen sentido de ingenio.

La experiencia es muy importante, indicios que no pueden ser observados la primera vez que una situación se presenta, serán fácilmente detectados la siguiente vez.

Por lo tanto, el objetivo primordial de este punto, es, determinar precisamente si la estructura es reparable o no. En general esto será si cuando el costo de la reparación sea razonablemente menor del que sería de moler y volver a construir una estructura.

Podemos considerar que el planteamiento de la reparación podrá llevarse a cabo dividiéndolo en:

Restauración o sea la recuperación de la capacidad de resistencia de la estructura original. Y el refuerzo o incremento de la capacidad sísmica resistente original y mejoramiento de la estructura.

El estudio y las limitaciones de las diferentes alternativas, permitirá elegir adecuadamente la solución para proceder al diseño y construcción. Antes de proceder al diagnóstico definitivo, conviene retener que, a menos que la causa del daño sea evidente, no hay que pararse a medio camino del proceso expuesto. Varios agentes destructores, actuando a la vez, pueden ser el origen de las dificultades, y es inútil identificar uno, sin tener en cuenta los demás.

5.2 - INSPECCION DESAPOLLADA

Es importante comprobar, que el deterioro no es debido a una sobrecarga no considerada en el cálculo de la estructura. Haciendo justicia a -- los despachos de proyectos, hay que decidir si existió algún problema en el proyecto, aunque este caso es muy raro, suele presentarse a menudo.

Hay que asegurarse que el daño de la estructura no se debe a estos, de manera siguiente:

- 1.-Se examina, en primer lugar, el tipo de tensiones que habría podido causar el deterioro observado, por ejemplo, las tracciones provocan fisuras, generalmente sin disgregación superficial y frecuentemente una fisura o un pequeño número basta para suprimir las tensiones que las ha provocado.

Por otra parte, un esfuerzo de compresión excesivo va, casi siempre, acompañado de disgregación superficial y de astillamiento, antes de que las tensiones desaparezcan.

un esfuerzo de torsión o de cizalladura excesivo, puede dar lugar - a uno de estos fenómenos o a los dos a la vez. Sin embargo, ninguna tensión, por superior que sea a las admisibles, basta para causar la desagregación del concreto.

Así, si el síntoma de la degradación es la desagregación, es poco probable que la causa del mal este en un error de cálculo.

Por lo mismo si el síntoma son las fisuras sin disgregación superficial, hay que eliminar como causas posibles a las tensiones de -- compresión excesivas, y quizá incluso las debidas a la-torsión y -- esfuerzo cortante.

Si la obra está a la vez fisurada y disgregada, las tensiones de -- tracción excesivas no son la causa.

Hay que tratar también de encontrar la relación entre la ubicación de los deterioros en la obra y el origen probable del exceso de -- torsión. Hay que tener en cuenta que, en la vigas, el alma absorbe las cortantes, las alas de flexión y que la torsión produce, tension nes máximas en la fibras extremas en sentido transversal.

por lo tanto, la presencia de fisuras de cortante en las alas, o de flexión en el alma, es incompatible con este esquema de distribución de tensiones. Hay que exceptuar el caso en el que el elemento (generalmente el alma), está sometido a un conjunto de tensiones., esto debe comprobarse por el cálculo.

- 2.- A continuación, una vez que se sabe que tipo de tensiones puede ser excesivas, hay que ver si se producen en las zonas dañadas. Por ejemplo; si se ha atribuido provisionalmente las fisuras a una tracción excesiva y si estas fisuras aparecen en el ala que trabaja a compresión, hay una incompatibilidad, la causa entonces, no es una torsión superior a la admisible.

Del mismo modo, la disgregación superficial no tiene nada que ver en el estado de tensiones en las zonas que trabajan a tracción -- las zonas "triturdadas" no tienen nada que ver con la distribución de tensiones en los elementos que trabajan a tracción o a cortante.

Hay que ver también que partes del elemento están deterioradas. En toda obra alguna secciones están sometidas a tensiones elevadas, inherentes a sus condiciones de trabajo, y otras no lo están. Hay que saber si el emplazamiento de las zonas deterioradas coinciden con el de las tensiones fuertes.

A este respecto, no hay que olvidarse de comprobar si las fisuras o la disgregación está situada al nivel de los extremos o nodos de los armados y hay que pensar también en el complejo estado de tensiones a que está sometida el alma en las proximidades de los apoyos.

- 3.- Si no se ha encontrado ninguna incompatibilidad, hay que examinar la orientación de las degradaciones. Las fisuras de tracción son perpendiculares a la dirección de las tracciones. El esfuerzo cor tante provoca roturas por tracción según diagonales.

Las fisuras resultantes se inclinan en el alma. Los asientos de cimentación se manifiestan también generalmente, por fisuras oblicuas, aunque la red generalmente correspondiente pueda no presentarse así en zonas inmediatas a alguna abertura o en los contras de vano.

Hay que respetar el esquema de conjunto de las tensiones a las -- cuales está sometida la obra (sin tener en cuenta esfuerzos, para sitios debido a la temperatura o retracción), por ejemplo; y ver si tienen una relación lógica con la fisuración y demás daños.

Esta etapa de la identificación de los daños en la estructura, se deberá efectuar después de la rehabilitación temporal. Para su -- realización, tendrán que ser retirados todos los acabados de los elementos estructurales que se sospechen puedan estar dañados con base en la inspección preliminar.

La inspección detallada consiste en registrar la descripción del estado en que se encuentra cada elemento dañado. Para esto se -- recomienda el uso de fichas individuales que incluyan fotografías del elementos en cuestión. La información que así se recabe, deberá llevarse a copias reducidas de los planos para facilitar su

manejo dentro del proyecto de reparación.

4.- Si a lo largo de la marcha seguida hasta aquí se encuentran una incompatibilidad, es poco probable que haya habido un error en el cálculo, y se puede, provisionalmente, desechar esta hipótesis.

Si todas las observaciones concuerdan con las hipótesis, es posible que la causa de los daños sea un error de cálculo, y hay que descender a un estudio detallado de las tensiones.

Conviene notar que la eliminación como causa, admitida hasta aquí, de la existencia de tensiones mayores que las admisibles, no es más que provincial.

Si una vez llegado a la última etapa de la búsqueda, las comprobaciones hechas no están de acuerdo con los factores aún no eliminados, hay que volver atrás y buscar la solución en una distribución inusual de tensiones.

5.3 INFORMACION COMPLEMENTARIA

Para reconstruir la historia de la obra, ¿Cuándo se se construyó? ¿Por quién? ¿En qué estación del año? ¿Que tipo de cemento utilizó? ¿Due - áridos?, y, ¿De dónde procedían? ¿Se colocó el hormigón con canaletos? ¿Cómo se curó el hormigón? . Hay que interrogar a las personas que han participado en el proyecto y construcción de la obra y ver si se explican los daños.

Sus sugerencias son frecuentemente, muy valiosas.

Hay que asegurarse de que la obra no se ha movido, y comprobar su horizontalidad y verticalidad y ver si está de acuerdo con el proyecto original. Si no lo está, definir en que difiere.

Hay que tratar de descubrir todo levantamiento o asiento de las superficies que se suponen planas. Es una opinión muy delicada, pero que puede revelar deformaciones de la cimbras durante la construcción, o asentamientos locales de la masa plástica del concreto.

También hay que realizar un estudio detallado de la degradación, y ver dónde se ha producido y dónde son más serios los daños. Hay que levantar un plano de las fisuras y estudiar si se forman según un esquema tipo.

Si es esté el caso, ver cuál es esté esquema y determinar el tipo de fisuración esto dá indicios de gran valor.

Para esta fase difícil y desconcertante, en general conviene actuar -- según el siguiente proceso:

- a) El síntoma fundamental es la desintegración de la superficie. Ante todo, hay que investigar si no se debe a la utilización de material defectuoso; procurarse muestras del producto alterado; hacer comprobar por un laboratorio que los materiales cumplan el pliego de condiciones, y comprobar que este pliego es correcto.

Si los materiales pertenecen a tipos reconocidos como defectuosos, no es necesario seguir. Si no pertenecen, pero son de buena calidad se ha dado un primer paso hacia una conclusión, si los materiales son satisfactorios, no se pueden sacar otra conclusión, que no sea que uno de los tres agentes destructores (efecto químico, alteración -- atmosférica o abrasión), es la causa de los desperfectos.

Para saber cuál primero hay que examinar el medio. Si el ciclo -- hielo---deshielo no actúa sobre la parte dañada, sea porque esta si tuada en un medio cálido, sea porque se encuentra en zona de clima tropical o subtropical, debe desecharse la alteración atmosférica,

y la causa será el ataque químico o la abrasión, por otra parte, la alteración atmosférica no puede ser causa de los daños, si el deterioro se produce en un medio raramente saturado.

A continuación, habrá que ver si la zona deteriorada está sometida a la abrasión. Si la obra lo está, hay que ver si existen señales de desgaste o pulimiento en los áridos.

Si la acción del agente abrasivo no ha sido borrado por el tiempo o por la alteración que se deriva de ello, el árido debe mostrar algunas superficies pulidas o algunas estrias.

Hay que ver si las partículas están trituradas, lo que caracteriza al efecto destructivo del tráfico. Siguiendo el proceso, conviene ver hasta que profundidad está alterado el concreto.

Si el deterioro de la pasta de cemento penetra profundamente en el concreto, se trata probablemente de un ataque químico. Hay que investigar, seguidamente, los síntomas que habitualmente presenta el concreto, sometido a un ataque químico, o sea; partículas de árido sobresaliente de la masa, pérdida de adherencia del concreto.

Para un estudio más profundo, hay que tomar varias muestras en las partes sanas y dañadas del concreto, y analizarlas químicamente y físicamente:

Conviene asegurarse que las muestras proceden del mismo lugar. Si la comparación de los resultados dan que los componentes figuran en proporciones iguales, la alteración química no es la causa. Si las proporciones varían, si aparecen un nuevo comprobante, o si uno o varios componentes de origen o lo hacen en una proporción claramente reducida, la alteración química es la causa de ello, -- las variaciones de composición proporcionan información acerca de la reacción química a juego.

- b) Aumento de volumen del concreto.- Hay tres causas posibles, reacción química, absorción de agua o elevación de la temperatura en la masa de concreto: como estos tres agentes pueden actuar sobre tipos de obras parecidas, es difícil decir cual de ellos se produce.

Hay que tratar de determinar la temperatura interna del concreto, o las galerías de urstía si las hay, o mediante sondeos. El sondeo puede también servir para extraer testigos, con objeto de analizar química y físicamente y comprobar los resultados con los del concreto sano tomados en la obra.

Hay que examinar el medio, para ver si hay bastante agua para saturar la masa del concreto. Si este no es el caso, el incremento del volumen no puede, evidentemente deberse a este hecho.

Importante también medir los porcentajes de endurecimiento de las diferentes partes de la obra y tratar de relacionarlos con las causas posibles y con las condiciones del medio específico de la obra.

Si las variaciones de volumen del concreto se acompañan de una fisuración intensa, hay que suponer que la causa es el empleo de material es de mala calidad, o un error del mismo tipo que lleve consigo una reacción química imprevista.

- C.- Disgregación de la obra.- Una vez que ha eliminada la corrosión del armado y la insuficiencia del cálculo, como causas del mal estado y si la degradación es localizada, queda por suponer que estas dificultades provengan de cualquier detalle defectuoso.

Si en este caso, las partes deterioradas del concreto y los detalles defectuosos, están próximas, es conveniente inspeccionar estos. --- Otra posibilidad es que se haya producido un ataque químico.

Hay que ver también si no hay estrellamiento de la superficie, indicio de una reacción alcalina de los áridos, o de una reacción análoga. Si la disgregación es general se debe en la mayor parte de los casos a la corrosión de los armados; hay que volver atrás y proceder una vez más, a esta comprobación.

Si este, no es final y definitivamente el caso, la causa buscada estará en los cambios de temperatura interna, en la alteración atmosférica o en la alteración química.

Se puede examinar esta hipótesis y escoger una buena, siguiendo una secuencia correcta.

- D.- Fisuraciones.- Si la degradación hubiera sido causada por un aumento del volumen del concreto debida a la absorción de agua, se habría detectado en las etapas precedentes, y por tanto, sólo restan cinco posibilidades.

- 1.- Fenómenos debidos a la ejecución
- 2.- Tensiones de retracción
- 3.- Tensiones debidas a los cambios de temperatura
- 4.- Reacciones químicas
- 5.- Detalles mal proyectados.

Ante todo, hay que examinar las tensiones debidas a los cambios de temperatura y a la retracción, y para esto hay que tener una visión global de la obra o del elemento (viga, losa, etc.) fisurado.

Hay que ver si las degradaciones están situadas en puntas de concentración de tensiones, por ejemplo cerca de aberturas o variaciones bruscas de sección, o cerca de pasos de conducciones o tuberías.

En este caso las variaciones de temperatura y la retracción son la causa de las fisuras. Hay que buscar, a continuación, la relación entre los lugares deteriorados y los puntos fijos de la estructura, buscar que conjunto de fuerzas provocaría una elevación o un descenso de temperatura, y, si los gradientes térmicos pueden existir, ver si aparecen ondulaciones en la obra, o al menos tendencia a --tales deformaciones.

Hay que hacer un esquema de distribución de tensiones y plantearse las siguientes preguntas:

¿Son perpendiculares las fisuras a las líneas de tensiones?, el --desplazamiento lateral observado en los elementos de la estructura corresponde a la distribución probable de los gradientes térmicos, o bien corresponde a la distribución de tensiones que resulta de diferencia de retracción procedentes de diferencia de forma de colocación de sucesivos Tongadas?

Si es este el caso, los cambios de temperatura o la retracción, son probablemente la causa de las fisuras, se tiene la posibilidad de no hacer nada, o bien liberar la estructura de algunas tensiones. A continuación el origen de los detalles defectuosos los desperfectos, están generalmente próximos y pueden así establecerse una relación entre ellos.

Si las fisuras no corresponden a una distribución de tensiones en relación con la debida a los cambios de temperatura o a la retracción, hay que ver si su disposición o su emplazamiento corresponden a una o varias de las formas de degradación que tienen lugar durante la --construcción.

Si las fisuras siguen un esquema radial o concéntrico, pueden corresponder a un asiento de la estructura o de la explanación durante la construcción. Si la inspección de conjunto realizada ha puesto de --relieve un hinchamiento localizado de superficies planas, hay que --que considerar como comprobante un desplazamiento del cimbrado durante el fraguado o endurecimiento del concreto.

Por otra parte, si las fisuras son paralelas y próximas a un estado de una viga de concreto, ha habido un desplazamiento del cimbrado durante el endurecimiento.

Si las fisuras forman un plano de exfoliación horizontal bajo los --armados superiores, se trata probablemente de un asiento del con--creto por segregación.

Si las fisuras son aisladas, se deben probablemente a que ha rebasado la resistencia del elemento, por efecto de la retracción o de los cambios de temperatura.

Por consiguiente, retracciones térmicas o errores de cálculo deben ser examinados. En particular, las fisuras debidas a una sobrecarga se corresponden con las isostáticas y son, por esta razón, fáciles de diferenciar de la demás.

Hay que ver también:

- 1.- Si la fisura afecta a el concreto que trabaja a tracción, o -- también al que trabaja de compresión.
 - 2.- Si atraviesa la sección de lado a lado.
 - 3.- Si es profunda o superficial. Si es interna, externa o ambos cosas a la vez. Por ejemplo, si la fisura es únicamente interna, no puede corresponder a un desplazamiento del cimbrado, así como a cualquier otro factor que tienda hacer variar el volumen de la masa del concreto se puede citar entre estos factores, las variaciones de temperatura, higrométricas, o las reacciones químicas.
- Además, las fisuras superficiales tienen relación con la retracción.
- 4.- Si el emplazamiento de la fisura corresponde a un cambio de la distribución o de la proporción de armado aun cambio de sección.
 - 5.- Si la red de fisuras esta relacionada con la velocidad de fraguado con un elemento de la obra añadido posteriormente, o con cualquier cambio de destino o utilización.
 - 6.- Si la degradación parece reciente o antigua.
 - 7.- Dónde cesa la degradación, y por qué.

Todos estos factores, hay que tenerlos en cuenta para establecer una relación causa---efecto. Además para realizar una evaluación definitiva, conviene contar con una información adicional sobre el diseño original del edificio, su proceso de construcción y el uso, adaptaciones que haya tenido durante su vida útil.

Esta información puede ser la siguiente: Planos estructurales, -- planos de instalaciones memorias o memoria de cálculo, estudio de mecánica de suelos, normas de diseño utilizadas, normas de diseño vigentes para la reparación, bitacora de la construcción, información o historia del control de calidad de los materiales que fueron empleados, uso actual de la estructura, y por último las remodelaciones o reparaciones previas.

5.4 VERIFICACION DE LA INFORMACION

Suponiendo que no se pueda atribuir la causa de los daños observados a un cálculo mal realizado, se continúa el proceso de eliminación, - estableciendo una relación entre las causas de los deterioros y los síntomas fundamentales.

Para ello se podrá recurrir al cuadro de causas principales que se muestra a continuación.

Por ejemplo; si el síntoma consiste en la desagregación de la superficie del concreto, no quedan más que tres causas posibles del deterioro.

Si se trata de disgregación superficial, no hay más que siete posibilidades principales. Si los síntomas son las fisuras, hay que examinar las ocho causas.

CUADRO DE CAUSAS-PRINCIPALES

CAUSA PRINCIPAL	SINTOMAS, PRINCIPALES OBSERVADOS			SITUACION PROBABLE DEL ACENTE CAUSANTE DE LA DEGRADACION.
	FISURAS	DISGREGACION	DESAGREGACION	
1. Causas que se producen durante la construcción.	XX			INACTIVO
2. Retracción durante el endurecimiento.	XX			INACTIVO
3. Efectos térmicos: a) variación temperatura ambiente.	XX			INACTIVO
b) Variación -- temperatura interna.	XX	XX		ACTIVO O INACTIVO
4. Absorción de agua por el concreto.	XX			ACTIVO
5. Corrosión del armado . a) origen químico.	XX	XX		ACTIVO
b) origen electrolítico.	XX	XX		ACTIVO

CONTINUACION

causa principal	CUADRO DE CAUSAS PRINCIPALES			situación probable del agente causante de la degradación.
	síntomas, principales observados			
	FISURAS	DISGREGACION	DESACPEGACION	
6. Peacción químicas.	XX	XX	XX	ACTIVO
7. Alteración atmosférica,		XX	XX	ACTIVO
8. Ondas de choque.	XX	XX		INACTIVO
9. Erosión.			XX	ACTIVO
10. Detalles mal proyectados.	XX	XX		
11. Errores de cálculo.	XX	XX		

Podemos eliminar las posibilidades fácilmente identificables, y estas posibilidades son las siguientes:

a) **CORROSION DE LOS ARMADOS.**— Esta causa es fácilmente identificable. El recubrimiento del concreto se separa del armado y este se oxida. Al principio, el deterioro se manifiesta por una serie de fisuras --- paralelas a las barras.

Después se forma un plano de separación al nivel de las capas del armado y aparecen manchas de óxido en los bordes de las fisuras. Por último, el concreto se separa de el armado.

Para establecer el diagnóstico, hay que comprobar que el emplazamiento de las fisuras, coincide con el de las barras. Es necesario también separar un trozo del concreto dañado y ver si los armados están atacados por la corrosión.

Hay que separar algunas barras para ver si la parte corroída corresponde a la zona en que el concreto está fisurado. Conviene comprobar que el concreto está en buen estado al otro lado del plano de los armados. Si todo concuerda se trata, indiscutiblemente, de un caso de corrosión del armado.

Hay que determinar también si la corrosión es química o electrolítica. Para esto hay que dejar algunas barras al descubierto. Si la corrosión se produce en segmentos cortos o aislados de la barra, en forma de pica do, o en contacto con otras barras, se trata probablemente, de un ataque electrolítico.

Si la corrosión es general, la causa es probablemente de orden químico. Hay que encontrar a continuación, el origen del fenómeno en el caso de ataque electrolítico, de donde vienen las corrientes.

Una vez detectadas, hay que suprimirlas, de lo contrario seguirán los problemas. Sin embargo, en el caso de ataque químico, el origen del -- mismo no tiene importancia. Basta recubrir las barras de un material que, en lo sucesivo, impida la corrosión.

Como control del diagnóstico es posible estudiar la densidad del concreto midiendo la absorción del agua, y comparándola con la de muestras tomadas de elementos sanos de la obra.

Si la diferencia no es clara, podría ser que las diferencias tengan por causa principal las segregaciones ocurridas en la masa del concreto durante la puesta en obra; conviene comprobar esta hipótesis.

b) **ONDAS DE CHOQUE.**— a menos que el deterioro sea muy antiguo y hayan desaparecido las pruebas, los daños debidos a las ondas de choque (impacto) son características.

Los elementos del concreto aparecen disgregados y dejan , normalmente al aire la malla del armado. Las roturas son limpias y no alterados por agentes atmosféricos , y el armado no está corroído.

Por otra parte , la disgregación es profunda y no tiene aspecto de descantillamiento. Además , la obra pertenece al tipo de las habitualmente sometidas a impactos (muelles o puentes de ferrocarril por ejemplo), lo que hace que un daño tal sea inmediatamente sospechoso. En caso de que la obra no este normalmente sometida a impactos, un choque lo bastante fuerte para causar daño, se habrá producido con suficiente ruido para no ser olvidado por los que ocupan o utilizan la obra; será fácil informarse de ello interrogándoles.

Resumiendo la marcha seguida hasta aquí y suponiendo que las tres primeras etapas hayan dado resultados negativos, habremos suprimido tres posibilidades (cálculo erróneo de la obra, corrosión del armado y efecto de los choques), y nuestra lista, que en principio presentaba once posibilidades , ahora nos presenta más que ocho.

Además , si uno de los síntomas posibles es la desagregación , hay ahora tres posibilidades a tener en cuenta ; cuatro si la obra aparece disgregada, y seis si sólo aparecen fisuras.

Es indispensable verificar también, la validez de la información disponible, pues tanto la estructuración como las propiedades de los materiales de una construcción pueden haber sufrido cambios con el tiempo, o cabe la posibilidad de que no se hayan cumplido las especificaciones del proyecto desde un principio .

Los principales conceptos que se deben verificar son :

--Los planos estructurales arquitectónicos y de instalaciones (para la localización de refuerzos o de ductos de acero en elementos de concreto, así como para la verificación de sus dimensiones, se puede recurrir al uso de los siguientes sistemas de detección).

*SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS.- Estos sistemas utilizan un instrumento que genera un campo electromagnético y que registra las alteraciones que este sufre en presencia de cualquier objeto que contenga hierro .

*RADIOGRAFIAS.- Consiste en la toma de radiografías de los elementos de concreto.

--Características de los materiales (para la verificación de las características mecánicas de los materiales se puede hacer uso de los siguientes equipos).

- * Extracción de corazones (resistencia del concreto).
- * Equipo de ultrasonido (impulso ultrasonico através del concreto).
- * Esclerómetro (dispositivo que mide el rebote de un sistema masa--resistente contra la superficie de un elemento de concreto, dándonos sus resistencias).
- * pistola de windsor, resistencia del concreto mediante la penetración de un dardo metálico a un elemento partfcular).
- * Extracción y prueba de barras (se verifica la calidad del acero - empleado mediante la muestras).

NOTA: Se recomienda recurrir a más de una de las alternativas descritas para tener mayor exactitud en los datos obtenidos.

5.5 EVALUACION DE LA ESTRUCTURA

Se describió una marcha a seguir, abstracta e ideal, para diagnosticar las causas de la degradación del concreto. Esta marcha puede alcanzar un objetivo si el proyecto se ha hecho bien, la obra ha sido correctamente ejecutada y el concreto no ha sido atacada más que por un sólo agente destructor.

Estas condiciones se cumplen a veces. Lo más común, sin embargo, es que el proyecto y la ejecución sean correctos, y coexistan varios tipos de degradación. A medida que baja la calidad del proyecto y la ejecución los procesos de deterioro van teniendo vía libre, y agentes destructores de todo tipos surgen con consecuencia diversas, inesperadas y desagradables.

Para cada caso clásico, se encontrarán probablemente uno o varios casos excepcionales que no entran en lo descrito anteriormente.

El diagnóstico es pues, delicado y frecuente, es más cuestión de posibilidad que de probabilidad. De hecho, como se ha dicho en la discusión, - incluso en casos relativamente muy simples, puede que no aparezca ninguna conclusión; la reparación debe entonces proteger la obra de la acción de un gran número de posibles agentes destructores.

Hay que tener en cuenta que esta parte del tema no es, ni trata de ser, otra cosa que un procedimiento para aproximarse a la verdad; no puede reemplazar la reunión, examen e interpretación de todo los hechos que tienen algo que ver con el problema planteado.

Esta discusión, que en realidad no constituye más que una primera aproximación, no es, sin embargo, inútil. Nos muestra que una utilización apresurada o simplista de estos datos puede conducir a conclusiones erróneas, en lugar de prestar buena ayuda.

Se advierte, que amenos que exista una conclusión muy clara, no debe emitirse ninguna de las etapas señalados con el objeto de no menospreciar a ningún agente destructor accesorio o secundario.

Además, conviene volver a repasar la marcha a seguir para evaluar la resistencia de una estructura en mal estado. Esta evaluación es indispensable, sean los tipos o causas de los desperfectos observados.

En este punto, la experiencia y buen juicio del diseñador puede complementarse con lo siguiente:

Análisis aproximado.- Aplicable en estructuras regulares y de poca altura, este procedimiento consiste en comparar la fuerza cortante en cada entrepíso, calculada con las normas vigentes,

Análisis convencional..- Permite conocer la capacidad resistente inicial de la estructura y localizar los elementos más arificos, es conveniente recurrir en este caso a un análisis dinámico con base en un aspecto de diseño.

Análisis no lineal..- Nos permite intentar reproducir el esquema de daños mediante el análisis paso a paso de la estructura, consiste el comportamiento no lineal de sus elementos. Solamente en estructuras muy complejas será necesario recurrir al análisis no lineal.

Debe resaltar la necesidad de localizar los puntos más débiles de la estructura, si el análisis de la estructura original cumple con las normas actuales y los daños son ligeros entonces el siguiente paso es la restauración de otros elementos, procurando aumentar su resistencia.

Si la estructura original no cumple con las normas actuales y se presentan daños generalizados fuertes o graves, la reparación entonces deberá tender a reforzar la estructura y a introducir nuevos elementos rigidizantes.

En este caso por lo menos el 25% de los elementos de una estructura debe reestructurarse. Por último para elegir una solución definitiva habrá que considerar las limitaciones de cada caso en particular como puede ser; el costo, la funcionalidad, la estética, el espacio, la dificultad técnica y por último su importancia

E. PROYECTO DE REPARACION

E.1 OBJETIVOS

Una estructura puede concebirse como un sistema es decir como un conjunto de partes o componentes que se cambian en forma ordenada para una función adecuada.

La estructura debe cumplir la función a la que está destinada con grado razonable de seguridad, y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones de servicio. Además deben de satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo de reconstrucción dentro de los límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Un examen de consideración anterior hace patente la complejidad de su restructuración. ¿qué puede considerarse como seguridad razonable o como una resistencia adecuada de su restructuración?, ¿qué requisitos -- debe satisfacer una estructura para considerar que su comportamiento sea satisfactorio en condiciones de servicio?, ¿qué es un costo aceptable?, ¿qué vida útil debe preverse?, ¿es estéticamente aceptable la estructura?, estas son algunas de las preguntas que el ingeniero a cargo de la reconstrucción debe de tener en mente.

El problema no es sencillo y en su solución se debe usar su intuición y experiencia, basándose en el análisis y la experimentación. Si de acuerdo con la evaluación definitiva de la estructura, se considera -- que es reparable, deberá procederse al diseño de la alternativa elegida de acuerdo con las normas en mayor.

Será necesario tener en cuenta para el diseño del refuerzo de la estructura, que en la mayoría de los casos éste contribuirá solamente a tomar la carga viva y la accidental.

Se deben tener mucha atención al diseño de conexiones entre la estructura original y los elementos de refuerzo, así como a la transmisión de las cargas de éstos a la cimentación.

6.2 ALTERNATIVAS

Si los problemas de reconstrucción se contemplan en toda su complejidad, puede afirmarse que no suelen tener solución única, sino una solución --razonable. En efecto, la labor del ingeniero encargado de la reconstrucción tiene algo de arte.

El proceso de diseño de un sistema de reconstrucción principia con la formulación de los objetivos que se pretende alcanzar y de las restricciones que deben tenerse en cuenta.

En la reconstrucción de estructuras una vez planteado el problema, supuestas ciertas solicitaciones y definidas las dimensiones generales, es necesario ensayar diversas estructuraciones para resolverlo.

En esta fase del diseño la restauración, es donde la intuición y la experiencia del ingeniero desempeña un papel primordial. Al hacer esta elección, el proyectista debe tener en cuenta las características de la mano de obra y el equipo disponible, así como también el procedimiento de construcción más adecuada para el caso.

Después de elegir provisionalmente una estructuración, se le idealizará para poder así comprobar su eficacia a las solicitaciones que pueda estar sometida. Esta idealización es necesaria, porque el problema real siempre es más complejo que lo que es práctico analizar.

El análisis estructural, o sea, la determinación de las acciones sobre las solicitaciones que actúan sobre la misma y de las dimensiones de dichos elementos. Estos datos son imprecisos cuando se inicia el análisis de la reconstrucción, ya que sólo se conocen en forma aproximada las dimensiones que lleguen a tener los elementos dañados.

Estos influyen tanto en el valor del paso propio como en el comportamiento estructural del conjunto. En un proceso cíclico el ingeniero proyectista-encargado de la restauración, va ejecutando los datos iniciales, a medida que precisa el análisis.

Solamente en la fase final de este proceso, se hace un cálculo numérico relativamente preciso. El grado de precisión que se trata de obtener en este proceso depende de la importancia de la estructura y de la posibilidad de conocer las solicitaciones que realmente actúan sobre ella.

Un vicio en el de minuciosidad cuando la importancia del problema no lo merita, o el conocimiento de las solicitaciones solamente es aproximado, y cuando no lo justifica el ahorro que pueda obtenerse al refinamiento en el análisis.

6.3 ANTEPROYECTO

En esta etapa se trata de comunicar los resultados del proceso descrito a las personas que van a ejecutar la obra. La comunicación de los datos necesarios para la realización del proyecto, se hace mediante los planos y especificaciones.

Este aspecto no debe descuidarse puesto que el disponer de planos claros y sencillos, y las especificaciones concretas, evita errores y confusiones a los constructores.

Idealmente el objeto del diseño de un sistema es la optimización de sistema, es decir, la obtención de todas las soluciones posibles. El lograr una solución óptima posible es imposible.

Lo que es óptimo, es un conjunto de circunstancias, no lo es en el otro; lo que es óptimo para un individuo, puede no serlo para otra persona. Tal como se dijo anteriormente, no existen soluciones únicas, sino solamente razonables.

Sin embargo, puede ser útil optimizar de acuerdo con determinado criterio, tal como de peso o costo mínimos. Si el criterio puede expresarse analíticamente por medio de una función, por lo general llamada "función objetivo" o "función criterio", el problema puede resolverse matemáticamente. Las técnicas de optimización todavía tienen aplicaciones limitadas, en el diseño estructural debido a las dificultades matemáticas que pueden implicar.

Sin embargo, se supone que a medida que aumentan las aplicaciones de la computación electrónica, dichas técnicas se irán perfeccionando de modo que cada vez se logre mayor grado de refinamiento.

Para mayor sencillez en las consideraciones anteriores se han tratado los sistemas estructurales de reconstrucción como sistemas independientes. De hecho toda reconstrucción de una estructura no es sino un subsistema de algún sistema más complejo.

Según el enfoque de sistemas, en el diseño del sistema total debe tenerse en cuenta la interacción entre todos los subsistemas, de esta manera, en el diseño del subsistema de reconstrucción estructural deben considerarse no solamente los aspectos de eficiencia estructural, sino también la relación de la estructura con los demás subsistemas.

Por otra parte los enfoques globales o de conjunto, implícitos en la construcción de los edificios como sistemas, pueden conducir a soluciones de gran eficiencia en la que los componentes estructurales

del sistema, se diseña de manera que realicen otras funciones además de las estrictamente estructurales.

Así un muro de carga puede ser también un elemento arquitectónico de fachada y servir de elemento rigidizante.

En el diseño de los subsistemas estructurales para edificios, debe tenerse en cuenta su importancia relativa dentro del sistema general. Son ilustrativos los datos de las tablas A y B.

Se pretende de estos datos que la proporción, del costo total correspondiente a la estructura es relativamente pequeño. Esto indica que en muchas ocasiones no se justifican refinamientos excesivos en el cálculo de materiales resulta poco significativas. Lo importante, en efecto, es la optimización del sistema total, como ya se ha indicado, y no la de los subsistemas o componentes individuales.

Es importante para nuestro anteproyecto las siguientes tablas:
 TABLA "A"- Distribución aproximada del costo de reconstrucción de edificios altos en los Estados Unidos de América.

C O C E P T O	P O R C E N T A J E
Excavación y cimientos	10
Instalaciones diversas (electricidad, plomería, aire, acondicionado.)	30
Estructura	25
Elevadores	10
Muros exteriores	12
Acabados diversos	<u>13</u>
	100

TABLA "B" - Distribución aproximada del costo de edificios de mediana altura (aproximadamente 10 pisos), en la ciudad de México.

C O C E P T O	P O R C E N T A J E
Excavación y cimentación	11
Estructura	14
Instalaciones diversas (electricidad, plomería.)	25

CONTINUACION DE LA TABLA "B"

CONCEPTO	PORCENTAJE
Elevadores	3
Fachadas	20
Acabados diversos	27
	100

Si la optimización de sistemas relativamente sencillos, como la reconstrucción de sistemas estructurales, presenta ciertas dificultades, son aún más graves los problemas que ofrece la optimización rigurosa de sistemas complejos como de un edificio o una obra urbana, en los que interviene gran número de variables, muchas de ellas de naturaleza psicológica sociológica y por lo tanto, difícilmente cuantificables,

En efecto, la aplicación rigurosa de los métodos del enfoque de sistemas aún no es de uso común.

El interés por el enfoque de sistemas, está produciendo entre los proyectistas de reconstrucción un cambio de actitud frente al problema de reconstrucción. Por otra parte, se tiende a una racionalización creciente del proceso de reconstrucción, lo que conduce a manipulaciones matemáticas cada vez más refinadas.

Por otra parte, el reconocimiento de la interdependencia entre los diversos subsistemas que integran una obra civil, está llevando a un concepto interdisciplinario de la reconstrucción. El enfoque de anteproyecto aporta herramientas de gran utilidad para un buen proyecto definitivo de reconstrucción..

Sin embargo, no debe olvidarse que en el proceso de reconstrucción se seguirá siendo de gran importancia la intuición y la capacidad creativa y práctica del ingeniero.

Ē.4 TOMA DE DECISIONES

Se ha dicho que el objetivo de la reconstrucción consiste en determinar las dimensiones y características de los elementos de una estructura dañada, para que esta cumpla cierta función con un grado de seguridad razonable, comportándose además satisfactoriamente una vez en condiciones de servicio.

Debido a estos requisitos es preciso conocer las relaciones que existen entre las características de los elementos de una estructura (dimensiones, refuerzo, etc.), las solicitaciones que debe soportar y los efectos que dichas solicitaciones producen en la estructura.

En otras palabras, es necesario conocer las características acción-respuesta de la estructura estudiada. Las acciones sometidas, entre estas se encuentran, por ejemplo, el peso propio las cargas vivas, las presiones por viento, las aceleraciones por sismo y los asentamientos.

La respuesta de una estructura, o de un elemento, es su comportamiento bajo una acción determinada. Puede expresarse como deformación, agrietamiento, durabilidad, vibración.

Desde luego, la respuesta es función de las características de la estructura, o del elemento estructural considerado.

El problema de la determinación de las acciones-respuesta de estructuras con cualesquiera de sus características cometidas a toda la gama de acciones y combinaciones de estas acciones, es insoluble, ya que pueden presentarse un número infinito de combinaciones.

Debido a esta situación, fué necesario desarrollar métodos que permitieran basar el estudio de una estructura en conjunto en estudio del comportamiento de sus distintas partes o elementos.

Estos métodos llamados de análisis permiten determinar en cada uno de los miembros de una estructura, las acciones internas resultantes de la aplicación de las solicitaciones exteriores a la estructura total.

Esta consideración reduce el problema de la determinación de las características acción-respuesta a dimensiones manejable. Para establecer una base racional del diseño de la restauración, será necesario, obtener las características de las solicitaciones que actúan más frecuentemente sobre los distintos elementos estructurales.

Con esta información, se puede delimitar el rango de las solicitaciones, bajo las cuales el elemento se comportará satisfactoriamente una vez en condiciones de servicio.

En otras palabras, es necesario establecer las relaciones entre los elementos siguientes:

ACCIONES INTERIORES	CARACTERÍSTICA DEL ELEMENTO,	RESPUESTAS
Carga axial	Tipo de concreto	Deformación
Flexión	Tipo de refuerzo	Agrietamiento
Torsión	Tamaño	Durabilidad
Cortante	Forma restricción	Vibración

Al evaluar la respuesta correspondiente a una acción determinada, es necesario tomar en cuenta el modo de aplicación de la misma, ya que en el factor, ejerce influencia muy importante en dicha respuesta.

Es decir la respuesta de una estructura a una acción determinada, dependerá de si esta es instantánea, de corta duración, sostenida, etc.

6.5 PROYECTO A REALIZAR

La información hasta aquí, ha sido obtenida, mediante procedimientos y experiencias adquiridas con el tiempo. En los procedimientos de restauración, el dimensionamiento se lleva a cabo normalmente a partir de las acciones interiores, calculadas por medio de un análisis de la estructura.

Debe notarse que para que esto sea satisfactorio no siempre es necesario obtener las acciones interiores inducidas por las sollicitaciones exteriores. Muchas restauraciones han sido desarrolladas directamente a partir de sollicitaciones o acciones exteriores; representativa de aquellas alas que, en realidad estará sometido el prototipo, se amplifican, miden las respuestas del mismo.

Para satisfacer la condición de seguridad, el modelo, a escala, debe resistir sollicitaciones un tanto mayores que las que se estiman, deberá soportar la estructura en condiciones de servicio.

Para satisfacer la condición de comportamiento satisfactoriamente bajo estas condiciones de servicio, las respuestas del modelo a estas sollicitaciones deberán estar comprendidas entre los valores considerados como límites de tolerancia.

Si una de las condiciones no satisfacen, se modifican las características del modelo y un diseño es que la estructura resultante sea lo suficientemente resistente. En términos de las características acción-respuesta, se puede definir la resistencia de una estructura o elemento a una acción determinada, como el valor máximo que dicha acción determinada, como el valor máximo que dicha acción puede alcanzar.

Una vez determinada la resistencia a una cierta acción, se compara este valor máximo con el valor correspondiente bajo las condiciones de servicio. De esta comparación se origina el concepto de factor de seguridad o factor de carga.

El diseño debe garantizar que la estructura tenga un factor de seguridad razonable. Mediante este factor, es importante tomar en cuenta en el diseño de la reconstrucción, la incertidumbre existente respecto a los efectos de ciertas acciones.

Y los valores usados en varias etapas del proceso. Entre las principales incertidumbres se puede mencionar el desconocimiento de las sollicitaciones reales y su distribución, la validez de las hipótesis y simplificaciones utilizadas en el análisis, la diferencia entre el comportamiento real y supuesto a la discrepancia entre los valores reales de las dimensiones y de las propiedades de los materiales con las especificaciones en el diseño de la reconstrucción.

La selección de un factor de seguridad adecuado no es problema sencillo, debido al gran número de variables y de condiciones del proyecto a ejecutar,

La dificultad principal para la realización de un proyecto definido reside en la naturaleza probabilística tanto de las solicitaciones que actúan sobre las estructuras como de las resistencias de estas.

6.6 EJECUCION

La degradación de las obras se debe en gran parte a negligencia u olvidos mínimos en los detalles del proyecto o de la ejecución.

por esta razón, si es necesario reparar, es preciso no dejar que se cometan negligencias similares en los trabajos de reparación.

La experiencia ha demostrado que si se quieren obtener buenos resultados, las características, aplicación y fases de los métodos descritos deben respetarse total, cuidadosamente y en el menor detalle.

No se puede siempre explicar por qué tal detalle de procedimiento o tal método de buenos resultados, cuando otro no los da. El ingeniero se ve obligado frecuentemente a modificar un detalle o procedimiento para facilitar o acelerar un trabajo y puede ocurrir que tenga que defender lo que ha recomendado sin poder incluso explicar las razones de su elección.

Si ha escogido una forma de reparación con todo el cuidado y reflexión deseables y fiándose de la experiencia --- suya o de otros -- el ingeniero podrá ser firme y no vacilar en decir que tal procedimiento ha sido elegido en función de la experiencia, en tanto que tal otro, aunque teóricamente válido, ha sido rechazado por no haber sido experimentado anteriormente.

Salvo para los trabajos simples como revestimientos, sustitución de secciones o pinturas, es bueno hacer ensayos, o sea, efectuar una parte del trabajo a escala reducida y en condiciones reales.

La experiencia del contratista en el procedimiento de reparación puede ser limitada o nula. Incluso si el contratista encargado de la obra tiene experiencia, probablemente los obreros no la tienen.

Por otra parte, dado que la mayoría de los procedimientos de reparación implican numerosas operaciones manuales, los encargados y obreros deben recibir indicaciones precisas referentes a los métodos y a las razones que han conducido a du dirección.

Es preciso probar las herramientas, materiales y todos los accesorios, sean o no importantes.

Los ensayos preconizados permiten satisfacer todas estas exigencias.

El ingeniero debe consagrar todo su tiempo y competencia al control de los trabajos de reparación.

Estos trabajos no son comunes y preciso dotarles de un personal de primer orden. El pliego de condiciones debe prever una cláusula exigiendo obreros capaces y seguros, y el ingeniero no debe vacilar en insis

tir para que esta cláusula se respete.

Es preciso también hacer constar en el contrato, el control de la totalidad de los trabajos, así como cláusulas relativas a la posibilidad de d desmontaje y remontaje de cimbra o sustitución de elementos de la reparación ya realizados.

El precio a pagar por estas sustituciones debe estipularse en el contrato, y debe basarse en un cuadro de precios unitarios. El pago no debe de hacerse en tanto la inspección no ponga de manifiesto la creación del trabajo ejecutado.

por último, es quizá muy molesto tener que preocuparse por los pequeños detalles, por ejemplo, limpiar con cepillo metálico la superficie del concreto, humedecerlo, impregnarlo de lechada, aplicar concreto en capas de un centímetro de espesor, etc., pero hay que hacerlo, si no el trabajo pierde todo su sentido.

Reparar no es un trabajo agradable, pero es una tarea esencial que requiere mucho cuidado y atención,

7.- METODOS DE REPARACION

7.1 - CONSIDERACIONES GENERALES

El problema de la fisuración con el concreto es una de los menos conocidos. Casi siempre constituye una causa de problemas, y se le considera generalmente síntoma de proyecto defectuoso o de una mala calidad de materiales.

De hecho, en la mayoría de los casos ni los de ejecución, son la causa de las fisuras. Las fisuras se producen en casi todas partes, salvo en obras muy rudimentarias o en elementos independientes.

Esto reviste gran importancia práctica. Las obras de concreto se utilizan a menudo cuando se necesita una absoluta estanqueidad. Sea como sea, a menos que las obras de concreto se proyecten y/o construyan en forma especial, se fisuran y presentan filtraciones.

Esto no quiere decir que el agua circule libremente. En general, lo único que sucede es que el agua se filtra lenta y regularmente. Sin embargo, incluso una filtración tan insignificante provoca la aparición de afloramientos antiestéticos en la superficie del concreto, y si la solución calcárea cae sobre instalaciones y maquinaria, destruye rápidamente la pintura o revestimiento, o puede causar cualquier tipo de degradación.

El ingeniero debe tener en cuenta este factor cuando las condiciones de exposición y de utilización son tales que toda posible fisura no va a estar sometida a carga hidrostática, y por consiguiente no va a dejar pasar el agua, y cuando los deterioros provocados por las filtraciones no vayan a tener graves consecuencias, basta prever un número suficiente de juntas de dilatación, de manera que no se produzcan fisuras importantes (o prever un armado sobredimensionado con el mismo fin.) y dejar que produzcan fisuras pequeñas.

En resumen, si las obras no dejan pasar el agua y no se producen más que pequeñas fugas sin importancia, la presencia de algunas fisuras insignificantes no es grave y los dispositivos y métodos de construcción especiales, necesarios para evitarlos, no están justificados económicamente.

Por el contrario, si las fugas son perjudiciales, conviene saber evitarlos, lo que hace necesaria la utilización de juntas de dilatación, la refrigeración del concreto fresco, la realización de numerosas juntas de construcción o otras técnicas.

Además, debe asegurarse la estanqueidad. Se ha visto que raras veces son las fisuras, por sí solas, indicios de un debilitamiento de la estructura.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

Por consiguiente la reparación no implica el refuerzo: por esta razón los métodos de reparación, se refieren sobre todo, a las superficies, estando destinadas principalmente a obtener las fisuras en caso de filtraciones de agua, o a mejorar el aspecto exterior de la obra. Algo muy diferente sucede cuando se trata de reparar una obra que muestra síntomas de disgregación.

Se descubre entonces generalmente que ha habido importantes disminuciones de sección, fuerte corrosión del armado, o las dos cosas a la vez.

Estos dos fenómenos son inquietantes desde el punto de vista de la resistencia general, y la reparación debe ser hecha urgentemente y restituir al menos una parte de la resistencia perdida.

Este punto es importante y hay que tenerlo muy en cuenta, cuando se traten de aplicar las técnicas de reparación descritas en este tema.

Los principales métodos para reparar la disgregación y la desagregación así como el proceso a seguir, se describen a continuación.

7.2 METODO DE INYECCION DE CONCRETO, LECHADAS O RESINAS EPOXICAS EN AGRIETAMIENTOS.

Las fisuras de concreto pueden rellenarse por inyección a presión de concreto, lechadas y/o resinas epóxicas. La técnica habitual consiste en hacer unos agujeros en la fisura, a intervalos, inyectar agua o un disolvente para decapar la parte defectuosa, dejar secar la superficie (con chorro de aire caliente, si es necesario), obturar las fisuras en superficie entre las juntas de inyección, e inyectar la resina la lechada o el concreto hasta que filtre a las secciones adyacentes a la fisura o comience a hichar la junta de superficie.

En esta técnica, también se propone agrandar la parte exterior de la fisura (por ejemplo 6 ó 7 mm. de anchura por 12c. de longitud), para rigidizar la unión en superficie. La resina o lechada de cemento se inyecta por orificios de unos 16mm. de diámetro y otros tantos de profundidad, espaciados de 15 a 30 cm. entre ejes (los espaciamientos de --- 15 cm. se reserva la fisuras más fina.).

La inyección se efectúa por las cabezas de válvulas fijadas en los orificios con resina o lechado de cemento, punto por punto, cerrando todas las válvulas del circuito a excepción de aquéllas por la que verifica la inyección.

conviene mantener la presión durante varios minutos para que el material inyectado alcance las zonas más estrechas de la fisura.

La inyección de tales materiales en las fisuras del concreto, como medio de repegar las superficies separadas, es un caso de aplicación para el cual no se dispone de otro método.

Sin embargo, salvo (si la fisura está estabilizada (o si la causa de la fisuración se ha suprimido) es probable que vuelve a salir, quizá u en un punto de la obra.

Además, esta técnica no es aplicable cuando las filtraciones son tales que, no es posible sacar las fisuras, o cuando éstas son demasiado numerosas.

La inyección de fisuras con lechadas puede hacerse del mismo que la inyección de resina, esta técnica es válida para los mismos elementos de las obras y está sujeto a las mismas limitaciones.

Sin embargo, es preferible la utilización de resina, salvo cuando la resistencia al fuego y a las bajas temperaturas puede tener influencia, en caso en que la inyección de lechada constituye la solución a adoptar.

El método es parecido a otros métodos de inyección, y consiste en limpiar el concreto a lo largo de la fisura, fijar de vez en cuando orificios de inyección en la fisura (con objeto de asegurar al inyectar un concreto eficaz), obturar la fisura entre los orificios de inyección con lechada.

enviar agua a presión en la fisura para limpiarla y comprobar su estenqueidad, y por último inyectar. El producto utilizado en la inyección es conveniente portland de alta resistencia inicial, puro.

Una solución mejor consiste, cuando se puede realizar, en hacer un agujero en el sentido longitudinal de la fisura e inyectar lechada, de modo que se forme una llave.

Sin embargo, esta técnica no es aplicable más que cuando la fisura sigue, aproximadamente, el caso; puede ocurrir en muros u obras análogas, con fisuras debidas a la retracción y efectos térmicos.

La llave de lechada se destina a impedir los movimientos laterales relativos de las secciones de concreto adyacentes a la fisura o a la junta; este papel es, a veces, importante.

Se reduce además las filtraciones de agua a través de la fisura, o las pérdidas del relleno situado detrás de muros no entoncos. La obturación no es, sin embargo, perfecta, y si se utiliza este método, conviene llenar el agujero hecho con betón caliente, mejor que con lechada de cemento; si el efecto de bloqueo es esencial, se puede introducir el betón en un segundo agujero, después de haber inyectado cemento en el primero.

El agujero tendrá, por ejemplo, 5 ó 7 cm. de diámetro y se lavará con agua para limpiar la superficie a fondo y permitir que el material de relleno o el cemento inyectado penetren mejor.

Es importante mencionar, que al llenar las fisuras con concreto, teóricamente, sería posible agrandar la fisura o introducir en ella más concreto.

En la práctica raras veces se obtienen así buenos resultados. Incluso si la adherencia es buena, está claramente por debajo de la resistencia a tracción del concreto o de la que permita obtener las resinas u otros materiales de relleno.

Además, es posible que los materiales primitivos y los añadidos no sean perfectamente compatibles, y que las dimensiones y el volumen de la parte reparada sean demasiado pequeños para que pueda despreciarse esta incompatibilidad.

De ahí que una fisura agrandando y llena completamente de concreto se vuelve a abrir casi siempre, incluso si la obra no ha sufrido movimiento alguno. Ver figura.- 7.2.1

7.3 METODOS DE LA ADICION DE ACERO DE REFUERZO Y LA FIJACION DE CONECTORES METALICOS.

Se puede devolver a una sección de concreto su resistencia a tracción colocando grapas, ya poco de la forma en que se cose una tela.

Conviene tener en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Se puede obtener el refuerzo que se quiera, pero hay que considerar que todo refuerzo tiende a aumentar localmente la rigidez de la obra a la que aplica, lo que puede incrementar las tensiones, provocando fisuras y creando así un nuevo problema.
- 2.- Frecuentemente este tratamiento no hace más que de plazar el problema a otra parte de la obra. Si se decide grapar la fisura hay que examinar, y en caso de necesidad reforzar, las zonas adyacentes de la obra, para que absorban las tensiones suplementarias resultantes.

En particular, las barras utilizadas para las grapas deben tener longitudes y orientaciones diferentes y colocarse de modo que el esfuerzo transmitido de un lado a otro de la fisura no se ejerza en un solo plano, sino que se reparta ampliamente.

Se puede incrementar la resistencia de las secciones de concreto adyacentes colocando un armado externo, recubierto convenientemente (con mortero proyectado, por ejemplos).

- 3.- Cuando hay que garantizar la estanqueidad conviene no sólo grapar la fisura, sino también sellarla con objeto de evitar la corrosión de las grapas, ya que el grapado no asegura la estanqueidad.

El sellado debe hacerse antes de grapar, con objeto de evitar la corrosión y también porque la presencia de los hierros hace más difícil la aplicación del material de estanqueidad.

Existe una excepción a esta regla: cuando las fisuras son activas, es impotente estabilizar la obra antes de sellarlos, para que los movimientos de la obra no rompan el material sellado. Es mejor sellar en manera -- a presión para detener la corrosión del armado primitivo.

- 4.- Las concentraciones de tensiones se producen en la extremidad de las fisuras, y los intervalos entre grapas deben reducirse a ellos. Conviene además hacer un agujero en cada extremo de la fisura, para reducir la concentración de tensiones por supresión de ángulos vivos.
- 5.- Cuando sea posible, hay que grapar las dos caras de la sección del concreto de manera que los movimientos ulteriores de la obra no hagan sufrir a las grapas esfuerzos de flexión. En los elementos que trabajan a flexión, se puede grapar sólo un lado de la sección, el que trabaja

bajando a tracción axil, es absolutamente necesario colocar agrafes simétricos incluso si hay que excavar o demoler para tener acceso a las dos caras de la obra.

- 6.- Si el grapado se destina a incrementar la resistencia de la sección existente, es preciso que las deformaciones de los dos sistemas sean compatibles. Las grapas deben recurrirse con mortero sin retracción o expansivo de manera que no haya ningún juego, y los movimientos de la fisura pongan en tensión.

Tanto a los elementos antiguos como a los nuevos, si esto es imposible, hay que dar a las grapas dimensiones tales que sean capaces de tomar la totalidad de la carga. Los agujeros que reciban las patilla de las grapas deben llenarse de lechada.

- 7.- Al ser las grapas relativamente delgadas y largas, apenas trabajan a compresión. Por consiguiente, si los movimientos de la fisura son en ambos sentidos, conviene aumentar la rigidez de las grapas y reforzarlas, recubriendolas con algún material, o por cualquier otro medio. (ver figura 7.3.1).

La fisuración del concreto, se debe a tensiones de tracción; cosa si estas tensiones desaparecen. Las fisuras pueden también cerrarse creando un esfuerzo de compresión superior al de tracción lo que permite conseguir una compresión residual.

La fuerza de compresión se aplica por medio de barras o cables como los utilizados para las operaciones de pretensado. Este principio es próximo al del grabado, por lo que hay que tener en cuenta en el párrafo de consideraciones número tres (grapado), sobre todo desde el punto de vista de la migración de zonas críticas.

Además, hay que encontrar puntos de anclaje para los cables o barras del pretensado. Son necesarios apoyos para esta operación, por ejemplo, apoyos atornillados en la superficie del concreto; los cables también pueden atravesar algunos elementos adyacentes y anclarse en ellos.

Los efectos de la puesta en tensión (y de los excentricidades creadas al andar los tirantes) sobre las tensiones existentes en la estructura deben ser estudiados.

La compresión puede aplicarse también por los métodos de una cuña en la fisura, es decir por ensanchamiento de la fisura e inyección de un mortero expansivo, por medio de gatos asociados a una inyección o por inclusión de cuñas

Los armados existentes: que deben quedar en el interior del concreto nuevo deben librarse de toda huella de corrosión aceite, suciedad y cualquier otro cuerpo extraño.

Esta operación se efectuará en gran parte con el chorro de arena - destinado a limitar la superficie del concreto. Sin embargo, este chorro no podrá limpiar la cara del armado no expuesta al mismo: - será necesario, pues, inspeccionar esta superficie, así como la del concreto situado debajo, y en caso necesario, limpiar con un cepillo metálico.

Si se deben añadir nuevas varillas, hay que recordar que las varillas de origen, si no están rota, continúan soportando esfuerzos; si es posible, conviene dejarlas en su sitio.

Además, si en el caso de la reparación las cargas sobre la obra no han disminuido, el nuevo armado estará sometido a tensiones más débiles que las existentes.

Para que el nuevo armado tome una parte de la carga, es preciso que las tensiones en el concreto aumenten. La distribución de tensiones que resulte de ello debe ser estudiada.

Conviene quitar todos los alambres inútiles, tacones, etc; antes de colocar el nuevo concreto.

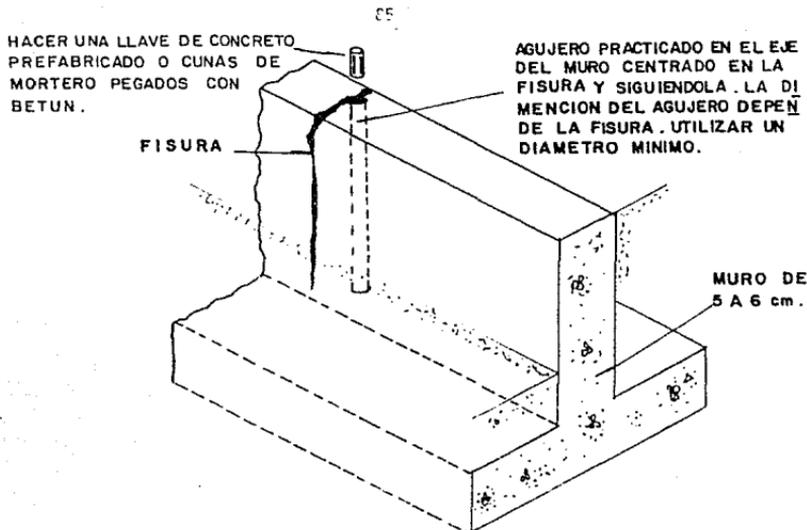


FIG 7.2.1

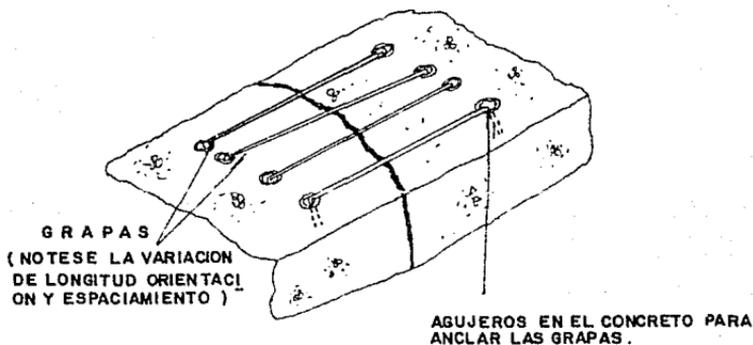
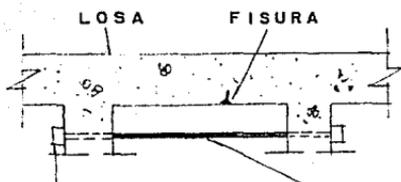


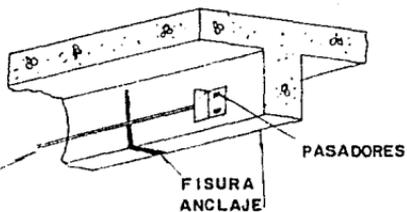
FIG 7.3.1



TIRANTES TENSADOS
CON TUERCAS O TENSO-
RES DE ROSCA .

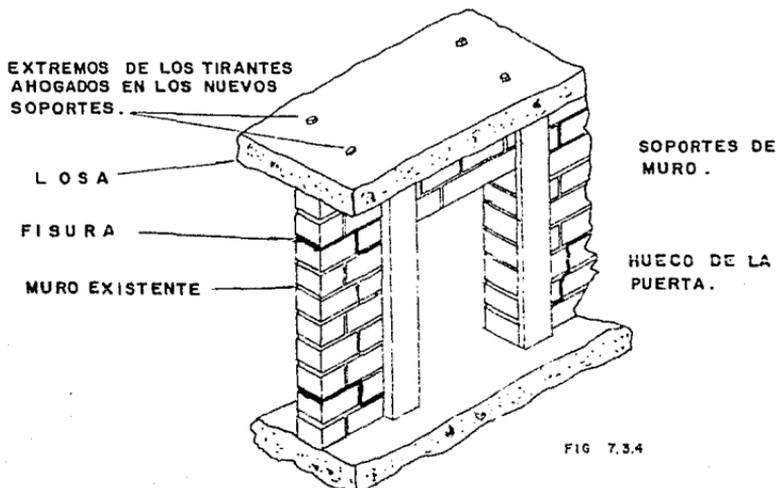
A) REPARACION DE FISURAS DE UNA
LOSA .

FIG 7.3.2



B) REPARACION DE FISURAS EN UNA
TRABE .

FIG 7.3.3



C) REPARACION DE FISURAS EN UN MURO .

FIG 7.3.4

7.4 ALGUNOS METODOS DE ADHESION DE CONCRETO VIEJO CON CONCRETO NUEVO UTILIZADO.

- CONCRETO COLADO "IN-SITU"
- CONCRETO LANZADO
- RESINAS EPOXICAS

7.4.1 CONCRETO COLADO " IN-SITU"

Este método consiste en sustituir el concreto defectuoso por concreto nuevo de un tipo corriente y común, colocado según los métodos clásicos sustituir el concreto defectuoso por concreto común y corriente, es una solución satisfactoria y económica, cuando el volumen del material que hay que sustituir es bastante importante, cuando la reparación debe de realizarse en profundidad, es decir tener más de 5 ó 10 cm. (y como mínimo llegar más allá del armado), y -- cuando la parte a reparar es accesible.

Cuando no lo es por ejemplo cuando bajo el agua) la solución más -- adecuada consiste en utilizar concreto prepaqt. (este concreto se preparar llenando la cimbra de áridos gruesos, e inyectando a continuación en los árrificios un montero de arena y cemento. En algunos trabajos especiales se utiliza cemento puro), o inyectar, si el volumen necesario no es demasiado grande.

El método que se estudia aquí es particularmente conveniente cuando la parte a reparar debe ser estanca al agua y cuando el deterioro -- atraviesa de un lado a otro la sección del concreto primario. las -- pilas, muros, obras hidráulicas y otras grandes obras situadas bajo el nivel del suelo o del agua se reparan generalmente por este método.

La situación del concreto, si es rentable desde el punto de vista. Económico, es probablemente el mejor de los métodos de reparación, al menos en lo que se refiere a la calidad y durabilidad de la parte reparada.

Es posible armar la nueva sección y darle una resistencia adecuada., utilizando juntas de construcción y de retracción convenientes y haciéndolas estancas, en caso necesario, se obtendrá una estanquidad adecuada para el conjunto de la parte reparada. Se deben evitar las secciones de pequeño espesor, que constituyen fuentes de dificultades a causa de las variaciones de temperatura.

pe hecho un espesor mayor disminuye la importancia y frecuencia de las variaciones de temperatura en la masa subyacente y, lo que es -- más importante, al nivel de la separación entre el concreto nuevo y el antiguo.

Además, debe determinarse la composición del nuevo concreto de manera que se parezca en la del concreto que se repara, lo que reduce el grado de incompatibilidad de los dos materiales, los efectos nefastos de las variaciones de temperatura, las variaciones de contenido de agua y las tensiones diferenciales, elásticas o no.

En la preparación de la superficie del concreto es preciso que la forma de la zona excavada sea tal que se puede vibrar el concreto durante la puesta en obra y llenar la cantidad sin dejar huecos, .

COMPOSICION DE CONCRETO NUEVO:

Hay que considerar dos cosas: 1.- El primer caso es aquel en que las nuevas secciones de concreto son largas, anchos y relativamente poco gruesas, o el material se utiliza para recubrir una parte de -- obra existente, o cuando es importante que los materiales sean compatibles con objeto de que no se produzcan planos de separación entre las dos secciones.

En este caso es preciso, si se puede, utilizar un concreto idéntico al de la obra original, sobre todo, en lo que se refiere a las dimensiones, tipo y cantidad de los áridos gruesos, así como a la relación agua / cemento, con la reserva de que la consistencia sea satisfactoria para asegurar una puesta en obra correcta.

Esto es a veces, imposible, porque el deterioro que se está reparando ha sido provocado por el empleo de concreto de composición defectuosa. Sucede más a menudo sin embargo, que la causa de las deficiencias proviene de una mezcla satisfactoria, pero mal utilizada; recubrimiento pequeño del armado, exceso de agua, energía de composición insuficiente, que produce alveolos o segregación excesiva de la masa plástica; o también construcción poco correcta o deficiente estudio de los detalles constructivos.

2.- El segundo caso es aquel en el nuevo material se utiliza en gran espesor, en secciones de longitud y anchura relativamente pequeños en relación con su grueso, cuando va a estar rodeado por el concreto primario, o también en aquellas ocasiones en que las tensiones debidas a las variaciones higrométricas, térmicas, a la retracción o a la aplicación de cargas no llevan consigo esfuerzos que tienda n a la cizalla dura o a la separación de las capas del concreto en contacto.

En este caso la compatibilidad de los materiales es menos importante, y es posible utilizar una dosificación que contenga áridos tan gruesos como se pueda y que tenga una consistencia tan elevada como permite las necesidades de la puesta en la obra.

La relación agua/cemento puede ser idéntica a la utilizada en obras nu nuevas. El empleo de alreantes (3 a 6 %) es aconsejable. Cuando el aspecto de la reparación tiene importancia se puede jugar con la marca y tipo de cemento para armonizar la parte reparada con la obra inicial.

Se debe hacer todo lo posible para que las "amasadas" sean uniformes. Serán pequeños y numerosas y las diferencias que las separan acarrearán diferencias en el aspecto de la obra.

Por esta razón cuando la ubicación necesaria lo permita, conviene hacer "amasadas" de volumen suficiente para efectuar la puesta en la obra de una sola vez.

CIMBRADO:

1.- Cuando el cimbrado está abierto por su parte superior, el único punto a señalar es que los cimbrados deben ser estancos al montero y bien ajustados al concreto de origen, de manera que se eviten fugas, que tendrían por consecuencias la formación de alveolos y de zonas de segregación.

2.- Cuando los cimbrados son cerrados (por ejemplo, cuando se les sustituye o se repara parcialmente una sección vertical de muro alejada de la coronación) es posible colocar el tapón de concreto a la fuerza sometiendo a una presión ejercida al nivel del orificio de llenado de la cimbra.

Las juntas de los tabloneros y perfiles, las juntas entre las cimbras y el concreto original y el espacio que rodea a los tirantes deben estar provistos de fuerte arandelos y se deben colocar calzas entre las cabezas de los tirantes y los largueros para disminuir las deformaciones de estos últimos y asegurarles un mejor apoyo sobre los cimbrados.

La presión se aplica el concreto nuevo apretando los tornillos colocados en el orificio de llenado. Conviene ejercer esta presión inmediatamente después del llenado.

Si se vibra el concreto por medio de una cimbra vibrante se deben tensar los tirantes después de cada aplicación de la vibración. Ver figura 7.4.1.

puesto en obra y curado.- cuando se coloca concreto en una cimbra vertical cerrada de más de 0.45 m. de altura, se deberá hacer en tongadas que no excedan los 30 cm. de espesor, las cimbras deberán construirse en secciones horizontales que hagan posible esta colocación.

Es preciso practicar en las cimbras un número suficiente de orificio de dimensiones lo bastante grandes, para que no sea necesario que el concreto se desplace horizontalmente para llenarlos.

Cuando se trabaja en un muro en una obra del mismo tipo, conviene que los orificios se extiendan sobre toda la anchura de la cavidad. Es indispensable que el concreto esté perfectamente vibrado, a la vez los cimbrados cerrados (salvo si se aplica también una presión) ya que se puede formar un espacio vacío o una película de agua en la parte superior del concreto vibrado.

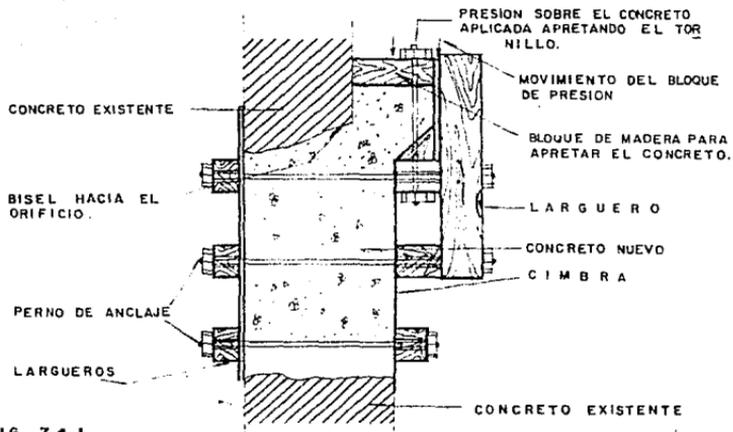


FIG 7.4.1

FIG. DONDE SE MUESTRA LA SUSTITUCION DEL CONCRETO UTILIZANDO CIMBRA DE PRESION.

Cuando se llena la parte superior de un cimbrado cerrado, la altura del concreto en el orificio de llenado no debe sobrepasar 5 a 8 cm., pues una altura superior transmitirá mal la presión aplicada,

Son válidos los métodos clásicos de curado.

7.4.2 CONCRETO LANZADO

El concreto lanzado se utiliza cuando se trata de restaurar superficies de concreto que no se han deteriorado en profundidad. Se puede aplicar esta técnica a la reparación de superficies verticales o en desplome, así como a superficies horizontales; es particularmente -- útil para la restauración de superficies que se ha disgregado por la corrosión del armado.

Aunque esta técnica esté ampliamente estudiada desde hace medio siglo todavía se discute su eficacia. Las críticas están dirigidas sobre los siguientes puntos:

- 1.- El material es poroso.
- 2.- Sufre una retracción más importante que el concreto clásico.
- 3.- El revestimiento puede contener bolsas, o recubrir y ocultar huecos.
- 4.- La calidad de la reparación depende de gran proporción de la habilidad de los obreros.
- 5.- La reparación es costosa.

Desde el punto de vista del costo se puede decir que toda reparación es costosa en relación con el costo de la construcción nueva. Si se limita su campo de aplicación razonablemente, se puede decir que el método es competitivo en relación con otros métodos de reparación.

Las otras críticas que se le dirigen son válidas; pero tomando las precauciones que se citan y teniendo en cuenta los límites de aplicación de este método, se pueden ejecutar trabajos de primera calidad.

DESCRIPCION:

Este tipo de concreto (que se llama también "shoterete" o "gunita") es una mezcla de cemento portland, arena y agua que se proyecta con aire comprimido. En obras públicas la mezcla de arena y cemento se hace en seco en una mezcladora, después se conduce a presión por aire comprimido por un tubo a la boquilla, y se proyecta sobre la superficie a reparar.

Un pulverizador que desemboca en la boquilla permite la adición de agua, pudiéndose regular la cantidad de ésta en función de la consistencia deseada para asegurar una buena adherencia.

CAMPO DE APLICACION;

En general el concreto proyectado o lanzado permite obtener revestimientos bastante delgadas, del orden de 2 a 10 cm. (raras veces más) y reparar o revestir superficies bastante grande.

Las pequeñas superficies, o las superficies dispersas, se reparan gen

generalmente con concreto aplicado a mano, que es en este caso más barato. El empleo de este material se limita generalmente a la reparación de estructuras, en las que su aspecto "lanoso" no ofrece inconvenientes.

En principio no se emplea para decorar o restaurar fachadas de obras porque la uniformidad que se obtienen es bastante mediocre y no se pueden realizar superficies rigurosamente planas.

No se puede tampoco utilizar este método para revestir superficies que deban ser lisas. Es mejor no utilizar este procedimiento para reparar superficies salientes.

Con estas reservas, se puede incluso decir que las aplicaciones de este procedimiento son numerosas; revestimiento de obras de acero, de tabique o de piedra; revestimiento interiores; recubrimiento de armados al aire, reparación de zonas disgregadas, revestimiento de escollos;

REPARACION DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO

Una vez tratada la superficie, debe ser rugosa con objeto de asegurar una buena adherencia. Es esencial prever anclajes para fijar el nuevo material al antiguo, la incompatibilidad del concreto lanzado y de concreto primario o antiguo, plantea un grave problema; la adherencia obtenida gracias a la rugosidad de la superficie y a los anclajes es necesaria para que los dos materiales sean solidarios.

MATERIALES Y DOSIFICACION:

La arena que se utilice para la confección del concreto lanzado debe tener una granulometría uniformemente graduada, como la del concreto clásico; es recomendable que las partículas sean duras pues tienden a triturarse al pasar por la boquilla.

La arena debe tener una proporción de agua de 3 a 5 % para asegurar un buen funcionamiento de la máquina.

A causa del efecto de impacto, una cierta proporción del material proyectado contra la superficie a revestir rebota. Este material es denominado "rebote".

Está constituido, sobre todo, de partículas de arena y contiene una proporción de concreto mucho menor que la mezcla normal. En la práctica, no se puede impedir que se produzca el rebote; la proporción de concreto afectada por este fenómeno alcanza normalmente el 20 ó 30 %.

A causa de este fenómeno, la proporción de cemento en el concreto realmente colocado es más elevada que la del concreto en la mezcladora. Así, si se desea obtener una dosificación final de 3:1, la mezcla deberá ser 4:1 en la mezcladora.

Es difícil determinar las proporciones de la mezcla a proyectar, pues

to que el rebote es variable en la práctica se utiliza generalmente tanta agua como puede soportar la mezcla sin desprenderse o caer; el agua disminuye el rebote. Se puede hacer una valoración aproximada - y decir que la relación agua/cemento puede ser del orden de 0.5 a -- 0.6. Adoptando esta base y elevando el rebote en un 20 ó 30 %, las proporciones a introducir en la mezcladora pueden fijarse aproximadamente en función de la resistencia deseada.

En la práctica se pide una proporción 3:1 0 3:5, 1 medida en volumen en la mezcladora, y utilizamos un aireante o un cemento aireado.

MEZCLA Y PUESTA EN OBRA:

La arena y el cemento deben mezclarse íntimamente en seco, y el aparatodestinado a asegurar la mezcla y la colocación debe ser de un -- modelo experimentado. El aceite, así como todos los productos destinados a impedir la corrosión, deben estar prescritos en las partes que estén en contacto.

La duración de la operación no debe ser inferior a minuto y medio. - Todos los materiales mezclados no utilizados en el intervalo de una hora deben ser rechazados.

El aire comprimido que pasa al sistema de propulsión debe mantenerse bajo una presión tal que transporte la mezcla seca en el conducto de aprovisionamiento a una velocidad suficiente para proyectarla con fuerza en la boquilla.

El agua de hidratación suministrada a la mezcla en la boquilla debe mantenerse a una presión superior a la del aire de manera que entre efectivamente en la boquilla.

En la puesta en obra cuando las condiciones lo permitan y hay sitio para trabajar es conveniente mantener la boquilla a una de 0.60 a 1.20 m., de la superficie a recubrir y de manera que el chorro esté lo más próximo posible a la normal de la superficie.

Para las superficies perfectamente verticales y planos inclinados se deben comenzar por abajo y subir progresivamente. Antes de aplicar el concreto conviene retirar de la superficie los granos de arena u otras partículas fijadas a ella.

No se debe proyectar concreto sobre una superficie por lo que corre el agua. Cuando se recubren los armados y tornillos de anclaje, la boquilla deberá desplazarse lateralmente y dirigirse de manera que el concreto sea lanzado detras de las barras.

Al fin de cada período de trabajo el espesor del concreto bürizado debe disminuir progresivamente hasta anularse y antes de proseguir el trabajo se debe humedecer y limpiar la sección terminada en bisel, de manera que no exista ninguna junta en ángulo recto, salvo en el lugar donde termina la reparación .

El mortero debe proyectarse hasta aproximadamente 1 cm. de la superficie definitiva que se quiere alcanzar, y se debe alisar la superficie con llana. No se debe alisar directamente el concreto lanzado todo concreto lanzado debe aplicarse con una tolerancia de 3mm. por defecto, y debe de conservar su acabado natural.

El alisado del concreto lanzado permite obtener una superficie más regular, pero tiende a disminuir su adherencia. En el momento en que comienzan a aparecer sobre la superficie zonas secas del mortero colocado, se debe comenzar el curado por proyección de agua o por aplicación de dos capas de un compuesto de protección adecuada.

El período de curado no debe ser inferior a 7 días.

7.4.3 RESINAS EPOXICAS

Son compuestos orgánicos que, con la ayuda de endurecedores apropiados forman productos mecánica y químicamente resistentes, y dotados de excelentes propiedades de adherencia.

Se puede utilizar para pagar concreto, o para soldar trazos de una sección de concreto en servicio fisurados o despegados. Una vez endurecido, el compuesto no se ablanda, no fluye, y no exuda, al menos en las condiciones de empleo corrientes.

APLICACIONES:

a) Pegado de fisuras o trozos de concreto separados; teóricamente, si un trozo de concreto se ha separado de la masa de la obra, es posible volverlo a unir enluciendo las dos superficies en contacto con el com puesto adhesivo, y uniéndolas a contracción.

En la práctica, este método es demasiado costoso, y normalmente se -- sustituye el trozo separado por concreto nueva, utilizando a veces un pegamento a base de resinas.

b) Reparación de superficie disgregadas.- se puede utilizar la resina para hacer una reparación de concreto de cemento portland, o -- incluso utilizar esta resina como conglomerante del concreto que se -- utilice en la reparación.

Cuando se tiene necesidad de un pequeño volumen de material, cuando se trata de reparar secciones de débil espesor, o cuando debe ponerse en servicio la obra antes de que el concreto haya tenido tiempo de -- endurecer, no se puede recurrir al concreto clásico y hay que utilizar la resina como conglomerante.

En los demás casos, es menos costoso utilizar concreto ordinario y pagarlo a la obra existente como resinas adhesivas.

PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APLICACION

Es esencial que esta superficie sea muy resistente la misma resina es muy resistente, y todo punto débil en el concreto subyacente puede anular la resistencia de la reparación.

Es igualmente importante que la superficie destinada a recibir la repa ración esté perfectamente limpia y seca.

Algunos compuestos exigen una total ausencia de humedad; conveniente que la superficie este tan seca como sea posible (aunque la humedad se opone al endurecimiento adecuado de la mayoría de las resinas, posible, en algunas aplicaciones, procurarse compuestos de fórmula.

Especialmente que endurezcan, aunque estén en contacto con el agua, o - incluso completamente sumergidos) Cuando hay posibilidad de carga hidráulica o de fenómenos capilares, una copa de caucho o de polietileno aplicada, bajo carga, sobre la parte a reparar durante toda una noche, -- permite evaluar la cantidad de agua que se filtra a través de la superficie.

Se retira el tapiz al día siguiente, por la mañana. Si la humedad se ha acumulado bajo él, puede ser necesario secar la superficie y el concreto subyacente antes de aplicar el material de reparación o utilizar el material de reparación o utilizar como material un compuesto que conserve sus propiedades en medio húmedo.

MATERIALES:

Se utilizan materiales comerciales. Sus fórmulas varían en función de los diversos casos de utilización posibles. Por consiguiente, no conviene utilizar un determinado compuesto orgánico más que en un caso para el que haya sido previsto, fiándose de las directrices dadas por los fabricantes.

por otra parte, un gran número de fórmulas son muy recientes, y como se escoge una de ellas, conviene consultar los datos proporcionados por experiencias de obra confirmar los resultados obtenidos en laboratorio.

Cuando la reparación se hace con un concreto de resinas, es preciso que el árido tenga la superficie seca, si no la mezcla no podrá endurecer el conglomerante debe estar en exceso para que impregne la superficie de aplicación.

Otra solución consiste en dar una mano de conglomerante a esta superficie, como capa ligante.

Mezcla y puesta en obra:

Los componentes del producto adhesivo deben estar perfectamente mezclados. La California Division of Highways recurre a una técnica interesante para obtener una mezcla perfectamente homogénea. Los componentes son coloreados de manera que presentan tonalidades muy diferentes y, una vez mezclados, el compuesto debe presentar un color uniforme, sin vetas que destaquen.

La cantidad de material mezclado en una sola vez no debe ser superior a la que recomienda el fabricante, puesto que el endurecimiento es acelerado por el calor desprendido, que carece de volumen.

Cuando una resina epóxi se utiliza como conglomerante del concreto, la mezcla puede realizarse a mano o mecánicamente. Hay que tener cuidado de no contaminar un compuesto realizado el mezclado con herramientas utilizadas para otro.

No hay que añadir arena ni árido antes de haber preparado el conglomerante. Cuandola resina se utiliza como capa de imprimación o pegamento puede aplicarse con rodillo, brocha o escobas de goma. Hay que tener cuidado de aplicarla con bastante fuerza para evitar la formación de coqueas.

Las herramientas se utilizarán rápidamente por el endurecimiento de los residuos; por tanto, deben ser bastante baratas para que se pueda sacrificarlas. Si no, se puedan limpiar con un disolvente, es usual cubrir el \approx 0.6 a 1m² por litro, y algunas veces muchas veces menos si la superficie es rugosa.

se puede tratar de pulverizar el producto, tomando las precauciones necesarias para aplicar el concreto después de que el disolvente se haya evaporado completamente, pero antes de que la resina haya fraguado.

Esta presición puede ser difícil de obtener, y hay que tener presente que una medida defectuosa del tiempo llevará consigo una ejecución deficiente.

La duración necesaria del endurecimiento de la resina epóxi depende del espesor y de la temperatura del aire. El endurecimiento es tanto más rápido cuanto mayor es la temperatura y más abundante la masa.

Por consiguiente, se puede acelerar el endurecimiento calentando el material, se puede aislar y calentar a la vez la parte reparada cubriéndola con una película de polietileno negro que absorba las radiaciones solares; pueden también utilizarse rayos infrarrojos, simplemente recubrir la reparación con una placa de metal que calentará moderadamente con soplete.

Salvo excepciones, la temperatura de la resina en el momento de su aplicación debe estar comprendida entre 20 y 32°C; y la de la superficie de aplicación debe ser superior a 16°C.

Las observaciones más importantes de las resinas epóxi son las siguientes:

- a) COMPATIBILIDAD TERMICA: Cuando no se disponen de suficientes datos es aconsejable ser prudente y prever para la reparación de superficies -- relativamente importenates, juntas próximas, ya que se sabe que existen incompatibilidades térmicas importantes entre los concretos de -- cemento portland y los de resina.
- b) TEMPERATURAS BAJAS: Los productos \dot{g} base de epóxidos, expuestos a temperaturas bajas, tienen tendencia a fragilizarse.
- c) RESISTENCIA DE LA UNION: La resistencia y la adherencia de una resina epóxi de componentes bien escogidos, son superiores a las del concreto.
- d) PELIGROS: Hay que proteger a los obreros del contacto directo con las resinas.

Son útiles las cremas protectoras y los guantes, que se deben tirar después de utilizarlos. Toda la zona de piel alcanzada por las resinas debe ser limpiada inmediatamente.

- e) RESISTENCIA AL FUEGO: Las resinas epóxi son compuestos orgánicos y, por tanto, inestables al calor.
- f) LLUVIA Y HUMEDAD DURANTE LA APLICACION: Como se ha visto es conveniente que la superficie existente esté seca para que la resina adhiera bien.
- g) SATURACION DE LA ZONA REPARADA: La proporción de conglomerantes se reduce generalmente al mínimo con objeto de disminuir el costo del concreto.

P.- RESTAURACION

P.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La forma de corregir la estructuración es principalmente mediante la -- inclusión de nuevos elementos que aumenten y balancen la rigidez y la -- resistencia.

Cuando en la evaluación definitiva se considere que el refuerzo no es -- suficiente para que sus elementos cumplan con la capacidad sismo--resis -- tante señalada por el reglamento en vigor o que la causa principal de T los daños se debió a una estructuración deficiente.

[a elección del plan de restauración deberá efectuarse para cada proble -- ma particular en función de sus limitaciones.

La compatibilidad en la rigidez de la estructura original y la de los -- nuevos elementos es de suma importancia, si ambos son del mismo orden -- de magnitud, como sería el caso de añadir marcos a una estructura.

También a base de ellos, puede considerarse un trabajo de conjunto, pe -- ro si por el contrario son muy dispares, como en el caso de incluir mure -- ros de rigidez en una estructura de marcos, puede resultar más conveni -- ente diseñar los elementos nuevos para tomar toda la carga lateral, sin -- descuidar la revisión de las fuerzas que se introducen en la estructura -- original.

Es importante que las conexiones entre los nuevos elementos y la estruc -- tura original, garantice la continuidad. Deberá también considerarse -- que es indispensable revisar la transmisión a la cimentación de las car -- gas que actúan en los nuevos elementos, lo que puede llevar a la necesi -- dad de modificarla, o bien de construir una cimentación para ello.

2.2 MUROS RIGIDOS Y MUROS DE RELLENO

Los muros de rigidez o muros rígidos están contruidos generalmente de concreto reforzado y es uno de las soluciones más efectivas para reducir las excentricidades de una estructura y aumentar su capacidad sismo-resistente.

La alternativa más sencilla y útil consiste en colocar los muros en la superficie del edificio sin interferir en el funcionamiento del mismo. En este caso, la conexión con la estructura original se puede efectuar mediante estribos anclados en el sistema de piso, o bien a travez del colado de una losa adicional de unión.

Ver figuras P.2.1.

Cuando es necesario colocar los muros en el interior de la estructura, la conexión con las losas efectúa a través de orificios en ellas que permiten el paso del refuerzo.

Longitudinal de los extremos del muro y parte del refuerzo intermedio; estos orificios facilitan la operación del colado.

Los muros de relleno son muros de mampostería o de concreto reforzado, ubicados en los ejes de columnas de una estructura.

El comportamiento de los muros de relleno puede ser semejante al de los muros de rigidez cuyo refuerzo en los extremos lo constituye las columnas de la estructura original, siempre que la unión entre los muros, las vigas y columnas garanticen la continuidad.

En caso contrario, el muro se comporta como un diafragma que introduce grandes fuerzas cortantes en las columnas y las vigas, lo que además puede hacer necesario el refuerzo de estos elementos.

Ver figuras P.2.2.

Una variante de los muros de relleno que no impide el paso por la cruzja, la constituye el uso de muros a ambos lados de un sólo eje de columnas. En este caso, debe tenerse especial cuidado de revisar el efecto sobre las vigas que van reduciendo una obra significativamente.

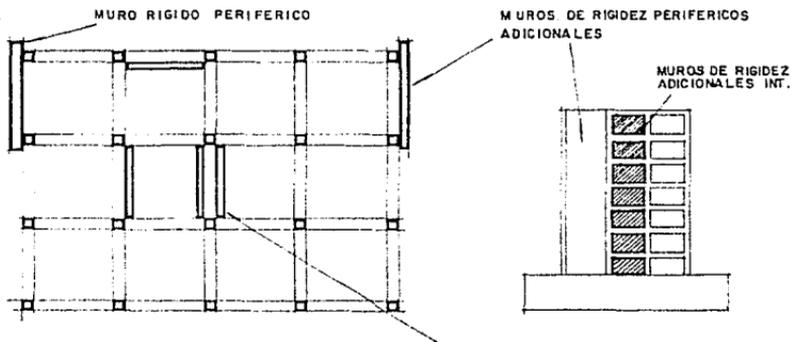
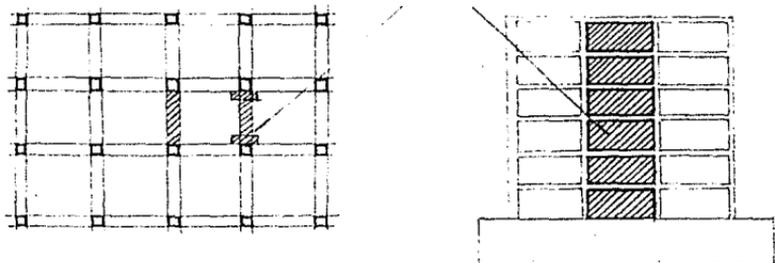


FIG 8.2.1

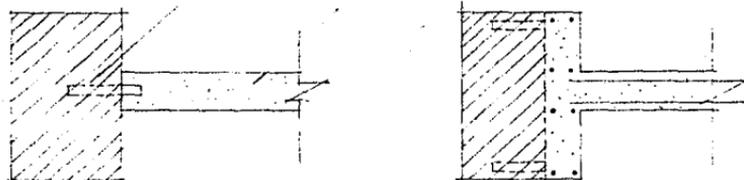
MUROS DE RIGIDEZ ADICIONAL
INTERIORES.

MUROS DE RELLENO



PASADOR

MURO DE RELLENO



A) SI EXISTE SUFICIENTE ESFUERZO
EN LA COLUMNA.

B) SI ES NECESARIO AÑADIR

FIG B.8.2 MUROS DE RELLENO CON CONECTORES AHOGADO EN MORTEROS EPOXICO.

8.3 MARCOS, ARMADOS Y CONTRAVENTEIO

En el transcurso de la obra de reconstrucción se pueden encontrar limitaciones arquitectónicas en las que se limita la utilización de muros - rigidizantes, estos pueden ser metálicos o de concreto reforzado.

En el caso de que fueran de concreto reforzado, las alternativas de conexión con la estructura son las mismas que para los muros de rigidez, esto es, estos refuerzos deben cumplir la función de rigidizar la estructura para efecto de las fuerzas laterales.

Lo anterior es con la finalidad de que las columnas y vigas, en una zona igual a una cuarta parte de su longitud libre medida a partir de cada -- esquina, deberá ser capaces de resistir, cada una, una fuerza cortante igual a la cuarta parte de la que actúa sobre el tablero.

Esto se debe a que la rigidez del tablero se incrementará en forma notable por la presencia de los refuerzos, lo que modificará radicalmente la forma en que trabaja el marco, pues ya no puede deformarse en flexión - debido a que los refuerzos se lo impiden.

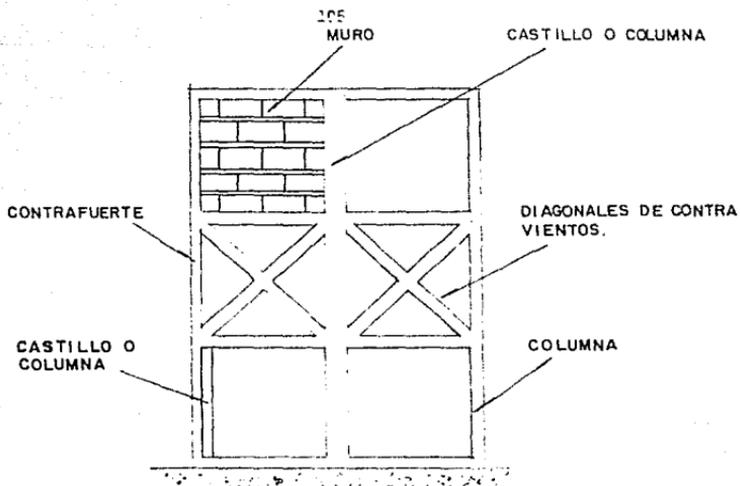
En el caso de que fueran metálicos, pueden recurrirse a conectar los elementos horizontales de la armadura mediante elementos metálicos ahogados en perforaciones hechos previamente en las losas.

si la resistencia de vigas y columnas de la estructura original es suficiente, sobre todo por cortante, se puede recurrir a la inclusión única mente del contraventeo para rigidizar la estructura.

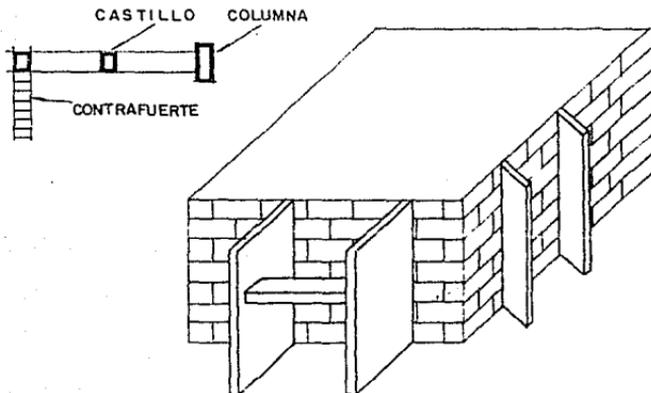
Los contrafuertes son otro tipo de refuerzo, con especialidad utilidad cuando no se tienen limitaciones de espacio en el exterior del edificio dañado, es posible utilizar contrafuertes que tomen las fuerzas laterales en estructuras de poca altura.

De manera similar que con la utilización de muros y marcos de concreto deberá atenderse a la revisión de las conexiones con la estructura original. Esta solución tiene la ventaja de que su construcción interfiere muy poco con la utilización del edificio.

Ver figura 8.3.1 y 8.3.2.



A) ELEVACION FRONTAL FIG 8.3.1



B) RIGIDIZACION DE MUROS POR MEDIO DE CONTRAFUERTES
FIG 8.3.2

2.4 MUROS DE MAMPOSTERÍA

La restructuración de edificaciones construidas a base de muros de mampostería, se puede llevar a cabo añadiendo muros nuevos;

La conexión entre los elementos nuevos con los viejos puede efectuarse mediante el colado de nuevos castillos o bien con conectores de concreto reforzado.

Debe revisarse el refuerzo del muro si este es de mampostería hueca, o su confinamiento con dadas y castillos si es de piezas macizas.

La mampostería sin refuerzo es poco eficiente para resistir cargas de flexocompresión; es recomendable reforzarla con elementos de concreto armado para mejorar su comportamiento ante esta sollicitación, principalmente aumentando su capacidad de deformarse lateralmente.

En ensayos de laboratorio de muros de mampostería sometidos a una combinación de compresión y carga lateral alternante en su plano (flexo --- compresión) se ha visto que la resistencia y rigidez del muro se deterioran rápidamente.

D. RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

9.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En el proyecto de reparación se podrá optar por intentar restaurar la -- resistencia original de los elementos estructurales, o bien por reforzar los después de su restauración inicial.

En ambos casos es conveniente aumentar la ductividad. Se debe poner especial cuidado al modelar para su análisis el tipo de refuerzo utilizado, pues si éste es sólo para una fuerza cortante, la rigidez por flexión seguirá siendo la del elemento original.

Igualmente habrá que tener en cuenta la historia de carga, considerando en general que las cargas muertas son tomadas por los elementos originales, mientras que las cargas vivas y las de sismo son resistidas por el elemento y su refuerzo.

El refuerzo de elementos provoca cambios importantes en su rigidez, que inciden en la magnitud de las fuerzas sísmicas y en su distribución en la estructura.

Para evaluar estos efectos, basta en la mayoría de los casos con efectuar un análisis estructural que suponga el comportamiento monolítico del elemento original y su refuerzo.

Será necesario revisar la relación de resistencia y rigidez entre vigas y columnas después del refuerzo, para comprobar que la aparición de articulaciones plásticas ocurran en los elementos horizontales, que serían las vigas, antes que en los elementos estructurales horizontales como en el de las columnas.

9.2 RESTAURACION

Será necesario insistir siempre en la necesidad de que los materiales de origen y los utilizados en la reparación sean compatibles.

Se producirán dificultades siempre que las propiedades térmicas, las características de retracción, la cantidad de agua absorbida o el módulo de elasticidad de materiales o secciones adyacentes sean diferentes.

Para imaginar claramente lo que ocurre, consideramos una losa formada -- por dos materiales diferentes (A y B) adheridos el uno al otro.

Supongamos que estos materiales tienen coeficiente de dilatación térmica diferentes. Sometamos la losa compuesta a una elevación de temperatura, .

El material A).- Trata de dilatarse más que el material B), aparecen tensiones y la losa compuesta tiende a flechar. Notese que en un material se produce tensiones de tracción.

Las tensiones de cilladura subsisten, pero con signo contrario. Tiene lugar el mismo fenómeno, o algo análogo, cuando se produce una retracción diferente o deformaciones elásticas, diferentes a módulos de elasticidad diferente.

El remedio mas simple consiste, evidentemente en disponer de armados o incrementar la resistencia a tracción de ambos materiales, y hacerlo adherir el uno al otro mediante dispositivos que absorban los esfuerzos cortantes, .

Son necesarios anclajes para evitar que las dos capas de material se separen. Si lo dos materiales tuvieran propiedades idénticas, las variaciones de temperatura, la retracción, etc ; provocarían variaciones físicas idénticas, y no habría ni tensiones, ni alabeos, ni separación.

Por consiguiente, es preciso que el material con que se realice la separación sea lo más parecido posible al material primitivo. Para esto sería preciso que la composición de la mezcla el tipo de cemento, los áridos, la consistencia, la temperatura, la masa, la forma y el porcentaje de humedad del nuevo concreto fuera los mismos que los del concreto original.

En la práctica esto es imposible de realizar. Incluso si todos los datos fueran iguales, quedaría aún la diferencia de edad. El concreto inicial ha estado sometido a la totalidad de la retracción debida al fraguado y al endurecimiento, y ha alcanzado probablemente un porcentaje de humedad más o menos estable, dos condiciones que el nuevo concreto no puede cumplir.

Al ingeniero no le queda más que hacer todo lo posible, compensar las diferencias, disponiendo armado y dispositivos de unión, que suavice las diferencias.

La cuantía de armado y la catidad de conectores necesarios se fijan genralmente en función de la experiencia que se tenga; si no se tiene experiencia, esta cuantía se fija aproximadamente mediante cálculos teóricos.

Estos son particularmente difíciles. Puede recurrirse a cualquiera de las numerosas obras clásicas que tratan de estructuras mixtas.

Nota:

NO se debe olvidar prever un medio cualquiera de impedir que se separen los dos materiales en dirección perpendicular al plano de contacto. En general, esto puede conseguirse disponiendo conectores terminados en gancho, incrustados en el concreto primitivo y enlazados a el aramado del nuevo material.

Los casos que se citan a continuación pueden presentarse dificultades particulares:

- 1) El tipo de cemento o la composición del concreto utilizados en secciones adyacentes son diferentes.
- 2) El material de reparación es concreto lanzado.
- 3) El árido utilizado es de baja densidad.
- 4) Los elementos adyacentes tienen secciones transversales de forma o superficie netamente diferentes.
- 5) La temperatura del concreto nuevo, al ponerlo en obra, es claramente diferente a la del concreto al que ha de adherirse.

Las dificultades anteriores se deben primordialmente a las siguientes causas:

- a) concreto lanzado: La retracción del concreto lanzado tiene un valor que se sitúa entre 150 y el 300% de la del concreto. El coeficiente de dilatación térmica es claramente diferente. La dosificación, los materiales y proporción de agua del revestimiento son diferentes a los de la superficie subyacentes.
- b) concreto ligero: El coeficiente de dilatación térmica y el módulo de elasticidad de este concreto son muy diferentes a los del concreto de áridos comunes.

Además, los diferentes tipos de áridos ligeros son diferentes no sólo de los áridos ordinarios, sino también unos de otros. La utilización de un concreto de este tipo en obras de concreto normal, mampostería o ladrillo puede presentar dificultades a causa de la diferencia de deformaciones térmicas o elásticas.

Existen por ejemplo casos en los que los muros de cerramiento de tabique de una obra se han roto a causa de las excesivas tensiones de compresión debidas al acortamiento demasiado elevado de los soportes del concreto ligero.

Para la ampliación de una construcción, se propone a veces la utilización del concreto ligero, incluso si la obra existente es de concreto corriente.

Esto no es recomendable, salvo si se prevé una junta de dilatación entre el edificio existente y la ampliación. Se producirán esfuerzos cortantes en el plano de contacto de losas confeccionadas con diferentes materiales, y aparecerán fisuras de tracción.

Si los soportes son de concreto ligero, será difícil mantenerlos al mismo nivel, aunque se construyan así:

- c) Diferencias de superficie o de forma de las secciones transversales: No se debe hacer cargar elementos de sección débil sobre otros de gran sección, ni unirlos rígidamente.

Un caso frecuente es el de la losa de tablero de 25 ó 30 cm. De canto de un muelle, que reposa sobre un muro de contención. Lo mismo ocurre en lugares en los que la estructura pasa de tramas independientes a tramas continuos, o de éstos a un sistema reticulado.

En ambos casos, hay una variación brusca de sección. La retracción debida al endurecimiento no será la misma en ambas secciones. Las variaciones de dimensiones y de formas, debidas a las variaciones de temperatura, serán también diferentes, así como los cambios de volumen debidos a la absorción de la humedad.

La fisuración del concreto en las proximidades de la zona de contacto de ambas secciones es prácticamente inevitable. Por consiguiente cuando hay una variación brusca de sección o de tipo estructural en una obra, conviene prever una junta de dilatación o un armado especial para conectar ambas secciones.

- d) Temperatura del concreto durante su puesta en obra: La temperatura del concreto existente y la del concreto nuevo deben ser tan próximas como sea posible.

El concreto se pone generalmente en obra entre 10 y 25°. Conviene conservar la temperatura del concreto existente entre los mismos límites, no colando más que cuando la temperatura ambiente este comprendido entre esos valores.

Se deben parar los trabajos o calentar la superficie a colar cuando haga frío o viento, y resguardarla o enfriarla, por ejemplo, pulverizan-

do agua, cuando haga calor o brille el sol.

Debe tenerse en cuenta que estas prescripciones no aportan soluciones radicales.

Son simplemente reglas de buena práctica y procedimientos experimentados suficientemente para obtener un concreto de buena calidad, ya se trate de construcciones nuevas o de trabajos de reparación.

9.3 REFUERZOS DE VIGAS

Un principio básico en la reconstrucción de una estructura, es que bajo fuertes fuerzas sísmicas, las vigas se rompen plásticamente antes que las columnas.

Esto se basa en el razonamiento de que cuando una viga empieza a fallar irá de un comportamiento elástico a uno inelástico, y empezará a deformarse permanentemente.

Esta acción disipará y absorberá una parte de la fuerza sísmica, por el mismo principio que el colapso de la parte frontal de un automóvil correctamente diseñado absorberá la energía de colisión y protegerá la estructura esencial que rodea a los componentes.

El procedimiento de refuerzo de vigas, consiste en envolverlas con barras y estribos adicionales o una malla electrosoldada y añadir un nuevo recubrimiento de concreto lanzado o colado in-situ.

La superficie del elemento por reparar, deberá picarse para así poder obtener suficiente rugosidad. Se pueden reforzar las vigas con un encamisado de concreto.

Si solamente se requiere reforzar la resistencia a flexión, se puede recurrir al encamisado de la cara inferior, usando conectores soldados para unir el nuevo refuerzo al viejo, así como estribos adicionales que también serán soldados a las originales.

Para proporcionar el anclaje adecuado en los extremos, se puede recurrir a un collar de ángulos alrededor del extremo de la columna. Ver figura 9.3.1.

Cuando se requiere reforzar tanto para flexión como para cortante, el encamisado se puede efectuar en tres caras o en todo el perímetro de las vigas, en este último caso, resulta factible añadir refuerzo por momento negativo, la perforación de la losa es necesaria tanto para pasar los estribos como para facilitar el colado. Ver figura 9.3.2.

En un encamisado metálico, el refuerzo de vigas por flexión o cortante se puede hacer uso de placas metálicas adheridas con resinas epóxicas y conectores mecánicos a las caras del elemento.

Otra alternativa de refuerzo la constituye el empleo de estribos postensados exteriores (tornillos pasantes) que aumenten la capacidad a cortante y la ductividad de la viga. Ver figura 9.3.3.

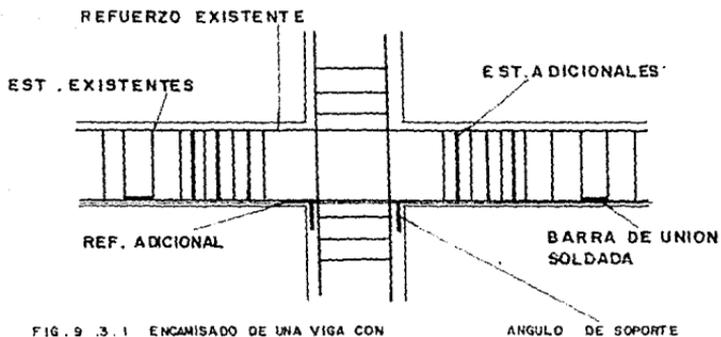


FIG. 9.3.1 ENCAMISADO DE UNA VIGA CON CONCRETO REFORZADO POR FLEXION.

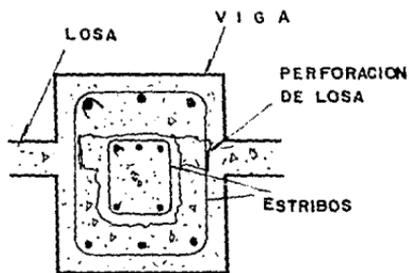


FIG. 9.3.2 ENCAMISADO POR FLEXION Y CORTANTE EN VIGAS.

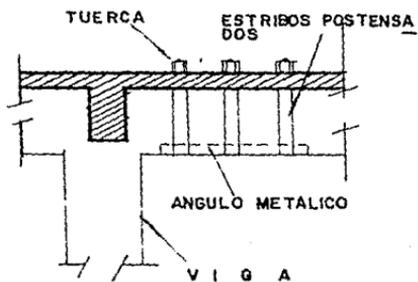


FIG. 9.3.3 VIGA REFORZADA CON ESTRIBOS ADICIONALES EXTERIORES (POSTENSADOS)

9.4 REFUERZO DE COLUMNAS

Generalmente, el origen de las variaciones en la rigidez de las columnas radica en consideraciones arquitectónicas; terrenos en laderas de colinas, relleno de porciones de marcos con material "no estructural" pero rigidizante para crear una faja de ventanas altas, elevación del edificio sobre el nivel del terreno mediante elementos altos, en tanto que en otras áreas se apoyan sobre columnas más cortas, o bien, rigidización de algunas columnas con un mezzanine o desván, mientras otras dejan de doble altura sin contraventear.

La importancia de estos aspectos radica en el hecho de que sus efectos son contrarios a los intuitivos. Parecería razonable que una columna más corta fuera más fuerte que una más larga con la misma sección.

Ciertamente, bajo cargas verticales, sería menos posible que se pandeara y por tanto, ser capaz de recibir cargas más altas. Pero la columna corta también es más rígida, bajo carga lateral, en que las cargas se distribuyen de acuerdo a la rigidez de los elementos resistentes, la columna corta y rígida "atraerá" fuerzas que pueden estar desproporcionadas con su resistencia.

Si no se puede evitar esta situación, una solución consiste en igualar las rigideces de las columnas más largas.

Para lograr una rigidez apropiada en una columna dañada existe el refuerzo de columnas por medio de un encamisado con concreto reforzado.

Este procedimiento de refuerzo de columnas consiste en envolverlas con barras y estribos adicionales o una malla electrosoldada y añadir un nuevo recubrimiento de concreto lanzado o colado in-situ, es importante "picar" la superficie del elemento por reparar, para obtener suficiente rugosidad.

Si sólo se encamisa la columna en el entrepiso se obtiene un incremento en su resistencia ante carga axial y fuerza cortante, así como un comportamiento más dúctil, pero no se altera la resistencia a flexión original.

Mejorar esta última implica extender el encamisado a través de la losa, prolongando el acero longitudinal por orificios que también faciliten el colado y añadiendo algunos estribos que atraviesan las almas de las vigas.

El encamisado más común es el que se efectúa todo alrededor de la columna. Si la columna es de sección rectangular el refuerzo se concentra cerca de las esquinas para permitir su confinamiento con estribos, o bien, se reporta de manera más uniforme uniendo el refuerzo nuevo al viejo, mediante conectores soldados. Ver figura 9.4.1.

Un encamizado metálico se puede efectuar mediante un esqueleto de perfil
les unidas entre sí con soleras o varillas soldadas, o bien, con el re-
cubrimiento total de la columna a base de placas.

En ambos casos se requiere especial atención para el diseño de la unión
con las losas, que puede resolverse mediante un collar de ángulos.

El espacio entre la camisa y la columna se debe rellenar con un mortero
con aditivo expansivo o resinas epóxicas, para la corrosión y el fuego
un buen refuerzo y a la vez un buen acabado es colocar una malla electro
soldada.

La dificultad de prolongar la camisa metálica a través de las losas, li-
mita su electividad a un mejoramiento de la resistencia a carga axial y
fuerza cortante, así como de la ductividad de la columna, sin modificar
la resistencia a flexión en los extremos. Ver figura 9.4.2.

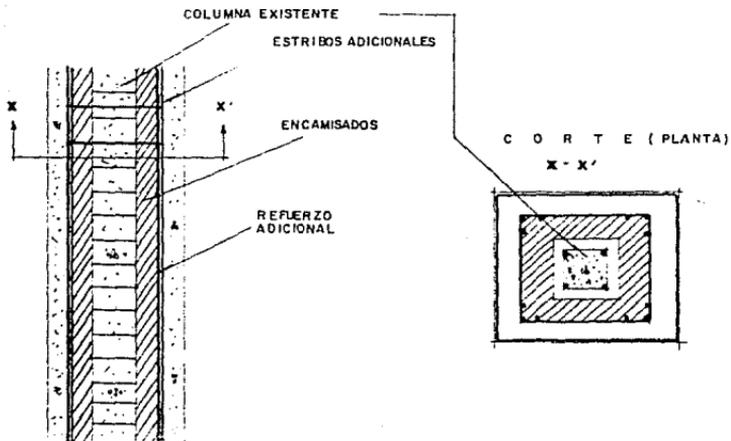


FIG 9.4.1 REPRESENTA DE UN ENCAMISADO DE COLUMNA CON CONCRETO REFORZADO.

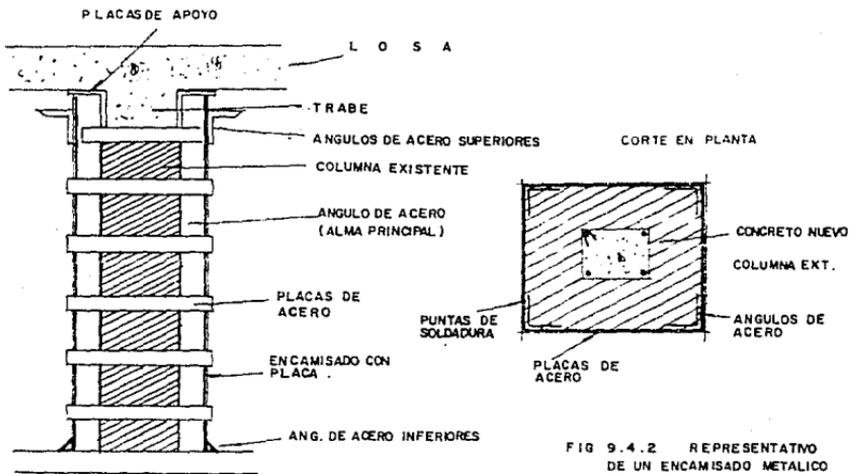


FIG 9.4.2 REPRESENTATIVO DE UN ENCAMISADO METALICO DE COLUMNA.

9.5 REFUERZO DE UNIONES VIGAS - COLUMNA

Aún cuando un edificio colapse totalmente, todavía tiene una gran cantidad de material no dañado dentro de su estructura.

El peor colapso, o sea el fenómeno de "encimamiento" que ocurre cuando -- los pisos se apilan, separados únicamente por escombros, sólo se debe a la destrucción de los elementos verticales de la estructura.

Los pisos aún tienen una resistencia considerable, pero el hecho de que estos no sean sobreesforzados de manera destructiva, de nada ayuda a los muros o a las columnas fallar primero y empieza a deformarse, las cargas verticales mayores (de compresión) pueden provocar rápidamente el colapso total.

Este principio se pretende bien, sin embargo, su inverso, el diseño de columnas débiles y vigas fuertes, es una causa sorprendentemente frecuente de daño y colapso de edificio.

El ejemplo más común de esto es la combinación de pretiles rígidos y -- gruesos con columnas de concreto reforzado en donde se requieren largas franjas de vidrio interrumpidas entre columnas muy separadas,

por lo tanto para reforzar una unión viga-columna utilizando un encamisado de concreto reforzado, se utilizan las mismas recomendaciones establecidas para encamisados de columnas.

El encamisado se puede efectuar localmente en el nudo, o bien, en combinación con el encamisado de vigas y columnas.

Si quisieramos utilizar un encamisado metálico, en estructuras con marcos en una sola dirección, como es el caso de algunas edificios industriales, posible reforzar las uniones con placas metálicas adheridas con conectores metálicos y resinas epóxicas. Ver figura 9.5.1 :

9.6 MUROS DE CONCRETO

Estos muros deben dimensionarse por flexocompresión, toda sección sujeta a flexocompresión se dimensionará para la combinación más desfavorable de carga axial y momento, incluyendo los efectos de esbeltez.

Cuando en estos muros de concreto, se presentan agrietamientos, es muy probable que se requiera reforzar por cortante. Dicho refuerzo constará de dos capas de barras horizontales y verticales, cada una próxima a --- cada cara del muro, a menos que el espesor de ésta no exceda de 20 cm, en cuyo caso puede colocarse una sola capa a medio espesor.

Las barras verticales deben estar ancladas de modo que en la sección de despiante del muro sean capaces de desarrollar su esfuerzo de fluencia.

El aumento en el espesor de un muro de concreto significa un incremento en su resistencia al corte. Si además se requiere reforzar su capacidad para resistir la flexión, se debe aumentar particularmente la sección de sus extremos, concentrados en ellos buena parte del refuerzo adicional. Ver figura 9.6.1.

El concreto nuevo deberá anclarse al viejo mediante conectores ahogados en éste con morteros epóxicos, o que atraviesen el muro si el refuerzo se tiene en ambas caras.

Es preferible usar concreto lanzado, que colado in-situ. Para transmitir las fuerzas cortantes entre los muros y las losas, así como para lograr la continuidad necesaria para el trabajo a flexión, se puede recurrir a perforaciones en las losas que permitan el paso del refuerzo y facilitar el colado.

9.7 MUROS DE MAMPOSTERÍA

Los muros fabricados a base de piedra natural o artificiales, sin refuerzo, conocidos más comúnmente como muros de mampostería, fallan de manera súbita (o frágil) cuando las cargas exceden a su resistencia, sin dar en general previo aviso de la proximidad de la falla y produciéndose en muchas ocasiones el colapso total de la estructura.

Este tipo de falla es indeseable, y para evitarla se adicionan a los muros distintos tipos de refuerzo, que sirven como elementos de confinamiento y reducen la posibilidad de fallas frágiles y colapsos totales.

Los elementos de refuerzo más comunes son: castillos, columnas o contrafuertes, dadas o vigas y diagonales de contraventeo, con diversas dimensiones y espaciamientos.

La forma de apoyo de los muros dependerá de las condiciones del terreno en que vayan a desplantarse y de la estructuración general que se tenga.

El soporte lateral de los muros puede hacerse con muros perpendiculares o con refuerzo a base de columnas, castillos o contrafuertes.

En el refuerzo de un muro de mampostería, podemos utilizar un recubrimiento con montero reforzado. Este tipo de refuerzo de efectúa recubriendo el muro con malla electrosoldada o malla de alambre y aplanado de montero.

La malla deberá unirse al muro mediante conectores espaciados de 50 a 60 cm en ambas direcciones. Aunque se puede trabajar en una sola cara, los mejores resultados se obtienen cuando el recubrimiento se coloca en las dos - y los conectores atraviesan el muro.

Para restaurar tan sólo la resistencia original en muros de tabique rojo o de tabicón, se puede recurrir a eliminar al aplanado original 0.5m en alrededor de la zona agrietada y después de resanar las grietas, colocar una capa de malla de alambre de tejido rectangular unido al muro con taquetes, aplanando nuevamente con montero de concreto. Ver figura 9.7.1.

La mampostería sin confinamiento tiene la tendencia al volteo de sus muros por efecto del sismo, debido a la precaria unión entre ellos. La introducción de un sistema de liga constituye un buen refuerzo para este tipo de estructuras, cuyo representante más típico son las casas de adobe.

El uso de tirantes horizontales, además de servir de liga entre los elementos de la estructura contribuye a mejorar su resistencia al corte.

Otro procedimiento de refuerzo consiste en el uso de cadenas perimetrales de concreto o de madera, con o sin contrafuertes adicionales.

VER figura 9.7.2.

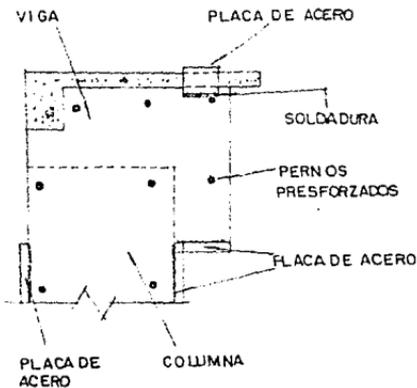


FIG. 9.5.1 FIG DONDE SE MUESTRA EL ENCAMISADO METALICO DE UNA UNION VIGA-COLUMNA.

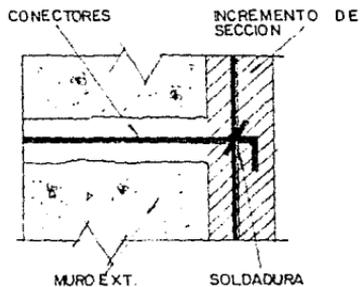


FIG. 9.6.1 REPRESENTATIVA DEL REFUERZO DE MUROS DE CONCRETO.

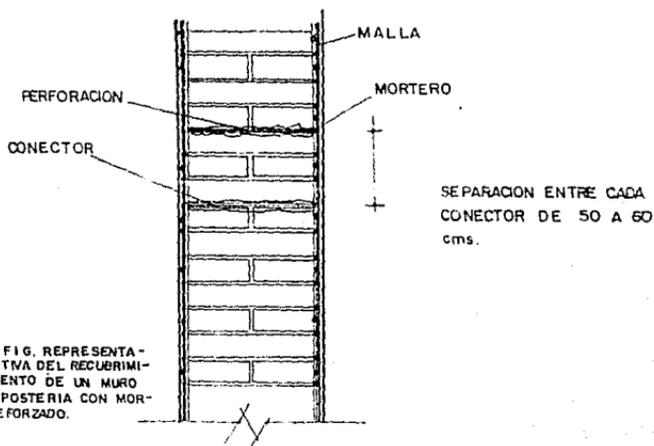


FIG 9.7.1 FIG. REPRESENTATIVA DEL RECURRIMIENTO DE UN MURO DE MAMPOSTERIA CON MORTERO REFORZADO.

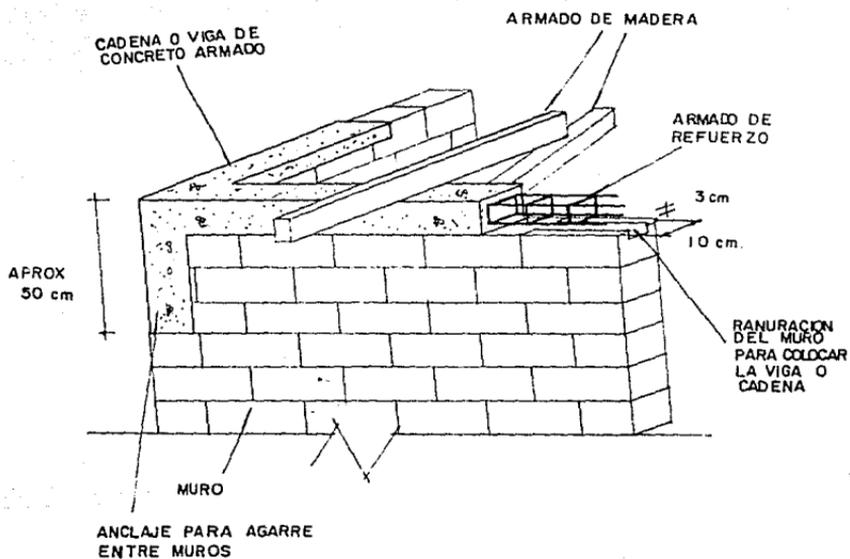


FIG 9 . 7 . 2 FIG. DONDE SE ILLUSTR A EL CONFINAMIENTO DE UN MURO DE MANPOSTERÍA CON CADENA DE CONCRETO PERIMETRAL

10.- RESTAURACION Y REFUERZO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

10.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Algunos diseñadores que no están familiarizados con las respuestas reales de una estructura durante los sismos, han diseñado estructuras para resistirlas, pero han ignorado el efecto de muros de relleno o división no soportantes pero rígidos y poco resistentes.

Ellos se habrán dicho así mismos que éstos son sólo muros de relleno o divisórtos y no se tomarán en cuenta en los cálculos. Infortunadamente, nadie se ha comunicado con estos muros y les ha dicho que sólo van a desempeñar una función en la resistencia a los sismos.

Los edificios del gobierno de E.U.A. en la base de la fuerza aérea en Elmendorf y For Richardson en Anchorage, tenían muchos muros no reforzados de bloque de concreto de 10 cm, que trataron de actuar a compresión o tensión diagonal.

Algunos de ellos estrellaron como granadas, y si el sismo hubiera ocurrido a otras horas la pérdida de vidas hubiera sido sin duda mayor. Y por supuesto, al ignorar las rigideces de estos muros los cálculos estaban muy equivocados, al menos hasta que los muros fallaran.

La separación de éstos es admisible si se emplean detalles verdaderamente efectivos. La reparación de estos elementos no estructurales implica en la mayoría de los casos la restauración y el refuerzo de sí mismo y de sus uniones con la estructura, teniendo en cuenta su interacción con ésta última.

Si se ha optado por desligar dichas uniones, de manera tal que el movimiento de la estructura no introduzca distorsiones en los elementos no estructurales, deberán restaurarse las juntas manteniendo hogaduras adecuadas a los desplazamientos esperados además será necesario revisar la estabilidad de los elementos ante el sismo para restaurar y reforzar sus anclajes.

Sí por el contrario, la solución consiste en integrar los elementos no estructurales a la estructura, estos deberán tenerse en cuenta para el análisis de la distribución de las fuerzas, de donde deberán obtenerse los diferentes elementos mecánicos para plantear su restauración y refuerzo.

10.2 MUROS FALSOS Y/O DIVISORIOS

Si los muros de confinamiento o de separación no se afilan de la estructura mediante juntas deslizantes, éstos se tienen que diseñar como partes integrales de la estructura.

Entonces, su localización constituye un aspecto estructural. Debido a la enorme rigidez de los muros, en comparación con los marcos, una pequeña porción de muro situada en un lugar equivocado puede redistribuir drásticamente las cargas y cambiar el comportamiento de la estructura.

El tipo más común de elementos divisorios es nuestro medio lo constituye los muros de mampostería, estos en general son elementos muy rígidos, -- que tienden a trabajar estructuralmente, absorbiendo buena parte de las fuerzas sísmicas cuando se encuentran ligados a la estructura, sin embargo, son también muy frágiles y sufren daños ante deformaciones pequeñas.

Por esta razón, no conviene integrarlos a la estructura, a menos que también ella sea muy rígida (marcos robustos de poca altura o estructura a base de muros de concreto). Debe tenerse en cuenta el evitar ligar a la estructura muros que no cubran toda la altura y que propicien la falla -- de las columnas, como si fueran columnas cortas, también se deberá evitar que la ubicación de los muros que sí se ligan origine excentricidades importantes, como es el caso con los muros de colindancia en edificios de esquina.

Las distribuciones asimétricas de muros pueden impedir que un conjunto de marcos simétricos responda a las fuerzas laterales de un modo relativamente libre de torsión.

Sin embargo, los elementos no estructurales pueden proporcionar cierto grado de redundancia útil. Un ejemplo común de resistencia sísmica beneficiosa no calculada, que se ha comprobado en varios sismos, es la capacidad de las divisiones "no estructurales" de madera con marcos para no tener un edificio de mampostería no reforzada, después de que han colapsado totalmente los muros exteriores de carga.

En hoteles o edificios de departamentos muy antiguos, algunas veces los largueros de madera continuos han soportado sus cargas mediante acción de voladizo no calculada, aún después de que los muros exteriores se desplomaron.

Una de las virtudes notables de la construcción residencial con marcos de madera normales, radica en la redundancia de las trayectorias de carga y la multiplicidad de juntas.

Si el daño ocurrió en el muro, se puede recurrir a las mismas técnicas de restauración y refuerzo que para un muro de mampostería.

Pero si el problema se presentó en la unión con la estructura en muros desligados, o bien, el criterio de reparación exige el desligue de algunos muros, debe proporcionarse una separación mínima de 2 cm.

Respecto a columnas y losas superiores, cuidando con esto el garantizar la estabilidad del muro contra el volteo.

Los extremos existentes de la separación de muro y columna o losas superiores se deberá rellenar con algún material flexible y aislante.

10.3 RECUBRIMIENTO Y ACABADOS

La rigidización casual de una estructura de marcos mediante recubrimientos de mampostería es una causa frecuente de daños y fallas. El mecanismo siempre es el mismo, las fuerzas sísmicas son atraídas por las áreas de mayor rigidez, y si éstas no están diseñadas para ajustarse a estas fuerzas, estarán propensas a fallar.

Existen casos especiales en los que se soporta que los recubrimientos y acabados no actuarían estructuralmente, pero desempeñaron funciones estructurales hasta que fallaron al introducir accidentalmente rigidez a la estructura en diferentes lugares.

La interacción no intencional tiene dos aspectos negativos: los componentes no estructurales se sacrifican innecesariamente y, desde el punto de vista de la configuración, la rigidez introducida en lugares al azar pueden redistribuir cargas en forma desigual y producir torsión.

La posibilidad de modificaciones involucradas accidentalmente se reduce si se hace cuidadosa revisión del diseño de reconstrucción al terminar los planos reconstructivos, y se muestran en ellos todos los elementos arquitectónicos que el ingeniero pueda no haber considerado al realizar la reconstrucción estructural.

Se debe hacer una advertencia especial respecto a los "rápidos", en los que el diseño adicional se emplea antes de que se tomen las decisiones de diseño no estructural.

Con el afán de cumplir con los últimos requisitos de programa, se pueden agregar muros rígidos a un diseño estructural completo o ya en construcción.

En general, se deben evitar los muros de relleno o los recubrimientos y/o acabados situados arbitrariamente en los marcos, en particular si son de materiales pesados, aunque un muro de yeso que se considere aunque no cuantificada.

Los recubrimientos y acabados deben figurar ya sea dentro del concepto estructural o detallarios de acuerdo con éste, o bien, separarlos de tal modo que la distorsión estructural no provoque esfuerzos al muro o a cualquier otro elemento estructural.

para hacerlo se requiere cierto análisis del desplazamiento esperado y el desarrollo de detalles arquitectónicos que sostendrá el muro, en su lugar en forma segura, contra cargas verticales normales y cargas laterales aún permitir el movimiento en relación con su marco.

10.4 VENTANAS Y PLAFONES

En el diseño para resistir fuerzas sísmicas, el ingeniero estructural emplea un número reducido de componentes diferentes que se combinan para formar un sistema resistente completa.

En el plano vertical, las ventanas resisten las fuerzas laterales y en el plano horizontal los plafones resisten las fuerzas horizontales.

Por lo tanto estos elementos son componentes arquitectónicos básicos.

Su presencia es el resultado del diseño esquemático del edificio. Su localización o su forma se puede modificar debido al análisis estructural, y algunas veces se pueden agregar miembros.

Es conveniente que el diseñador arquitectónico adquiera el conocimiento de cómo trabajan las ventanas y los plafones en respuesta a las fuerzas generadas por algún sismo o asentamiento.

Los cálculos detallados serán responsabilidad del ingeniero. El arquitecto puede no tener la oportunidad ni el deseo de adquirir el conocimiento teórico profundo y la experiencia que el ingeniero debe poseer, pero vale la pena desarrollar su sensibilidad con respecto a las fuerzas estructurales, ya que una vez adquirida, puede servirle como una guía casi automática para sus diseños.

Por lo tanto para la reparación de las ventanas se debe considerar la situación de vidrios rotos, verificar que la holgura que exista entre los marcos de las ventanas y la estructura o entre ellos y los vidrios sea la adecuada.

Esta holgura se deberá rellenar con un sellador flexible. Por lo que respecta a los plafones la reparación de estos implica reemplazar las piezas dañadas, reforzar los anclajes al techo incluyendo el contraventeo para evitar el balanceo, y garantizan una holgura perimetral que evite la interacción con la estructura.

II.- SUPERVISION Y VERIFICACION DE LA REPARACION

II.1.- OBJETIVOS

Los modelos del proceso de reparación siempre tienden a sugerir un conjunto secuencial de actividades que no representan verdaderamente la manera en que se hace la reparación.

En teoría, se necesita un proceso formal en el cual las interacciones de todos los elementos se puedan considerar en forma concurrente. Esto no conduce por sí mismo a un modelo intelégitble, pero de hecho, el diseñador puede obtener una imagen aproximada de esta condición mediante un reciclado muy rápido de la información y los conceptos, así como por frecuentes cambios de énfasis y solución.

Debido a que el ingeniero reconstructor habitualmente trabaja con información incierto, y a veces ambigua, puede manejar y modificar la información muy rápidamente.

En esto, el método del ingeniero reconstructor difiere considerablemente de la clase de proceso lineal ajamplificado por un programa de computadora, en el cual cada parte de la información se define precisamente y sin ambigüedad.

Por último podemos señalar que la reparación de una estructura implica el empleo de materiales, técnicos y soluciones estructurales poco comunes -- en la práctica cotidiana.

11.2 SUPERVISIÓN DEL PROYECTO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

El arquitecto así como los grupos de diseños deben revisar brevemente los requisitos del programa y sus ideas sobre el diseño de reconstrucción -- inicial con el ingeniero estructural, para asegurarse de que más adelante no surjan conflictos innecesarios a causa de los hipótesis hechas o las restricciones programáticas o de reconstrucción.

Los principales puntos que se deben supervisar son:

- Tamaño del edificio: .Área total
.Área de piso
.Probable número de pisos.
- Características del lugar: .Geología
.Restricciones de zonificación
(área de planta, altura límite.)
.Orientación
.Características de la cimentación,
- Requisitos de planificación interior: .Tipos de espacio (grandes, pequeños).
.Requisitos de circulación
(vertical, horizontal)
.Requisitos especiales de planificación.
- Normas contra incendio: .Opciones de tipo de construcciones reglamentaria,
- Decisiones estructurales: .Presupuesto
.Reglamento sísmico
.Nivel general de calidad
.Determinación del reglamento aplicable,

El arquitecto debe ponerse de acuerdo con el ingeniero antes de iniciar la reconstrucción esquemática o al principio del proceso, tan como empiecen a surgir las posibles configuraciones.

Las plantas complejas o los aspectos importantes de la configuración se deben someter a la opinión del ingeniero en la etapa más temprana posible, para que se pueda determinar la importancia de su efecto.

Es importante señalar que en la supervisión del proyecto se revisarán los criterios del diseño, así como comprobar la exactitud de los cálculos y verificación de los planos y especificaciones para poder así transmitir una in-

formación correcta al reconstructor, la principal que presenta la supervisión de una obra de reparación respecto a una construcción nueva, es en el manejo de materiales nuevos, y en la necesidad de adaptar las soluciones del proyecto a las condiciones ya existentes en la estructura, manteniendo un control riguroso de la ejecución de todos los detalles.

La supervisión adecuada del proyecto y la construcción dan al ingeniero los datos necesarios para tomar en consideraciones los tamaños de los miembros a los aspectos básicos de la estructura.

Si no se pueden aplicar las aproximaciones usuales, se puede recurrir a un análisis detallado en las primeras etapas de diseños de construcción complicados o poco comunes.

Por último cabe conocer las decisiones del ingeniero (dimensiones exactas de columnas, detallado de juntas de separación.) esté también necesario enterarse de lo hace el arquitecto.

Si se ha supuesto que las divisiones no soportarán cargas laterales y que no se deformarán junto con el marco, el detallado arquitectónico debe preverlo así.

El ingeniero tiene la obligación de revisar los aspectos sísmicos de las partes no estructurales diseñadas por otros como son: Sistemas arquitectónicos (detalles finales), sistema mecánico, electrónico, plomería, (detalles finales).

11.3 VERIFICACION DE LA REPARACION

No es necesario modificar la práctica normal que requiere que el ingeniero diseñador supervise la reconstrucción para asegurarse de que está de acuerdo con sus planos y especificaciones, pero es deseable que el ingeniero y el arquitecto revisen también otros aspectos relevantes, e como la colocación de plafones, recubrimientos exteriores, apoyos de muros divisorios y detalles de juntas sísmicas, conformidad con los planos y especificaciones, calidad de la construcción y mano de obra.

Una buena alternativa para verificar la reparación consiste en la medición del período fundamental de la estructura antes y después de la reparación.

Sí ésta se ha efectuado con éxito, el aumento, en la rigidez de la estructura se debe reflejar en una disminución del período, que debe coincidir en su valor con el obtenido del modelo dinámico usado para el análisis de dicha reparación.

La determinación del período se deriva del análisis de las vibraciones de la estructura debidos al ruido ambiental, a la imposición de condiciones iniciales de deformación o velocidad, o a un equipo excitador.

Aunque normalmente no se incluye en el contrato usual de servicios profesionales, actualmente se acostumbra consultar para hacer que el edificio sea más eficiente después de su reconstrucción.

Desde el punto de vista sísmico, pueden ser muy significativos los cambios de cualquier tipo que produzcan una alteración de la restauración inicial, incluyendo la adición de muros rígidos no estructurales, o nuevas aberturas en muros existentes.

Así mismo puede ser muy importante el movimiento o la adición de equipo pesado, sobre todo en los pisos superiores, o bien, hacia una situación asimétrica, y se debe consultar con el ingeniero reconstructor.

" CONCLUSION GENERAL "

Esta tesis ha tenido como objetivos principales: proporcionar al re-
construtor interesado, las bases para comprender los problemas y la
naturaleza de la reconstrucción, poner el relieve y aclarar la función
que desempeña la resistencia de un edificio, e identificar y explicar
los principales problemas de la reconstrucción, así como aportar al-
gunos métodos conceptuales mediante los cuales se puedan reducir tales
problemas.

Se ha presentado una serie de problemas de manera conceptual, la fina-
lidad es abrir un área de investigación. La justificación para esto
radica en el consenso general sobre la importancia de la reconstruc-
ción, combinado con la falta general de un análisis y una exposición
sistemática de sus efectos sobre el comportamiento de la estructura
y su relación con otros aspectos, como los de la calidad de los mate-
riales y del mismo proceso de reconstrucción.

La reconstrucción de una estructura (en este caso de una estructura
de concreto), es una responsabilidad compartida de la arquitectura y
la ingeniería. Se comparte en cuanto a las relaciones físicas entre
las formas arquitectónicas y los sistemas estructurales resistentes.
sería ideal que la comprensión de estas relaciones estuvieran presen-
tes en cada constructor.

Desafortunadamente se ha visto que en la práctica ha tenido que re-
ducir la oportunidad de fomentar este entendimiento en la manera de
pensar del reconstructor, ya que separamos las instrucciones de los
ingenieros y de los arquitectos.

Debido a las condiciones de preparación profesional, no es recomen-
dable que el arquitecto asuma la función de diseñador estructural,
exceptando las estructuras pequeñas de modo similar, algunos in-
genieros parecen tener un excelente sentido del acto integrativo que
es la esencia de la arquitectura, pero la mayoría de ellos están sa-
tisfechos de la práctica en su campo especializado por el arquitec-
to o con la función de asesores, pero raras veces con la autoridad
para asegurarse de que se ha seguido su - consejo.

Las interrelaciones entre los aspectos de forma y de ingeniería de
reconstrucción estructural requieren que el arquitecto y el ingenie-
ro trabajen juntos desde el inicio de la reconstrucción, para asegu-
rar que se respeten en su totalidad estas relaciones.

Por lo tanto la cuestión no es solamente que los dos profesionistas
se unan en la concepción de la construcción, sino que también tengan
la capacidad de comunicarse dentro del marco de trabajo conceptual
en común empleando un lenguaje compatible.

Hasta ahora, la información de la que se ha derivado los principios del comportamiento de edificios, ha sido casi totalmente empírica, y proviene de la observación del comportamiento durante sismos y asentamientos.

Los diferentes problemas que se han tratado aquí, raras veces forman parte de un análisis sofisticado.

En este estudio se exponen diferentes soluciones de reconstrucción, además de que da a conocer diferentes tipos de materiales, métodos de reconstrucción, factores económicos y otros problemas especiales.

Para poder llevar a cabo la anterior, el reconstructor se debe lanzar al campo de la investigación para contribuir con su conocimiento de la naturaleza del edificio y proporcionar el desarrollo de un esfuerzo de investigación interdisciplinaria más avanzada e interesante.

por último el objetivo final de esta tesis debe ser que la investigación aporte un conocimiento útil que se pueda traducir a guías y sugerencias que aseguren soluciones de reconstrucción que respeten y equilibren todas las influencias arquitectónicas, de ingeniería y de los diferentes materiales utilizados.

" BIBLIOGRAFIA "

- 1.- Configuración y Diseño Sísmico de edificios.
Christopher Arnold y Robert Reitherman.
- 2.- Diseño y Construcción de Estructuras de concreto.
Series del Instituto Ingeniería U.N.A.M.
Normas técnicas complementarias D.D.F. No.401.
- 3.- Detalles de conexiones para Edificios de concreto de elemento reforzados Precolados.
Instituto Mexicano del cemento y concreto, A.C. (IMCYC).
- 4.- Reglamento de las construcciones de Concreto Reforzado.
(A.C.I). Instituto Mexicano del cemento y del concreto, A.C.(IMCYC)
- 5.- Principales Materiales Fabricados y su Empleo en la construcción.
(apuntes para curso de construcción) Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 6.- Enciclopedia Práctica de Construcción Moderna (Tomo IV)
J. Claudel, L. Loroque y G. Davies.
- 7.- Reparación de Estructuras de concreto y Mampostería.
Unoversidad Autonoma Metropolitana.
- 8.- Manual de Diseños Sísmicos de Edificios.
Bazan Z y Méli Piraya.
- 9.- Aspectos Fundamentales del concreto reforzado:
Oscar M., C. González, Fco,Robles F.V, Juan Casillas y Roger Díaz de C.
- 10- Deterioro, Conservación y Reparación de Estructuras de Concreto.
U.S.A.
- 11- The Repair of Concrete Structures.
Cement and Concrete Association, London.
- 12- Lesiones de los edificios.
U.S.A.
- 13-Apuntes de Mecánica de Material II,
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 14- Apuntes de Mecánica de Materiales III.
Fcultad de Ingeniería U.N.A.M.
- 15- Manual para Evaluar Daños Causados por Sismos en Edificios de concreto-Reforzado.
(D.D.F.) Loera S.
- 16- Repair of Building Damaged by Earthquakes,
Department of Economic and Social Affairs, O.N.U.