

009-21

2959



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"REESTRUCTURACION Y REFUERZO EN EDIFICACIONES DAÑADAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N .

ARTURO GARCIA VERDUZCO
MARTIN INFANTE CHAVARRIA
JORGE AQUILINO ORTIZ RAMIREZ



FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D.F.,

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

"REESTRUCTURACION Y REFUERZO EN
EDIFICACIONES DAÑADAS".

I N D I C E		Pag.
I.-	INTRODUCCION - - - - -	1
II.-	DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FALLAS Y SUS CAUSAS. - - - - -	4
II.1.-	Principales causas de daños en una edificación. - - - - -	4
II.2.-	No linealidad - - - - -	7
II.2.1.-	Efecto de las ondas no lineales - - - - -	11
II.3.-	Situación geográfica de alto riesgo sísmico. - - - - -	16
II.4.-	Rotaciones de la base de edificios por --- efectos de ondas no lineales de corta longitud. - - - - -	18
II.5.-	Tipos de fallas en estructuras por falta de supervisión. - - - - -	21
II.6.-	Carencia de un programa de defensa civil en casos de sismo. - - - - -	23
III.-	VIABILIDAD DE LA REESTRUCTURACION - - - - -	27
III.1.-	Evaluación de daños. - - - - -	27
III.1.1	Inspección y evaluación de daños según normas de emergencia. - - - - -	32
III.2.-	Factibilidad económica de reestructuración	33
III.3.-	Evaluación definitiva. - - - - -	36
III.4.-	Criterios para la reestructuración.- - - - -	37
III.5.-	Preparación y selección de proyectos de -- reestructuración. - - - - -	38
III.6.-	Proyecto de reestructuración - - - - -	40
IV.-	ASPECTOS LEGALES - - - - -	44
IV.1.-	Comentarios a las normas de emergencia en materia de construcción para el Distrito Federal. - - - - -	44
IV.2.-	Síntesis de los títulos que contiene el reglamento de construcciones para el Distrito Federal.- - - - -	50

IV.3.-	Aspectos legales en la supervisión	-	-	-	-	54
V.-	METODO DE REPARACION Y REFUERZO EN EDIFICACIONES.	-	-	-	-	57
V.1.-	Obras temporales de apuntalamiento y arriostamiento.	-	-	-	-	58
V.1.1.-	Apuntalamiento para carga vertical.	-	-	-	-	59
V.1.2.-	Soportes de madera	-	-	-	-	61
V.1.3.-	Perfiles de acero.	-	-	-	-	63
V.1.4.-	Puntales telescópicos y elementos tubulares diversos.	-	-	-	-	64
V.1.5.-	Soportes laterales	-	-	-	-	66
V.1.6.-	Soportes laterales en muros.	-	-	-	-	66
V.1.7.-	Contraventeo de marcos	-	-	-	-	68
V.1.8.-	Métodos de acuñar.	-	-	-	-	70
V.2.-	Transferencia de cortante.	-	-	-	-	73
V.2.1.-	Escarificación o picado de la superficie del concreto.	-	-	-	-	73
V.2.2.-	Uso de resinas epóxicas en la reestructuración.	-	-	-	-	74
V.2.2.1.	Epóxico para inyección.	-	-	-	-	74
V.2.2.2.	Epóxico resanador.	-	-	-	-	75
V.2.2.3.	Epóxico adhesivo.	-	-	-	-	76
V.2.2.4.	Mortero epóxico para pisos	-	-	-	-	76
V.2.2.5.	Productos para diferentes reparaciones.	-	-	-	-	77
V.2.2.6.	Estabilizador de volumen	-	-	-	-	78
V.2.2.7.	Aditivos para el concreto	-	-	-	-	79
V.2.2.7.1	Acelerante de fraguado inicial.	-	-	-	-	79
V.2.2.7.	Fluidizantes.	-	-	-	-	80
V.3.-	Conectores metálicos.	-	-	-	-	80
V.4.-	Reestructuración y refuerzo de vigas.	-	-	-	-	81
V.4.1.-	Encamisado de vigas.	-	-	-	-	83
V.4.2.-	Vigas sandwich.	-	-	-	-	87
V.4.3.-	Sustitución de materiales en vigas.	-	-	-	-	88
V.5.-	Reestructuración y refuerzo de columnas.	-	-	-	-	88
V.5.1.-	Encamisado con concreto reforzado.	-	-	-	-	88

V.5.2.-	Encamisado con elementos de acero.	- - -	91
V.5.3.-	Encamisado con malla electro-soldada	- -	95
V.5.4.-	Sustitución de materiales.	- - -	95
V.5.5.-	Encamisado de marcos	- - -	97
V.6.-	Reparación y refuerzo de muros.	- -	99
V.6.1.-	Muros de rigidez.	- - -	101
V.6.2.-	Refuerzo de muros de tabique.	- -	104
V.7.-	Reestructuración y refuerzo de losas.	-	104
V.7.1.-	Reparación por medio de inyección de resinas.	- - - - -	105
V.7.2.-	Reparación por medio de gateo.	- -	105
V.7.3.-	Reparación a base de demolición parcial	-	105
V.8.-	Reparación y refuerzo por contraventeo.	-	107
V.9.-	Reparación en cimentaciones.	- -	108
VI.-	EJEMPLOS DE REESTRUCTURACION.	- -	114
VI.1.-	Edificio reforzado a base de encamisado de traveses y columnas.	- - - -	114
VI.2.-	Refuerzo de un edificio mediante encamisado total, adición de muros de rigidez y colocación de pilotes de control.	- -	126
VI.3.-	Edificio reforzado mediante encamisado de columnas, adición de traveses, muros de rigidez y refuerzo en la cimentación.-	-	136
VII.-	SUPERVISION EN LA REESTRUCTURACION.-	-	150
VII.1.-	Inspección y supervisión de obras.	- -	151
VII.2.-	Supervisión del proyecto.	- - -	158
VII.3.-	Supervisión en el proceso de reestructuración.	- - - - -	158
VIII.-	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.	- -	160
	BIBLIOGRAFIA.	- - - - -	164

CAPITULO

I

I.- INTRODUCCION.

Básicamente lo que nos motivó a elaborar el presente trabajo, fue la inquietud de recopilar información dispersa en cuanto a algunas de las causas y consecuencias que dejaron los sismos ocurridos los días 19 y 20 de Septiembre de 1985, en la Ciudad de México.

El propósito de este trabajo, es que sirva como una guía práctica en la reestructuración de edificaciones dañadas y que también pueda servir como base para análisis comparativos con otros procedimientos de reparación. Pudiendo ser de utilidad para: Ingenieros, Arquitectos, Proyectistas, Dueños de edificios y a todas aquellas personas que tengan que realizar trabajos similares en el futuro.

El presente trabajo es una recopilación de investigaciones desarrolladas por diversas empresas e instituciones (UNAM, UAM, IMCYC, CONACYT, DDF, etc.); en nuestro país y que con la valiosa cooperación de cada una de ellas logramos realizarlo.

Es preciso manifestar que al tipo de construcciones al que nos referimos, se tratan de edificaciones de más de dos niveles, ya que consideramos que las fallas y los colapsos que se presentaron en éstos fueron de consecuencias catastróficas, en donde se tuvieron cuantiosas pérdidas materiales y humanas.

A continuación describiremos brevemente el contenido de cada uno de los capítulos que conforman este trabajo:

En el Capítulo II se analizan algunas de las posibles causas que dieron lugar a la serie de daños que sufrieron algunas edificaciones, asimismo se analiza brevemente la situación geográfica tan desfavorable en la que se encuentra localizada la Ciudad de México. Se

indican algunos tipos de fallas en estructuras y advertimos la carencia de un programa de defensa civil en ca sos de sismos.

En el Capítulo III se describe la viabilidad de la reestructuración por medio de una evaluación de da ños que nos permiten conocer la situación que presenta la estructura, al mismo tiempo se proponen las al ternativas que se deben seguir para formular dicha evalua --- ción. Y por lo consiguiente podremos determinar si es - que procede la demolición o bien si es posible la re es-
tructuración (Dependiendo de la magnitud y cuantía de - da ños que presente) de la estructura. En este último ca so, será necesario establecer las directrices y los cri terios para obtener un buen proyecto de reestructura---
ción.

En el Capítulo IV se analiza lo referente a los as pectos legales, teniendo como base los diversos regl a-
mentos y normas vigentes en materia de construcción. --
Asimismo se hacen comentarios de algunos artículos con tenidos en las normas de emergencia editadas en Octubre de 1985, se efectu o una síntesis del reglamento de cons trucciones para el Distrito Federal y una descripción -
de los aspectos legales que debe cumplir la supervisión de obras.

En el Capítulo V se hace referencia de los dis --- tintos métodos de reparación y refuerzo en edificación--
nes que sufrieron daños. Se hace mención de obras temp o-
rales de apuntalamiento, de métodos para transferir cor -
tante, de diversos materiales usados en la reparación y de algunas técnicas que se utilizaron en la reestructu-
ración.

En el Capítulo VI se describen tres casos de re -
estructuración de edificaciones que sufrieron da ños con siderables. En las cuales se utilizaron algunos materia -
les y procedimientos que se describen en el Capítulo V.

Se eligieron de tal manera que cada uno de ellos presenta soluciones distintas para mayor objetividad.

En el Capítulo VII se describe lo concerniente a la supervisión en la reestructuración y se definen brevemente las actividades y obligaciones que se deben cumplir para que la supervisión se realice de la mejor manera posible, teniendo como base que la supervisión debe ser preventiva y no correctiva.

En el Capítulo VIII que se refiere a recomendaciones y comentarios, hacemos una síntesis de las actividades que consideramos más importantes para controlar la calidad de las obras de construcción y reestructuración con la finalidad de que en el futuro se evitar catástrofes similares.

CAPITULO

II

II.- DESCRIPCION DE LOS DIFERENTES TIPOS DE FALLAS Y SUS CAUSAS.

II.1.- PRINCIPALES CAUSAS DE DAÑOS EN UNA EDIFICACION.

Las principales causas de falla en una edificación, se deben generalmente a una fuerza de origen natural como los sismos y únicamente se analizarán en este trabajo, las consecuencias de los ocurridos los días 19 y 20 de Septiembre de 1985 en la Ciudad de México.

Los sismos tuvieron una magnitud de 8.1 y 7.5 en la escala de Richter, así como de VI en la periferia y de IX en el centro de la Ciudad, según la escala de Mercalli.

Los sismos se definen como: Vibración o estremecimiento del suelo y se pueden presentar por muy diversas causas, pero en especial el que nos afectó, fue ocasionado por la interacción de 2 placas tectónicas, que colindan con nuestro país que son: La de Norteamérica y la de cocos que tienen contacto frente a las costas de Michoacán y Guerrero. Las placas están en contacto y se aprietan entre sí, con movimientos relativos, deslizándose en algunas ocasiones sobre sus márgenes, pero --- otras veces, una se sumerge por debajo de otra, dando lugar al fenómeno de subducción. (Figura No. II.1).

El movimiento de una placa bajo la otra no es -- continuo, pues la fricción origina discontinuidades en el desplazamiento. Por ello, el esfuerzo se acumula hasta llegar a un nivel mayor que la fuerza de fricción -- entre las placas, lo que produce un deslizamiento súbito que genera las ondas sísmicas o vibraciones del terreno, mismos que constituyen el temblor o terremoto.

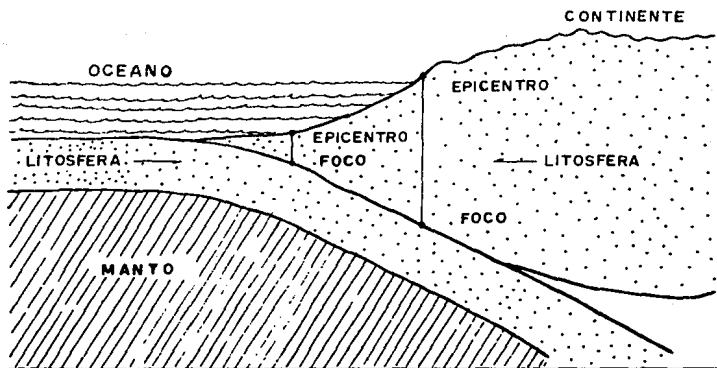


Fig. II.1

Los daños sufridos a consecuencia de los sismos adquieren una enorme importancia, porque de ellos se puede aprender para prevenir catástrofes futuras. Por la magnitud de los sismos ocurridos en Septiembre de 1985, se les coloca como entre los más severos que han ocurrido en nuestro país, pero no hay que olvidar que este tipo de siniestros se han presentado en numerosas ocasiones, no solamente en el periodo Azteca y en el colonial, sino en el presente siglo, pero ninguno de los anteriores ocasionó una catástrofe similar al país.

Una posible causa, es el efecto de la ampliación de las ondas sísmicas en los sedimentos del Valle de México. Pero el número de ondas superficiales sobre las arcillas durante el sismo no se debió totalmente a este mecanismo, sino a que se combinaron diversos y muy variados factores que en el presente trabajo trataremos de describir brevemente.

Con frecuencia se menciona como posible causa, al crecimiento demográfico y urbano de la Ciudad en los

últimos años, pero el crecimiento urbano se ha presentado fuera de la periferia del centro de la Ciudad.

De antemano se sabía que el centro de la Ciudad era la más susceptible a dañarse durante un sismo, ya que se encuentra asentada en una zona blanda y que por este motivo, requería de normas de construcción más estrictas, las normas de construcción vigentes en 1985, fueron editadas en 1976 y se basaban principalmente en las experiencias que dejó el sismo de 1957, pero como hemos podido darnos cuenta, la magnitud y periodo del ocurrido en Septiembre de 1985, lo rebasó considerablemente.

Por otra parte, la zona más afectada en lo que se refiere a edificaciones, fue la misma en ambos sismos. La zona está constituida por arcillas lacustres que son fácilmente compresibles y por ello las normas son más estrictas; de hecho la aceleración máxima registrada de sismos ocurridos en esta zona, nunca llegó a alcanzar el valor de 0.24 g. prescrito en 1976 para la aceleración basal de diseño. Comparando una aceleración pico en cuerpo libre con una aceleración espectral de respuesta, sabemos que las normas Japonesas se encuentran entre las más estrictas del mundo y ellos preeven un nivel de aceleración basal de 0.20 g.

En cuanto a los métodos constructivos y de diseño usados en México, se sabe que éstos son comparables a los de Estados Unidos.

Aún suponiendo que ése no fuera el caso, es significativo que las normas de construcción de 1987 se limiten a considerar el 40% del pico espectral de 1 g. registrado en la estación acelerométrica de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S C T). A la luz de la experiencia de 1985, el comportamiento inelástico de las estructuras ofrece garantías suficientes para soportar las solicitaciones sísmicas previsibles en el futuro.

II.2.- NO LINEALIDAD.

La enorme concentración de daños en la zona del centro de la Ciudad corresponde clara e indiscutiblemente a la presencia de arcillas lacustres y se propone como una probable causa de la catástrofe.

La no linealidad del comportamiento elástico de estas arcillas está documentada por numerosos ensayos de laboratorio como se resumen en la Fig. II.2, con los datos existentes hasta 1987.

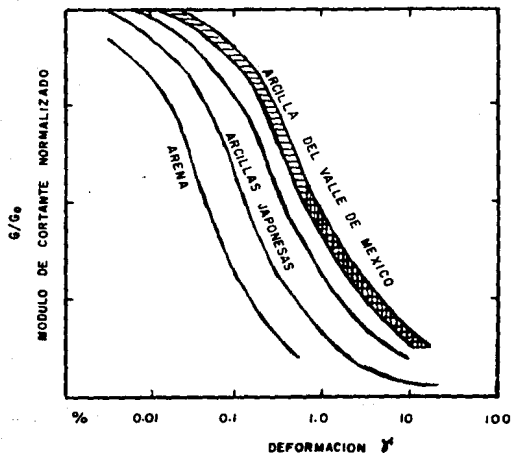


FIGURA II.2 Propiedades dinámicas de suelos (arena y arcilla). La región sombreada corresponde al comportamiento no lineal de las arcillas del Valle de México. El sombreado más intenso a las deformaciones mayores al 1%.

El módulo de cortante G (que sería constante en el caso de un sólido lineal) decae rápidamente con la deformación aplicada γ . La arcilla se reblandece a medida que se deforma, y eventualmente su rigidez puede tornarse en casi nula. Estamos en presencia de un material que es, en cierto sentido, intermedio entre un sólido y un líquido. Ello puede ser importante cuando se trata de estudiar a las ondas superficiales que se propagan sobre este material. Desde un punto de vista Geofísico, un líquido es un material cuyo módulo de cortante es menor de 1% de su módulo de incompresibilidad. En las arcillas del Valle de México la incompresibilidad es muy elevada, del orden de 10^9 N/m^2 , como la del agua; su módulo de Poisson es del orden de 0.499, como la del agua. En la figura 2. se observa que el efecto de no linealidad se acentúa cuando la deformación rebasa cierto umbral, del orden de $\gamma > 0.1\%$.

Ahora bien, en el sismo de 1985 la deformación en superficie alcanzó valores de más de 10 veces superiores a este umbral. En efecto, durante el sismo de -- Septiembre de 1985 la estación de la S.C.T., registró una amplitud máxima de $u = 30 \text{ cm.}$ con un periodo de 2 segundos con una velocidad promedio de las ondas de cortante en una capa superficial de 30 m. que incluye el relleno de suelo arenoso y las arcillas saturadas adyacentes, que son del orden de 75 m/s en condiciones normales, es decir, cuando no hay sismo. esto significa -- que una onda de superficie ordinaria del tipo Rayleigh tiene una longitud de $\lambda = 2(75) = 150 \text{ m.}$ Según Gilbert la deformación angular de una onda de Rayleigh de amplitud u es $\gamma = 2\pi u / \lambda = 2(3.1416)(30) / 150 = 0.0125$, ó sea una deformación de 1.2%. Esto corresponde a una disminución de cerca del 50% del módulo de cortante G , lo que equivale a un decremento de 70% del módulo secante de rigidez A . En el relleno arenoso que cubre a las arcillas. La disminución de rigidez fue aún mayor. Ya que

las arenas son más degradables que las arcillas (véase - figura No. II.2).

Actualmente no se sabe si un sedimento es capaz - de propagar ondas de cortante u ondas de Rayleigh de baja frecuencia en tales condiciones.

Así las deformaciones en el sismo de 1985 rebasaron el umbral de la no linealidad. Ahora bien, cuando se reduce el módulo de cortante G , la velocidad de cortante β baja también, en proporción a la raíz cuadrada de μ .-- El periodo T permanece prácticamente constante a partir del momento en que las ondas superficiales empiezan a dominar, es decir, cuando aparecen las amplitudes máximas en las arcillas. Por lo tanto, la longitud de onda λ tiende que acortarse, ya que se verifica $\lambda = \beta T$. Esta reducción de la longitud de onda se constituye como lo esencial en la argumentación.

Si se examina la ecuación $\gamma = 2\pi\mu/\lambda$, se observa - que la deformación γ difícilmente puede quedarse en el - 1.2%. Ya que tiene que aumentar sustancialmente debido - al acortamiento de λ y debe seguir aumentando después de cada ciclo de carga, aunque la amplitud μ no crezca. Pero en realidad, μ aumentó durante todo el primer minuto del temblor. Así, para cada incremento de γ se registra otro decremento del módulo de cortante G .

Este fenómeno observado en el laboratorio, se conoce con el nombre de "Degradación del Módulo de Cortante". La rapidez de la degradación depende de γ ; es decir, se acelera cuando $\gamma > 0.1\%$.

En conclusión, podemos afirmar que durante el sismo de 1985, la superficie de la arcilla pudo haber alcanzado deformaciones sumamente altas, mucho mayores, que el valor de $\gamma = 0.4\%$ que comúnmente se supone.

A medida que la impedancia elástica del material - se reduce más allá de un cierto umbral, una proporción - creciente de energía se vuelve hacia otra forma de - - -

energía. "La Gravitacional", al principio la energía -- gravitacional es muy pequeña, puesto que $\rho g u^2$ por m^2 , mientras que la energía elástica vale $2\mu u^2/\lambda$, y -- $\rho g \ll 2\mu/\lambda$, pero cuando $\mu \rightarrow 0$ la velocidad decrece, -- la onda se acorta y sus características se asemejan cada vez más a las de una ola hidrodinámica, tal como lo predijo Gilbert.

Los métodos lineales de análisis no son necesariamente los más adecuados para detectar estos cambios, sobre todo cuando se desarrollan en el dominio de la -- frecuencia y no de la longitud de onda.

Comparando los sismos del 19 y 20 de Septiembre de 1985 para tres estaciones sismográficas ubicadas 2 -- en la Central de Abasto (en suelo blando) y la otra en Ciudad Universitaria (en suelo duro). Debido a la cercanía de las estaciones, puede suponerse que el movimiento de la roca dura debajo de las estaciones de la Central de Abasto y la de C.U. fueron idénticas. Para el -- caso de una ampliación lineal, los 3 registros no solamente deberían ser similares sino que los de las estaciones de Central de Abasto deberían poder derivarse -- del registro de Ciudad Universitaria mediante una operación de amplificación y filtrado.

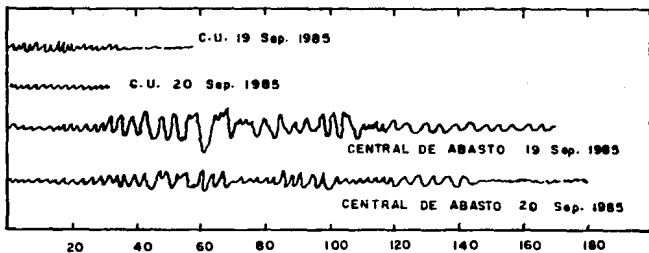


Figura 11.3.-Acelerogramas obtenidos de las estaciones de la -- Central de Abasto y Ciudad Universitaria.

En la Fig. 11.3, se observa que la razón de amplitudes entre los 2 sismos (19 y 20 de Septiembre) es muy diferente para estaciones en suelo duro y blando. Esta diferencia resulta especialmente visible para el tren de ondas superficiales. La diferencia de magnitudes es:

$$M_{19} - M_{21} = 8.1 - 7.5 = 0.6$$

Lo que concuerda bien con la razón de amplitudes en C.U., puesto que 0.6 es el logaritmo de 4. En otras palabras, la estación de C.U. parece comportarse en forma lineal, de acuerdo con la definición de la magnitud como proporcional al logaritmo de la amplitud. En cambio, la estación de la Central de abasto acusa una discrepancia del orden de 100% con respecto a la razón de amplitudes esperadas.

Si las amplitudes en suelo blando no siguen la escala de magnitudes ya que una diferencia de magnitudes es relativamente moderada ($\Delta M=0.6$) y produce una discrepancia de un factor de 2, que puede medirse directamente en el sismograma.

Por todo lo antes expuesto, se deduce que el comportamiento de las arcillas en la zona blanda del centro de la Ciudad, fue altamente no lineal.

11.2.1.- EFECTOS DE ONDAS NO LINEALES.

La importancia del punto anterior debe tomarse muy en cuenta para la determinación de la probable causa es evidente. En efecto, las sollicitaciones críticas ya no serán solamente las aceleraciones basales generadas por ondas de cuerpo, sino también las deformaciones del terreno producidas por ondas superficiales.

Si el efecto principal de la no linealidad fue acortar la longitud de onda λ , este acortamiento debe ser detectable instrumentalmente. Para ello basta disponer de estaciones espaciadas a distancias menores que λ

Esto es factible, pero no se ha hecho en México ni en ningún otro país. Sin embargo en Suecia se han efectuado mediciones de ondas producidas por vibraciones artificiales en arcillas blandas (no tan blandas como las de México), y se encontraron ondas superficiales con longitudes de 20 a 30 m. Estos valores son de 8 a 12 veces menores que los esperados con base en la teoría lineal. Si suponemos un acortamiento en la misma proporción, en el caso del sismo de 1985, podrían suponerse longitudes de onda de 15 a 20 m. en arcillas del Valle de México.

La experiencia de ondas superficiales de corta longitud y de baja velocidad de propagación es cada vez más difícil de negar o ignorar. Son fenómenos que ya han sido descritos demasiadas veces y con mucha precisión y consistencia.

Como punto de partida, para explicar la presencia de estas ondas, Jeffreys hace notar que la rigidez de la glicerina es 3×10^6 cgs. valor apenas 10 veces menor que la rigidez de las arcillas del Valle de México en estado de reposo. Se requiere pues, de muy poca pérdida de rigidez para que este material se comporte como un fluido a bajas frecuencias. En cambio, para pequeñas amplitudes y altas frecuencias se observa que los materiales saturados de baja rigidez se comportan como un sólido elástico.

Supongamos ahora una edificación de ancho A, largo L, y altura H desplantado sobre un terreno plano a una profundidad P bajo el nivel de la calle (ver Fig. II.4). Sea λ la longitud de onda μ_1 y μ_2 los desplazamientos en la dirección de la propagación y la vertical, respectivamente.

La inclinación del suelo por efecto del sismo es $\text{tg } \delta = 2\pi \mu_2 / \lambda$. Para amplitudes muy pequeñas, o sea, antes de que la rigidez se deteriorara por efectos del --

sismo, tendríamos $\lambda = 150$ m. Para una amplitud de $u_g = 10$ cm. se tendría $\text{tg} \delta = 2\pi^2(0.10) / 150 = 0.419\%$, que es una inclinación tolerable si recordamos que había edificios inclinados en un 3% sin derrumbarse. Por tales consideraciones, se acostumbra no tomar en cuenta la rotación de la base en el diseño sísmico de las estructuras.

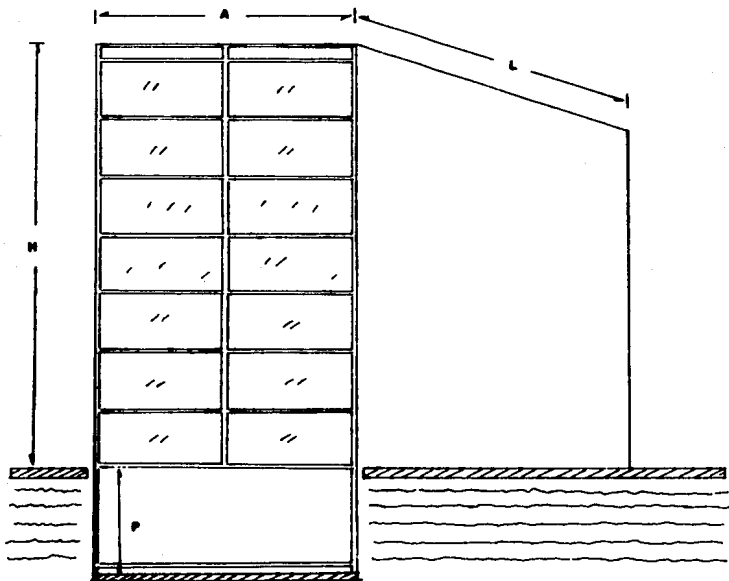


Fig. 11.4 Dimensiones de un edificio y su profundidad bajo el nivel de la calle.

En cambio, supongamos la existencia de ondas no lineales de longitud $\lambda = 20$ m. tenemos ahora $\epsilon_{\theta} = 2\pi \cdot (0.10)/20 = 3.14\%$, que supera la inclinación que tenía el edificio Nuevo León antes del sismo (alrededor del 3%). Esta construcción tenía un ancho $A = 13.5$ m. y una altura $H = 41.8$ m.

El desplazamiento del centro de gravedad debido a la inclinación puede calcularse en $41.8 \times 0.06/2 = 1.25$ m. en una dirección (inclinación de 6%) y cero en la otra dirección. Por poco que se amplifique la oscilación del edificio puede considerarse que el centro de gravedad caerá fuera del tercio central de la base ($13.5/6 = 2.25$ m.) y la construcción se colapsará.

Consideremos ahora el efecto de la longitud de onda sobre la edificación en planta. La sección caída del edificio tenía un largo $L = 100$ m. si la longitud de onda fuera $\lambda = 150$ m. la torsión en planta, aunque considerable, cambiaría de signo una sola vez. Pero si la onda no fuera lineal, con una longitud de onda de $\lambda = 20$ m. y $\epsilon_x = 30$ cm., la torsión alcanzaría $\epsilon' = 2\pi \cdot (0.30)/20 = 9.4\%$. Más aún, la onda cabría 5 veces en la planta del edificio, puesto que $L = 5\lambda$. Es decir, la deformación cambiaría de signo hasta 10 veces en la sección de la planta; y como la onda viaja lentamente a lo largo del edificio, el efecto sería semejante al del tornillo sin fin en una trituradora o de un molino de carne.

Las consideraciones anteriores se aplican a la deformación del suelo. Un largo de 100 m. era excepcional puesto que la mayoría de los edificios construidos en el Valle de México median menos de una cuadra de largo.

Para una estructura provista de cimientos rígidos, los valores correspondientes se promediarían sobre

todo el largo y ancho de la cimentación; por lo tanto, las sollicitaciones efectivas del sismo serían bastante menores que las calculadas. No cabe ya ninguna duda que es posible diseñar edificaciones para que resistan a este tipo de sollicitaciones.

Como un ejemplo a seguir, los edificios coloniales han demostrado una sorprendente capacidad para resistir altas deformaciones e inclinaciones.

La explicación de que hayan sobrevivido al sismo la mayoría de los edificios altos del centro de la ciudad; una respuesta posible es la siguiente: Toda onda superficial es, por definición, una onda cuya amplitud decae en la dirección vertical. A una profundidad de $\lambda/2$ el movimiento es muy pequeño en términos de Ingeniería. Mientras que la arcilla se comporta en forma lineal, con una longitud de onda de $\lambda = 150$ m., la capa blanda es afectada en su totalidad puesto que $\lambda/2 = 75$ m. que es el espesor de la capa blanda. En cambio, si se suponen ondas no lineales de $\lambda = 20$ m., tenemos que $\lambda/2 = 10$ m.; y en este caso las estructuras desplantadas o las tuberías cimentadas a más de 10 m. de profundidad no habrían sido afectadas por los sismos.

Esto corresponde bastante bien a las experiencias recogidas en el sismo de 1985. En efecto, de los edificios de 6 o más pisos, aquéllos que poseían sótanos profundos para estacionamientos fueron los menos afectados. Ello se esperaría igualmente con base en la teoría lineal. Sin embargo, los túneles del metro fueron poco afectados, y las estructuras de acceso a este medio de transporte sí sufrieron daños. Las tuberías del drenaje profundo quedaron intactas; en cambio, las de distribución de agua potable resultaron gravemente afectadas.

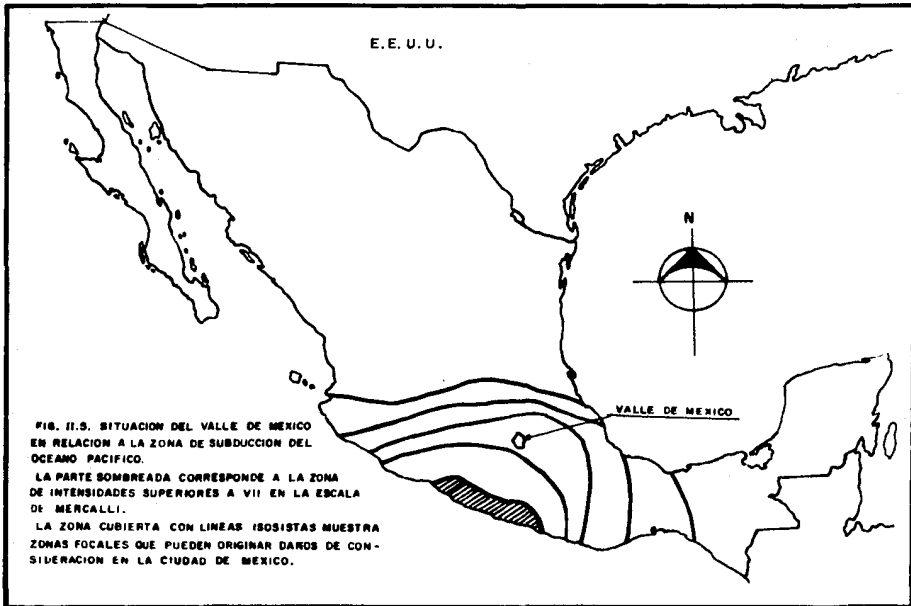
En resumen, la no linealidad del comportamiento

elástico del material sedimentario saturado bien pudo haber desempeñado un papel relevante en la distribución, índole y gravedad de los daños observados en el sismo del 19 de Septiembre de 1985.

II.3.- SITUACION GEOGRAFICA DE ALTO RIESGO SISMICO (VALLE DE MEXICO).

Si analizamos la historia sísmica de nuestro país, nos damos cuenta de que el Valle de México ha sufrido daños con todos y cada uno de los grandes sismos que se originaron en la zona de subducción, ya sea lineal o no lineal el mecanismo de excitación en la arcilla del Valle de México, el hecho es que se generan grandes amplitudes con sismos provenientes de cualquier epicentro en la zona de subducción con la posible excepción del segmento de Chiapas-Guatemala que se encuentra muy distante.

La zona de subducción representa con mucho la estructura sísmogénica más activa del país. Puede afirmarse, por lo tanto, que el Valle de México es la zona más expuesta y de mayor riesgo sísmico de la República. En efecto, por muy elevado que sea el riesgo en alguna zona de la costa Mexicana del pacífico, el de la Ciudad de México siempre lo excederá, puesto que incluye, adicionalmente, el riesgo proveniente de las demás zonas. (ver figura No. II.5).



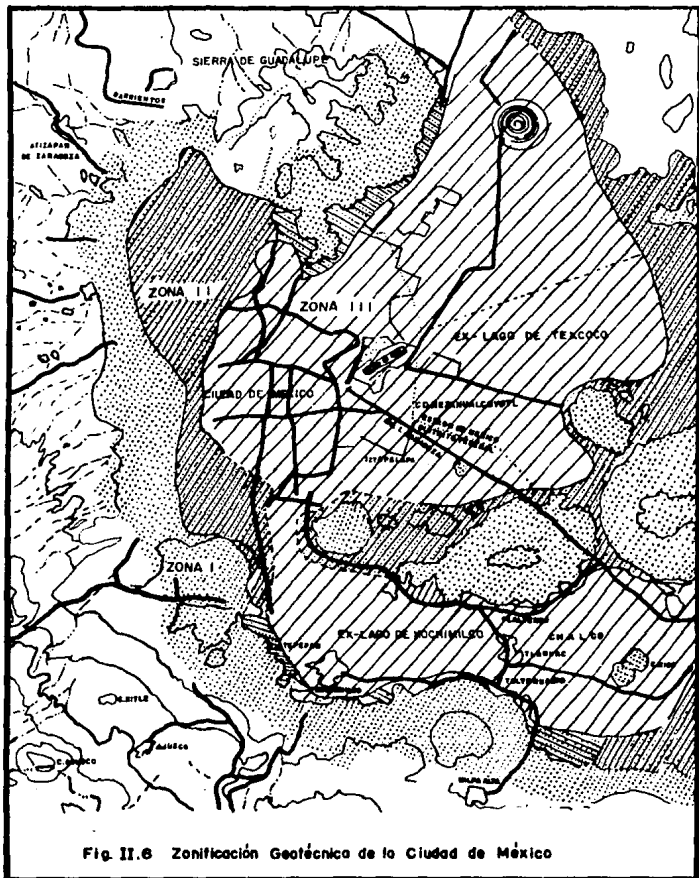
Para presentar un panorama más amplio, en las figuras II.6 y II.7 se muestran: La zonificación geotécnica y las zonas de más alta intensidad sísmica de la Ciudad de México, respectivamente.

Se propone, entonces, como segunda causa de la - catástrofe "La situación excepcionalmente riesgosa y -- vulnerable a la acción de los sismos del Valle de México". Esta situación apenas está siendo reconocida en el medio científico; pero aún falta mucho para que se traduzca en una política urbanística efectiva.

II.4.- ROTACIONES DE LA BASE DE EDIFICIOS POR EFECTOS DE ONDAS NO LINEALES DE CORTA LONGITUD.

Los daños catastróficos provocados por el sismo de 1985 afectaron predominantemente a edificios de 6 a 15 niveles, construidos bajo la vigencia de una norma sísmica considerada como una de las más avanzadas de su época. Pero sabemos que ello no fue suficiente, pero -- ninguna norma sísmica del mundo parece considerar rotaciones de la base por efectos de ondas no lineales de - corta longitud. Si estas ondas desempeñan un papel im-- portante en el origen de los daños, tal omisión debe -- ciertamente incluirse entre las causas de la catástrofe.

Los efectos de rotación y torsión en la base serían especialmente relevantes en edificios altos y cimentados a escasa profundidad; en edificios largos y poco redundantes en su diseño estructural, y en edificios frágiles o poco ductiles. Por ejemplo, cuando un edificio alto y frágil es sometido a inclinaciones cíclicas repetidas, la estructura tiende a sacrificar sus pisos superiores con tal de bajar su centro de gravedad. Esto representa un dilema para el Ingeniero, ya que al asignar coeficientes sísmicos más elevados a los pisos superiores se incrementa la rigidez del edificio y se re---



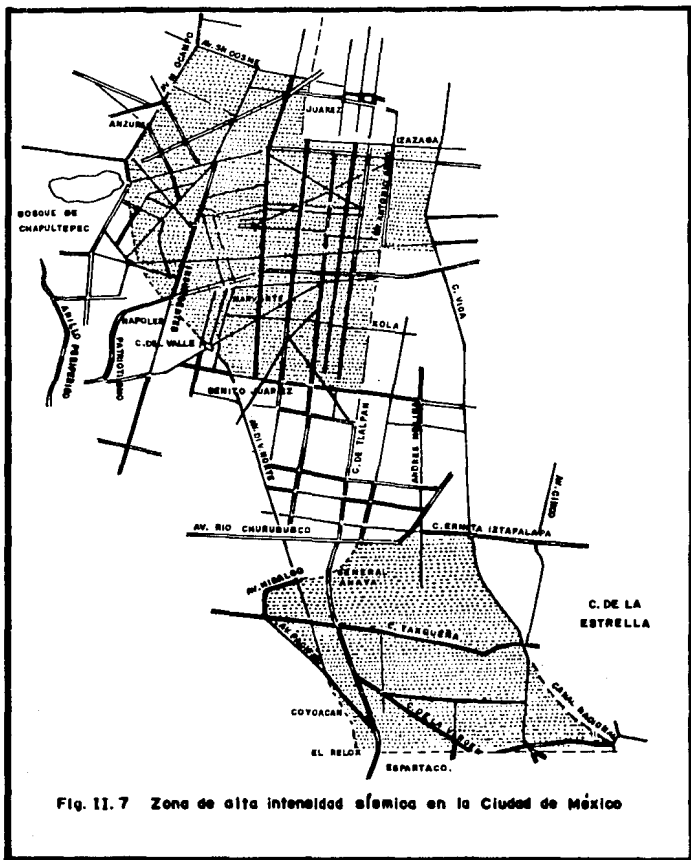


Fig. II.7 Zona de alta intensidad sísmica en la Ciudad de México

-quiere un empotramiento basal más profundo para evitar el volteamiento. Y como los pilotes confieren escasa rigidez lateral, ello podría implicar una limitación a la altura de los edificios construídos en el suelo blando.

II.5.- TIPOS DE FALLAS EN ESTRUCTURAS POR FALTA DE SUPERVISION.

Sin pretender hacer una clasificación exhaustiva, la observación preliminar permite deducir que muchas de las fallas estructurales observadas se deben principalmente a errores humanos de los siguientes tipos:

1).- ERRORES DE DISEÑO.

Es indudable que en algunas escuelas se incurrió en el error de combinar ejes de columnas largas, con -- ejes paralelos de columnas cortas o con mochetas no reforzadas. También fue notable el número de fallas en edificaciones irregulares en esquinas oblicuas o en cuchillas, donde la falta de simetría estructural agudizó el fenómeno de la torsión sísmica.

2).- CAMBIO DE USO.

Fue notorio el caso de edificios diseñados para soportar cargas ligeras, para vivienda, que fueron convertidos en bodegas de libros o de telas o en fábricas de ropa, con maquinaria en operación en los pisos altos. Lo mismo se observó en algunos hospitales, donde las pesadas fuentes de radiación de medicina nuclear se ubicaron no en los sótanos, sino en pisos altos.

3).- MODIFICACIONES O ALTERACIONES DE EDIFICIOS.

Muchas fallas se debieron a modificaciones estructurales importantes, que fueron realizadas por los propietarios de los inmuebles, en fechas posteriores a la construcción original, al parecer sin la licencia correspondiente.

4).- FALLAS DE CIMENTACION.

La pérdida de adherencia en pilotes de fricción_ y algunos asentamientos hasta de 60 cm., observados bajo edificios cimentados con pilotes de punta, sugieren fallas en las arcillas, tal vez ocasionadas por la extracción de agua, que en arcillas del tipo Montmorilonitico pueden reducir las a la consistencia de un polvo---rón. Tal vez la ejecución a cielo abierto de grandes -- obras con extracción constante de grandes volúmenes de_ agua, para trabajar en seco, haya afectado esas arci---llas en una amplia zona colindante con dichas obras.

También se deduce que la naturaleza del suelo ha cambiado en el centro de la Ciudad, dados los tipos de_ grietas y bordos nunca antes observados. Posiblemente e so también influyó en los factores de la amplificación_ de ondas.

5).- MALA CALIDAD O DEGRADACION DE LOS MATERIALES.

Resultó evidente la pésima calidad de algunos aceros de refuerzo y de algunos concretos, obtenidos de_ estructuras colapsadas. Lo que se ignora es que si la - pérdida de resistencia se produjo durante el sismo por_ estar sometido a ciclos de carga repetidos o si era una falla de origen.

6).- ERRORES DE EJECUCION Y FALTA DE SUPERVISION.

Este tipo de falla fue la más abundante, y consistió en: Mala colocación del acero de refuerzo, ancla jes insuficientes, juntas de colado con material extraño como papel o madera, traslapes insuficientes y pésima soldadura de unión en las varillas de mayor diámetro, concretos mal vibrados o segregados durante el colado,- malas conexiones de los muros de relleno, etc.

II.6.- CARENCIA DE UN PROGRAMA DE DEFENSA CIVIL EN CASOS DE SISMO.

No podemos omitir en este trabajo, un tema doloroso, que no ha sido suficientemente valorado por las autoridades, ni por los técnicos: el de las víctimas. Este tema es difícil discutirlo sin parecer melodramático; sin embargo, es necesario. La vivienda y la seguridad cuestan dinero; y además son deseables.

Por lo tanto, podría considerarse que un cálculo de tipo costo-beneficio será eminentemente aplicable en este caso. Las normas sísmicas deben incorporar precisamente esta clase de cálculo. Esto significa que el costo de una catástrofe como la de 1985 debe ser evaluada; dejar de hacerlo equivale a adoptar una actitud evasiva ante la realidad. Pero, ¿Cómo calcular el costo de las vidas humanas?, ninguna de las 20000 víctimas de la tragedia del 19 de Septiembre de 1985 quería morir; ninguna estaba preparada para ese terrible desenlace. Al adquirir su departamento, a veces a costa de grandes sacrificios, ciertamente nadie pensó que se exponía a esa clase de riesgos; más bien suponía que un edificio moderno representaba una vivienda más segura para él y su familia. Nadie sospechaba la posibilidad de la muerte de sus hijos, atrapados en los escombros de un cuarto vecino y sufriendo una lenta y atroz agonía en la obscuridad, sin poder socorrerlos. Estos miles de niños martirizados, son las víctimas inocentes de un proceso que desgraciadamente está en peligro de repetirse.

A más de 3 años de ocurrida la tragedia. "México sigue careciendo de un programa efectivo de prevención" en el ámbito de la comunidad en general.

Parece evidente que ésta debe contarse entre las causas de la catástrofe. Las vidas de millares de ciudadanos representan necesariamente una pérdida más irremediable, que los valores materiales de centenares de - -

edificios destruidos.

El proceso normativo no solamente debe encarar - estos hechos sin parpadear; también debe institucionalizar un proceso que permita la incorporación de nuevas - tecnologías constructivas y de diseño en forma rápida y segura. Asimismo, necesitamos un proceso normativo en - Ingeniería Sísmica. por ejemplo, existe cierta incon--gruencia en establecer especificaciones rigurosas y detalles de cálculo para edificios cuyo estricto cumpli--miento incumbe al Proyectista, y al mismo tiempo dejar_ a su plena discreción la única decisión que verdadera--mente importa a saber: dónde pueden construirse edifi--cios de determinadas características y dónde no.

Planear edificios sin salidas de emergencia acce--sibles y funcionales en caso de derrumbe equivale en --cierto modo a diseñar un reactor nuclear sin circuitos_ secundarios. Una vez que se ha producido un colapso ---real, con víctimas reales, incumbe al proceso normativo estudiar todas las estructuras desde el punto de vista_ de lo que sucedería con los usuarios en caso de emergen--cia.

En conclusión, podemos decir que las causas principales de la catástrofe sísmica de 1985 fueron las siguientes:

- 1.- La presencia de arcillas blandas en una zona bien delimitada del Valle de México. (ver figura II.6).
- 2.- El desconocimiento de los efectos que pueden tener sobre las estructuras las ondas no lineales de corta longitud.
- 3.- La situación excepcionalmente riesgosa y vulnerable a la acción de los sismos distantes, del Valle de México.
- 4.- Los tipos de fallas que se presentaron en estructuras.
- 5.- La carencia de un programa efectivo de defensa civil y de prevención contra catástrofes en el ámbito nacional y local.

Otras causas pueden haber desempeñado un papel relativamente secundario. Así, el sismo fue de elevada magnitud, aunque no menor que otros que han afectado a la ciudad en los últimos 100 años. Hubo ampliación de ondas, aunque ello no puede explicar la aparición del tren de ondas superficiales que fue el causante de la catástrofe. También hubo crecimiento demográfico, aunque no tanto en la zona que sufrió los daños más graves.

Podría decirse, sin exagerar, que el cambio más significativo entre 1932 y 1985 consistió en la proliferación de un tipo de construcción más vulnerable a la acción de las ondas no lineales. Los daños en edificios coloniales no fueron esencialmente mayores en 1985 que en los sismos de 1911 y de 1932.

Hubo edificios que adolecieron de grandes defectos de construcción y diseño. Sin embargo, estas fallas no estaban circunscritas a una zona específica de la --

Ciudad y no pudieron ser factores determinantes de una_ catástrofe de esta magnitud.

Es importante investigar todas las causas y no - solamente las que concuerdan con una determinada teoría de su origen. El estudio de una catástrofe requiere de_ la integración de muchas disciplinas científicas y tecnológicas y no pueden soslayarse la presencia de puntos de vista políticos, éticos y humanos que influyen en la selección de las posibles causas.

CAPITULO

III

III.- VIABILIDAD DE LA REESTRUCTURACION.

III.1.- EVALUACION DE DAÑOS.

Como inicio, para plantear la posibilidad de la reestructuración de una edificación está el reconoci---
miento de los daños que está presente. La información -
que se recabe de la evaluación, servirá para decidir en-
tre las siguientes actividades:

Evaluación preliminar que presente la edifica--
ción. Esta nos permitirá definir si se procede a la de-
molición inmediata o si es factible la reestructuración.

Análisis de alternativas y determinación de la -
estrategía a seguirse, así como todo lo concerniente a
la rehabilitación temporal.

En esta etapa se deberá definir si se justifica
intentar la reestructuración o por si representar un pe
ligro para la ciudadanía ante un inminente derrumbe, es
necesaria la demolición.

Cuando existan dudas, puede convenir retrasar la
decisión de demoler hasta contar con una información --
más completa y fidedigna.

Si la decisión es no demoler, se deberán tomar -
inmediatamente todas las medidas de seguridad convenien
tes para evitar cualquier incidente no previsto y se --
procederá al apuntalamiento de la edificación.

La evaluación preliminar de daños se efectúa me
diante una inspección ocular a toda la edificación con
fin de lograr una identificación de las partes dañadas,
así como para tener un panorama más amplio del sistema
estructural que ésta presenta. Esta actividad deberá --
ser realizada por personal calificado, provisto del ---
equipo adecuado para la cuantificación y el registro de
sus observaciones.

Durante la evaluación se deberán tomar todas las medidas de seguridad necesarias para evitar cualquier accidente, procurando evitar las zonas en las que se observe peligro de colapso.

Para la localización y cuantificación de daños, durante la inspección es necesario revisar los desplomes y realizar mediciones sobre los elementos que presentan más daños, lo que puede implicar el retiro de las partes afectadas.

Se sugiere que para una correcta evaluación de los daños y sus posibles causas, es necesario identificar el sistema estructural y de cimentación que se usó en la construcción de la edificación.

Para llevar un buen control de la información recabada, es indispensable elaborar formas prediseñadas, que incluyan los siguientes conceptos:

- Datos generales de la edificación.
- Identificación del sistema estructural.
- Identificación de daños en elementos estructurales.
- Identificación de daños en elementos no estructurales.
- Identificación de problemas de estructuración.
- Identificación de problemas en la cimentación.
- Estimación de la posible causa de los daños.

Se procederá a dar una breve descripción de los conceptos expuestos.

— Los datos generales de la edificación son:

Ubicación: Calle, número, colonia, delegación, entidad federativa, croquis con la orientación que presente, etc.
Propietario: Nombre, domicilio, teléfono, etc.
Uso: Residencial, oficinas, educación, recreativo, etc.
No. de niveles; Area total de construcción; Tipo de ---
Construcción: concreto reforzado, mampostería, concreto prefabricado, acero, sistemas combinados, otros, etc.

— La identificación del sistema estructural incluye:

Marcos rígidos con o sin contraventeos; muros de carga: de concreto reforzado, de mampostería con o sin contraventeos, muros precolados o alguna combinación de los sistemas anteriores.

Sistema de piso: Losa maciza con trabes, losas - aligeradas, losas planas, losa reticular, cascarón, ---- otros.

Tipo de cimentación: Mampostería, zapatas corridas, zapatas aisladas, cimentación compensada, o si se usaron pilotes de punta, de fricción, especiales, u --- otro tipo, etc.

Tipo de suelo: Si la construcción está ubicada - dentro de una de las 3 zonas: zona de lago, zona de --- transición y zona de lomas.

— Identificación de daños en elementos estructurales: Presencia de grietas diagonales o verticales y en ocasiones aplastamiento del concreto en columnas.

Presencia de grietas diagonales o verticales, rotura de estribos, rotura del acero de refuerzo en vigas.

Falla por adherencia del refuerzo en vigas, grietas diagonales que se presentan en la unión viga columna.

Presencia de grietas longitudinales alrededor de columnas y losas en el sistema de piso.

Presencia de grietas diagonales, horizontales, -- así como aplastamiento del concreto y pandeo en muros..

Presencia de grietas verticales en las esquinas y centro, además grietas diagonales en muros de tabique y mampostería, etc.

—Identificación de daños en elementos no estructurales. Por lo general los daños en elementos no estructurales se deben a la unión inadecuada de éstos con la estructura, o por una falta de rigidez de la misma.

Los daños más comunes son:

Aplastamiento de las uniones entre la estructura y los elementos divisorios.

Agrietamiento de los elementos divisorios de mampostería.

Rotura de vidrios.

Desprendimiento de aplanados, recubrimientos, - - elementos de la fachada.

Desprendimiento de plafones falsos.

Rotura de tuberías e instalaciones diversas.

—Identificación de problemas de estructuración.

Desarticulación total entre columnas y losas de concreto debido a la carencia general de integridad estructural.

Derrumbes parciales en los extremos de una edificación por choques con las construcciones adyacentes.

Pisos innecesariamente pesados.

Cambios bruscos en la rigidez estructural o en la resistencia de un nivel a otro, o de una parte de un piso a otra.

La edad y la calidad constructiva de la edificación, etc.

—Identificación de problemas en la cimentación.

Asentamientos diferenciales del suelo, deslizamientos, licuefacción, derrumbes.

Desplazamiento del suelo a lo largo de fallas.

Fallas de pilotes debido a compresión directa.

— Estimación de la posible causa de los daños.

a).- ERRORES DE DISEÑO:

El tipo estructural no fue adecuado al tipo de suelo: Cimentaciones mal diseñadas, rigidez estructural incompatible con la rigidez del suelo.

Elección inadecuada de los materiales: rigidez, durabilidad, peso, incompatibilidad de los materiales.

Mal diseño de elementos estructurales: anclajes y juntas mal detalladas, cambios bruscos de sección, falta de refuerzo necesario.

Consideración inadecuada de elementos no estructurales: Inestabilidad en muros de tabla-roca, colocación inadecuada de muros, ventanas, etc.

Protección inadecuada de elementos estructurales: mal ubicados, exposición a ambientes severos.

b).- ERRORES DE CALCULO.

Errores en evaluación de esfuerzos: Mala estimación de cargas, efectos de contracción y fluencia no -- considerados.

c).- DEFECTOS EN MATERIALES DE CONSTRUCCION.

Propiedades y características: Propiedades mecánicas, resistencia al ambiente y uso.

Naturaleza y contenido: Impurezas, incompatibilidad con otros materiales, fragilidad, etc.

d).- DEFECTOS DE MANO DE OBRA.

Aspectos geométricos: Elementos horizontales y verticales desnivelados o desplomados, o con dimensiones fuera de tolerancia.

Equipo, maquinaria y herramientas: Mal calibrados, incumplimiento de tolerancias, etc.

Errores operacionales: Incumplimiento de especi-

-caciones, defectos de compactación y curado del concreto; mala colocación del refuerzo, retiro prematuro de - cimbra, etc.

e).- USO DEL EDIFICIO.

Cambios hechos a la edificación: Eliminación o - adición de elementos, modificaciones de secciones, cambio de función, falta de mantenimiento.

Cambios en la vecindad de la edificación: Excava - ciones, construcción de nuevos edificios, etc.

III.1.1.- INSPECCION Y EVALUACION DE DAÑOS,
SEGUN LAS NORMAS DE EMERGENCIA.

Poco después de ocurridos los sismos, las Autori - dades del Departamento del Distrito Federal establecie - ron directrices para la inspección de edificios dañados y para la determinación de las medidas preventivas con - venientes y los sistemas de reparación o refuerzo ade - cuados. Estas directrices se basaron esencialmente en - las normas de emergencia promulgadas en Octubre de 1985. Para facilitar la aplicación de estas directrices, La - Secretaría General de Obras del Departamento del Distri - to Federal, elaboró una forma o instructivo con indica - ciones sobre la información que debía recabarse.

De acuerdo con las normas de emergencia, los Pro - pietarios de edificaciones dañadas debía presentar a -- las autoridades del D.D.F. un informe preliminar. Prepa - rado por un especialista estructural de reconocido pres - tigio describiendo el estado de la construcción y reco - mendando medidas correctivas convenientes. Este informe debía basarse fundamentalmente de una revisión ocular - de la estructura con el fin de identificar daños. Se in - cluían también datos sobre la ubicación, orientación, -- uso, número de pisos, área total de la construcción y - tipo de suelo.

Los daños se clasificaban en exteriores, de co--lindancia, de cimentación, estructurales y no estructurales.

El levantamiento de los daños exteriores consistía en recabar información referente al derrumbe parcial o total, desplome, hundimiento o emersión. Además se debía indicar si existía la posibilidad de derrumbe de la construcción vecina que pusiera en peligro la estabilidad del edificio en cuestión, o si éste representaba un riesgo para sus vecinos.

El reporte de daños en la cimentación se limitaba a indicar si ésta se encontraba hundida o dañada. -- Los daños en elementos no estructurales se reportaban como ninguno, pequeños, moderados o severos y se hacían para muros divisorios, fachada no estructural, plafones, recubrimientos, instalaciones hidráulicas, eléctricas, de gas y elevadores.

El levantamiento de los daños en elementos estructurales se hacían por separado para columnas, vigas, muros de carga y losas.

Para vigas, columnas y muros de carga, el daño se clasificaba con los siguientes criterios: Fisuras menores de un milímetro, grietas mayores de un milímetro, barras de refuerzo visibles, rotas o pérdidas de material.

Para las losas debían indicarse si había habido derrumbe total o si el daño consistía en agrietamientos o en penetración por punzonamiento.

III.2.- FACTIBILIDAD ECONOMICA DE REESTRUCTURACION.

Cuando se tiene que decidir entre las ventajas económicas de demoler o de reestructurar una edificación. No debe olvidarse que aún en el caso de demoli--

ción, resultaría prohibitivo extraer los pilotes o parte de la cimentación, y que éstas van a afectar en forma importante el comportamiento de futuras construcciones en el predio que se trate. Además de que debido al aumento acelerado de los costos de construcción, se abre a los inversionistas una nueva faceta en el mundo de los bienes raíces, que es la posibilidad de renovar edificaciones existentes, en efecto, reestructurar es un buen negocio ya que:

1).- Como no es posible utilizar el edificio dañado, por lo tanto su valor real en la situación que guarda es nulo. Significaría un costo elevado e inútil.

2).- El terreno sobre el que se encuentra la estructura puede demeritarse si ésta es demolida, pues sería un terreno lleno de cimentaciones anteriores, limitando mucho su nuevo uso.

Por lo tanto, se debe aprovechar el terreno y la estructura, y con una inversión moderada (la cuantía de ésta, dependerá de la gravedad de los daños) podemos obtener un inmueble que nos represente un buen valor comercial, y con la posibilidad de obtener bastantes utilidades.

Por otro lado, un buen proyecto de reestructuración para un edificio existente resulta costoso, pero puede recuperarse la inversión si se consideran los nuevos valores inmobiliarios en venta o en renta originados por el aumento de la demanda.

Lo que no se justificaría es realizar una reparación o un refuerzo inadecuado.

Para obtener buenos resultados, el Propietario deberá asegurarse de que se cumpla un binomio muy importante para la reestructuración de su obra, con lo cual se logra una doble supervisión:

a).- Que el diseño de la reestructuración lo realicen Ingenieros especialistas en diseño estructural,-- con amplia experiencia en reconstrucciones.

b).- Que el Director de reconstrucción de la obra sea un Ingeniero constructor con amplia experiencia en cálculo estructural.

Sólo así, a través del diálogo entre ambas disciplinas, se puede llegar a tener un óptimo resultado en cuanto a la eliminación de irregularidades o deficiencias, que pudieran implicar riesgos futuros o costos in necesarios.

El Propietario también debe participar en esta - decisión de criterio y entender que su inversión en el - reforzamiento es una forma de asegurarse, pero no una - garantía de que el edificio quede libre de daños. El In geniero debe explicar con claridad todas las opciones - existentes y externar su opinión sobre el comportamiento de la edificación previsto para que el propietario - pueda participar en la decisión, así como para compartir las consecuencias.

La relación entre el Ingeniero encargado de la - reestructuración y el dueño del inmueble, debe llevarse a cabo, contemplando el punto de vista financiero de la inversión. Sobre un antepresupuesto del costo de la reestructuración, el propietario debe darse cuenta de que al reestructurar, su edificio le dará mayor redituabili dad o capacidad de venderlo y recuperar su capital con creces.

III.3.- EVALUACION DEFINITIVA.

La finalidad de la evaluación definitiva es el lograr determinar si la edificación dañada es reparable. Esto es, si es posible recuperar parte de la inversión que antes representaba para su dueño. La solución definitiva será aquella que logre conciliar en cada caso -- las limitaciones económicas de funcionamiento, espacio, estética, importancia social y dificultad técnica.

Por lo tanto, la cuantía e importancia de los daños que la edificación presente, será la base de la que se debe partir para proceder a la reestructuración, si ésta es factible.

Esta última etapa de la identificación de daños, se deberá efectuar después de la rehabilitación temporal, para su realización, tendrán que ser retirados todos los acabados de los elementos estructurales que se sospeche puedan estar dañados con base a la evaluación inicial de daños.

La inspección definitiva consiste en registrar y describir el estado en el que se encuentra cada elemento dañado. Para lograr esto se recomienda el uso de fichas de trabajo que incluyan fotografías del elemento en cuestión. La información que de esta manera se recabe, deberá llevarse a copias reducidas de los planos para facilitar su manejo.

Es conveniente resaltar la necesidad de localizar los puntos más débiles de la estructura, y los más comunes son:

- Columnas cortas debidas a muros de altura incompleta.
- Cambios abruptos de rigidez y estructuración en elevaciones.
- Torsión excesiva por una distribución inadecuada de la rigidez en planta.
- Conexiones columna-losa plana.

- Incompatibilidad de rigideces entre marcos y muro diafragma.
- Conexiones excéntricas viga-columna.

Si de la evaluación se deduce que los daños son ligeros y se presentan en pocos elementos, entonces se procederá a la restauración de dichos elementos.

Si por el contrario se presentaron daños generalizados fuertes o graves y se encuentran problemas de estructuración, entonces la reparación deberá tender al refuerzo de la estructura.

Con base a la evaluación definitiva, deberán plantearse las alternativas posibles de reparación, las cuales pueden ser: Demoliciones parciales o locales, inclusión de nuevos elementos estructurales, resane a muros dañados, inyección con resinas epóxicas, etc.

III.4.- CRITERIOS PARA LA REESTRUCTURACION.

Los criterios que se siguen en los proyectos de reestructuración pueden ser muy sencillos o complejos.- El criterio seleccionado debe ser el adecuado para lograr el objetivo principal de la reestructuración.

Si el objeto es cumplir con las normas o reglamentos de construcción vigentes, entonces éstos se constituirán por lo regular en los criterios indicados en el reglamento para efectos de reestructuración. Pero si el Ingeniero considera que es necesario un criterio más estricto y el propietario de la edificación está de acuerdo, se procederá a reparar la estructura de manera conveniente, pero si la evaluación hecha al edificio revela que ésta tiene una unión débil, como un muro de cortante discontinuo, y se decide reestructurar el edificio sólo para eliminar esa unión débil, entonces el diseño para fuerzas laterales debe ser compatible con el diseño original de la obra y esto se puede consti---

-tuir como el criterio adecuado. Si el objetivo es re-
forzar la edificación voluntariamente y con independen-
cia de las normas, entonces el Ingeniero debe seleccio-
nar los criterios pertinentes. Estos criterios pueden -
ser: El reglamento actual de construcción, una edición
anterior de un reglamento, con un nivel menor de diseño
para resistir fuerzas laterales, combinado con los re-
querimientos de ductilidad del reglamento actual, o --
bien un criterio definido para la obra específica con -
base en las condiciones del suelo y en la sismología lo
cal y regional. Sin importar cual sea el criterio que -
se seleccione para el diseño, éste debe abarcar los re-
querimientos para una ductilidad adecuada de los elemen-
tos estructurales y de sus conexiones o juntas.

III.5.- PREPARACION Y SELECCION DE PROYECTOS DE REESTRUCTURACION.

Una vez tomada la decisión de reestructurar la -
edificación, el Ingeniero debe plantearse distintos mé-
todos para realizarlo. Estos métodos deben incluir la -
adición de muros de cortante elaborados a base de con-
creto o de mampostería, la colocación de contraventeos -
diagonales de acero estructural o de nuevos marcos, la
integración de camisas de concreto reforzado con el fin
de aumentar la ductilidad y resistencia de los marcos -
de concreto, la adición de muros de relleno a base de -
tableros reforzados, y otros métodos adecuados, la rees-
tructuración realizada a una edificación por lo general
implica aumentar la rigidez, aunque algunas soluciones
pueden representar lo contrario cuando las columnas se-
leccionadas son cortas y rígidas o cuando existen otros
desequilibrios en la rigidez y resistencia de los ele-
mentos del marco.

Las opciones de reestructuración deben ser compa-
tibles con la funcionalidad de la edificación, lo cual
influirá mucho en la decisión final.

Los proyectos que se propongan para realizar la reestructuración, deben corregir las uniones débiles -- que se observarán durante las inspecciones de los daños o que sean previstas en el sistema resistente a fuerzas laterales. Los proyectos deben considerar que existen - distribuciones uniformes de resistencia y rigideces sobre la altura de la estructura y en toda su planta. Además se deben considerar los efectos que pueden producir los elementos no estructurales para controlarlos, ya -- sea por su aislamiento de los elementos estructurales o por su inclusión dentro del sistema resistente a fuer-- zas laterales. Es preciso verificar en el proyecto, la rigidez y resistencia a la que estarán sometidos algunos marcos, para asegurar que las fuerzas laterales --- sean distribuidas debidamente a lo largo de los nuevos elementos de contraventeo, en nuevos colectores, puntales o amarres adicionales apropiados.

De esencial importancia es asegurar la ductili-- dad que presentará la edificación después de efectuada la reestructuración. La imaginación y el ingenio tam-- bién deben ser utilizados por el Ingeniero, mientras aplica su experiencia en las técnicas de construcción y de comportamientos estructurales.

Por lo tanto es necesario comparar las diferen-- tes alternativas que presentan los proyectos y sopesar sus ventajas y desventajas, para poder seleccionar el - proyecto adecuado. Entre los puntos a considerar en dicha comparación se incluyen la compatibilidad de la solución con los requerimientos funcionales de la edifica ción.

La factibilidad de la construcción incluyendo la disponibilidad existente de materiales y de personal capacitado, y consideraciones económicas, estéticas y sociológicas. Además de cumplir con las normas de cons-- trucción vigentes y con los objetivos y criterios seleccionados.

Posteriormente, la solución adoptada para la reestructuración debe complementarse con todos los detalles establecidos y clasificados. El Ingeniero debe realizar análisis y cálculos para determinar qué elementos conservarán la respuesta inelástica inicial, ya que tal respuesta en las columnas puede representar un peligro al soporte vertical de las cargas gravitacionales. Deben evaluarse cuidadosamente los efectos de los elementos del reforzamiento añadidos para tener la seguridad de que no originarán daños mayores en el futuro. Por ejemplo, algunas edificaciones construidas a base de marcos, que han sufrido daños en la planta baja por causa de sismo, fueron reforzados sólo en este nivel; el siguiente sismo prácticamente no causó daños en la planta rigidizada, pero sí ocasionó graves daños en los pisos superiores que no fueron reforzados. Una respuesta de estas características debe preverse y controlarse en el programa inicial de reestructuración.

III.6.- PROYECTO DE REESTRUCTURACION.

Para iniciar el proyecto de reestructuración, se debe contar con la información bien detallada de la evaluación de daños. Además es necesario tratar de conseguir información adicional sobre el diseño original de la edificación, así como de la etapa de construcción, su uso y de las adaptaciones que haya sufrido durante su vida útil, esta información puede ser la siguiente:

- Planos estructurales.
- Planos arquitectónicos.
- Planos de instalaciones varias.
- Memorias de cálculo.
- Estudio de mecánica de suelos.
- Normas de diseño utilizadas.
- Bitácora de la construcción.
- Informes de control de calidad de los materiales usados.

- Uso actual de la edificación.
- Remodelación o reparaciones previas.

La carencia de este material, o la posibilidad de algún incumplimiento de las especificaciones en el proyecto inicial, conducen a la recabación en campo de la información necesaria.

Es indispensable verificar la autenticidad de la información existente, pues tanto los componentes de la estructura como algunas propiedades de los materiales usados, pueden haber sufrido cambios con el tiempo.

Los principales conceptos que requieren ser revisados son:

Planos estructurales, arquitectónicos y de instalaciones, en estos casos se deberá verificar la coincidencia entre los planos y la edificación real en cuanto a:

- Existencia y ubicación de los elementos estructurales.
- Dimensiones y armado de los elementos estructurales.
- Existencia, ubicación y tipo de elementos divisorios.
- Existencia y ubicación de las aberturas necesarias en la estructura.
- Tipos de acabados y elementos de fachada.
- Rellenos en la azotea.
- Existencia y ubicación de ductos.
- Uso actual de la edificación.

Para determinar las características mecánicas del concreto se pueden realizar, combinando procedimientos de gran precisión, como la extracción de corazones y la pistola de Windsor, con otras menos confiables pero de empleo más sencillo y económico, como el esclerómetro y los equipos de ultrasonido.

Para la localización y verificación de las dimensiones del acero de refuerzo o de ductos de acero en --

-elementos de concreto se puede recurrir al uso de sistemas electromagnético o al de radiografías.

En cuanto a la cimentación, la nivelación y la mecánica de suelos son importantes cuando se tengan indicios de desplomes o hundimientos en las edificaciones a reestructurar, será necesario efectuar una nivelación general a la estructura, e incluso se deberán hacer nuevos sondeos y pruebas de laboratorio para la verificación de las características del suelo.

Es aconsejable determinar un perfil que muestre la variación de los desplazamientos laterales del edificio con su altura, y realizar nivelaciones periódicas hasta cerciorarse que ya no existen movimientos significativos.

Para poder evaluar el estado que guarda una estructura dañada, es necesario conocer su capacidad sísmo-resistente inicial y con ello como base, tratar de comprender su comportamiento durante el sismo y las causas de los daños que se hayan presentado. En este proceso la experiencia y el buen juicio del diseñador pueden complementarse con los siguientes análisis.

a).- ANALISIS APROXIMADO.

Es aplicable en estructuras de poca altura y que sean lo más simétricas posibles, este procedimiento consiste en la comparación de la fuerza cortante en cada entepiso calculada con las normas de construcción vigentes, contra la fuerza cortante promedio.

b).- ANALISIS CONVENCIONAL.

El análisis convencional de la estructura según las normas de construcción en vigor, permite conocer su capacidad resistente inicial y localizar los elementos más críticos. En este caso, generalmente será preferible recurrir a un análisis dinámico con base a un espectro de diseño.

c).- ANALISIS NO-LINEAL.

Con este método se puede intentar reproducir el esquema de daños mediante el análisis paso a paso de la estructura considerando el comportamiento no-lineal de sus elementos. Para ello deberán utilizarse varios acelerogramas.

En buena parte de los casos podrá usarse el análisis aproximado en combinación con el convencional y solamente en estructuras muy complejas será necesario recurrir al análisis no-lineal.

Será pues, muy necesario tener en cuenta en el proyecto de reestructuración de la estructura, que en la mayoría de los casos éste contribuirá a tomar las cargas vivas y las accidentales.

Es por ello que se deberá poner especial cuidado, en el diseño de las conexiones entre la estructura original y los nuevos elementos de refuerzo, así como a la transmisión de cargas a la cimentación.

CAPITULO

IV

IV.- ASPECTOS LEGALES.

A raíz de los sismos ocurridos en Septiembre de 1985, se determinó la necesidad de revisar y actualizar las normas y reglamentos en materia de construcción, controlando asimismo los usos originales de las obras autorizadas, con el fin de proteger a los habitantes -- contra riesgos originados en casos de desastres, expidiendo normas específicas para hacer frente a situaciones de emergencia.

Ya que la explosión demográfica, la concentración de la población y el desarrollo industrial del Distrito Federal han incrementado la posibilidad de que se verifiquen fenómenos destructivos en edificaciones y espacios que conforman la ciudad.

Los aspectos legales son una serie de requisitos que se deben cumplir para proceder a la construcción o a la reestructuración de una edificación dañada.

Para el conocimiento de los requisitos a satisfacer, por parte de Ingenieros, Arquitectos y Constructores en general. Estos se describen con bastante claridad en: El reglamento de construcción para el Distrito Federal, las normas de emergencia y la ley de Obras Públicas.

Por ello, en este capítulo, haremos referencia -- de algunos títulos y artículos que atañen al presente -- trabajo.

IV.1.- COMENTARIOS A LAS NORMAS DE EMERGENCIA EN MATERIA DE CONSTRUCCION PARA EL DISTRICTO FEDERAL.

Estas normas fueron publicadas en el diario oficial, el viernes 18 de Octubre de 1985, y se elaboraron a consecuencia de los sismos de Septiembre del mismo -- año. Y han sido de gran utilidad para todas aquellas --

personas que han intervenido en los procesos de demolición, reforzamiento y reconstrucción de las estructuras que sufrieron afectaciones por el sismo.

A continuación se hará un extracto de algunos Artículos contenidos en las normas de emergencia y haremos algunos comentarios sobre ellos, con el objeto de aclarar su interpretación e ilustrar su aplicación.

"Artículo Tercero.- El propietario u ocupante de un inmueble que tenga conocimiento que éste ha sufrido daños en sus estructuras y muros, estará obligado a denunciar tales hechos, ante las autoridades del Departamento del Distrito Federal."

En este artículo sólo obligan al propietario y al inquilino a que denuncie daños por sismo. No obstante, el Director responsable se hallará en un serio conflicto moral si encuentra daños sísmicos de peligro en edificios cuyos propietarios e inquilinos opten por ocultar: De una parte constituiría un grave cargo de conciencia si guarda silencio y de otra violaría el secreto profesional si denunciara. Evita el dilema si antes de aceptar la responsabilidad de un dictámen advierte a su cliente (sea éste el propietario o inquilino) que reportará los daños que descubre y le informará sobre las consecuencias que pueden derivarse de su dictámen.

"Artículo Cuarto.- Los propietarios de construcciones e instalaciones dañadas, recabarán un dictámen técnico que someterán a la revisión del departamento. Si los daños no afectan la estabilidad de la construcción o instalación, el dictámen podrá señalar que ésta puede dejarse en su situación actual o bien sólo repararse o reforzarse localmente. Si el dictámen señala -- que se requieren reparaciones o refuerzos más extensos, éstos deberán diseñarse y ejecutarse de acuerdo con las

presentes normas. Para tal efecto los elementos de la estructura deberán ser objeto de una inspección detallada, en la que se retiren los recubrimientos que puedan ocultar daños estructurales."

En caso que se tenga la obligación de reparar,-- es esencial, que al evaluar los daños que presente la construcción, se extienda el funcionamiento global de la estructura ante acciones sísmicas, y analizar la función que desempeñan los elementos dañados y la influencia que tienen en la seguridad del conjunto.

Con frecuencia los elementos estructurales primarios tienen revestimientos que ocultan posibles daños.- Tal es el caso de los plafones falsos que impiden examinar las vigas y losas, y de lambrines adosados a columnas y muros. Los materiales frágiles, como el yeso, la cerámica y los acabados pétreos, revelan en general el daño en los elementos estructurales que revisten. Sin embargo, cuando están mal adheridos pueden no manifestar el daño estructural. De ahí la importancia de retirar los recubrimientos que puedan ocultar algún daño estructural.

"Artículo Quinto.- Las construcciones que se ubican en las zonas I y II del Distrito Federal a que se refiere el reglamento de 1977 y que el 19 de Septiembre de 1985, se encontraba en proceso de ejecución y -- que no presenten daños en estructuras y muros, sólo se les aplicarán las presentes normas en lo referente a la separación en colindancia a que se refiere el artículo 17, debiendo, por lo demás, cumplir con el reglamento y sus normas complementarias para continuar con la ejecución."

En las construcciones de las zonas I y II que se hallaban en proceso de ejecución no se causaron daños -

de consideración. Si las construcciones en cuestión satisficieran las disposiciones que estaban en vigor antes del sismo, satisficieran también casi todo lo que se pide en las presentes modificaciones por lo que atañen a la separación de colindancias. Sólo hay que añadir que se limpien y mantengan limpios los espacios entre construcciones vecinas y que las separaciones se encuentren marcadas en los planos arquitectónicos y estructurales: Si en cambio, se había iniciado la construcción sin respetar las separaciones que se establecen en el reglamento en cuanto a los linderos, deberá demolerse lo necesario y construir la estructura.

"Artículo Octavo.- La altura máxima de la construcción para la cual es aplicable el método simplificado en los artículos 238 y 239 del reglamento de 1979, se limitará a 8.5 m".

Se redujo la altura máxima de las construcciones en que es aplicable el método simplificado de análisis sísmico atendiendo a que los coeficientes sísmicos que se establecen en el artículo 9 aumentan la importancia de los momentos de volteo, lo que en este método no se tienen en cuenta y a la vulnerabilidad sísmica manifiesta de las construcciones de altura media.

"Artículo Décimo Quinto.- Toda construcción que de acuerdo con los artículos No. 4º y 5º de estas normas requieran de un proyecto de reparación, es objeto de una evaluación de la resistencia de los elementos estructurales existentes basado en una inspección detallada de los mismos. Asimismo se evaluarán las cargas vivas y muertas que obren sobre la estructura. Los resultados de la inspección se consignarán en planos que acompañen a la memoria de cálculo".

Para realizar el diseño del refuerzo de la estructura es necesario, además, evaluar las cargas actuantes, muertas y vivas.

Para las cargas muertas puede resultar conveniente hacer calas para determinar espesores y pesos volumétricos de rellenos y recubrimientos. Para las cargas vivas es recomendable determinar si las actuantes no sobrepasan a las que fueron determinadas en el proyecto inicial.

En la evaluación de la resistencia de los elementos estructurales existentes, es importante determinar las propiedades del concreto, especialmente en columnas de este material. Puede haber diferencias significativas con respecto a los valores de proyecto tanto por los materiales y procedimientos constructivos empleados como por los efectos de los esfuerzos elevados a los que los elementos hayan sido sometidos durante el sismo. El ensayo de núcleos extraídos de los elementos existentes constituyen la forma más confiable para determinar la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto.

"artículo Décimo Sexto.- En la evaluación de las solicitaciones a que se verán sujetas las construcciones que hayan sufrido hundimientos diferenciales superiores a los que permite el reglamento se tendrán en cuenta los efectos que induzcan dichos hundimientos diferenciales en los elementos de la estructura. En las construcciones que presenten daños por hundimientos diferenciales se reducirían las capacidades estructurales de acuerdo con tales daños."

Una construcción que haya sufrido hundimientos diferenciales significativos puede ver afectada su estructura para resistir los efectos sísmicos. Y es necesario evaluar el grado en que los hundimientos pueden haber afectado sea la resistencia a cargas laterales o la ductilidad, al proyectar el refuerzo de la estructura y tomar medidas en la cimentación para evitar que el daño por este factor se agrave.

Particular atención debe prestarse a la inclinación que un edificio presente debido a hundimientos diferenciales ya que éstas en la respuesta ante sismos incrementan las fuerzas laterales y reducen la ductilidad del edificio debido a que se acumulan las deformaciones inelásticas en los ciclos sucesivos de vibración.

"Artículo Décimo Séptimo.- Los espacios entre -- construcciones colindantes y entre cuerpos de un mismo edificio deben quedar libres de todo material.

En estructuras existentes que no cumplan con lo dispuesto en cuanto a separación en colindancias y que hubieran sido dañadas por los sismos de Septiembre de 1985, se tomaron medidas que eviten choques con las construcciones vecinas o que aseguren que tales choques no ocasionarán daños estructurales".

Fue muy elevado el número de casos en que los choques entre edificios colindantes produjeron daños, generalmente los daños fueron locales o en los revestimientos, pero que en ocasiones dieron lugar a debilitamiento de la estructura o a la falla de uno o más pisos o al colapso completo.

Es por ello, que en construcciones nuevas es imperativa la observancia del requisito de separación. Es to en edificios muy altos da lugar a dejar espacios de magnitud tal que pueden implicar modificaciones en el proyecto arquitectónico con reducciones progresivas de las dimensiones en planta del edificio.

En construcciones existentes el cumplimiento de los requisitos de separación pueden lograrse con una rigidización significativa que reduzca drásticamente los desplazamientos laterales. En otros casos podrá ser suficiente tomar precauciones para que los choques no produzcan daños, por ejemplo con materiales que amortiguen el impacto o con refuerzo local en las zonas de posible contacto.

"Artículo Décimo Octavo.- Mientras se llevan a cabo obras de refuerzo y reparación de los edificios dañados deben estar apuntalados a manera que garanticen la estabilidad de la estructura para las cargas verticales estimadas y 25% de las laterales estimadas que se obtendrían aplicando las presentes normas con las cargas vivas previstas durante la ejecución de las obras."

Al colocar apuntalamiento alrededor de una columna o muro dañado, hay que considerar los esfuerzos que se transmiten en el apoyo de los puntales y que pueden, provocar la falla por cortante de las vigas y losas que reciben por ello en general se debe repartir dicha carga en varios pisos y de preferencia llevarla hasta la cimentación.

"Artículo Décimo Noveno.- Los detalles de colocación y traslape de refuerzo y de conexiones entre miembros estructurales de concreto se describirán en los planos respectivos mediante dibujos acotados y a escala."

En este artículo se recalca la importancia de que el proyecto estructural contenga la descripción detallada de todas las características de la estructura y que no se deje a la interpretación del constructor. La forma de resolver aspectos que son esenciales en el comportamiento, como la disposición exacta del refuerzo y sus anclajes y traslapes, las conexiones entre vigas, columnas, los cambios de nivel y el refuerzo local en aberturas para ductos.

IV.2.- SINTESIS DE LOS TITULOS QUE CONTIENE EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL DISTRITO FEDERAL.

Por considerar que el reglamento de construcciones para el Distrito Federal, es un documento muy impor

-tante en cuanto a los aspectos legales que se deben -- cumplir, y por que contiene una enorme cantidad de artículos que se refieren a la reestructuración y refuerzo de edificaciones. Optamos por elaborar la siguiente sín tesis del mismo.

TITULO PRIMERO

"DISPOSICIONES GENERALES".

En este título se indican las disposiciones generales en lo concerniente al cumplimiento y observancia de los artículos que se indican en el presente reglamento, así como de sus normas técnicas complementarias y de las demás disposiciones legales y complementarias en cuanto a: Desarrollo urbano, planificación, seguridad, estabilidad e higiene. Y en materia de construcción, modificación, ampliación, reparación, demolición, usos y mantenimiento de estructuras.

Se indican también, las facultades que tendrá el Departamento del Distrito Federal, y son las siguientes: Fijar requisitos técnicos y restricciones, establecer condiciones, otorgar o negar licencias de construcción, llevar un registro de directores de obra y corresponsables, para realizar inspecciones a obras, acordar las medidas pertinentes en edificaciones peligrosas, autorizar o negar ocupaciones de inmuebles, imponer sanciones, expedir o modificar normas técnicas, utilizar la fuerza pública en los casos necesarios y otras facultades que le confieran las disposiciones legales.

Asimismo, se hace una clasificación de edificaciones en géneros y rangos de magnitud.

TITULO SEGUNDO

"VIAS PUBLICAS Y OTROS BIENES DE USO COMUN".

En este título, se reglamenta todo lo concerniente al uso de la vía pública, a la ubicación de instalaciones subterráneas y aéreas en la vía pública, a la nomenclatura que usa el Departamento, el alineamiento y -

uso del suelo, y la fijación de restricciones para uso - de las construcciones.

TITULO TERCERO

"DIRECTORES RESPONSABLES DE OBRA Y CORRESPONSABLES".

Este título se refiere a las características que deben poseer los directores responsables de obra, y los Corresponsables. Así como los requisitos que deben satisfacer, los compromisos que contraen al dar su responsiva y las facultades que les otorga el Departamento.

TITULO CUARTO.

"LICENCIAS Y AUTORIZACIONES".

Este título se refiere, a: Licencias y autorizaciones, así como a la ocupación de construcciones.

Se hace alusión de los requisitos necesarios para la integración de la solicitud para obtener la licencia de ejecución de obra. Ya sea ésta, nueva, de ampliación o modificación, de cambio de uso, de reparación o demolición, de obras que no necesitan licencia de construcción.

Asimismo, se refiere a los requisitos para la autorización del uso y ocupación de las construcciones, --- Visto Bueno de seguridad y ocupación.

TITULO QUINTO.

"PROYECTO ARQUITECTONICO".

En este título, se establecen las condiciones para garantizar el funcionamiento, habitabilidad, higiene, acondicionamiento ambiental, comunicación, seguridad en emergencias, seguridad estructural, integración al contexto e imagen urbana de las edificaciones en el Distrito Federal e instalaciones (hidráulicas, sanitarias, eléctricas, de combustible y telefónicas).

Los proyectos arquitectónicos deberán cumplir con los requerimientos establecidos en este título para cada tipo de edificación y las demás disposiciones aplicables.

TITULO SEXTO.

"SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LAS CONSTRUCCIONES".

Este título contiene los requisitos que deben cumplirse en el proyecto de ejecución y mantenimiento de una edificación para lograr un nivel de seguridad adecuada contra fallas naturales, así como un comportamiento aceptable en condiciones normales de operación.

Hace mención de las características generales de las edificaciones, criterios de diseño estructural, cargas vivas, cargas muertas, diseño por sismo, diseño por viento, diseño de cimentaciones, de construcciones dañadas, obras provisionales, modificaciones y prueba de carga.

TITULO SEPTIMO.

"CONSTRUCCION".

En este título se hace alusión de todas las normas a seguir en materia de construcción, y se refiere a: Generalidades en el proceso constructivo, seguridad e higiene en las obras, materiales y procedimientos de construcción, mediciones y trazos, excavaciones y cimentaciones, dispositivos para el transporte vertical en las obras, instalaciones y fachadas.

TITULO OCTAVO.

"USO, OPERACION Y MANTENIMIENTO".

En este título, se hace referencia al uso y conservación de predios y edificaciones.

Indicándose las medidas que se deben cubrir para protección del medio ambiente, cuando las edificaciones y los predios se constituyan como focos de contaminación.

Así como de las medidas preventivas y correctivas para el mantenimiento, buen funcionamiento y operación de una edificación.

TITULO NOVENO.

"AMPLIACIONES DE OBRA DE MEJORAMIENTO".

Este título se refiere a: Ampliaciones. Y se explican los criterios a seguir para autorizar las ampliaciones en edificaciones, cuando sus propietarios, así lo requieran.

TITULO DECIMO.

"DEMOLICIONES".

En este título se indican las medidas preventivas a seguirse en casos de demoliciones. Así como la obtención de licencias, magnitud de las edificaciones a demoler, los procedimientos de demolición, plazos para el retiro de escombros, etc.

IV.3.- ASPECTOS LEGALES DE LA SUPERVISION.

En la supervisión de obras, al igual que cualquier prestación de un servicio profesional, tiene su responsabilidad y ésta se encuentra indicada en el código civil.

Toda persona física o moral encargada de la supervisión de una obra, deberá tener en cuenta la existencia de la ley de Obras Públicas y de normas de construcción, o sea, será conveniente y necesario que dentro del proceso constructivo se cumpla con una serie de requisitos legales que el supervisor o la empresa de supervisión deben conocer o tomar en cuenta, sobre todo en lo relacionado a contratación y ejecución de obras.- Esto tendrá como objetivo evitar contratiempos que en un momento dado pueden ser decisivos en el cumplimiento de los aspectos de calidad y tiempo.

En lo que respecta a la contratación y ejecución de obras públicas se tiene reglamentado por medio de -- contratos la supervisión de obras, en donde se indica -- que

la dependencia contratante, a través de los representantes que para tal efecto designe, tendrá el derecho de supervisar las obras de las que hable el contrato y dará a la contratista por escrito las instrucciones que estime pertinentes, relacionadas con la ejecución, a fin de que se apeguen al proyecto y a las modificaciones que ordene la dependencia.

También será facultad de la dependencia, realizar inspecciones de los trabajos que vayan a ejecutarse, así como de los materiales a utilizarse durante la realización de la construcción, ya sea en el sitio de ésta o en los lugares de fabricación o de adquisición.

Por su parte el contratista se obliga a tener en el lugar de los trabajos a un profesional especializado, que lo represente en la materia, mismo que deberá ser previamente aceptado por la dependencia, aceptación que podrá ser revocada a su juicio. El supervisor y el representante (Superintendente) tendrá la obligación de conocer el proyecto y las especificaciones, y deberán estar facultados, según sea el caso, para ejecutar los trabajos a que se refiera el contrato de la obra, así como para aceptar u objetar las estimaciones de la obra que se formulen y en general a actuar en nombre y por cuenta de la contratante y la contratista respectivamente.

Por ejemplo, se tiene lo que se estipula en cuanto a la supervisión de obras, en las normas de emergencia al reglamento de construcciones, que dice en su artículo No. 20 lo siguiente:

"En las construcciones del grupo B con más de 15 m. de altura total o más de 3000m^2 de área cubierta total, así como en todas las construcciones de grupo A, la supervisión estará a cargo de un supervisor residente autorizado para ello por el Departamento del Distrito Federal. En todos los casos el supervisor informará

por escrito al departamento de la ejecución de la obra.

Cualquier desviación de las características de la construcción con respecto a lo señalado en los planos estructurales debe contar con la aprobación previa por escrito del responsable del proyecto estructural.

Por otro lado, la ley de Obras Públicas menciona en sus artículos No. 46 y 47 lo siguiente:

"Las Dependencias o entidades establecerán anticipadamente a la iniciación de la obra la residencia de supervisión, la que será responsable directa de la supervisión, vigilancia, control y revisión de los trabajos".

"La residencia de supervisión representará directamente a la dependencia o entidad ante él o los contratistas y terceros en asuntos relacionados con la ejecución de los trabajos o los derivados de ellos. En el lugar donde se ejecuten las obras".

CAPITULO

V

V.- METODO DE REPARACION Y REFUERZO EN EDIFICACIONES.

La enorme cantidad de daños ocasionados por los sismos de Septiembre de 1985 en la ciudad de México,--- fueron sin duda alguna los que plantearon la necesidad de reparar y reforzar un gran número de edificaciones.

los siguientes datos recabados de diversas publicaciones, revelan la magnitud del problema y aproximadamente se cuantifican en:

Edificios que se colapsaron - - - - -	210
Edificios con daños importantes en su estructura de 5 o más niveles - - - - -	1200
De menos de 5 niveles - - - - -	2800
Escuelas - - - - -	600
Número de muertos - - - - -	20000

Además varios miles de estructuras que sufrieron daños menores.

Los métodos de reparación y refuerzo a los que nos referimos en este capítulo son algunos de los que más frecuentemente se han utilizado en la ciudad de México. Y se proponen como un muestrario que puede ser de utilidad para casos similares por personas que así lo requieran en el ramo de la construcción.

Puede servir a la vez como base para análisis -- comparativos con otros métodos usados en cuanto a la -- efectividad que se requiera.

Se incluye en este capítulo la selección de medidas correctivas apropiadas. (demoliciones parciales,--- apuntalamientos, contraventeos) reparación y/o y refuerzo, además de consideraciones sobre métodos usados para garantizar una adecuada transferencia de cortante en -- las superficies de contacto.

Finalmente se describen con algún detalle, casos

típicos de reparación y refuerzo de los principales -- elementos o sistemas estructurales, y brevemente se -- tratan casos de reparación y refuerzo en cimentaciones.

V.1.- OBRAS TEMPORALES DE APUNTALAMIENTO Y ARRIOSTRAMIENTO.

Si de la evaluación de daños se desprende que - no es necesaria la demolición de la estructura. Se deben tomar las medidas pertinentes para garantizar la - protección temporal de la estructura, mientras se lleva a cabo el estudio de la reestructuración.

La finalidad de la rehabilitación temporal es - proporcionar resistencia a los elementos dañados, de - los cuales depende la seguridad estructural.

El apuntalamiento para cargas verticales debe - diseñarse de tal forma que la transmisión de cargas entre la estructura y los puntales no excedan la capacidad del sistema de piso, y tiene por objeto, soportar cargas muertas más las cargas vivas que actúen durante las obras de rehabilitación.

Mientras que la estructura dañada y el arriostramiento proporcionado deben soportar como mínimo el 25% de las fuerzas laterales actuantes en caso de presentarse un sismo durante este periodo.

Los elementos usados con mayor frecuencia para este tipo de obra son:

- a).- Soportes de madera como polines, vigas o postes.
- b).- Perfiles metálicos.
- c).- Puntales telescópicos y andamios tubulares.

El diseño de los sistemas de protección temporal deberá efectuarse con premura, por lo que el Ingeniero o constructor hará uso de su experiencia para usar métodos eficientes.

A continuación mencionaremos algunos de los métodos más usuales.

V.1.1.- APUNTALAMIENTO PARA CARGA VERTICAL.

El apoyo vertical como ya se mencionó, puede efectuarse por medio de perfiles laminados de acero, tubos o alguno de los sistemas tubulares que se utilizan comunmente para cimbras. Los cuales pueden consistir en elementos aislados o combinados para formar armaduras o marcos.

Para repartir uniformemente la carga se utilizan arrastres laminados o de madera colocados en uno o ambos extremos de las losas en caso de tratarse de entrepisos, se emplean elementos roscados para facilitar su colocación y fácil retiro.

En caso de no contar con elementos roscados,-- el ajuste se realizará con cuñas de acero o de madera_ y éstas a su vez deberán asegurarse para evitar que se deslicen.

La primera medida que se debe tomar al instalar un sistema de protección temporal, será apuntalar las columnas y los muros de carga que se encuentren seriamente dañados, esto se hará con el objeto de reducir - considerablemente las fuerzas actuantes.

Cuando se tienen que apuntalar varios pisos, la alternativa más confiable es proporcionar un soporte - provisional a todos los niveles además del correspon-- diente al elemento dañado.

De esta manera se reducen las fuerzas que ac--- túan sobre las secciones que presentan el daño.

En los elementos de soporte provisional que se_ apoyen sobre losas, debe cuidarse que no se presenten -

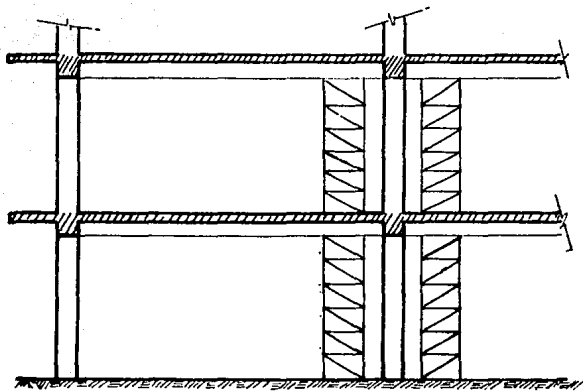


Fig. V.1 Apuntalamiento de varios niveles.

problemas de penetración. Para evitar esto, los elementos de soporte deben apoyarse sobre tablonos o vigas de madera colocados horizontalmente para que distribuyan la carga. Estas piezas pueden combinarse con placas de acero para casos de cargas grandes o sistemas de piso débiles.

Debe procurarse que los puntales sean colineales en todos los niveles.

En este tipo de apuntalamiento es recomendable el empleo de torres metálicas y calcular que éstas reciban absolutamente toda la carga muerta y viva que habrá durante la obra para transmitirla a la cimentación.

Las torres de los niveles más bajos requieren de marcos de mayor sección tubular, pues todo el apuntalamiento se debe calcular para poder soportar tanto la carga vertical como aquellas que pudieran presentarse por sismos, durante el proceso de la reestructuración; estas cargas laterales se deben calcular con un

10% de la carga vertical.

V.1.2.- SOPORTES DE MADERA.

La madera es quizá el material para apuntalamiento vertical más fácil de conseguir en el mercado Nacional, puesto que es el que generalmente se utiliza en -- las obras falsas y cimbras.

Las secciones que más comúnmente se requieren, -- son el polín de 4" X 4", la viga de 4" X 8", el tablón de 2" de espesor y las tablas o duelas de 3/4" a 1 1/2". Estas medidas son nominales, las medidas reales suelen ser un poco menores. Los tablones y tablas se pueden -- conseguir de varios anchos. Pueden también aprovecharse los postes que se utilizan en algunas ocasiones para -- sostener las líneas de transmisión de energía eléctrica.

La especie de madera que es más fácil de conseguir es la de pino.

Las secciones o escuadrías (polines, vigas, tablones, tablas, etc.) pueden combinarse de muchas y muy diversas maneras para formar elementos compactos. Uniéndolos por medio de clavos, pernos o flejes. Y generalmente se utilizan cuando se tienen que soportar cargas considerables sobre los elementos dañados.

En el caso de cargas ligeras pueden utilizarse - polines o vigas sin arriostrar. Para repartir la carga y evitar problemas de penetración.

La eficiencia de miembros aislados pueden incrementarse por medio de arriostramientos triangulares que disminuyan las longitudes efectivas de pandeo. El - - - arriostramiento puede hacerse únicamente en el sentido más desfavorable en el caso de secciones rectangulares como las vigas. En caso de secciones cuadradas como polines, el arriostramiento deberá hacerse en ambos - -

sentidos para que sea efectivo. Las piezas para arrios -
trar deben tener un grosor mínimo de 1" (2.54 cm.) y -
un ancho mínimo de 10 cm. deben clavarse con clavos de
2 1/2" (6.35 cm).

El número de clavos en cada unión debe ser el -
máximo posible en el espacio disponible.

Cuando las partes de muros entre aberturas se -
han agrietado de manera que su capacidad de carga y su
estabilidad lateral sean dudosas, puede recurrirse a -
reforzarla con piezas de madera.

Una solución similar es apropiada cuando se han
presentado daños en los dinteles y muros sobre aberturas.

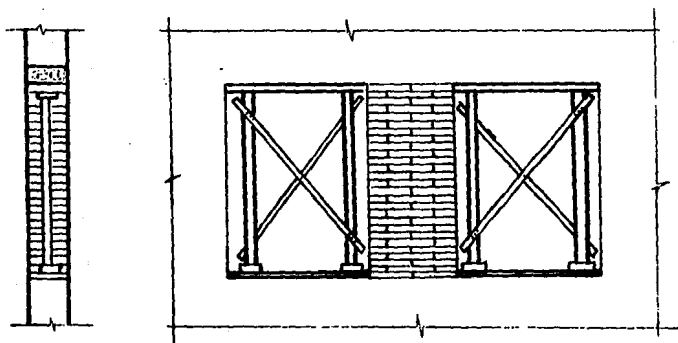


Fig. V.2 Apuntalamiento de aberturas.

V.1.3.- PERFILES DE ACERO.

Si las cargas que deben soportarse son muy grandes, se recomienda el empleo de perfiles de acero y de combinaciones de estos para formar diferentes tipos de secciones, tanto los perfiles simples como los compuestos deben estar provistos de placas de apoyo y deben acunarse adecuadamente.

El dimensionamiento debe llevarse a cabo por los procedimientos usuales en el diseño de cimbras.

Una alternativa interesante consiste en formar un refuerzo con ángulos colocados en las esquinas de la columna dañada y unidos por placas de metal (ver fig. - No. V.3)

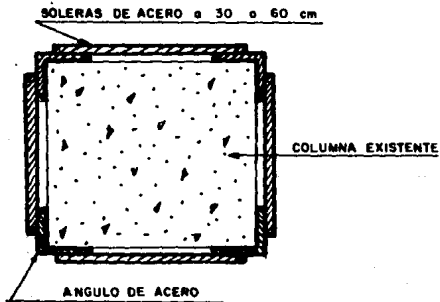


Fig. V.3 Apuntalamiento con ángulos y soleras.

Este tipo de soporte puede aprovecharse para el refuerzo definitivo de la columna. En los extremos de los ángulos deben colocarse placas de acero con el fin de garantizar un apoyo adecuado. Los huecos entre los ángulos y la superficie de la columna por reforzar deben rellenarse con un mortero que contenga aditivos expansores.

V.1.4 PUNTALES TELESCOPICOS Y ELEMENTOS TUBULARES DIVERSOS.

Existen en el mercado, diversos elementos estándar producidos industrialmente para ser usados en cimbras y obras falsas que pueden aprovecharse para apuntalar.

Para cargas muy ligeras pueden utilizarse soportes telescópicos. La capacidad de estos elementos es del orden de 2 toneladas y su altura máxima es de aproximadamente 3 m. la altura puede ajustarse por medio de un dispositivo a base de rosca, están provistos de placas de apoyo en los extremos, pero en caso de que los esfuerzos de penetración sean excesivos, deberá disponerse de tablonés o vigas adicionales en ambos extremos para lograr una mejor distribución de la carga.

Para soportar sistemas de piso o techos ligeros que hayan sufrido daños, puede recurrirse a combinaciones de elementos tubulares (ver fig. No. V.4). La altura de estos elementos puede ajustarse por medio de dispositivos roscados.

Los datos sobre la capacidad de carga útil de los elementos descritos deben obtenerse de los fabricantes.

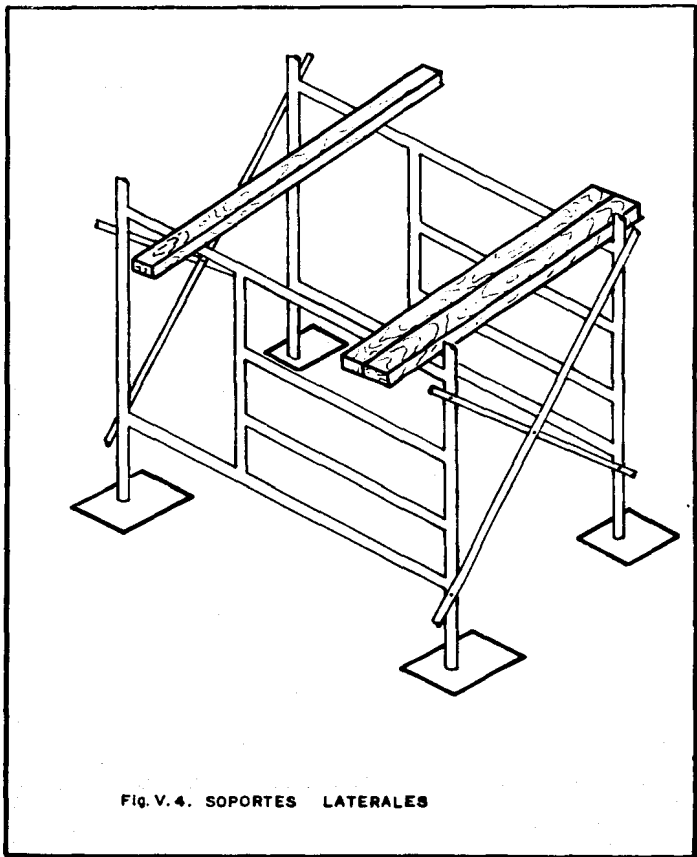


Fig. V. 4. SOPORTES LATERALES

V.1.5.- SOPORTES LATERALES.

En los edificios dañados debe preverse un soporte lateral adecuado a las operaciones de reestructuración. El poder determinar la capacidad y la distribución de los soportes laterales es una labor bastante difícil en la tarea de lograr sistemas de protección temporal. Algunos de los factores a considerar son: La localización y resistencia de partes de la estructura que no hayan sufrido daños de consideración. Además debe procurarse que el sistema de apuntalamiento estorbe lo menos posible, para no entorpecer los trabajos a efectuar.

El soporte lateral puede hacerse con puntales inclinados y con sistemas de contraventeo de diversos tipos.

V.1.6.- SOPORTE LATERAL EN MUROS.

Deben colocárseles soportes laterales a los muros de carga a fin de que estos no caigan hacia afuera, ante la posibilidad de que ocurra algún sismo u otras acciones, ya que esto ocasionaría derrumbes de pisos o techos, este tipo de soporte se puede lograr mediante un apuntalamiento exterior (ver fig. No. V.5).

Los puntales pueden estar formados por 2 vigas o polines unidos por medio de pernos o flejes, colocados a distancias convenientes según las fuerzas estimadas a soportar. Deben apoyarse a la altura de los pisos sobre piezas de madera, unidos al muro por elementos de conexión adecuados para resistir la componente vertical. El extremo inferior debe estar apoyado, esto se puede lograr, empotrándolo o por algún otro procedimiento que sea eficiente para resistir a las fuerzas laterales que pudieran presentarse. La inclinación de los puntales con respecto a la horizontal no debe ser superior a 45°

y de preferencia deben colocarse a 25° . El apoyo sobre el suelo debe ser adecuado. Para su ajuste suelen disponerse de cuñas en el extremo inferior.

Cuando no se disponga de espacio suficiente para la colocación de puntales o tensores inclinados, pueden utilizarse tirantes de acero que unan los muros exteriores con los interiores (ver fig. No. V.6).

Debe tenerse muy presente que no siempre estos sistemas de soporte de los muros exteriores son los más eficientes para garantizar la estabilidad de la estructura.

El apuntalamiento puede hacerse por medio de perfiles laminados o con tubos de acero.

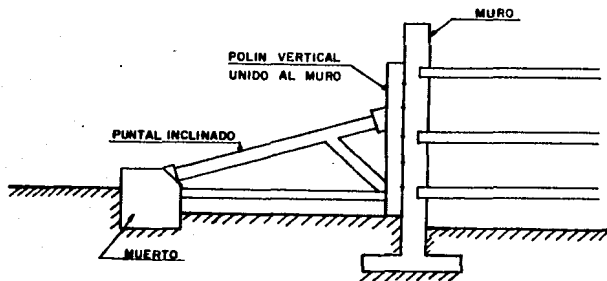


Fig. V.5 Apuntalamiento exterior.

V.1.7.- CONTRAVENTEOS DE MARCOS.

Las edificaciones construidas a base de marcos - pueden rigidizarse por medio de contraventeos formados por miembros diagonales de madera o de acero que trabajen a compresión. (ver fig. No. V.7).

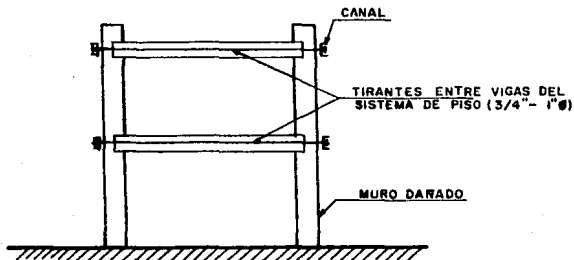


Fig. V.6 Anclaje de muro a muro.

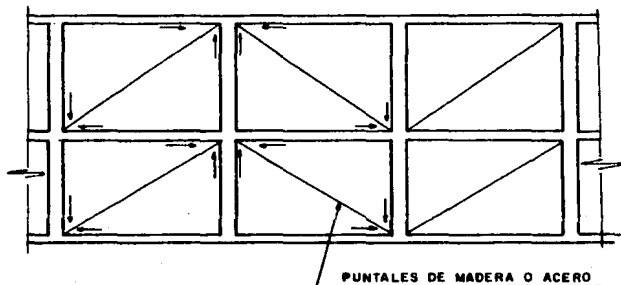


Fig. V.7 Contraventeo con puntales trabajando a compresión.

Para que sean efectivos deben acuñarse adecuadamente. Debe también revisarse que la resistencia a cortante tanto de la viga como de la columna en los apoyos de los puntales inclinados sea suficiente para resistir las componentes debidas a dichos elementos rígidos. Si las columnas no son capaces de resistir las componentes verticales inducidas por el contraventeo, será necesario complementarlo con otros elementos adicionales.

El contraventeo también se puede realizar con miembros sujetos a tensión. (ver fig. No. V.8).

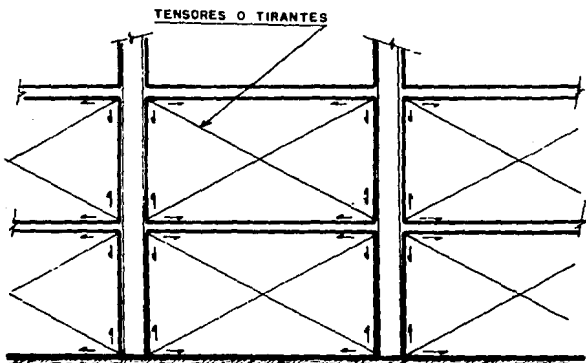


Fig. V.8 Contraventeo con tirantes o tensores.

Los elementos que los constituyen pueden ser: Ca
bles o perfiles laminados de acero. La ventaja de este
tipo de contraventeo es que los miembros no están ex-
puestos a pandeo.

Los perfiles laminados se dimensionan por los mé
todos usuales de esfuerzos permisibles o de resistencia
última. Los cables suelen dimensionarse por resistencia
última ya que es el dato que proporciona el fabricante,
por otro lado un factor de seguridad de 3 parece razona
ble, para que sea efectivo el uso de cables, estos de
ben estar ligeramente tensados.

Deben revisarse los efectos que los tirantes pro
ducen en las vigas y columnas de la estructura. Los de
talles de unión de los tirantes a la estructura, deben
revisarse con mucho cuidado para evitar problemas a la
edificación.

V.1.8.- METODOS DE ACUÑAR.

Para lograr transferir las cargas de los elemen-
tos estructurales al sistema de soporte temporal, es ne
cesario que el sistema de acuñamiento sea el adecuado y
máxime si los elementos deben trabajar a compresión. Es
to puede hacerse por medio de diversos dispositivos co
mo son: Cuñas de madera, gatos mecánicos, gatos hidráu-
licos ordinarios y gatos hidráulicos planos.

Las cuñas de madera deben fabricarse de madera -
dura, seca, y libre de nudos, las fibras deben quedar o
rientadas de tal manera que se opongan al sentido en el
que va aplicada la carga y una vez ajustadas deben evi
tarse posibles movimientos y para ello se sugiere que -
se les clave o se les coloquen pernos. Por ningún moti-
vo deben colocarse cuñas sueltas (ver fig. No. V.9).

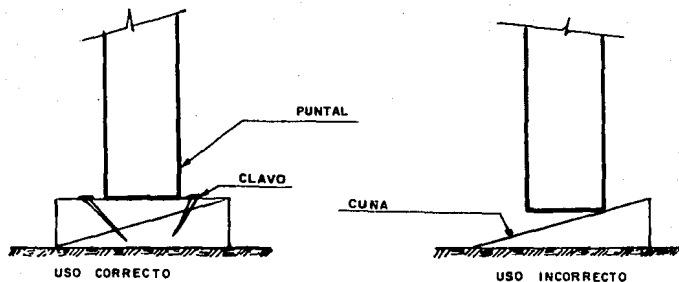


Fig. V.9 Uso de cuñas de madera.

Es bastante bueno el uso de gatos mecánicos para la transmisión de cargas, pero estos deben tener una superficie de apoyo proporcional a las cargas que soportan, para evitar que se presenten problemas de penetración excesiva, además la superficie debe guardar una relación adecuada con la altura del gato de manera que se evite la posibilidad de volteo. Por lo general se sugiere que se cuente con 50 cm^2 de apoyo por cada tonelada de carga.

Cuando la base de los gatos no proporciona un apoyo adecuado puede intercalarse con una pieza de madera o una placa de acero colocada entre la base y la superficie de apoyo para lograr una mejor distribución de la carga. El uso de gatos hidráulicos es bueno, ya que pueden conectarse de manera que apliquen una carga - - - igual, simultáneamente en varios elementos del sistema.

de apoyo. Los gatos hidráulicos deben calibrarse de manera que el operador pueda calibrar la presión del aceite con la carga aplicada. Una ventaja de estos es que pueden manejarse a distancia, sin que los operarios corran algún peligro durante el acuañado.

Los gatos planos constituyen un medio eficaz de acuañar y también pueden operarse a distancia. Generalmente funcionan inyectándoseles agua o aceite. Si se quiere deformar permanentemente el gato, puede inyectarse una lechada de cemento; la presión de inyección deberá mantenerse mientras la lechada endurece. Los gatos planos suelen ser de forma circular, aunque también se fabrican de otras formas. (ver fig. No. V.10).

A veces es conveniente colocar una 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 de gateo, es conveniente colocar cuñas de madera como medida de seguridad en caso de pérdida de presión.

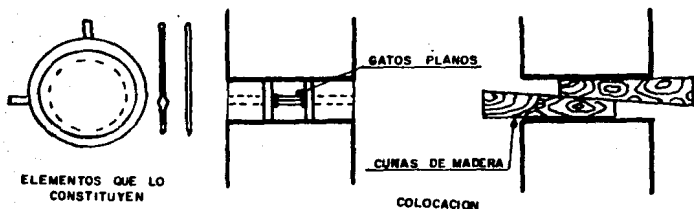


Fig. V.10 Gatos planos.

V.2.- TRANSFERENCIA DE CORTANTE.

Una de las principales dificultades en el diseño de sistemas de reparación y refuerzo en edificaciones - dañadas, es la determinación de formas eficientes para - garantizar la transferencia de cortante entre los materiales nuevos y los viejos.

Los métodos utilizados para transferir cortante en la reestructuración de estructuras dañadas a raíz de los sismos de 1985 pueden clasificarse en tres categorías.

- a).- Escarificación o picado de la superficie de concreto.
- b).- Uso de resinas epóxicas u otros adhesivos.
- c).- Uso de conectores metálicos.

A continuación describiremos cada uno de los métodos.

V.2.1.- ESCARIFICACION O PICADO DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO.

Este método ha sido uno de los más usados en la transferencia de cortante.

Las características para el picado han sido variables y en ocasiones se han formado dentellones, generalmente la variación de la rugosidad ha variado entre 2 y 5 mm. aproximadamente; en otros casos se puede descubrir el acero de refuerzo.

Para efectuar el colado, se deberá limpiar la superficie del concreto existente ya escarificado y humedecerlo; se sugiere la utilización de aditivos estabilizadores de volúmen para restringir las contracciones -- del nuevo concreto y de esta manera evitar el deterioro de la unión entre los concretos.

V.2.2.- USO DE RESINAS EPOXICAS EN LA REESTRUCTURACION.

Para la reestructuración de elementos estructurales de concreto en especial de trabes y columnas que -- presentan problemas de desprendimientos, agrietamientos, fisuras y otros defectos, es recomendable el uso de productos epóxicos, de estos sólo se hará mención de los -- que son aplicables directamente a la reestructuración y son los siguientes:

Epóxico para inyección.

Epóxico resanador.

Epóxico mortero para pisos.

Los adhesivos se utilizan para que la estructura recupere parte de su comportamiento monolítico hasta un 80%, su uso según la experiencia que se ha tenido, es -- confiable.

V.2.2.1.- EPOXICO PARA INYECCION.

Es un producto formado por dos componenetes: Una resina 100% epóxica y un reactor o endurecedor, que mezclados forman un líquido transparente de baja viscosi--dad, diseñado especialmente para adherir concretos fisurados o agrietados mediante un sistema de inyección.

La principal característica que presenta, es producir una unión excelente en concretos dañados, consi--guiendo en la mayoría de los casos una buena rehabilitación de las estructuras tratadas.

Presenta una baja viscosidad, por lo que facilita su penetración a fisuras o grietas y el modo de su aplicación o inyección se efectúa con equipos muy sim--ples.

A lo largo de las grietas o fisuras se hacen perforaciones de 2.5 cm. de diámetro aproximadamente y la_

separación depende de la longitud de las grietas. (en promedio varían entre 20 y 50 cm). Posteriormente se colocan tapones de madera o cartón en cada orificio y de inmediato se sellan las fisuras con un cemento de fraguado rápido; el sello se pone para proteger a las resinas en caso de incendio.

Una vez realizado el sellado se procede a efectuar el trabajo de inyección, colocando la boquilla en la primera perforación. La inyección se hará siempre de abajo hacia arriba para expulsar el aire que pudiera estar atrapado.

Un indicio para dejar de inyectar, es cuando el producto empieza a emanar en el orificio inmediato superior, en ese momento se suspende la inyección y se tapa el orificio para conectarse en el orificio siguiente. Así sucesivamente hasta llegar al último orificio. En el caso de que no emane el líquido en el orificio siguiente se procede a barrenar en un punto intermedio para verificar que se está inyectando en su totalidad la grieta.

V.2.2.2.- EPOXICO RESANADOR.

Consiste en un sistema adhesivo resanador, (es 100% sólido) lo que facilita su uso en recintos cerrados. El cual está integrado por tres partes: Resina 100% epóxica, reactor y rellenos minerales finos correctamente proporcionados.

Su uso principal consiste en resanar y reparar grietas en piezas precoladas, escaleras de concreto y cualquier elemento estructural, ya que se adhiere fácilmente en el concreto, piedra, fierro y madera; entre otros materiales posee alta resistencia a la compresión y a la flexión y estas se obtienen rápidamente.

En obras de reparación como es el resane de elementos con más de 5 cm. de espesor es necesario - - -

colocarlo en capas no mayores de 2.5 cm. compactando - cada una de ellas antes de colocar la siguiente capa. Para hacerlo es necesario que las capas se coloquen antes de que sequen las ya colocadas.

V.2.2.3.- EPOXICO ADHESIVO.

Tiene una adherencia superior a la mayoría de - adhesivos usados en la reconstrucción de estructuras - de concreto. Uno de los múltiples usos, se logra en la continuación de colados de concreto, para la unión entre concreto nuevo y viejo, en la reparación de pisos, trabes y columnas.

Para hacer una correcta aplicación. La superficie en donde será aplicada deberá estar libre de polvo, grasa, membranas de curado y otros elementos que impidan su adherencia.

Para limpiar la estructura a reparar, se recomienda utilizar ácido muriático rebajado al 10%, para que posteriormente se enjuague con abundante agua. La aplicación de dicho ácido, se hará cuando la superficie esté ligeramente humedecida.

El tiempo promedio que se requiere para que la película. Formada por el epóxico adhesivo (que varía - entre 0.3 y 0.5 mm. de espesor). Está en función a la temperatura ambiente. Es importante dejar reposar la temperatura ambiente. Es importante dejar reposar la resina una hora para que se adhiera perfectamente al concreto viejo y no sea desplazada en el momento de colar.

V.2.2.4.- MORTERO EPOXICO PARA PISOS.

Se elabora con tres componenetes que son: Resina 100% epóxica, reactor y rellenos minerales cuidadosamente seleccionados y graduados que mezclados forman el mortero.

Se recomienda utilizarlo principalmente como re

cubrimiento protector de pisos industriales o en áreas de trabajo sujetas a máxima abrasión. Se deberá colocar como mínimo un espesor de 3 mm. y se aplica sobre concreto, madera y otras superficies.

Para su aplicación deberá usarse un primer epóxico y la limpieza debe hacerse de la misma forma que se hace para la colocación de epóxico adhesivo

V.2.2.5.- PRODUCTOS PARA DIFERENTES REPARACIONES.

En este caso se tiene la solución a problemas ocasionados por las fisuras que se ocasionan en muros de colindancia, de relleno o en diferentes modalidades de losas. En el mercado se encuentran selladores de fácil aplicación y buen funcionamiento, entre los cuales se hace mención de los que tienen un uso casi obligatorio para la reconstrucción.

En caso de fisuras de 1 a 2 mm. de ancho y de 3 a 4 mm. de profundidad, no importando su longitud, que se presentan generalmente en losas, se recomienda una lechada de cemento mezclado con un adhesivo que puede ser derivado de hule sintético modificado.

Sus principales aplicaciones son:

- a).- Como adhesivo entre aplanados y muros.
- b).- Como adhesivo entre yeso y muros.

Su modo de aplicar es sencillo, se hace una mezcla con agua en proporción 1:9 aplicando una o dos manos de esta mezcla según la porosidad que presente la superficie. En el primer caso, cuando se haya terminado de aplicar la segunda mano, se procede a colocar el aplanado. En el segundo caso, para la colocación de yeso deberá dejarse secar totalmente la superficie después de aplicada la segunda mano.

Cuando se añade a la pintura de cal le proporciona una buena adherencia evitando el desprendimiento de - -

polvos que es común en este tipo de pinturas.

Cuando se tiene fisuras mayores de 2 mm., pero menores a 1 cm. de ancho, localizadas en elementos no estructurales, se tratarán con cemento plástico.

Este cemento es elaborado con asfalto, un alto contenido de fibras de asbesto y solventes de evaporación rápida, que tienen gran adherencia, flexibilidad e impermeabilidad y puede aplicarse en juntas verticales.

Si se presentan grietas hasta 2 cm. de ancho se puede utilizar sellador a base de resinas polimerizadas de hule sintético. Es de fácil manejo, además ofrece la ventaja de poderse utilizar en superficies húmedas.

Presenta una excelente adherencia en todos los materiales usados para la construcción.

No requiere de Primer, salvo cuando está en contacto con materiales ferrosos.

Es compatible con asfaltos, alquitrán, etc.

Se aplica con espátula o pistola para emboquillar.

No debe aplicarse cuando existan temperaturas menores a 5 °C.

V.2.2.6.- ESTABILIZADOR DE VOLUMEN.

Controla uno de los comportamientos indeseables del concreto, como es el cambio de volumen que experimenta en la etapa del fraguado y el proceso de endurecimiento.

La expansión controlada puede obtenerse con un cemento especial sin contracción, o por medio de aditivos estabilizadores de volumen. Existen estabilizadores no metálicos como el "Grout" no metálico, el cual produce un mortero que no se contrae y que a su vez ofrece una alta resistencia a la compresión. La característica

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

principal que presenta este estabilizador es que puede utilizarse desde seco hasta bombeable con sólo variar el contenido de agua.

Se recomienda utilizarlo en el asentamiento de maquinaria pesada, placas de apoyo, estructuras metálicas, en la reparación de estructuras dañadas como traveses y columnas.

Cuando se presenta la necesidad de restituir -- parte de una columna o trabe, se debe retirar el material dañado del elemento estructural, para ello es necesario abrir una caja de cantos verticales para limpiar perfectamente el armado y retirar las partículas sueltas, humedeciendo la estructura de concreto 24 horas antes de su aplicación, para obtener una adherencia buena entre el concreto viejo y nuevo.

V.2.2.7.- ADITIVOS PARA EL CONCRETO.

Son productos químicos que nos proporcionan concretos mejorados. En el mercado se encuentran infinidad de aditivos, sólo que en particular haremos referencia a los utilizados en la reconstrucción.

V.2.2.7.1.- ACELERANTES DE FRAGUADO INICIAL.

Son utilizados para aumentar la rapidez de endurecimiento y adquisición de la resistencia del concreto, con el objeto de lograr menor tiempo de curado y -descimbrado más rápido del elemento a construir contrastando los efectos retardantes de las bajas temperaturas. La mayor parte de los acelerantes contienen cloruro de calcio, que es un acelerante puro. El endurecimiento rápido del concreto puede obtenerse de las siguientes maneras:

- a).- Uso de un aditivo.
- b).- Aumento del contenido de cemento.
- c).- Mediante una combinación de ambos.

V.2.2.7.2.- FLUIDIZANTES.

Los efectos que producen estos productos en las mezclas de concreto es dar fluidez a la mezcla sin agregar más agua.

Algunas de las propiedades que posee, son las siguientes:

- a).- Disminuye en un 8% a 12% la cantidad de agua a utilizar sin variar el contenido de cemento (reduciendo la relación agua/cemento).
- b).- Aumenta la resistencia a la compresión y
- c).- Es más fácil trabajar la mezcla.

V.3.- CONECTORES METALICOS.

Para realizar la unión entre un elemento ya existente con uno nuevo y se desea hacer la transferencia de cortante, es necesario realizar una serie de barrenos en la estructura de concreto existente que variará según las condiciones de carga y tipo de pasadores que se deseen poner, los cuales tienen diferentes presentaciones como son: Barras lisas y corrugadas.

El método de colocación es el siguiente:

Se realizan perforaciones en el concreto, las cuales varían en profundidad y diámetro; los pernos se ahogan y para que queden bien fijos se inyectan resinas epóxicas, o se colocan tornillos de expansión que se fijan en las perforaciones por medio de resinas o morteros con aditivos expansores de volumen.

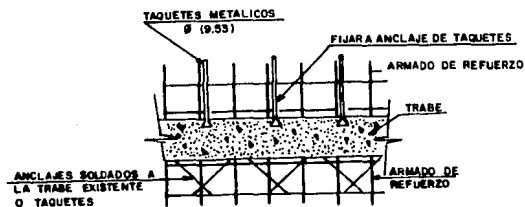
El diámetro de las barras varía de 9.5 mm. a --- 25.4 mm., y su espaciamiento entre 150 mm. y 700 mm., la profundidad de las perforaciones en el concreto viejo y la longitud de anclaje en ambos concretos, generalmente es la misma, (La medida más frecuente es de 150 mm.). - Sin embargo, en la figura V.11 se observan pasadores colocados en una columna lista para que se agregue el concreto nuevo y el refuerzo de la columna.

Es difícil garantizar una adecuada transferencia de cortante en las capas de contacto entre la parte superior de un muro diafragma o interior y la parte inferior de la viga de concreto con la cual debe lograrse - la unión.

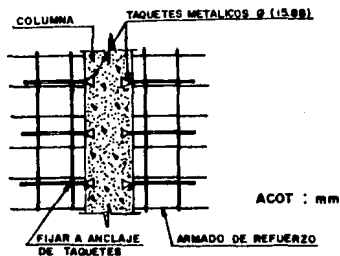
V.4.- REESTRUCTURACION Y REFUERZO DE VIGAS.

Los daños que se pueden presentar en vigas generalmente se deben a la falta de resistencia por cortante, éstas pueden variar desde grietas diagonales aproximadamente a 45° y un ancho de 1 mm., hasta el colapso - del concreto, también se suele presentar la rotura del refuerzo transversal y ocasionar el descubrimiento de - las barras longitudinales. Cuando las grietas que se -- presentan no exceden de 0.5 mm., la reparación puede hacerse por medio de la inyección de resinas epóxicas, para su aplicación se utilizan diversas técnicas según la experiencia del constructor.

Cuando el agrietamiento presentado en forma in--clinada es importante, existe un procedimiento de re---fuerzo que consiste en sunchar la viga con estribos roscados en forma de "U" amoldados a la forma original de la viga y la inyección posterior de resinas en las grietas, los estribos se ajustan por medio de tuercas que - presionan a una placa metálica colocada en la forma como se muestra en la figura V.12.



**JUNTAS DE REFUERZO DE MUROS
A TRABES DE CONCRETO**



**JUNTAS DE REFUERZO DE MUROS
A COLUMNAS
(ELEVACION)**

Fig. V. II. CONEXION DE MURO DIAFRAGMA CON TAQUETES METALICOS

El diámetro de los estribos postensados se sugiere que sean, de 1.6 mm. y de espaciamiento que deben tener será variado, ya que en los extremos se deberán reducir y en la parte central del claro deberán ser más amplios.

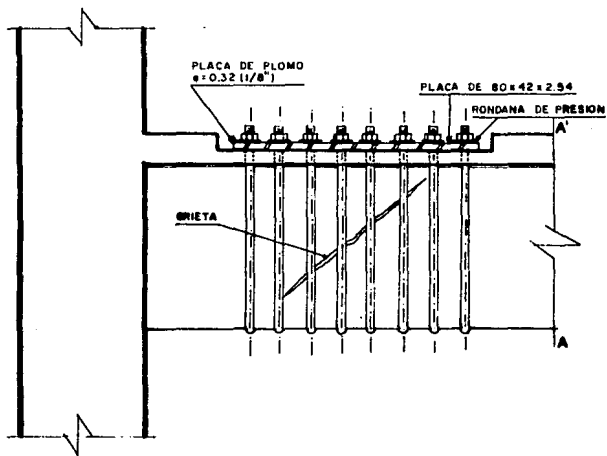
Las placas que se encargan de uniformar la carga se colocan sobre placas de plomo más delgadas, en los casos donde varias vigas concurran a una columna, su fuerza se realiza haciendo un anillo de soleras para -- que exista uniformidad (ver fig. V.13).

Otro método menos frecuente utilizado para la reparación de vigas que fallan por cortante, consiste en la utilización de soleras inclinadas a 45°, colocadas en los costados de la viga por medio de resinas epóxicas, una vez que se hayan inyectado las grietas, las soleras deben ser cubiertas por medio de concreto para -- evitar que queden expuestas al medio ambiente, y en caso de incendio las resinas no queden expuestas al fuego, ocasionando con ello un debilitamiento notable en la estructura (fig. V.14).

V.4.1.- ENCAMISADO DE VIGAS.

Este método consiste en escarificar el concreto existente hasta dejarlo rugoso o descubrir el acero de refuerzo formando dentellones, posteriormente se le agrega acero estructural tanto longitudinal como transversalmente. Una vez terminada la colocación del acero se limpia de polvo, grasa o material suelto, se humedece la superficie y en seguida se le pone un adhesivo -- epóxico para lograr una buena adherencia y trabaje como una estructura colada monolíticamente, cuando se efectúa el encamisado de las vigas se puede continuar el acero longitudinal hasta rematarlo en el encamisado de -- una columna o anclarlo en ella.

SECCION LATERAL



ACOT: mm

Fig.V .12. ESTRIBOS ROSCADOS EN VIGAS

CORTE . A - A'

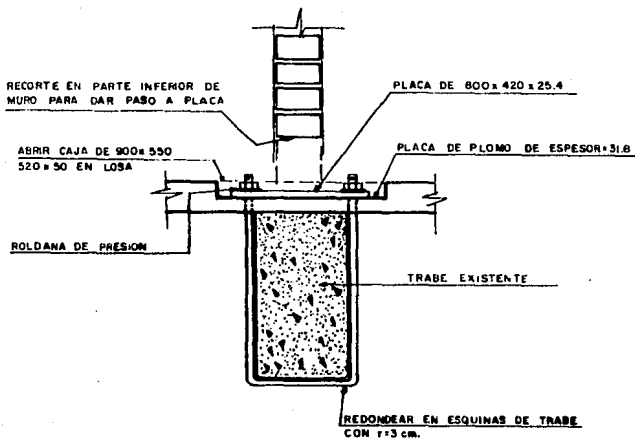


Fig. V.12. ESTRIBOS ROSCADOS EN VIGAS

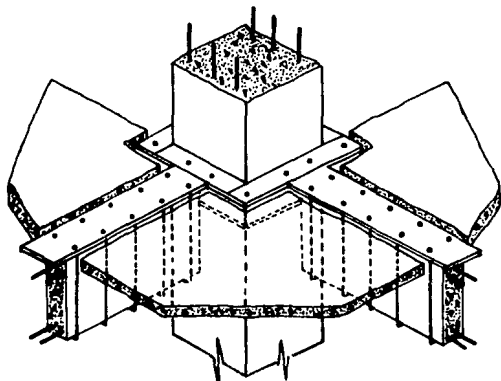


Fig.V.13. COLLAR DE SOLERAS EN LA UNION VIGA - COLUMNA

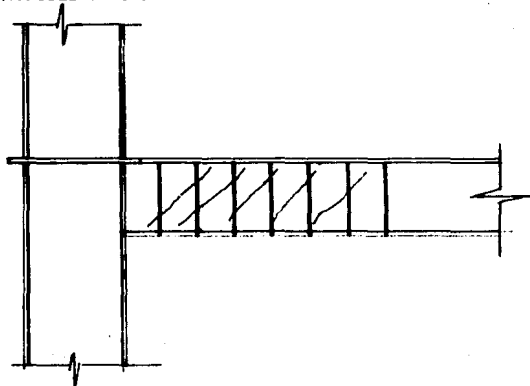


Fig.V.14. USO DE SOLERAS PARA REPARACION DE VIGAS .

Para el acero transversal (estribos) se utiliza generalmente del No. 3 al No. 5 con un espaciamiento -- que varía de acuerdo a las condiciones de carga de fallas de la misma, generalmente varía de 10 cm. hasta 25 cm. (fig. V.15). Finalmente se efectúa el colado con -- concreto mejorado adicionándole un aditivo estabilizador de volúmen para no alterar el comportamiento de la viga.

V.4.2.- VIGAS SANDWICH.

Es un método poco usado que consiste en la construcción de nuevas vigas a los lados de la viga dañada. Dentro de éstos existen dos formas de construcción.

En el primer caso se tiene que escarificar la viga dañada hasta encontrar el acero de refuerzo, posteriormente se limpia de polvo, grasa o escoria, se coloca el acero de refuerzo en las vigas sandwich tanto longitudinal como transversalmente en los costados de la viga reforzada, se perfora la losa para anclar el acero y así lograr que trabajen en forma conjunta.

Mientras que el acero transversal abraza a las vigas sandwich y a la viga dañada. Una vez colocado el acero requerido se procede a colar monolíticamente la estructura. Para lograr esto se agrega un adhesivo epóxico a la estructura vieja como se muestra en la fig.-- V.16. Como vemos el acero de refuerzo y el concreto de los nuevos elementos son colocados normalmente.

Para el segundo caso se presentan las vigas sandwich que funcionan de igual manera, pero con la variante de que las nuevas vigas no se ligan con la viga dañada y el acero longitudinal de la viga sandwich. El lecho superior queda ahogado en la losa ya existente, --- puesto que ésta se rompe para efectuar el colado por la parte superior. Los estribos son colocados en forma normal, como se hace en una viga, en algunas - - - - -

ocasiones se le pone acero adicional como se muestra en la fig. V.17.

V.4.3.- SUSTITUCION DE MATERIALES EN VIGAS.

Consiste en la demolición del concreto dañado, -- ya sea en toda la viga o en un sector según sean los daños que presente, de igual manera se hace con el acero de refuerzo, si es necesario aumentar el área longitudinal o transversal se hará según el caso (fig. V.18).

Una vez realizado este trabajo se procede a limpiar el concreto viejo con chorros de arena o aire y -- darle un buen humedecimiento con un adhesivo para que -- al colocar el concreto nuevo sobre el concreto existente se pueda lograr un comportamiento monolítico.

Para esto el procedimiento a seguir se presenta de dos maneras semejantes a la reparación de columnas, -- por lo que haremos mención más adelante siendo del tipo I o el tipo II según la presentación de los daños.

V.5.- REESTRUCTURACION Y REFUERZO DE COLUMNAS.

Los métodos más usados para la reestructuración y refuerzo de columnas, entre otros, figuran el encamisado con concreto reforzado, encamisado con acero laminado y perfiles metálicos, encamisado con mallas electro soldadas, sustitución de materiales, inyección de resinas epóxicas, etc.

V.5.1.- ENCAMISADO CON CONCRETO REFORZADO.

Al igual que en vigas se escarifica el concreto viejo hasta dejarlo rugoso o descubrir el acero de refuerzo, en ocasiones se pueden hacer dentellones.

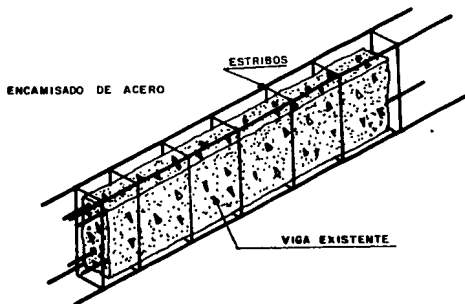
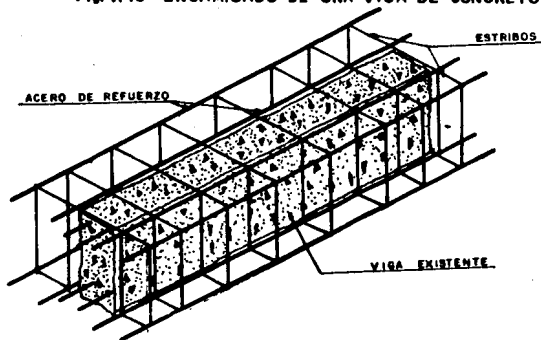
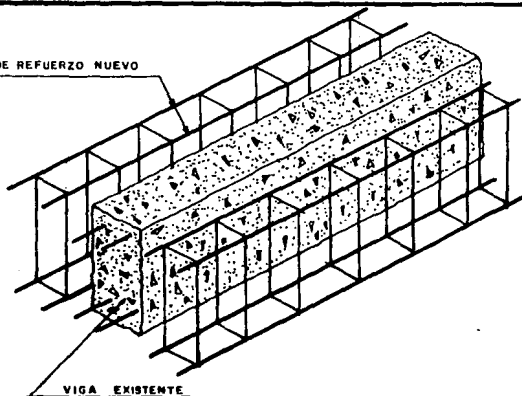


Fig. V. 15 ENCAMISADO DE UNA VIGA DE CONCRETO



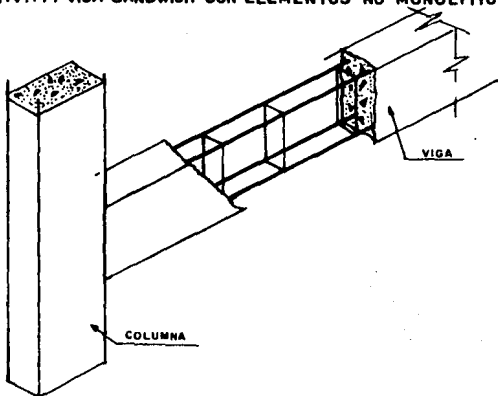
**Fig. V. 16. ACERO DE REFUERZO EN UNA VIGA SANDWICH
(COLADA MONOLITICAMENTE)**

ACERO DE REFUERZO NUEVO



VIGA EXISTENTE

Fig.V.17. VIGA SANDWICH CON ELEMENTOS NO MONOLITICOS



COLUMNA

VIGA

Fig. V.18. SUSTITUCION PARCIAL DE MATERIALES

En seguida se arma una camisa de acero de refuerzo que consiste en adicionar el suficiente acero tanto longitudinal como transversalmente, el cual se continúa por varios niveles. En caso de requerirse hasta el último nivel, se continúa haciendo perforaciones al sistema de piso perimetral a la columna, y en caso de presentar se vigas, estas se pueden perforar para permitir el paso a dicho acero. Se puede fijar a la viga una placa metálica en donde se remata parte del acero (fig. V.19), - o se hace un nudo de refuerzo entre la columna y la viga.

Para que el acero de refuerzo quede fijo se puede soldar por medio de conectores metálicos al acero ya existente (fig. V.20). En todos los casos se recomienda utilizar acero de refuerzo con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

La columna se limpia con chorros de arena y aire asegurándose que quede libre de polvo y se humedece, - posteriormente se agrega adhesivo epóxico al concreto viejo para que al colocar el nuevo concreto tengan un comportamiento monolítico.

V.5.2.- ENCAMISADO CON ELEMENTOS DE ACERO.

El encamisado metálico se efectúa mediante perfiles metálicos, los cuales tienen diferentes presentaciones, generalmente se tienen soleras unidas por medio de soldadura, o bien el recubrimiento total a la columna - por medio de placas (fig. V.21).

En ambos casos se debe supervisar la unión que se realiza con las vigas y losa, los cuales se realizan generalmente con un collar de ángulos (fig. V.22), el espacio que se origina entre la columna y la camisa de acero se rellena con mortero, aditivo expansivo o a base de la inyección de resina epóxica.

El recubrimiento final se efectúa con malla electrosoldada y concreto reforzado evitando la corrosión -

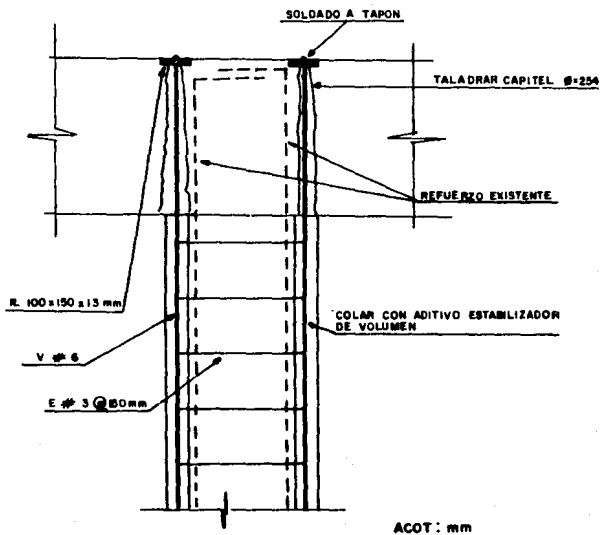


Fig. V. 19. REMATE DE REFUERZO EN COLUMNAS

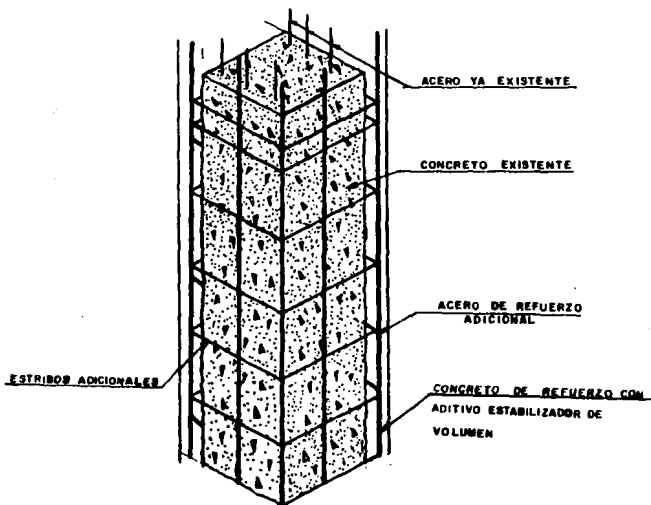


Fig. V. 20. ENCAMISADO DE COLUMNAS

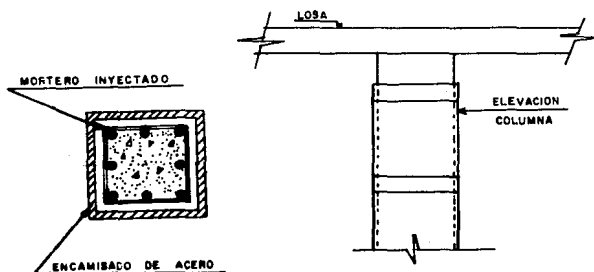


Fig.V.21. REFUERZO MEDIANTE ENCAMISADO DE ACERO

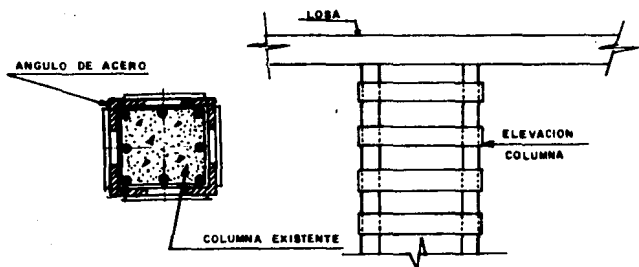


Fig.V.22. REFUERZO MEDIANTE ANGULOS Y SOLERAS DE ACERO

de la camisa metálica y la protege contra el fuego en caso de incendio, dándole además un buen acabado.

En este tipo de refuerzo se tiene la problemática de no hacer continuas las placas a lo largo de varias columnas, por lo que limita su mejoramiento a fuerza cortante y carga axial.

V.5.3.- ENCAMISADO CON MALLA ELECTROSOLDADA.

Es un método de reparación muy común, se utiliza generalmente en elementos con fallas pequeñas, se escarifica el concreto existente, se procede a fijar la malla en toda la estructura por medio de taquetes o conectores metálicos; cuando se descubre el acero de refuerzo la malla es soldada al mismo, se limpia y humedece el concreto existente agregándole un adhesivo que al colar el nuevo concreto, con la ayuda de un aditivo estabilizador de volumen, tenga un comportamiento monolítico. En ocasiones también se procede a colocar la malla concreto lanzado, según las condiciones del elemento a reparar. (fig. V.23).

V.5.4.-SUSTITUCION DE MATERIALES.

Para la sustitución de materiales en una columna se tienen dos procedimientos de reestructuración:

a).- Reparación Tipo 1.

En este caso se sustituye el concreto y acero de refuerzo dañados, por elementos sanos. Se retira el concreto suelto y maltratado y se pica la superficie para darle un acabado rugoso, posteriormente las grietas son inyectadas con resinas epóxicas. Se colocan estribos del número tres a cada 20 cm., incluso donde los estribos existentes parezcan sanos. Una vez colocados se cimbra por arriba del nivel dañado (15 cm. como mínimo).

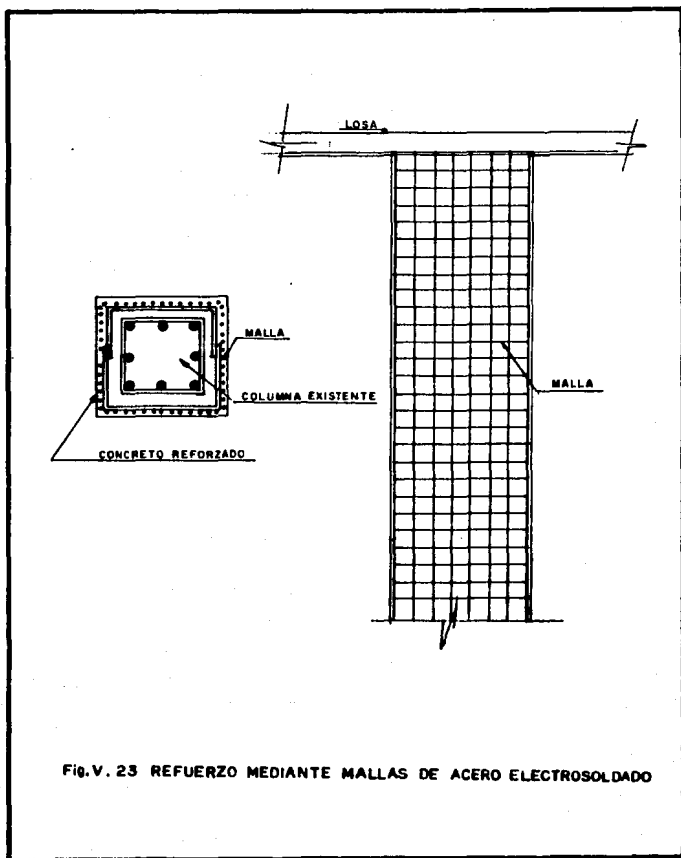


Fig. V. 23 REFUERZO MEDIANTE MALLAS DE ACERO ELECTROSOLDADO

humedeciendo el concreto hasta saturarlo para efectuar el colado.

Finalmente se descimbra y se demuele el concreto fresco de 24 horas hasta dar a la columna las dimensiones originales (fig. No. V.24).

b).- Reparación tipo II.

En este caso es cuando se tienen daños severos en la columna o cuando ésta falla. Se renivela la losa y apuntala desde el sótano hasta el nivel indicado,--- así como los niveles superiores, se demuele el concreto dañado y se pican las juntas hasta dejar un concreto rugoso, si el acero está dañado se cortan las puntas para sustituirlas por otras sanas y del mismo díametro, en longitudes mayores a 80 cm. serán soldadas.- Se colocan estribos del no. 3 a cada 20 cm. con el mismo arreglo que la columna original. Se aplica adhesivo tipo epoxine-200 de fester o similar en las juntas.

Por último se coloca el concreto nuevo mezclado con un aditivo expansor tipo ferrolith-G (fig.V.25).

V.5.5.- ENCAMISADO DE MARCOS.

Al igual que los métodos anteriores; este método de reestructuración rigidiza a la estructura siendo uno de los más comunes para elementos severamente dañados. Dicho método consiste en encamisar tanto vigas como columnas adicionando acero de refuerzo transversal y longitudinal, el procedimiento de refuerzo es como el descrito anteriormente para vigas y columnas, lo---grando continuidad y una buena transferencia de cortante entre los elementos, así como el efecto de cargas laterales que contribuye uniformemente en todos los elementos de la edificación.

Para efectuar el encamisado, debe analizarse el daño que sufrió la estructura para decidir qué tipo de

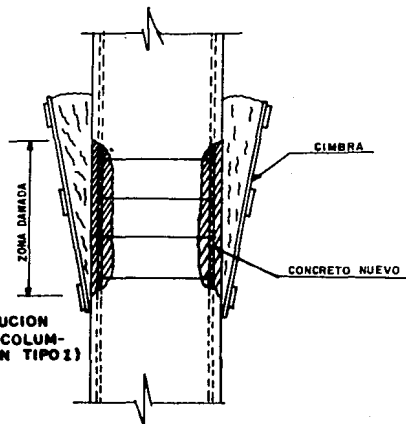


Fig. V.24 SUSTITUCION DE CONCRETO EN COLUMNAS (REPARACION TIPO I)

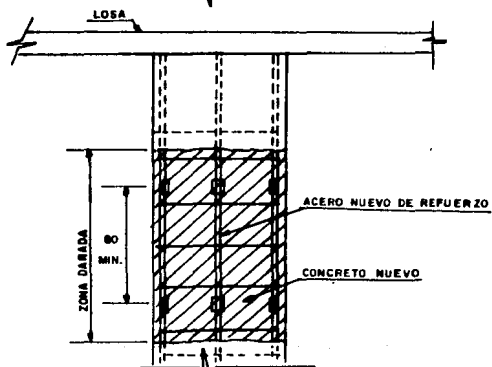


Fig. V.25. SUSTITUCION DE CONCRETO EN COLUMNAS (REPARACION TIPO II)

encamisado es el adecuado, y si se requiere en toda la reestructuración. En caso de que no se requiera hacer en su totalidad, deben evitarse excentricidades, seleccionando la correcta ubicación de los marcos por reestructurar (fig. V.26).

V.6.- REPARACION Y REFUERZO DE MUROS.

Los muros de concreto reforzado, en el refuerzo de estructuras, han desempeñado un papel muy importante debido a la gran resistencia y rigidez que estos -- transfieren a una edificación; son de gran importancia cuando se desean corregir defectos debidos a excentricidades notables, absorbiendo efectos torsionantes que pueden dañar a la estructura. Para esto se deben colocar muros rigidizantes en zonas apropiadas para no alterar las funciones y condiciones del elemento, dentro de los muros tenemos una gran variedad, pero se hace mención de los más comunes como son:

- a).- Muros diafragma o de relleno.
- b).- Muros de rigidez.

- a).- Muros Diafragma o de relleno.

Este tipo de muros se utilizan para incrementar la rigidez y resistencia estructural, donde el concreto nuevo deberá anclarse al concreto viejo, mediante diferentes técnicas como son: conectores metálicos, perforaciones en losas que permitan el paso del acero y se pueda lograr un buen colado.

La ubicación de estos muros debe hacerse de tal manera que no ocasionen excentricidades para que la estructura tenga un buen funcionamiento en caso de presentarse torsión. El diámetro de las barras conectoras varía según el claro y condiciones de carga, estas barras se anclan o soldan a las vigas haciendo perforaciones - hasta descubrir el acero longitudinal (fig. V.11).

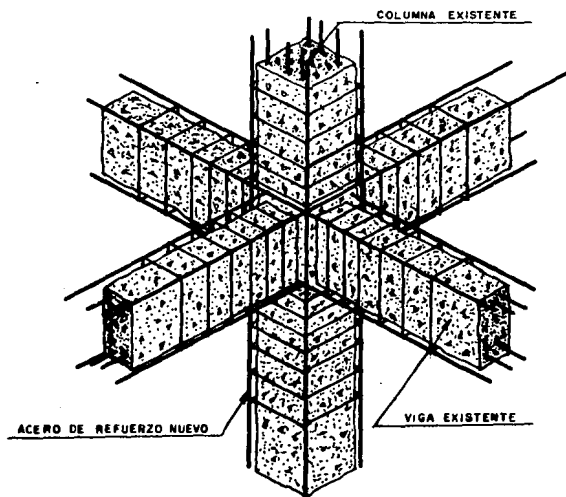


Fig. V. 26. ENCAMISADO DE MARCOS COMPLETOS

También se utilizan taquetes como medio de transferencia de cortante que actúan de manera semejante (su diámetro varía entre 9 mm. y 16 mm.), en ocasiones el acero horizontal y vertical del muro se ancla al refuerzo de los elementos existentes, como se muestra en la fig. V.27.

Otro método para transferir cortante, consiste en colocar placas metálicas de aproximadamente 9mm. en ambos extremos de las vigas, para que el acero de los muros se solde en estas placas. Para la sujeción de las mismas se hacen perforaciones en las vigas para soldarlas; el acero vertical queda restringido por estribos colados de tal manera que actúan conjuntamente con los marcos para evitar fallas en el muro o marco analizado. (fig. V.28).

V.6.1.- MURO DE RIGIDEZ.

Este tipo de muros se sitúan fuera de los ejes de las columnas y deben ser continuos piso a piso para mejorar la resistencia y rigidez de la estructura. Al igual que los muros diafragma, deben colocarse en sitios adecuados, sólo que con la adición de estos muros los efectos de transferencia de cortante son poco notables, estos muros se ligan a la estructura por medio de conectores metálicos y a las vigas perimetrales, o en su caso, a las losas para que trabajen en forma conjunta con el resto de la edificación.

Los muros de rigidez se colocan de tal manera que cubren en ocasiones un marco o más; dando así estabilidad a la estructura con un colado integral entre el muro y los marcos; para ello se requiere ampliar la sección de las columnas que integran dicho muro.

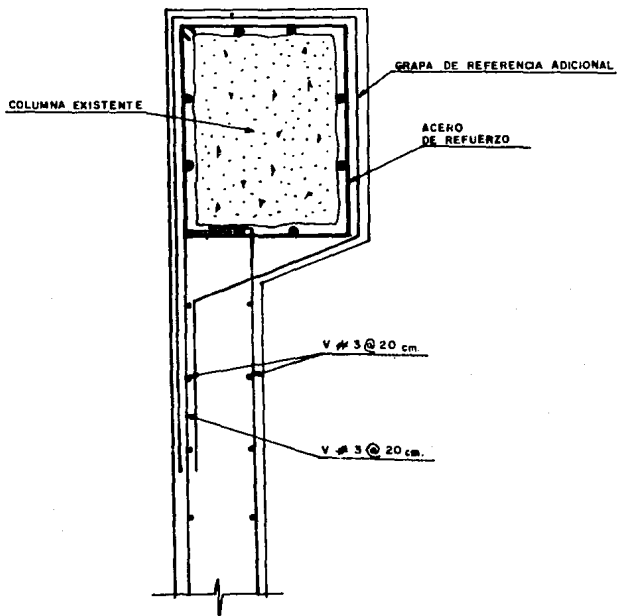


Fig.V. 27. ANCLAJE DE MURO EN ENCAMISADO DE COLUMNAS

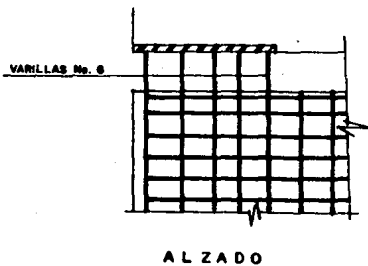
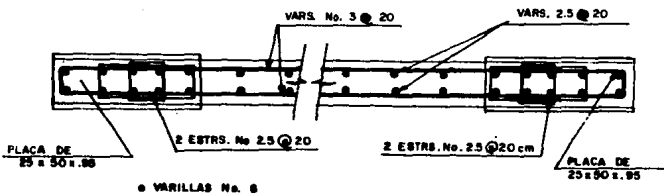


FIG. V. 28. ANCLAJE DE MURO CON REFUERZO SOLDADO A PLACAS METALICAS

V.6.2.- REFUERZO DE MUROS DE TABIQUE.

Para la reparación de este tipo de muros se hace por medio de malla electrosoldada, malla de alambre cubierta con un aplanado de mortero, la malla se une a -- los muros por medio de conectores metálicos o taquetes_ con un espaciamiento promedio de 50 a 60 cm. en ambas - direcciones. Para que esta reparación tenga un buen fun_ cionamiento, el recubrimiento deberá colocarse en ambas caras del muro y los conectores deben atravesar el muro.

En caso de incluir muros de tabique o tabicón,-- para que se adquieran buenos resultados, se debe elimi_ nar el aplanado original 50 cm. a los lados de las grie_ tas en ambos lados del muro, posteriormente resanar las grietas y colocar una malla de alambre fijada con taque_ tes al muro, para que finalmente se aplane con mortero_ de cemento bien dosificado.

Para cualquier tipo de reestructuración y refuer_ zo que se realice en muros, es necesario hacer una revi_ sión del diseño de la cimentación, por el aumento consi_ derable de cargas nuevas a soportar. En caso de ser ne_ cesario, se deben aumentar las dimensiones de la cimen_ tación. Cuando se tenga una cimentación a base de pilo_ tes, ya sean de fricción o de punta, se aumentará de -- igual manera el equivalente a la carga excedida (fig.-- V.29).

V.7.- REESTRUCTURACION Y REFUERZO DE LOSAS.

Los sistemas de piso son los elementos que resis_ ten más a la falla, estos a su vez tienen diferentes ti_ pos de presentaciones, según el tipo de estructuración_ y condiciones de servicio para las que sean diseñadas.

Las fallas que se presentan en el mayor de los - casos. Son grietas ocasionadas por flexión o deflexio-- nes excesivas, las grietas pueden ser reparadas por di_ ferentes métodos según sea la magnitud de éstas.

V.7.1.- REPARACION POR MEDIO DE INYECCION DE RESINAS.

Las fallas más comunes en un sistema de piso -- son grietas pequeñas, las cuales se reparan por medio de resinas. Estas a su vez se colocan a lo largo de la fisura. Previamente se deberá limpiar de lechadas, escorias, polvo y estar perfectamente humedecida antes de la inyección de las resinas.

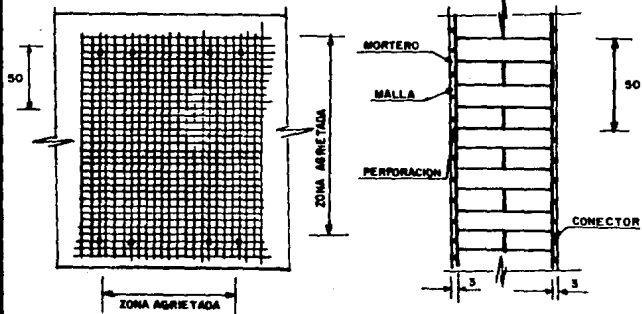
V.7.2.- REPARACION POR MEDIO DE GATEO.

Cuando se presentan daños a la estructura donde la losa esté fuera de su eje original o presente deflexiones excesivas y se desea reubicarla, se puede realizar por medio de gateos hasta dejarla en su posición original para que no vuelva a flexionarse, se apoye en vigas de acero o de concreto auxiliares y éstas a su vez en las vigas ya existentes, aminorando así el claro de la losa. Una vez realizado este trabajo se procede a inyectar las grietas ocasionadas por el movimiento para dar mayor estabilidad a dicho elemento.

V.7.3.- REPARACION A BASE DE DEMOLICION PARCIAL.

Cuando se requiere reforzar una losa dañada es necesario demoler total o parcialmente dicho elemento para que se adicione acero de refuerzo en el sector que sea necesario, dándole una buena colocación y armado. Posteriormente se procede a limpiar perfectamente el concreto viejo humedeciéndolo hasta saturarlo para que se coloque concreto nuevo, éste a su vez auxiliado con aditivos y resinas epóxicas para efectuar una buena unión entre ambos elementos.

Una recomendación muy importante es que cuando se efectúe una demolición parcial de losa, ésta se - -



ACOT : cm

FIG. V. 29. RECUBRIMIENTO DE MUROS DE MAMPOSTERIA CON MORTERO REFORZADO

haga hasta la colindancia con una viga primaria o secundaria. Cuando se presenta el caso de una losa a base de bobedilla y viguetas, se efectúa demoliendo total o parcialmente el sistema de piso para colocar acero de refuerzo y darle una terminación con concreto mejorado.

En las losas falladas por penetración. Para efectuar su reestructuración es necesario reforzar perfectamente los capiteles de éstas para evitar que las placas penetren en la estructura. Para el refuerzo de capiteles es recomendable aumentar el espesor de la losa en todo el perímetro de las columnas. Las fallas más frecuentes se presentan en sistemas de piso plano con o sin aligeramiento.

V.8.- REPARACION Y REFUERZO POR CONTRAVENTEEO.

Para que una estructura se mantenga fígida, es necesario colocar contraventeos y estos tienen diversas presentaciones, como pueden ser a base de elementos metálicos y concreto reforzado, siendo estos los más comunes en la reconstrucción. Para realizar la colocación de dichos elementos en una edificación o a su vez retirar parte del material existente para colocarlos al centro de los ejes del marco a reforzar dando una mejor rigidez y estabilidad a los efectos de fuerzas laterales.

Los elementos para contraventeo de acero se hacen de material tubular o secciones de perfiles metálicos unidos por medio de soldadura, dándole un mejor acabado. Los contraventeos simples consisten en dos perfiles diagonales separados para tener una acción independiente en el marco, dichas diagonales forman una "X" como la que se muestra en la fig. V.30.

Existen marcos más complejos en los que sus elementos se disponen en forma de armadura y pueden unirse

por medio de pernos o soldadura según convenga. Es necesario que el contraventeo sea colocado en el eje de los marcos para tener mejor funcionamiento (fig. V.31).

Los métodos para anclar un contraventeo a una estructura son variados por lo que mencionaremos los más eficientes que se han utilizado en la reconstrucción de diversas edificaciones.

a).- Fijación por medio de anclas.

Se fija a las columnas o vigas de la estructura ya existente, éstas a su vez previamente separadas o reforzadas si así lo amerita el caso, se hacen perforaciones para empotrar o soldar los elementos. Posteriormente se inyectan resinas epóxicas para que el anclaje efectuado tenga un buen comportamiento, junto con la armadura anexada al marco.

b).- Fijación por medio de placas soldadas.

Para que un sistema de contraventeo tenga libertad de movimiento, se colocan en los extremos superiores e inferiores placas fijas a las vigas y columnas, de tal manera que queden bien empotradas, las cuales a su vez reciben a los elementos del contraventeo.

c).- Contraventeo empotrado en el encamisado.

Cuando los elementos estructurales de un marco son encamisados ya sea por medio de elementos de acero o por concreto reforzado. Se incluye en el refuerzo el empotramiento de los contraventeos siendo otra forma de reestructurar y dar mejor funcionalidad a una edificación dañada. (fig. No. V.27).

V.9.- REPARACION EN CIMENTACIONES.

La reparación y refuerzo de estructuras plantea diversos tipos de problemas en las cimentaciones. A continuación se hace mención de los problemas que con más

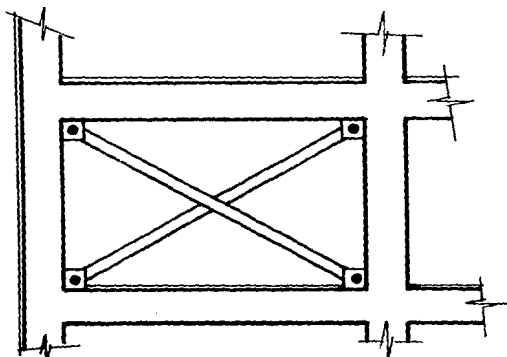


Fig. V. 30. CONTRAVENTEO SIMPLE CON PERFILES DE ACERO

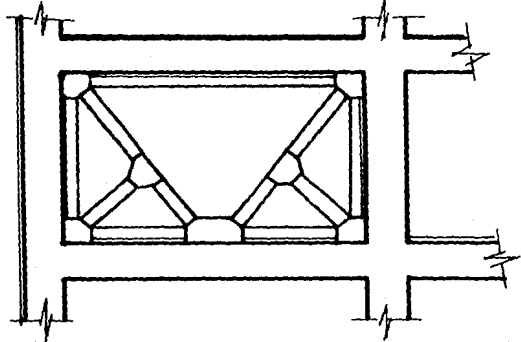


Fig. V. 31. CONTRAVENTEO COMPUESTO CON PERFILES DE ACERO

frecuencia se presentan.

Es necesario hacer preparaciones para anclar el refuerzo en los muros de rigidez y en el encamisado de columnas que se hayan construido para tal fin, por lo que se deben hacer demoliciones en los cimientos existentes. Colocar nuevo refuerzo y dejar ancladas las barras en los encamisados o en los nuevos muros de rigidez.

En general es recomendable hacer un encamisado a las contratraves de la cimentación, como en la vigas de la super estructura. En la fig. V.32 se ilustra la preparación de la cimentación para el anclaje del armado de un muro de rigidez.

En la fig. V.33 se muestra un detalle del doblado de las barras en un encamisado para su anclaje en la losa de cimentación, cuando se presentan desplomes o hundimientos excesivos. Se corrigen hincando pilotes de punta, de control, pilotes de punta con control o lastres, convenientemente distribuidos.

Los pilotes de mayor uso son de concreto de sección variable, fabricados en tramos de un metro aproximadamente y un diámetro de 50 cm. con un orificio de diámetro variable al centro, la profundidad promedio a la que se deben hincar para evitar desplazamientos laterales es de 20 a 25 m. El incado de estos se realiza por medio de gatos hidráulicos. Para que exista continuidad entre los tramos se coloca acero de refuerzo o cable postensado de 12.7 mm. de diámetro en el agujero central inyectando mortero en dicho hueco. Finalmente se construye un dado para recibir a la cabeza de la cimentación.

Generalmente los pilotes usados para el refuerzo de cimentaciones son del tipo "Pilotes de Control" que permiten hacer ajustes de acuerdo con los movimientos -

que sufra la estructura a lo largo del tiempo, en caso_
de daños originados por efectos naturales.

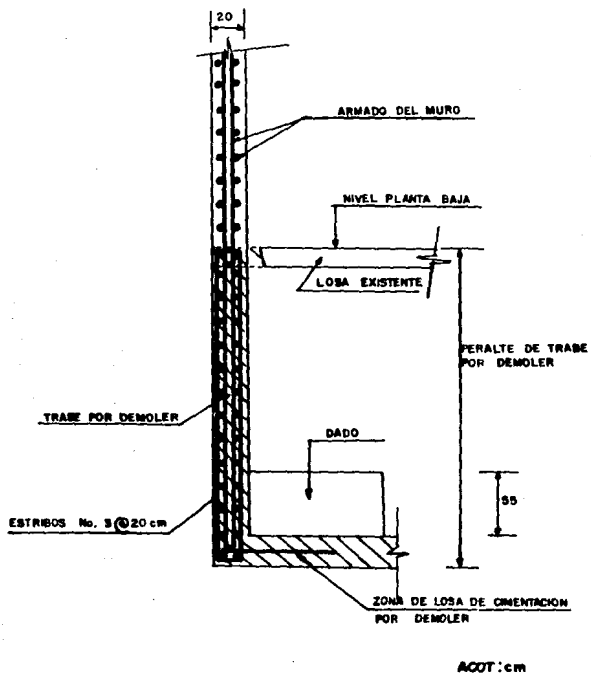
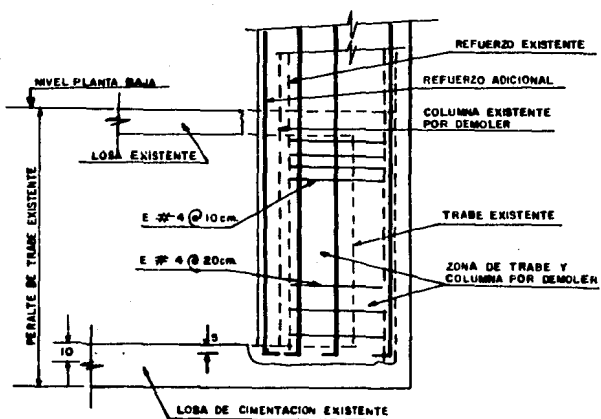


Fig. V. 32. ANCLAJE DE MURO EN LA CIMENTACION



ACOT: cm

Fig. V. 33. ANCLAJE DE COLUMNA EN LA CIMENTACION

CAPITULO

VI

VI.- EJEMPLOS DE REESTRUCTURACION.

EN ESTE CAPITULO SE DESCRIBEN 3 EJEMPLOS DE EDIFICACIONES DAÑADAS EN LAS CUALES - SE UTILIZARON DISTINTOS MATERIALES Y METODOS DE REPARACION.

EJEMPLO No. 1

VI.1.- EDIFICIO REFORZADO A BASE DE ENCAMISADO DE TRABES Y COLUMNAS.

1.- Descripción del edificio.

El edificio se localiza en la Colonia Obrera de la Delegación Cuahutemoc, comprendida en la zona del lago de la ciudad de México, en la región de alta intensidad sísmica, de acuerdo con la zonificación sísmica del Distrito Federal que se encuentra en las figuras II.6 y II.7.

El edificio fue diseñado y construido en el año de 1959 y se destina a bodegas en un área 1996 m², - - aproximadamente. El edificio se localiza en esquina y está formado por un sólo cuerpo que consta de un sótano, planta baja y 3 niveles, como se muestra en las figuras VI.1 y VI.2.

La estructura original se encuentra formada a base de marcos de concreto. El sistema de piso a base de losa maciza, apoyada sobre traveses principales. La cimentación la constituye el cajón del sótano. Los elementos divisorios son de tabique rojo recocido (ejes A y 10).- La estructura original no tenía reparaciones anteriores al sismo de 1985.

2.- Descripción del daño.

Los daños se presentaron principalmente en el segundo nivel, siendo los elementos dañados las columnas, las que presentaron grietas mayores de 1 mm., pérdida -

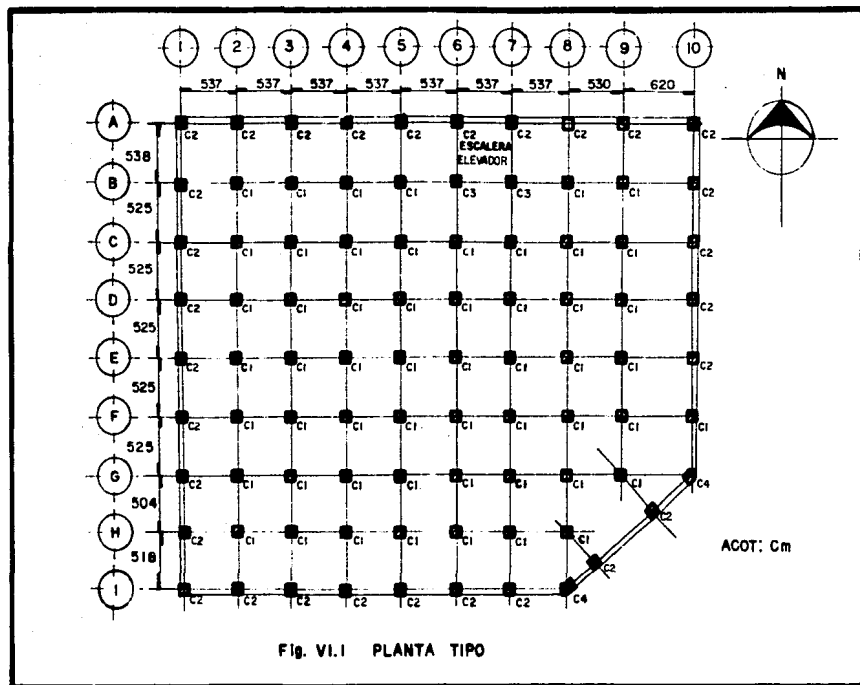
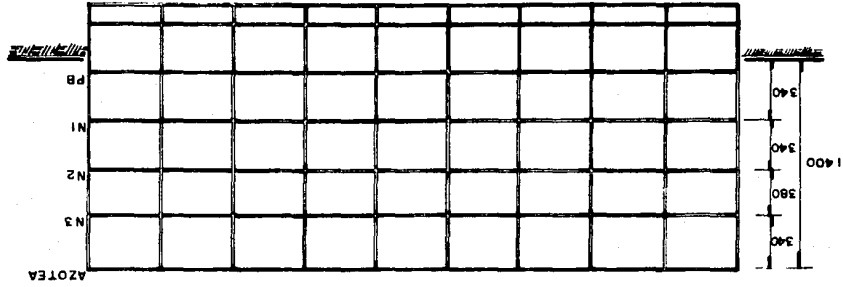


Fig. VI.1 PLANTA TIPO

FIG. VI. 2. ELEVACION TIPO

ACOT : CM.



de material, varillas visibles y rotas.

La estructura no presentó problemas de choque -- con estructuras vecinas. La cimentación no presentó fallas, pero se encontraba con un desplome de 20 cm.

2.1.- Daños en columnas.

Las columnas más dañadas fueron la 2B y 6B del - segundo nivel. Las cuales presentaron pérdidas de material, varillas visibles y rotas, y algunas otras columnas de este nivel presentaron grietas mayores de 1 mm.

2.2.- Daños en trabes.

No se presentaron daños.

2.3.- Daños en losas.

No se presentaron daños representativos.

2.4.- Daños en elementos no estructurales.

La fachada oriente sufrió daños menores debidos_ al desplome. Las otras fachadas sufrieron agrietamientos importantes en los muros.

Ciertos muros interiores en los niveles 3 y 4 tu vieron agrietamientos y algunas fallas locales.

Los muros de la zona de escaleras también resultaron agrietados. La unión entre la rampa de escaleras_ y la losa presentaba grietas importantes.

2.5.- Causas posibles del daño.

Los daños en las columnas se debieron principalmente a:

a).- Efecto de columna corta.

b).- Traslape excesivo en la misma sección.

c).- Falta de refuerzo transversal, lo que originó que el refuerzo longitudinal se pandeara y rompiera por falta de confinamiento.

3.- Medidas Preventivas.

Para garantizar la estabilidad de la estructura durante los trabajos de reparación y refuerzo, se procedió a proporcionar apuntalamientos provisionales solamente en las columnas dañadas.

3.1.- Apuntalamiento para cargas verticales.

El apuntalamiento se realizó a base de perfiles laminados de acero, y placas de apoyo en ambos extremos de cada puntal, con el fin de distribuir la carga y evitar problemas de penetración y aplastamiento de losas y trabes.

Los puntales metálicos rodeaban a la columna apoyándose en las trabes existentes; además, estaban unidos entre sí por medio de soleras soldadas para evitar problemas de pandeo.

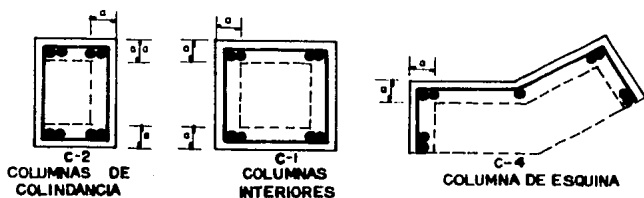
3.2.- Apuntalamiento para cargas laterales.

No se proporcionó ningún tipo de apuntalamiento para este tipo de acciones.

4.- Método de refuerzo.

En base al comportamiento del edificio durante los sismos de 1985, se decidió incrementar la rigidez y resistencia de la estructura encamisando totalmente todas las trabes y columnas, para ello se hicieron las siguientes consideraciones:

a).- Refuerzo de columnas existentes. Todas las columnas existentes se encamisaron con concreto, colocando refuerzo longitudinal y transversal adicional como se muestra en las figuras V.19 y V.20. El espesor mínimo de la camisa de concreto fue de 12 cm. (fig.VI.3) El refuerzo longitudinal adicional se hizo continuo respecto a la altura. Para ello se perforaron las losas existentes. Para lograr una adecuada transferencia de esfuerzos entre el concreto nuevo y el viejo se realizó el picado de la columna como se muestra en la fig.V.19.



* ESPESOR MINIMO A ENGROSAR 12 cm.

ENCAMISADO DE COLUMNAS

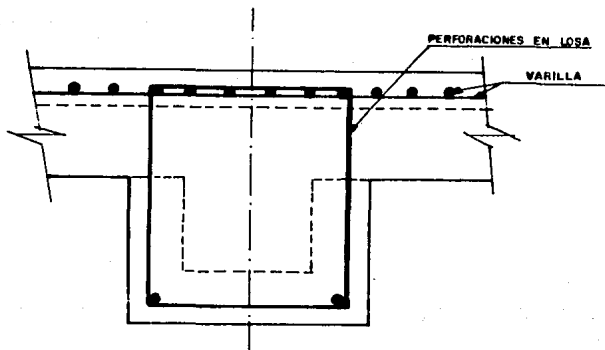


Fig. VI.3. AUMENTO DE SECCION EN TRABES

Para reparar las columnas dañadas se substituyó el acero de refuerzo y el concreto dañado, colocando nuevo acero de refuerzo en la misma cantidad, unido - mediante soldadura al acero existente (fig. V.24 y -- V.25).

b).- Refuerzo de traves existentes.

Todas las traves existentes se encamisaron con concreto, colocando acero longitudinal y transversal_ adicional, como se muestra en la fig. V.15 y VI.4.

El esfuerzo longitudinal se hizo continuo de - cruzja a cruzja como se indica en la fig. VI.4.

El refuerzo transversal se colocó perforando - la losa existente como se muestra en la fig. VI.5.

Para lograr una adecuada transferencia de es-- fuerzos entre el concreto nuevo y el existente, se -- realizó un picado en las superficies de las vigas --- existentes (fig. V.15). Paralelamente al refuerzo adi_ cional se efectuaron las siguientes recomendaciones:

- 1.- Se desligó de la estructura el muro de la_ fachada sur, para evitar las torsiones que ocasionaba.
- 2.- Se repusieron todos los muros agrietados - de tabique, desligándolos de la estructura y confinándolos con dalas y castillos.
- 3.- Se colaron nuevamente las rampas de escale_ ras.

5.- ANALISIS.

5.1.- Propiedades de los materiales.

Las propiedades de los materiales existentes - que indica la memoria de cálculo son:

Concreto	-	-	-	-	$-f'c = 200 \text{ kg/cm}^2.$
Acero de refuerzo	-	-	-	-	$-fy = 4200 \text{ kg/cm}^2.$

"ALTERNATIVA 1 PARA PASO DE REFUERZO DE TRABES EN COLUMNAS EXISTENTES DE 50x50."

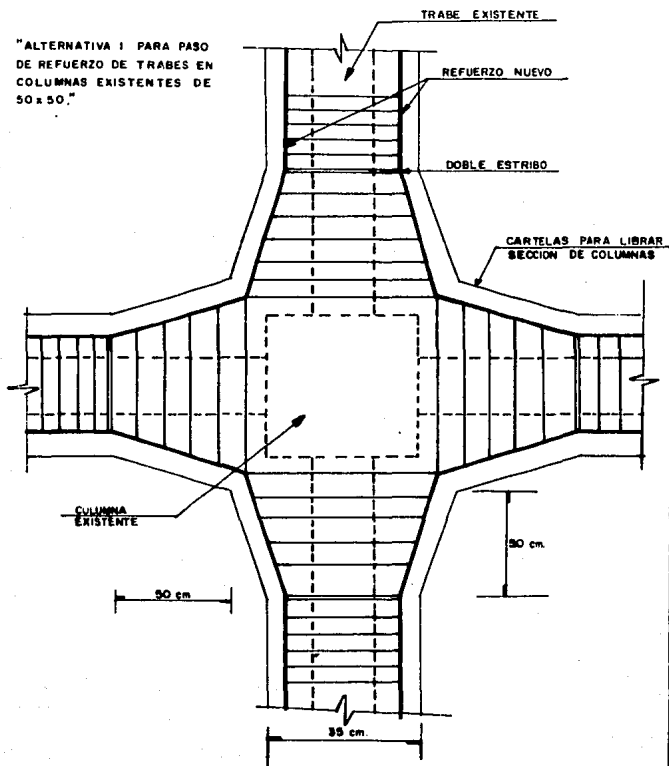


Fig. VI.4. REFUERZO EN TRABES

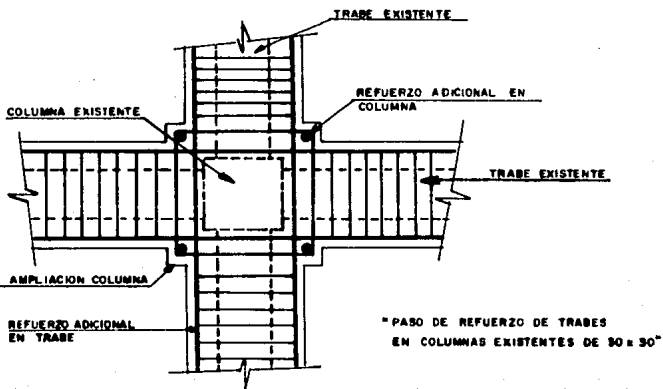
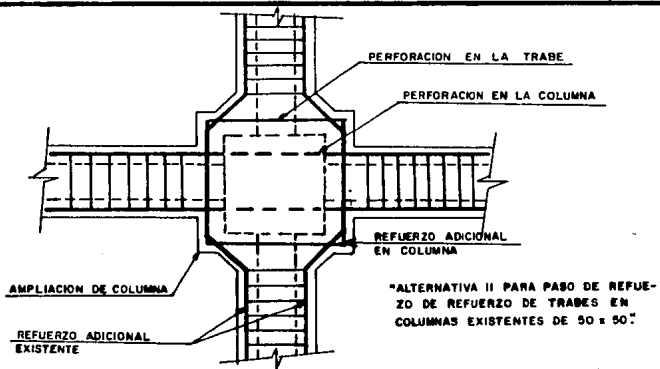


Fig. VI. 4a REFUERZO EN TRABES

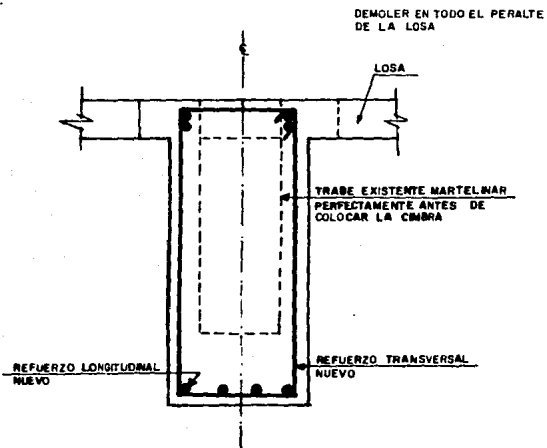


Fig. VI.5. ENCAMISADO DE TRABES

Los materiales usados en el refuerzo y reparación de la estructura son:

Concreto - - - - $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.
Acero de refuerzo - - $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
Alambrón - - - - $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.- Consideraciones para el análisis de la reparación.

Las cargas vivas utilizadas son las propuestas por las normas de emergencia.

Para el análisis sísmico, se empleo el método es tático con las siguientes características:

Tipo de construcción - - - - B
Tipo de estructuración - - - 1
Zona - - - - -111 (Iago)
Factor de ductilidad (Q) - - - 3.0

La estructura se idealizó en marcos planos, analizándose cada marco por separado. Además, se consideraron los efectos de torsión como lo especifica el - - - RCDF-76. Se analizó la estructura reforzada suponiendo un comportamiento monolítico entre los elementos existentes y los nuevos materiales.

6.- Diseño de elementos de refuerzo.

Para el diseño del refuerzo de los elementos existentes, se usaron las recomendaciones del RCDF-76, y las normas de emergencia se supuso un comportamiento monolítico entre los materiales nuevos y viejos.

6.1.- Diseño del encamisado de columnas.

Las columnas se diseñaron para su resistencia ú l t i m a y con la más desfavorable de las dos condiciones de carga siguientes:

- a).- Carga estática (carga muerta más carga viva), con un factor de carga de 1.4.

- b).- Carga estática y sismo con un factor de carga de 1.1. Además, ante las dos combinaciones de carga, la resistencia en las columnas se afectó por un factor de reducción -- $FR = 0.5$, según lo indicaban las normas de emergencia.

Diseño del encamisado de traveses.

- 6.2.- Las traveses se diseñaron con los criterios que recomienda el RCDF-76 para las mismas condiciones de carga.

EJEMPLO No. 2

VI.2.- REFUERZO DE UN EDIFICIO MEDIANTE ENCAMISADO TOTAL, ADICION DE MUROS DE RIGIDEZ Y COLOCACION DE PILOTES DE CONTROL.

1.- Descripción del edificio.

El edificio se ubica en la Colonia Moderna, de la Delegación Benito Juárez.

En el sótano se encuentra una subestación eléctrica, mientras que la planta baja y los tres niveles superiores se utilizan para alojar sistemas telefónicos.

En la fig. II.6 Y II.7, se localiza el edificio en el mapa de la ciudad de México y se observa que se ubica en la zona de alta intensidad sísmica de la zona del lago.

La orientación del edificio es norte-sur, lo que se aprecia en el croquis de la planta del edificio (fig. VI.6), cuyas dimensiones globales son 10.65 por 30.60 m

La fig. VI.7 muestra la elevación del inmueble, que en total es de 21.6 m.

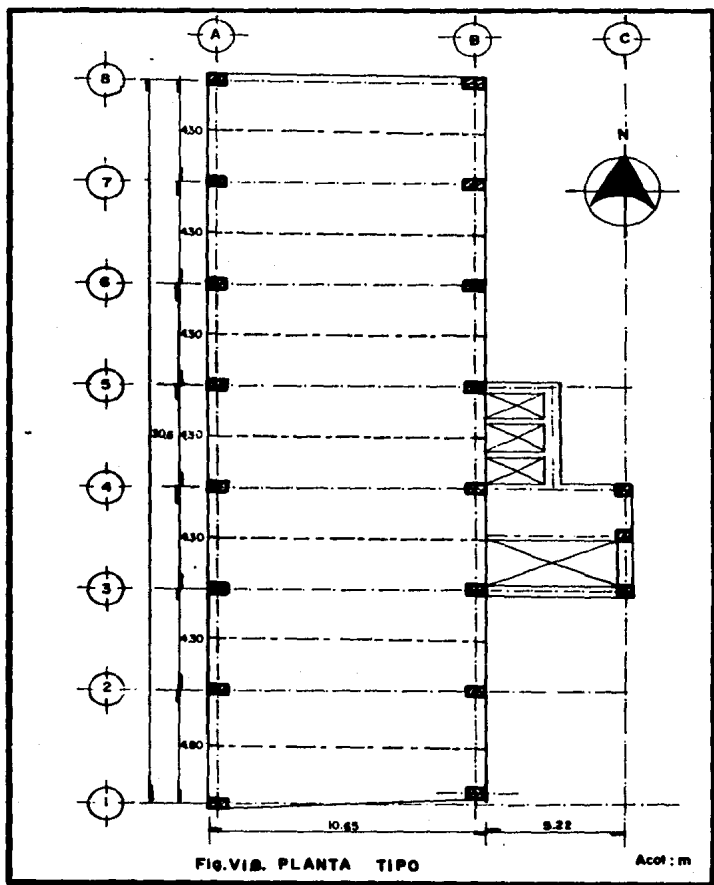
La estructuración del edificio es a base de marcos de concreto reforzado sobre los que se encuentra una losa maciza. La cimentación es un cajón con pilotes de control. Los elementos divisorios consisten en muros de tabique.

2.- Descripción del daño.

Los daños más comunes fueron grietas tanto en -- trabes como en columnas. En estas últimas, se llegaron a tener casos de pérdida de material. La dirección en la que se identificaron las fallas, fue la dirección -- E.W. No se presentó desplome en el edificio.

2.1.- Daños en columnas.

Las columnas A-8 y B-8 tuvieron pérdida de material a lo largo de todos los niveles. Cabe hacer - - -



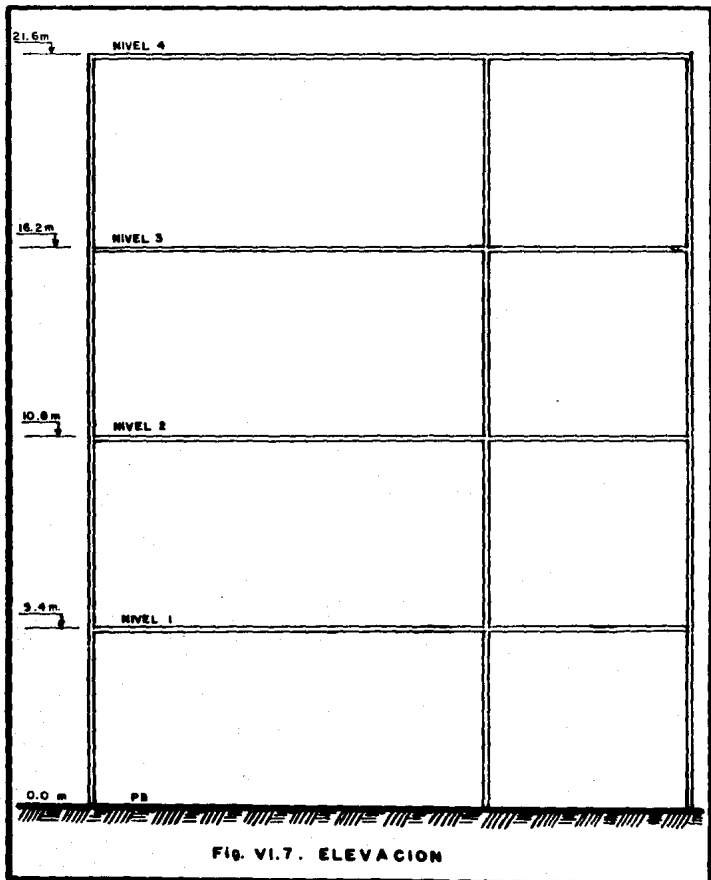


Fig. VI.7. ELEVACION

mención que estas columnas son de esquina. También se observaron grietas mayores de 1 mm. en todos los niveles.

2.2.- Daños en trabes.

Los daños en trabes ocurrieron en los tres primeros niveles y se limitaron a grietas, algunas mayores a 1 mm.

2.3.- Daños en losas.

Con anterioridad a los sismos de 1985 ya existían grietas en estos elementos; sin embargo, al ocurrir el sismo, estas grietas se hicieron más notables. Estas grietas tienen como magnitud máxima 1mm.

2.4.- Daños en la cimentación.

Los pilotes de control sufrieron daños en los cabezales, por lo que fue necesario repararlos.

2.5.- Daños en elementos no estructurales.

En los niveles dos y tres se registraron fuertes desprendimientos de material de fachada. Por otra parte, los daños en los muros divisorios resultaron moderados en todos los casos.

2.6.- Causas posibles del daño.

La posición asimétrica del cubo de servicios originó problemas de torsión en la estructura.

3.- Medidas preventivas.

Las medidas adoptadas en este caso, se tiene el uso de elementos de madera como apuntalamiento ante cargas gravitacionales.

En la fig. V.2 se aprecia que el apuntalamiento para cada entrepiso consistió en dos elementos verticales, un elemento horizontal a medio entrepiso y además elementos en diagonal. El sistema de apuntalamiento descrito, tenía variaciones de acuerdo con la altura de cada entrepiso, y de la facilidad que se tuviera para --

instalar el sistema, lo cual se hizo en todos los niveles del inmueble (fig. V.1). Además existen elementos - tubulares verticales que dan apoyo a las traveses (fig. V.4).

4.- METODO DE REPARACION Y REFUERZO.

4.1.- Descripción general de la estructuración.

El primer paso del proceso fue dar tratamiento a las grietas existentes en losas y traveses mediante la aplicación de resinas epóxicas. Como una segunda fase del proceso de reparación y refuerzo, se encamisaron tanto las traveses como la totalidad de las columnas en toda la altura del edificio.

Un detalle típico del encamisado de la columna, se aprecia en la fig. VI.8. La forma en que se encamisaron las traveses se ve en la fig. VI.9.

Como otra medida de refuerzo, se adicionaron muros de rigidez a la estructura en los ejes 1 y 8, así como en los ejes A y B entre 7 y 8, 5 y 6 y entre 1 y 2, y en el eje C entre 3 y 4.

Los muros tienen un ancho de 20 cm. en el eje A entre 5 y 6 y eje C entre 3 y 4; un ancho de 25 cm. en el eje A entre 1 y 2 y entre 7 y 8, eje B entre 1 y 2 y entre 7 y 8, eje 1 entre A y B y eje 8 entre A y B. Los muros se colaron en todos los niveles de la estructura.

El refuerzo de los muros se hizo continuo con respecto a la altura excepto el muro del eje A entre 5 y 6, el cual fue un muro de relleno. En la fig. VI.10 se muestra el detalle del acero en los muros. mientras que en la fig. VI.11 se aprecia el detalle del muro del eje A.

En la reparación y refuerzo de la cimentación se adicionaron algunos pilotes de control para soportar los nuevos muros y además los puentes de los pilotes

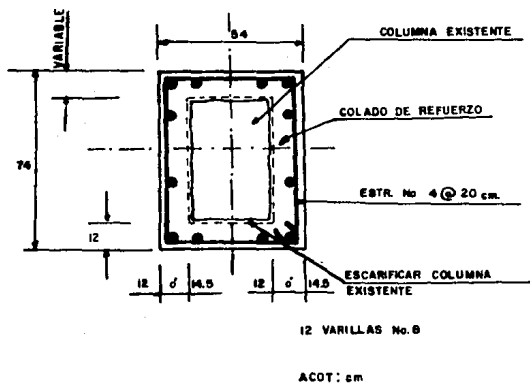


Fig. VI.8. REFUERZO TÍPICO EN COLUMNAS

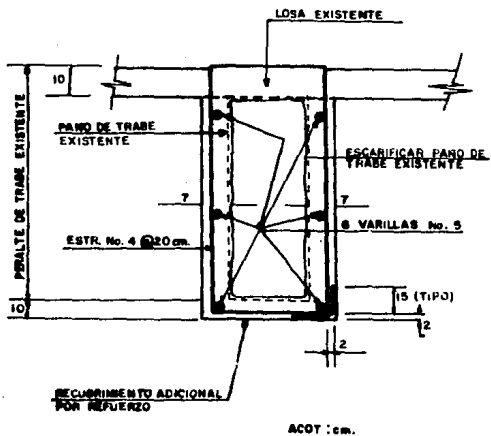


Fig. VI. 9. ENCAMISADO TIPOICO DE TRABES

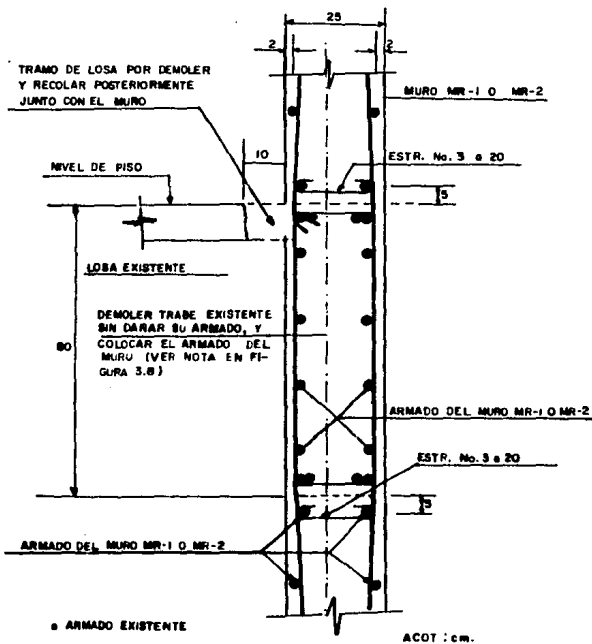


Fig. VI.10. MURO DE RIGIDEZ

NOTA: EN TODOS LOS COLADOS DE
REFUERZO SE UTILIZARA UN
ESTABILIZADOR O SIMILAR,
TOMANDO A SU VEZ LAS
PRECAUCIONES NECESARIAS
PARA LIGAR CONCRETO EXIS-
TENTE CON CONCRETO NUEVO.

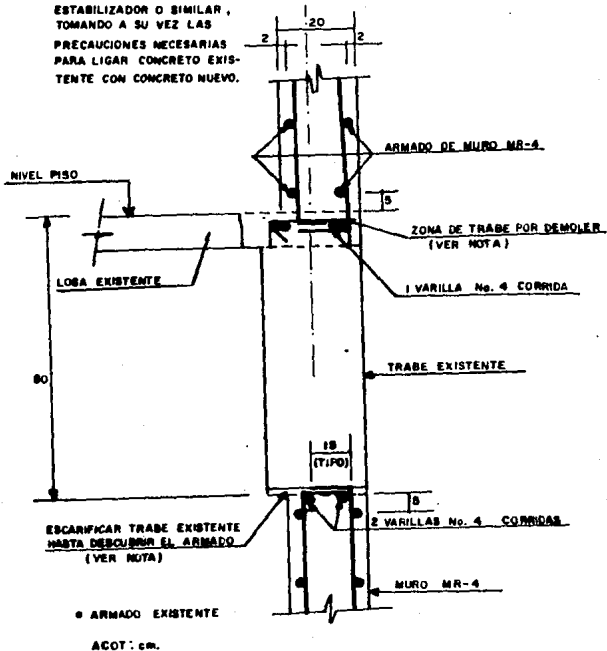


Fig. VI. II. MURO DIAFRAGMA

que resultaron dañados, fueron sustituidos.

5.- ANALISIS

5.1.- Propiedades de los materiales.

Las propiedades de los materiales existentes son:

Concreto - - - - $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$.

Acero de refuerzo - $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Las propiedades de los materiales de refuerzo,---

son:

Concreto - - - - $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.

Acero de refuerzo - - $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.- Consideraciones para el análisis.

Las cargas vivas consideradas para el análisis,---
fueron:

Entrepiso (salas de equipo) - - 850 kg/m^2 .

Azoteas - - - - - 100 kg/m^2 .

Para obtener las fuerzas cortantes sísmicas de -
diseño que actúan sobre la estructura, se hizo un anál
is estático y dinámico. Para el diseño de los elemen--
tos estructurales se eligieron los resultados del méto-
do estático por ser el que dio los mayores valores.

Al analizar la estructura reforzada, se supuso -
un comportamiento monolítico entre los elementos exis--
tentes y los materiales nuevos. De acuerdo con el regl
amento de construcción para el Distrito Federal, se eli-
gieron las siguientes condiciones.

Tipo de terreno - - - zona III (terreno com
presible).

Destino - - - - - Grupo A

Estructuración - - - Tipo 1

Coefficiente sísmicos - - C.S. = $0.4 \times 1.5 = 0.6$

Factor de ductilidad - - $Q = 2.0$

Los factores de carga y de reducción de resistencia para los elementos, fueron:

Carga muerta + Carga viva	-	-	-	F.C.	=	1.5
Carga muerta + Carga viva + Carga						
sísmica	-	-	-	F.C.	=	1.1
Flexión	-	-	-	F.R.	=	0.9
Cortante	-	-	-	F.R.	=	0.8
Flexocompresión	-	-	-	F.R.	=	0.5

La cimentación se revisó para las nuevas sollicitaciones sísmicas en combinación con las cargas gravitacionales actuantes. Para realizar esta revisión, se aplicaron los lineamientos indicados en el artículo sexto de las normas de emergencia y del reglamento de construcciones para el Distrito Federal en su parte correspondiente a cimentaciones.

Como resultado del nuevo análisis se encontró que era necesario modificar las condiciones originales de la cimentación por lo que se decidió hincar pilotes adicionales, que en conjunto con los ya existentes, proporcionarán la estabilidad necesaria de la estructura ante las nuevas acciones.

6.- Diseño de elementos estructurales.

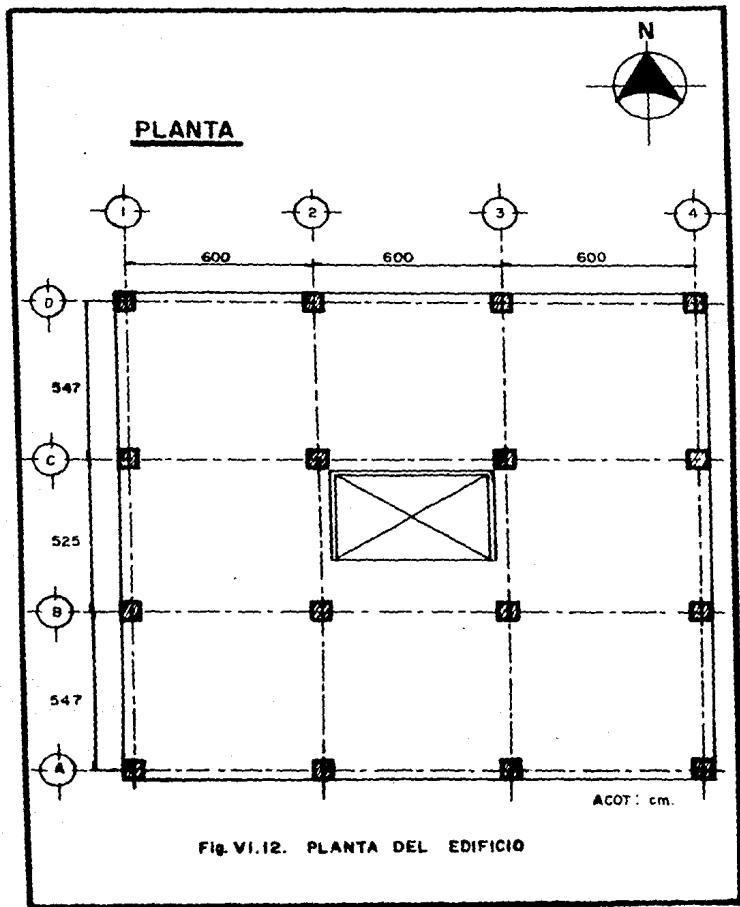
La revisión de los elementos existentes y el diseño del refuerzo se efectuó conforme a las disposiciones del reglamento de construcciones para el Distrito Federal suponiendo un comportamiento monolítico entre los materiales nuevos y existentes.

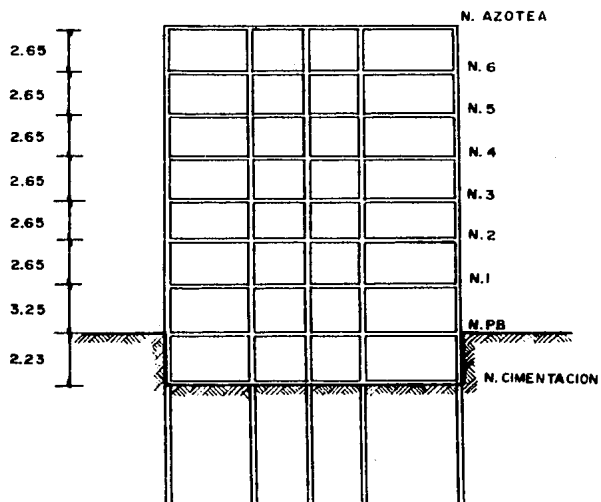
EJEMPLO No. 3

VI.3.- EDIFICIO REFORZADO MEDIANTE ENCAMISADO DE COLUMNAS, ADICION DE TRABES, MUROS DE RIGIDEZ Y REFUERZO EN LA CIMENTACION.

1.- Descripción del edificio.

El edificio se localiza en la Colonia Roma de -





ACOT : mts.

Fig.VI.13. ELEVACION DEL EDIFICIO

la Delegación Cuahutemoc, correspondiente a la zona del lago de la ciudad de México, en la región de alta intensidad sísmica la cual se localiza en el plano de zonificación de la ciudad de México como se muestra en las -- figuras II.6 y II.7. Dicha edificación fue construida - en 1975 y fue diseñada para el uso de oficinas públicas. El área que ocupa en planta es de 291 m² y su distribución estructural es como la que se muestra en la fig.-- VI.12.

El edificio consta de sótano, planta baja y siete niveles tipo, lo cual constituye una elevación a partir del nivel de banqueta de 21.8 m.(fig. VI.13).

La estructuración del edificio es a base de columnas de concreto reforzado y el sistema de piso para todos los niveles se forma por una losa reticular con casetones de concreto. La cimentación forma un cajón -- hueco, compensado así el peso del edificio, apoyado en pilotes de fricción. Los muros de colindancia de los -- ejes 1 y 4 y el cubo de elevadores eran de tabique.

2.- Descripción de daños.

Los daños más severos ocurridos por los sismos - de 1985 se observaron en las columnas, las cuales consistieron desde grietas menores de 1 mm. hasta elementos con pérdida de material y varillas visibles pandeadas con estribos rotos.

Presentó además daños por golpeteo con un edificio adyacente.

2.1.- Daños en columnas.

En el segundo nivel se presentaron grietas menores a 1 mm. en las columnas de los ejes B2, B3 y C2, -- presentando grietas mayores a 1 mm. en la columna del - eje C3. Las columnas de los ejes A1 y D3 fueron las más dañadas donde presentaron pérdidas de materiales como - se muestra en las figuras V.24 y V.25. Los daños - - -

presentados en la columna A1 del segundo nivel. Se debieron al golpeteo con una construcción adyacente.

En el nivel 3, las columnas C2 y C3 presentaron grietas mayores de 1 mm.

Se presentó la falla por torsión en una columna, y en los niveles restantes se presentaron grietas menores a 1 mm.

2.2.- Daños en losas.

Los daños presentados en estos elementos fueron por efectos de fuerza cortante ocasionados por la penetración de las columnas en la losa. Estos daños se presentaron principalmente en el nivel 2.

2.3.- Daños en elementos no estructurales.

Se presentaron daños en los muros divisorios que se encuentran ubicados en el claro para escaleras y elevadores como a todo lo largo del muro del eje D.

En el primer nivel. Se dañó el muro del claro para escaleras.

En el segundo y tercer nivel. Los daños se presentaron en el muro del eje D.

Se presentaron daños graves en las fachadas, como fisuras y grietas en los recubrimientos.

2.4.- Causas posibles del daño.

Unas principales causas del daño fue que en la fachada se tenían muros de mampostería que estaban ligados a la estructura, los cuales provocaron efectos de torsión. Además estos muros redujeron la longitud libre de la columna a un tercio de la altura del entrepiso, ocasionando que éstas presentaran fallas como columnas cortas. Una columna resultó severamente dañada a causa del golpeteo con la construcción vecina.

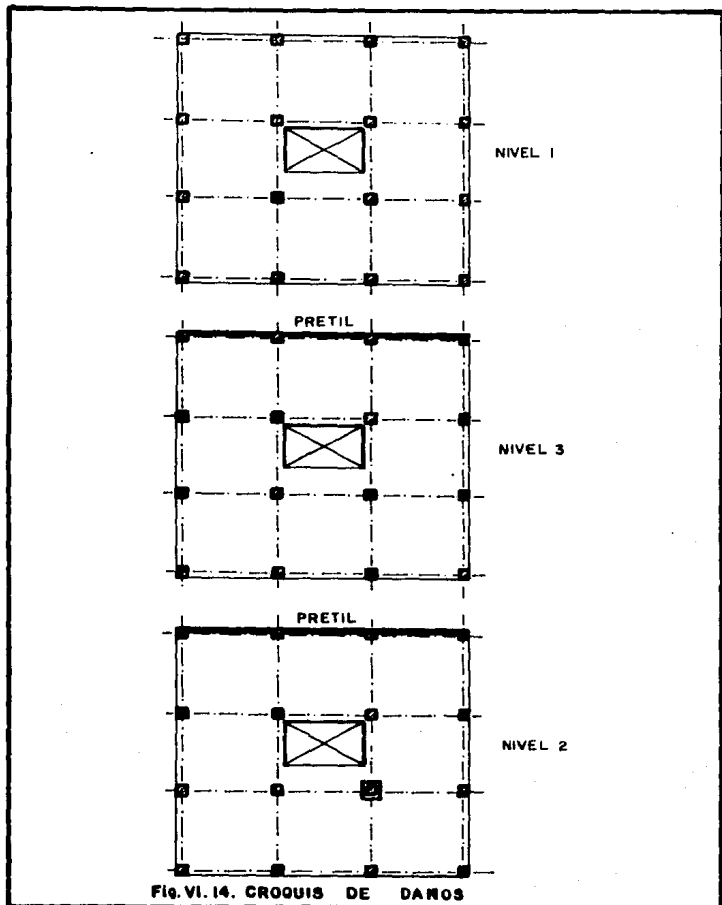


FIG. VI. 14. CROQUIS DE DANOS

3.- Medidas preventivas.

Con la finalidad de garantizar la estabilidad de la estructura mientras se realizaban los trabajos de reparación, se apuntaló el sistema de piso en general, así como las columnas dañadas.

3.1.- Apuntalamiento para cargas verticales.

El sistema de piso se apuntaló en la planta baja y en los niveles 1,2 y 3 el apuntalamiento consistió en elementos de madera acañados como se observa en la fig. V.2. Además, las columnas seriamente dañadas se apuntalaron con los mismos elementos, pero con una distribución que soportara la carga equivalente que tenía la columna en buen estado.

3.2.- Apuntalamiento para cargas laterales.

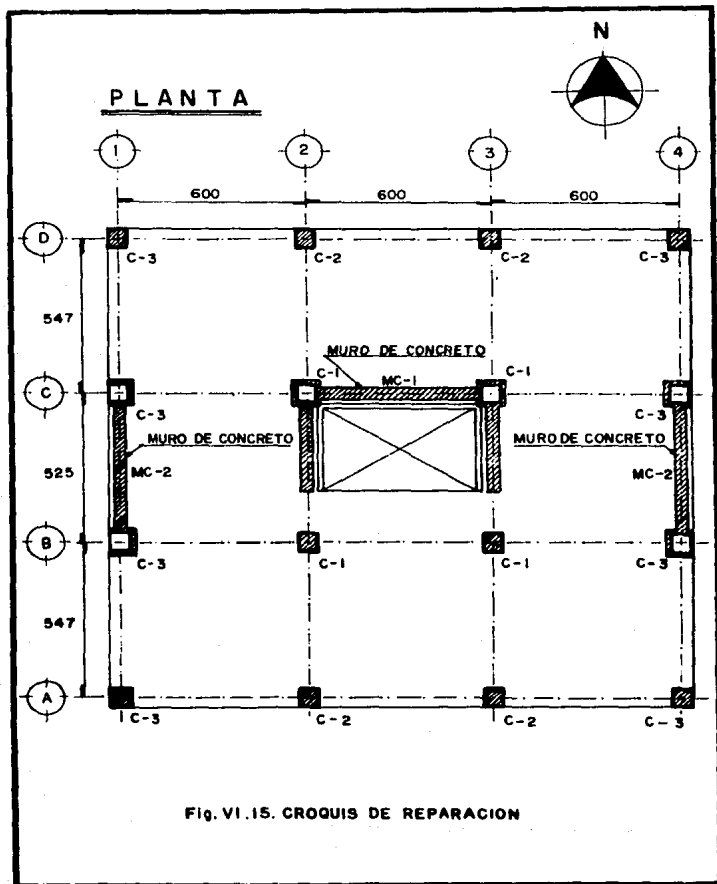
El apuntalamiento para cargas laterales, así como en muchos casos de edificios dañados, resultó insuficiente ya que el apuntalamiento para este tipo de cargas, apegándose a las normas de emergencia. Tenían un costo muy elevado, y sólo trabajarían en caso de presentarse un sismo antes de efectuar las obras de reestructuración.

4.- Método de refuerzo.

Con base en el análisis de la estructura se decidió realizar las siguientes operaciones para el refuerzo.

Se colocaron cuatro muros de concreto en dirección perpendicular a la calle y uno en dirección paralela, de acuerdo con el esquema de la fig. VI.15. El muro MC-1, de 25 cm. de espesor, se colocó desde el sótano hasta la azotea.

El muro MC-2, de 20 cm. de espesor, se colocó desde el sótano hasta el nivel 5. En la fig. VI.16 se observa el detalle de unión entre el muro y el sistema de piso. Los muros se anclaron a las contratraves --



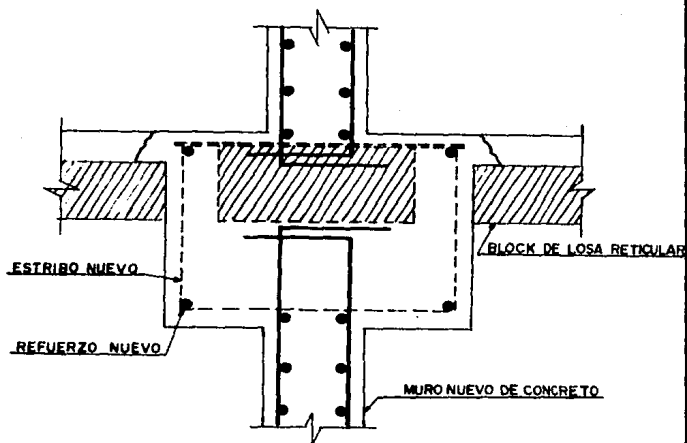
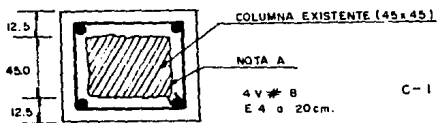
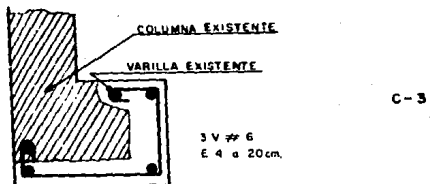
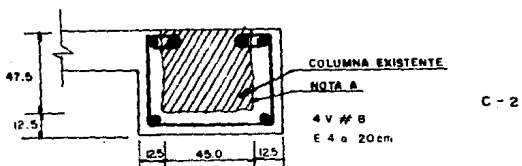


FIG. VI.16. DETALLE DE UNION MURO NERVADURA O TRABE



COLUMNA 70x70cm.



ACOT: cm.

Fig. VI. 17. REFUERZOS TÍPICOS EN COLUMNAS

existentes en la cimentación, prolongando el acero vertical de los primeros a una parte demolida de la contratrabe, aplicando aditivo epóxico y saturando de agua antes del colado.

No se aumentó la sección de las contratrabes ni se reforzaron de ninguna otra manera.

Por otra parte se realizó un encamisado con refuerzo adicional, desde el sótano hasta el nivel 5 de todas las columnas, a excepción de las de los ejes A1 y D3 del segundo nivel, las cuales se demolieron y colaron nuevamente, la fig. VI.17 muestra la forma en que se encamisaron las columnas (C1, C2 y C3).

La losa reticular se reforzó colando trabes sobre todos los ejes de las columnas en los primeros cinco niveles.

Se deslizaron los muros para evitar la formación de columnas cortas.

Se adicionaron pilotes de punta bajo los muros de concreto.

Estos pilotes de punta se colaron en pequeños tramos de sección octagonal que cuentan con un agujero en el centro, que fue relleno después del hincado.

La posición de los pilotes se muestra en la fig. VI.18.

5.- ANALISIS.

5.1.- Propiedades de los materiales.

Las propiedades de los materiales que se indican en la memoria de cálculo original son las siguientes:

Concreto - - - - $-f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$.
Acero de refuerzo - - - $-fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Las propiedades de los materiales utilizados en el refuerzo de la estructura son:

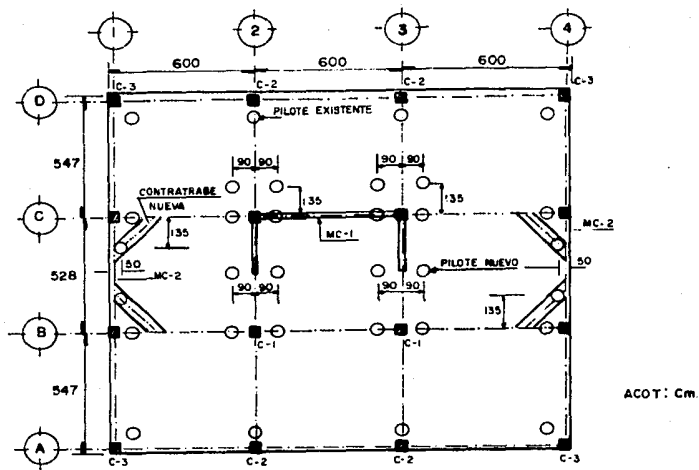


Fig. VI.18. DISTRIBUCION EN PLANTA DE PILOTES DE PUNTA ADICIONALES

Concreto - - - $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$.
Acero de refuerzo - $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.- Dimensiones de los elementos.

Antes del sismo los elementos tenían las siguientes dimensiones: (ver fig. VI.15).

Columna C1	45 cm. por 45 cm.
Columna C2	47 cm. por 45 cm.
Columna C3	47 cm. por 37 cm.

Después del sismo los elementos quedaron con las siguientes dimensiones. (fig. VI.15).

Muro de concreto	MC - 1	25 cm. de espesor
Muro de concreto	MC - 2	20 cm. de espesor.
Columna	C1	70 cm. por 70 cm.
Columna	C2	60 cm. por 70 cm.
Columna	C3	60 cm. por 50 cm.

5.3.- Consideraciones para el análisis.

Las cargas vivas utilizadas para el refuerzo son las que proponen las normas de emergencia en materia de construcción para el Distrito Federal, para el análisis sísmico se empleó el espectro de diseño de las mismas - normas con las siguientes condiciones.

Tipo de construcción	- - - - - B
Tipo de suelo	- - - - - III (lago)
Coefficiente sísmico	- - - - - 0.4
Factor de ductilidad (Q)	- - - - - 3.0

Se efectuó un análisis estático con un cortante en la base igual a la relación c/Q . Se consideró la interacción muro-marco con base en la compatibilidad de deformaciones de los marcos y del muro equivalente en voladizo.

También se hicieron análisis dinámicos en los dos direcciones y se obtuvieron los siguientes periodos:

$T_x = 0.67 \text{ seg.}$ $T_y = 0.65 \text{ seg.}$

Los factores de carga utilizados en el análisis fueron:

Carga viva más carga muerta - - - - 1.4
Carga permanente más carga accidental - 1.1.

CAPITULO

VII

VII.- SUPERVISION EN LA REESTRUCTURACION.

La supervisión en nuestro país, no ha obtenido el crédito que merece; sin embargo, su importancia se puso de manifiesto a raíz de los sismos ocurridos en Septiembre de 1985 en la ciudad de México.

Para enfatizar el papel preponderante que la supervisión desempeña en una obra, basta conceptuar que el mejor proyecto, el análisis estructural más acucioso, el diseño más eficiente y las especificaciones más rígidas, resultan insuficientes si no son llevados a la práctica por una supervisión eficaz y cuidadosa.

Una buena supervisión garantizará primeramente la estabilidad de la estructura, a través del estricto cumplimiento de las normas y especificaciones contenidas en los reglamentos de construcción vigentes; a través del riguroso seguimiento de los planos estructurales de la obra, una vez que hayan sido perfectamente estudiados, comprendidos y que no se tenga la menor duda sobre ellos.

Una buena supervisión garantizará la correcta aplicación, así como la calidad de los materiales y equipo que se utilicen en la obra.

Una buena supervisión garantizará que la obra en cuestión no se lleve un plazo mayor al originalmente convenido, y por consecuencia que no se sobrepase el presupuesto originalmente estimado.

A pesar de que este último punto es de difícil cumplimiento por la situación inflacionaria en que vivimos, una buena supervisión no debe perder de vista el objetivo general del costo prefijado.

Una buena supervisión de obra tendrá como objetivo:

- a).- Garantizar la estabilidad estructural.
- b).- Garantizar la calidad.

- c).- Garantizar un costo apegado a los lineamientos de contratación.

VII.1.- INSPECCION Y SUPERVISION DE OBRAS.

Se define como inspección, la vigilancia o atención que el Ingeniero preste en la ejecución de las obras, con la finalidad de que éstas sean ejecutadas eficientemente y estén acorde con las mejores técnicas - al trabajo, con los planos, memoria de cálculo, documentos del proyecto y el control.

Se sugiere que el cliente pague por el trabajo a realizar, su justo valor de acuerdo con las estipulaciones del contrato o convenio celebrado para la ejecución de la obra.

La supervisión se define como: La asesoría técnica que realiza el proyectista de una obra, y en especial el Ingeniero o Arquitecto, durante las construcciones. En lo que respecta a la determinación de detalles estructurales, de acabados, de elementos especiales, de materiales decorativos, elección de colores, texturas y de otros elementos que no es posible representarlos debidamente en los planos, así como lo que se refiere a la solución de problemas de diseño complementarios al proyecto.

En la construcción de edificaciones, la supervisión tiene gran importancia y puede ser agrupada en 2 - grandes rubros:

- a).- Supervisión contratada por el propietario - de la obra.
- b).- Supervisión derivada y obligada por el reglamento de construcciones, tanto para directores responsables de obra, como para los corresponsables en seguridad estructural.

En el primer caso; la supervisión deberá ser al - 100% en todos y cada uno de los elementos que conforma-- rán la obra, verificando entre otros aspectos, los con-- cernientes a:

1).- Aplicación exacta de las dimensiones y características de los elementos estructurales de acuerdo con los planos constructivos.

2).- Verificación estricta de la calidad de los - materiales utilizados: Cemento, agregados pétreos, agua, acero de refuerzo, etc.

3).- Cotejo en campo de la cuantía y detalles de colocación del acero de refuerzo.

4).- Verificación de que los procedimientos constructivos sean los adecuados de acuerdo al tipo de obra que se trate.

5).- En general, la supervisión contratada por el propietario de la edificación, deberá ser realizada con el mayor detalle posible durante todo el tiempo que dure la obra.

En el segundo caso; la supervisión se deriva de - la corresponsabilidad estructural. En este caso la supervisión tenderá a verificar que el proyecto cumpla con -- las características generales de diseño, en lo que se refiere a la seguridad estructural, revisión de cálculos y vigilancia de los métodos de construcción indicados durante la ejecución de la misma. Verificará que los procedimientos y los materiales empleados, correspondan a lo especificado y a las normas de calidad indicadas en el - proyecto. Esta verificación será tan rigurosa como lo -- considere pertinente el corresponsable estructural. Poniendo especial atención en los aspectos más importantes de la obra, complementándola con la autorización de cambios o adaptaciones que sean necesarios introducir - - -

durante el proceso constructivo.

Durante la construcción de estructuras de concreto, se recomienda realizar pruebas de control de calidad a los materiales que sean utilizados, algunas de las pruebas que se sugieren son:

- a).- Pruebas a los agregados pétreos (origen, dureza, tamaños máximos y mínimos, etc.).
- b).- Pruebas de compresión y tensión a cilindros de concreto a diferentes edades (3,7,14 y - 28 días).
- c).- Pruebas de revenimiento.
- d).- Pruebas de tensión a especímenes de vari---llas.

Además, se debe ejercer un control muy severo sobre la mano de obra, ya que ésta será fundamental para la buena realización de la obra, y para que los procedimientos constructivos especificados en el diseño sean válidos.

En la cuantía de pruebas a efectuar, se tendrá en cuenta la importancia de la obra, así como el presupuesto que se haya contemplado para éstas.

Sin embargo, es conveniente ampliar y hacer de uso generalizado todos los elementos de control que sean necesarios. Esto nos obligará a contar con personal calificado en las labores de supervisión.

Por otra parte, en la construcción de obras de gran importancia, la evaluación del comportamiento del concreto a corto, mediano y largo plazo, redundará en un mejor conocimiento de su influencia en las estructuras sobre casos, como la contracción y el flujo plástico.

El control de calidad queda totalmente a cargo del supervisor, quien debe ocupar todos sus conocimientos y atención en esa actividad tan importante, debe --

supervisar desde la etapa preliminar al inicio de la obra, durante el desarrollo y la terminación de la misma.

La calidad se define como: La mejor manera de hacer algo bien hecho en primera instancia, de acuerdo a un parámetro o norma de comprobación. Ya que es más fácil, más barato y más rápido, hacer bien las cosas una sola vez. Cualquier cosa que se elabore en forma distinta a lo previsto, implica un costo y un tiempo de ejecución adicionales al hacer correcciones, provocando un retraso en el proceso constructivo general de la obra, y muy probablemente no se concluirá ésta en el plazo -- que estaba inicialmente previsto.

Las acciones preventivas son todas aquellas que tienen por objeto evitar resultados no deseados en cualquier parte del proceso constructivo, o en el producto final.

En caso de edificaciones de concreto, la revisión detallada del proyecto ejecutivo y de las especificaciones será aceptable, si se conocen: Posición, tipo, dimensiones y resistencia de cada elemento, así como -- los procedimientos de construcción involucrados.

Es también una acción preventiva, la revisión de tallada y oportuna de la cimbra, refuerzos, anclas y de más elementos que deban quedar ahogados en el concreto, así como de que exista el equipo necesario y esté en -- buen estado de funcionamiento para efectuar los colados que se requieran en la obra.

Para efectuar la revisión de cimbras, se debe verificar lo siguiente:

- a).- Diseño adecuado de la misma.
- b).- Posición y dimensiones de los elementos que la constituyen (ejes, niveles, plomos, contraflechas, etc.).

c).- Empalme apropiado de los pies derechos, lagueros y madrinas.

d).- Contraventeo adecuado.

e).- Juntas adecuadas en tarimas o tablonerales, contraventeos, puntales y vigas.

f).- Apoyo apropiado en la base de los puntales.

g).- Localización adecuada y número apropiado de separadores, tirantes y otros accesorios.

h).- Soporte suficiente de la cimbra para el concreto.

i).- Sellado de todas las juntas para evitar fugas de concreto y/o lechada.

j).- Lubricación de la cimbra.

k).- Apuntalamiento en losas inferiores.

l).- Pasos y barandales de protección para los trabajadores.

ll).- Limpieza.

m).- Hundimientos.

n).- Otros que convengan según la obra.

Para efectos de revisión del acero de refuerzo, se deberá verificar lo siguiente:

a).- Planos estructurales.

b).- Diámetro y posición del acero de refuerzo.

c).- Pruebas de laboratorio del acero de refuerzo, de acuerdo a las resistencias especificadas en el diseño.

d).- Limpieza del acero antes de su colocación.

e).- Doblado del acero en frío para obtener las formas especificadas.

f).- Corte a 45° para soldaduras en el caso que sean necesarias.

g).- Amarrado del alambre.

h).- Silletas y separadores.

i).- Ganchos para anclajes, etc.

j).- Traslapes o soldaduras.

k).- Preparaciones para pasos de ductos e instalaciones o para detalles especiales.

Acciones de verificación, son aquellas que el supervisor debe llevar a cabo para constatar que se estén respetando los procedimientos adecuados para los diferentes conceptos, así como para verificar que la calidad sea la especificada.

En caso de revisión a elementos de concreto, se deberá verificar lo siguiente:

a).- Plantilla de concreto.

b).- Verificar que la remisión expedida por la concretera contenga los siguientes datos:

- Tamaños máximos y mínimos de los agregados.
- Tipo de cemento.
- Porcentaje de revenimiento.
- Resistencia.
- Cantidad de aditivo por m³ de concreto (si lo contempla el proyecto).
- Hora de salida de la planta.

c).- Extracción de muestras para la prueba de revenimiento en el primer m³ de colado.

d).- Evitar la caída libre del concreto de grandes alturas.

e).- No permitir la concentración de grandes volúmenes de concreto sobre la cimbra, para evitar posibles fallas de ésta.

f).- Vigilar que los operarios no empujen el concreto con el vibrador, sino que sea distribuido de la mejor manera posible en su posición definitiva.

g).- Evitar el sangrado excesivo por vibración.

h).- Obtención de cilindros para pruebas de resistencia.

i).- Correcto curado del concreto de acuerdo a lo especificado.

j).- Descimbrado oportuno y cuidadoso de todos los elementos.

k).- Seguimiento estadístico de los resultados de las pruebas de laboratorio.

l).- Asentamiento en bitácora de todas las notas de corrección, autorización y ejecución de los elementos de concreto.

Las posibles correcciones que se presenten durante la elaboración de la obra, las tiene que afrontar el supervisor cuando se detecte que a pesar de las acciones preventivas y de verificación que se llevaron a cabo, existe algún elemento que no cumple con la apariencia, resistencia, posición o dimensión especificadas. Y que pone en peligro la seguridad o el buen funcionamiento de la construcción.

El supervisor deberá ordenar que se realicen todos los trabajos necesarios para el arreglo de dicho elemento, como ejemplo de medidas a tomarse están las siguientes:

a).- Demolición de elementos de la cimentación que presenten hundimientos excesivos.

b).- Demolición de elementos que estén desplomados, desnivelados o que se encuentren fuera de tolerancia.

c).- Demolición de elementos cuyas dimensiones o recubrimientos no cumplan con las especificaciones de proyecto.

d).- Demolición de elementos cuya resistencia no cumpla con lo especificado.

Cabe hacer resaltar que en la reestructuración de una edificación se implica el empleo de materiales, técnicas y soluciones estructurales poco comunes en la práctica cotidiana, por ello es necesario imponer procedimientos de supervisión estrictos, tanto a nivel - - -

proyecto como a nivel constructivo.

VII.2.- SUPERVISION DEL PROYECTO.

Es necesario que los grupos de diseño estructural recurran a la asesoría y supervisión de Ingenieros independientes para la revisión de sus proyectos, dada la importancia que puede revestir la reparación de la estructura. En la primera etapa, esta relación se puede establecer a través del estudio de las diferentes alternativas de solución propuestas. Posteriormente, el supervisor deberá revisar detenidamente los criterios de diseño, así como también de comprobar la exactitud de los cálculos efectuados, y verificar que los planos y las especificaciones transmitan la solución de manera clara y precisa al constructor.

VII.3.- SUPERVISION EN EL PROCESO DE REESTRUCTURACION.

La principal diferencia que presenta la supervisión de una obra de reestructuración, respecto a una obra nueva, es que la primera se basa en el manejo y utilización de materiales nuevos, como el concreto lanzado, resinas epóxicas, etc. y existe la necesidad de adaptar las soluciones del proyecto de reestructuración a las condiciones existentes en la estructura original, manteniendo un control estricto en la ejecución de todos los detalles.

La supervisión en el control de calidad del concreto lanzado, requiere de una inspección continua de los materiales que lo constituyen, así como del equipo y del procedimiento de aplicación.

Debe intentarse la detección de posibles huecos en la estructura, para ello es recomendable utilizar un martillo de Shmidt, así como la obtención aproximada de

la resistencia del concreto existente, por medio de extracción de corazones para analizar la composición y características del concreto; estas mediciones deben estar sujetas a un control estadístico.

La cantidad de información acumulada por medio de diferentes métodos será muy representativa, y con ello se logrará una mejor aproximación para llegar a soluciones y condiciones de supervisión óptimas, cuando se lleve a cabo la reestructuración de una estructura.

Por otra parte, es necesario que se conozca la ubicación y las condiciones en las que se encuentra el acero de refuerzo en columnas y trabes, por si en un momento dado se requiere hacer perforaciones o ranuras para colocar estribos, ángulos, perfiles, etc. que le sirva de ayuda para soportar nuevas cargas.

En cuanto al control de calidad para el uso de resinas epóxicas, el supervisor debe verificar el proporcionamiento y el procedimiento de mezclado de los componentes, así como la inspección del proceso de aplicación, cuidando que ésta se lleve a cabo en el tiempo que recomienda el productor para evitar la pérdida o decrecimiento de la calidad de la mezcla.

La extracción y prueba de corazones en grietas inyectadas con resinas, permite verificar la calidad de la inyección y la del comportamiento de la resina.

CAPITULO

VIII

VIII.- RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.

Después de analizar algunas de las causas y efectos que ocasionaron los sismos ocurridos en Septiembre de 1985 en la Ciudad de México. Consideramos que es importante tomar en cuenta todas las medidas pertinentes para evitar catástrofes similares en el futuro. Y al -- respecto recomendamos y concluimos lo siguiente:

El sismo puso de manifiesto nuestro escaso conocimiento relativo a las características que posee nuestro suelo; por ello se deben realizar prospecciones geofísicas sin precedentes. Con el objeto de definir una -- microzonificación en el Valle de México.

La conservación y el mantenimiento de edificaciones se ubicarán de aquí en adelante como actividades de la más alta prioridad.

El comportamiento de edificios ante solicitaciones sísmicas es más inelástico de lo que se suponía.

Los materiales constructivos respondieron en forma distinta a lo previsto; en especial los agregados no proveyeron al concreto de los módulos de elasticidad -- teóricos; ello obligará a buscar nuevos bancos de materiales y/o modificar criterios de diseño.

Las estructuras asimétricas resultan particularmente endebles ante los efectos sísmicos; lo mismo ocurre en edificios de primer piso flexible y los ubicados en las esquinas.

La separación de colindancias se respetarán en -- forma más rigurosa que en el pasado.

El cambio brusco de sección en columnas aumenta -- la vulnerabilidad ante fuerzas horizontales.

Los pilotes de fricción tuvieron menor resistencia que la planteada por diversos enfoques de análisis.

El comportamiento de las intersecciones entre --
trabes y columnas en especial entre columnas y losas re-
ticulares, evidenciaron la necesidad de revisar los cri-
terios de diseño.

El incremento excesivo de cargas vivas por cam-
bios de uso, autorizado o no, condujeron a centenas de-
colapsos.

El conjunto suelo-cimentación-estructura a nivel
proyecto deberá recibir supuestos y simulaciones más --
realistas para afinar los detalles de diseño.

No basta un análisis computarizado muy bien deta-
llado, ya sea estático o dinámico, con los programas --
disponibles para obtener buenas edificaciones, si no --
que se requiere de criterio y experiencia en el momento
de detallar procedimientos, de supervisar y de ejecutar;
se trata de que el que diseñe la estructura debe tam--
bién supervisarla. ya que la labor del Ingeniero estruc-
turista no termina en el cálculo, es también su respon-
sabilidad que se cumpla y se ejecute lo que él diseñó,-
tal y como lo planeó.

Es preciso manifestar que se considera un ejer-
cicio inútil llevar a cabo cálculos minuciosos para de-
terminar el mecanismo que causó cada derrumbe, ya que -
cualquier Ingeniero con criterio y experiencia podría -
haber anticipado cuales edificaciones iban a fallar. Es
más importante aprender a través del estudio minucioso-
de aquellos edificios bien diseñados y bien construidos
que tuvieron pocos daños, y difundir ese aprendizaje en-
tre los Arquitectos, Ingenieros y Constructores Mexica-
nos.

En cuanto a la participación humana en el proce-
so de diseño y construcción de edificaciones, se deberá
hacer lo siguiente:

Los autores del proyecto arquitectónico deberán ser menos audaces en cuanto a asimetrías y soluciones complejas.

Los propietarios deberán asegurarse de que tanto proyectistas como constructores estén caracterizados -- por la mayor seguridad profesional en currículum y práctica.

El diseñador estructural deberá realizar los estudios y verificaciones necesarias para asegurar un --- buen proyecto.

El contratista deberá anteponer la calidad de -- los materiales, los procedimientos, la mano de obra y -- de la propia estructura a cualquier otro factor de carácter económico o temporal.

El supervisor (Cuya existencia es siempre recomendable, e indispensable en estructuras importantes)-- detectará y notificará todas las irregularidades o deficiencias que pudieran implicar riesgos futuros, y cumplirá y hará cumplir escrupulosamente las técnicas más avanzadas en materia de construcción; por supuesto deberá tener la preparación idónea para ello.

Las autoridades deberán ser lo suficientemente responsables y rigurosas para exigir el cumplimiento estricto de los reglamentos en los términos que éstos establezcan.

Los investigadores deberán estrechar su vinculación con instituciones académicas, constructoras y consultoras para dar mayor fecundidad a sus esfuerzos.

Los catedráticos deberán redoblar su trabajo,--- con la finalidad de generar cada vez más mejores educandos y constructores, a la luz de las lamentables experiencias sufridas.

Los Propietarios de inmuebles terminados deberán tener conciencia de que cambios irresponsables de uso - pueden generar pérdidas materiales y sobre todo humanas, irreparables.

BIBLIOGRAFIA

MANUAL PARA EVALUAR DAÑOS CAUSADOS
POR SISMOS EN ESTRUCTURAS.

MENDOZA C.J.

MEXICO, D.F., 1982.

MANUAL PARA EVALUAR DAÑOS CAUSADOS
POR SISMOS EN EDIFICIOS DE CONCRETO REFORZADO.

LOERA S.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

MEXICO, D.F., 1982.

MANUAL DE DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS.

BAZAN Z.E. Y MELI P.R.

ED. LIMUSA 1a. EDICION

MEXICO, D.F., 1985.

NORMAS DE EMERGENCIA EN MATERIA DE
CONSTRUCCION PARA EL DISTRITO FEDERAL.

DIARIO OFICIAL, TOMO CCCXCII No. 34

MEXICO, D.F., 1985.

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA
EL DISTRITO FEDERAL.

LEYES Y CODIGOS DE MEXICO

NOVENA EDICION; ED. PORRUA

MEXICO, D.F., 1988.

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS
DE MAMPOSTERIA.
NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL
REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO
FEDERAL.
INSTITUTO DE INGENIERIA U N A M
MEXICO, D.F., 1977.

CIMBRAS
APUNTES SOBRE DISEÑO Y CONSTRUCCION.
ALCARAZ L.F.
MEDINA R.S.
I M C Y C
MEXICO, D.F., 1979.

REPARACION Y REFUERZO DE EDIFICIOS DAÑADOS
POR EL SISMO DEL 3 DE MAYO DE 1965 EN LA -
CIUDAD DE SAN SALVADOR, EL SALVADOR.
GUERRERO V.G.
INGENIERIA U N A M VOL. XXXVI, No. 1
MEXICO, D.F., 1966.

REFUERZOS Y REPARACIONES.
LAS RESINAS EPOXI EN LA CONSTRUCCION.
INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA
CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO.
FERNANDEZ CANOVAS C.
MADRID, ESPAÑA, 1974.

PROCEDIMIENTOS DE REPARACION DE
ESTRUCTURAS DAÑADAS POR SISMOS.
PRIMERA ETAPA
HERNANDEZ B.O.
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, D.G.C.O.H.
MEXICO, 1980.

REPARACION DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERIA
DAÑADAS POR SISMO.
MENDOZA, C.J. Y MONTERO
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, S.A.H.O.P.
MEXICO, 1982.

REPARACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
FALCON, BAVER
SIMPOCIO INTERNACIONAL SOBRE TECNOLOGIA
DEL CONCRETO.
MONTERREY, N.L., 1977.

REPARACION DE ESTRUCTURAS FISURADAS.
PRETENSADO RESINAS EPOXI
RIPOLL, J.
HORMIGON Y ACERO No. 112, 3er. TRIMESTRE
ESPAÑA, 1974.

TRATAMIENTO DE LAS FISURAS DEL HORMIGON
CON INYECCION DE RESINAS.
INFORMES DE LA CONSTRUCCION
AÑO XXVI, No. 252
ESPAÑA, 1973.

DURABILIDAD DEL CONCRETO (ACI-201)
NUEVA SERIE. IMCYC, NS-20, 1979.

OBTENCION PRUEBA DE CORAZONES Y VIGAS
EXTRAIDOS DE CONCRETO ENDURECIDO.
(NOM -C-1972-1979)
NORMA OFICIAL MEXICANA
MEXICO, 1978.

INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.
CONCRETO ENDURECIDO.DETERMINACION DE LA
RESISTENCIA A LA PENETRACION (NOM-C-301-1980)
NORMA OFICIAL MEXICANA.
MEXICO, 1980.

FORMAS PARA LA INSPECCION DE ESTRUCTURAS
DAÑADAS POR SISMOS.
U.A.M.-AZCAPOTZALCO, C.I.C.M., D.D.F. (2 VERSIO
NES), S.E.D.U.E., DELEGACION CUAHUTEMOC.

LISTA DE PUBLICIDAD SOBRE RESINAS.
SIKA MEXICANA, S.A.
ESPECIALIDADES EPOXICA E INDUSTRIALES, S.A.
DURO ROCK, S.A.
POLDI, S.A.
FESTER DE MEXICO, S.A.
ADICIONANTES PARA CONCRETO, S.A.

LISTA DE PUBLICIDAD SOBRE ADITIVOS Y
ADHESIVOS PARA CONCRETO.
FESTER DE MEXICO, S.A.
SIKA MEXICANA, S.A.
POLDI, S.A.
DURO ROCK, S.A.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y CONCRETO
REVISTAS NUMERO: 45, 101, 174, 175, 176, 178, 181, 184,
193, 196 Y 197.

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA.
REVISTAS NUMERO: 82 Y 123.

CURSO PARA RESIDENTES DE CONSTRUCCION.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
PALACIO DE MINERIA
MEXICO, D. F., 1988.

SUPERVISION DE OBRAS.
TESIS PROFESIONAL
ING. HERIBERTO SALAZAR GARCIA
FACULTAD DE INGENIERIA U N A M.
MEXICO, D.F., 1988.