

19
22j



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN
EDIFICIOS DAÑADOS POR SISMOS

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a n

Luis Antonio Attias Bernardez
Miguel Ruiz Díaz

Director de Tesis:
ING. MIGUEL MORAYTA MARTINEZ

MEXICO, D. F.

1991



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE:

	Pagina
Capítulo I.-Introducción.....	2
Figuras.....	5
Capítulo II.-Zonas nuevas de influencia sismica en el D.F.....	6
Figuras.....	11
Capítulo III.-Proyecto de reconstruccion.....	12
III.1.-Evaluacion de daños.....	12
III.2.-Procedimientos inmediatos.....	13
III.3.-Calculo Estructural.....	13
Capítulo IV.-Procedimientos constructivos.....	16
IV.1.-Cimentacion.....	16
IV.2.-Construccion de elementos es- tructurales nuevos.....	19
IV.3.-Reconstruccion de elementos estructurales.....	24
Figuras.....	27
Capítulo V.-Comportamiento de los edificios de Izazaga # 117 y Vallarta # 7 ante el sismo de abril de 1989.....	28
Capítulo VI.-Comentarios y conclusiones.....	29
Bibliografia.....	30

Capítulo I.-Introducción:

A raíz de los sismos que se produjeron en Septiembre de 1985 hubo varias construcciones que sufrieron daños en la Ciudad de México.

Los daños fueron de diferentes magnitudes por lo que se tomaron medidas distintas al respecto, como fue la demolición de algunos edificios y la reconstrucción de otros.

En lo que se refiere a lo segundo, hay gran cantidad que aun siguen sin reparar, por lo cual surgió la idea de hacer un manual de procedimientos constructivos en base a la experiencia obtenida sobre la reconstrucción ya hecha de algunos de ellos, para que sirva como guía y ayuda a la gente que se enfrenta a este problema.

El tema central de esta tesis sera, el dar a conocer los procedimientos constructivos a seguir, tratando de evitar los errores ya cometidos y planteando una manera eficaz de resolver el problema.

Para poder llegar a esto, necesitamos antes conocer cierto tipo de antecedentes de los sismos como son: causa y origen de los mismos, efectos que causan sobre las estructuras, acciones inmediatas a seguir, evaluación de los daños, reestructuración de proyectos (estructurales principalmente), etc.

En lo que a sismos se refiere, queremos recordar algunos conceptos. Nosotros entendemos por sismo: El desplazamiento abrupto de ciertas partes de la corteza terrestre. La razón básica de tales desplazamientos es aún materia de especulación.

Una de las principales teorías es la tectónica de placas. Esta teoría postula que la actividad geológica se limita a la fronteras de las placas. La actividad en estas fronteras es producida por las teorías movilizadas que estudian

la geología de las dorsales oceánicas, fosas marítimas y enormes fallas transformantes y del origen de los continentes.

El movimiento que se provoca en los límites de las placas puede darse de tres formas:

- 1.-Deslizamiento de una con respecto a la otra
- 2.-A lo largo de los límites de las placas se separan una de la otra.
- 3.-Límites en los cuales las placas convergen.

También es importante mencionar la teoría de la subducción, la cual establece que la corteza terrestre penetra dentro del manto produciendo zonas frágiles en las cuales se pueden generar volcanes.

Estos lugares son típicas zonas sísmicas que dan origen a la creación de cordilleras.

Nuestro país se ve principalmente afectado por la placa de Cocos que por el fenómeno de subducción penetra en la placa de Norteamérica, generando la actividad sísmica principal.

Otra zona sísmica de gran importancia es la falla de San Andrés, donde las placas se encuentran sometidas a esfuerzo cortante.

Las fosas oceánicas se crean donde hay subducción. La cordillera interoceánica del Atlántico es la zona de nacimiento de la corteza terrestre. Este inicio o nacimiento empuja a todas las demás placas causando trastornos.

El movimiento que se produce entre las fallas puede llegar a medirse con métodos bastante sencillos, por ejemplo, que la falla de San Andrés ha tenido un movimiento constante de varios centímetros por año.

A continuación se presenta la localización de las diferentes placas que existen en el mundo. (Fig. I.1).

FIGURA I.1

La liberación abrupta de la energía provocada por un sismo genera fuertes vibraciones en las rocas. Las ondas de expansión y compresión alternativas (ondas longitudinales) se propagan en todas direcciones.

Las ondas primarias u ondas "P" debido a su velocidad superior, son las primeras en llegar a los puntos distantes del lugar donde se origina el temblor.

Por otro lado, existen ondas provocadas por los movimientos a fallantes, y entran en oscilación en ángulos rectos a la dirección de la transmisión de la onda, estas ondas transversales son llamadas ondas secundarias u ondas "S", y se mueven con menor rapidez que las ondas "P".

Existe un tercer tipo de onda, provocada a partir del epicentro y tienen una mayor longitud de onda, estas son llamadas ondas largas u ondas "L".

Cuando se presenta un sismo y estas ondas llegan a una estructura es cuando aparecen los problemas.

Estos problemas consisten en que las ondas producen ciertos desplazamientos a las estructuras las pueden entrar en resonancia y llevar al colapso al edificio.

Que es hacer entrar en resonancia a una estructura?

Toda estructura tiene un modo y un periodo de vibrar; cuando el producido por el sismo (suelo), es del mismo valor que el del edificio se presenta el fenómeno de resonancia.

Los desplazamientos del suelo producidos por el sismo aceleran las masas de las estructuras produciendo fuerzas horizontales y los desplazamientos proporcionales a dichas fuerzas.

Los principales daños que se pueden presentar en caso de ser muros de rigidez las fallas serán diagonales hasta producir el colapso. Cuando se trate de marcos continuos, las fallas serán por cortante en muros o columnas.

Nosotros cuando diseñamos un edificio afectamos nuestro cálculo por un coeficiente sísmico y nos ayudamos de un espectro de diseño.

Como todos sabemos a partir de los sismos del 85' se tuvo la necesidad de cambiar el reglamento de construcciones del Distrito Federal.

Este nuevo reglamento expidió unas "Normas Técnicas Complementarias Para Diseño por Sismo", en las cuales se manejan los nuevos factores reductivos, espectros de diseño, factores de comportamiento sísmico y nuevas zonas de influencia para el Distrito Federal lo cual abordaremos en el siguiente capítulo.

En esta tesis se pondrán como ejemplo dos edificios reconstruidos por Constructora Ruiz Allende S.A. de C.V.

El primero de ellos, al cual haremos las mayores referencias, está ubicado en la calle de Izazaga # 117, en el primer cuadro de la ciudad.

Es un edificio de 15 niveles y 2345 m² de construcción. En el dictamen se dijo que se debía demoler, sin embargo a petición de los dueños se reconstruyó.

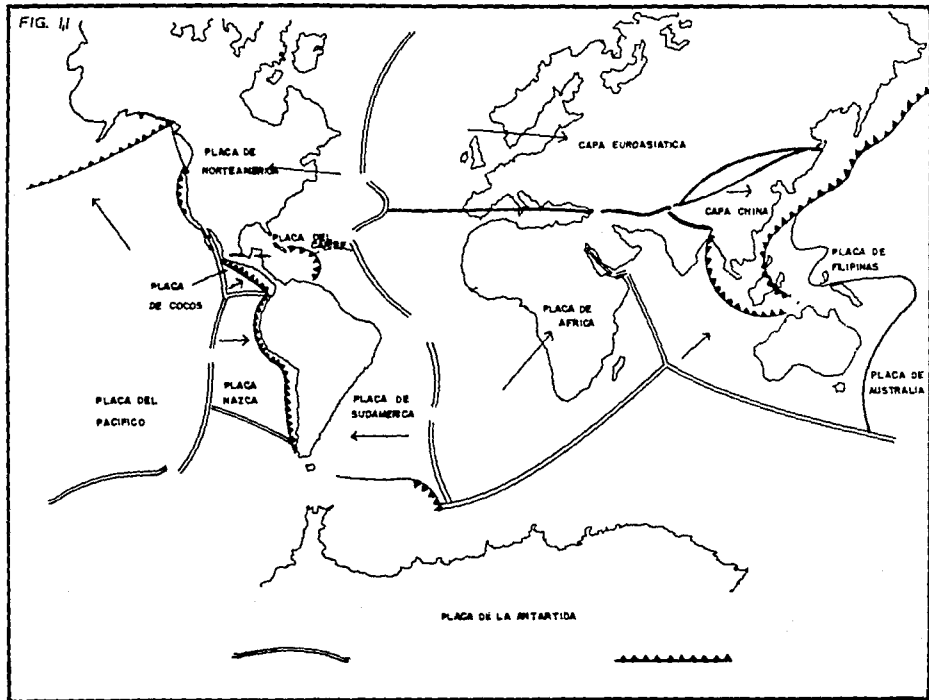
El segundo edificio está ubicado en la calle de Vallarta # 7 a espaldas del monumento a la Revolución. Tenía siete niveles, con un área de construcción de 1234 m², del cual se demolieron tres niveles y se reconstruyeron los otros cuatro.

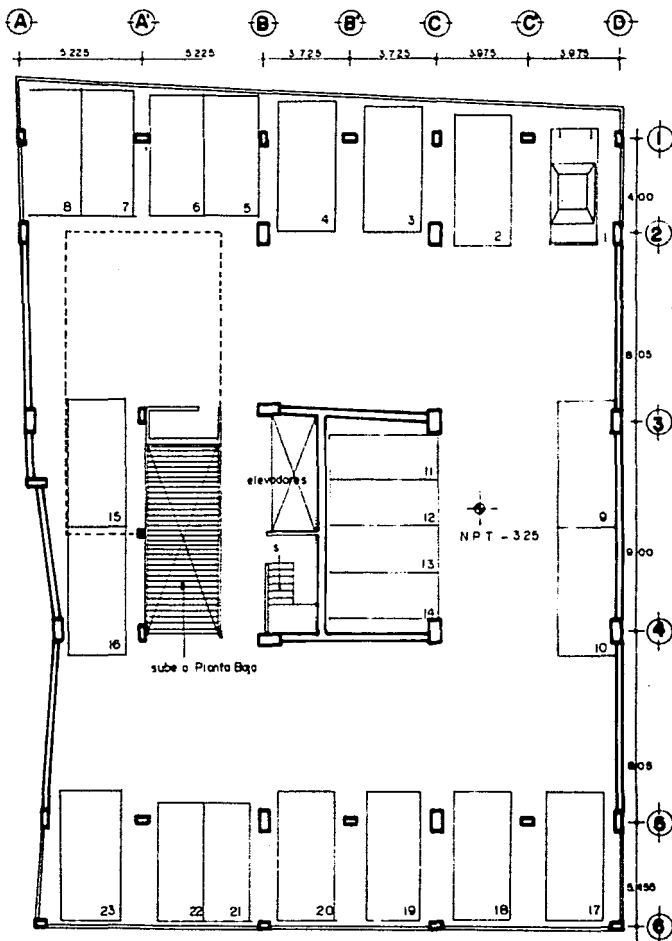
A cargo del proyecto estructural de reconstrucción del edificio situado en Izazaga # 117 estuvo el Ing. Juan Montalvo G. profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Y del edificio de Vallarta # 7 el Ing. Miguel Rivero reconocido calculista.

A continuación se presentan las plantas arquitectónicas de ambos edificios.

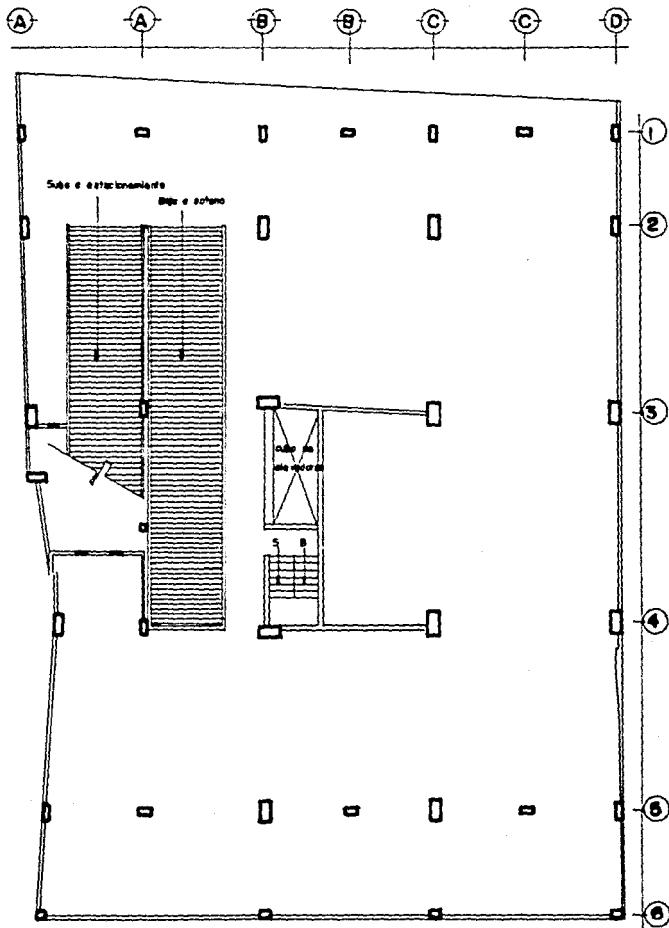
FIG. 11





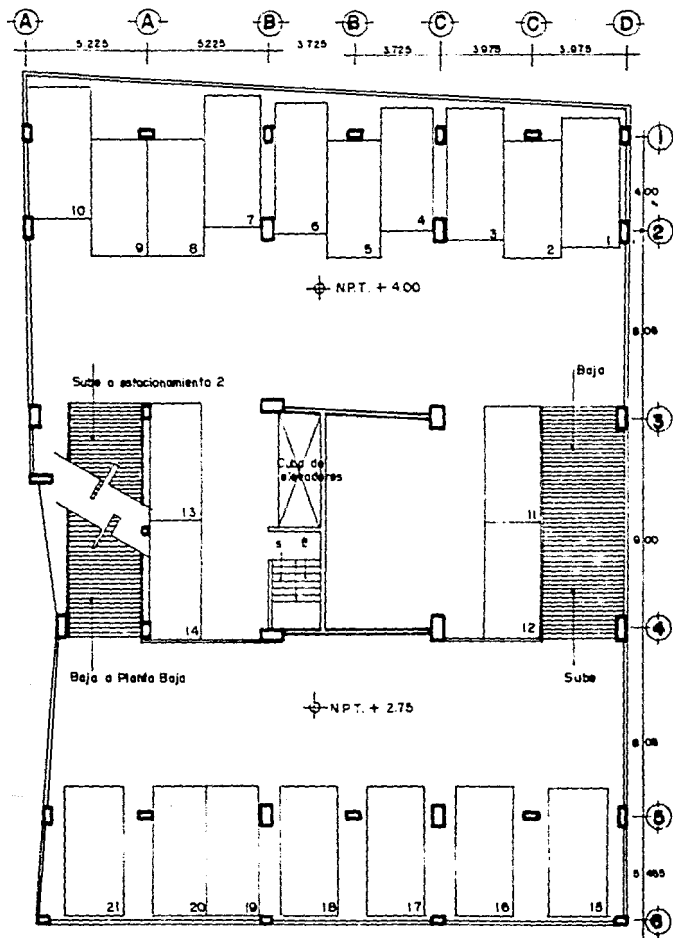
PLANTA SOTANO

Edificio	EDIFICIO COMERCIAL	A-1
Dibujado por	J.M. IZAZAGA 117	
Proyectado por	PROMOT DE INVER IZAZAGA	
	MARZO 1980	



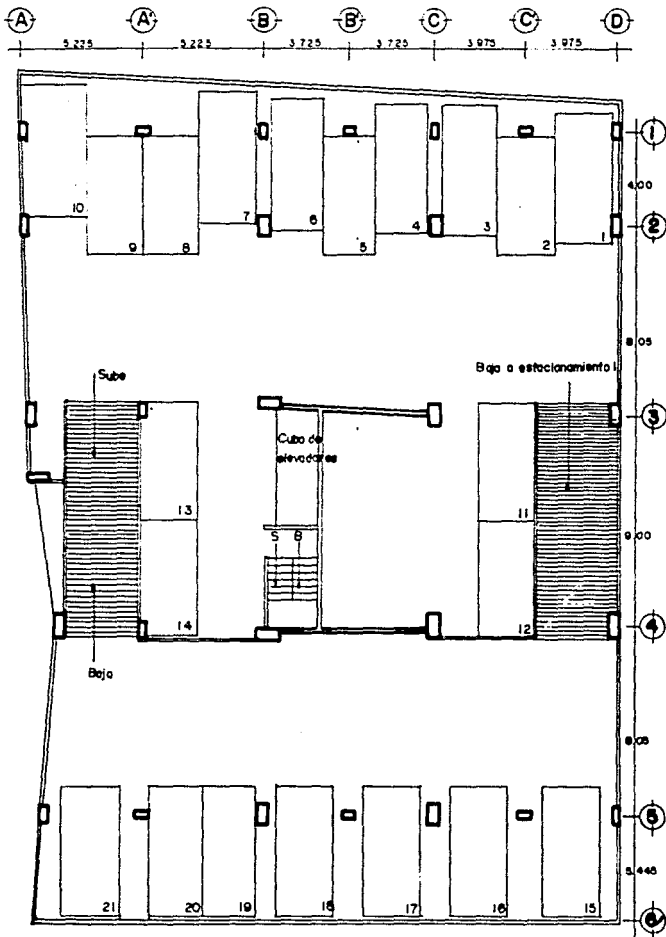
PLANTA BAJA

PROY.	EDIFICIO COMERCIAL	A-2
DISEÑO	J. M. IZAZAGA	
PROMOTOR	PROMOT. DE INVER. IZAZAGA	
		MARZO-1989



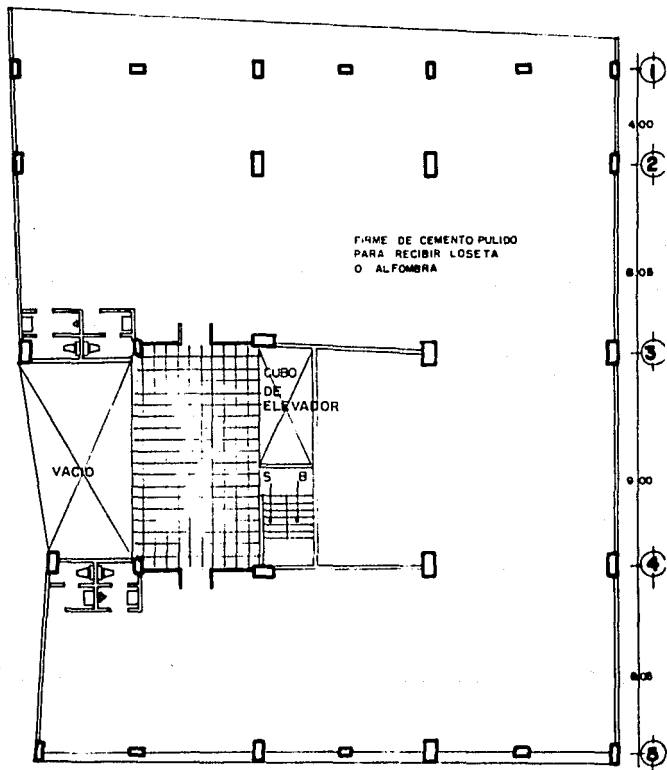
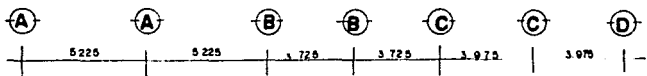
PLANTA ESTACIONAMIENTO I

Obra:	EDIFICIO COMERCIAL	A-3
Ubicación:	J. M. IZAZAGA 117	
Arquitecto:	PROMOT. DE INVER. IZAZAGA	
		MARZO-1989



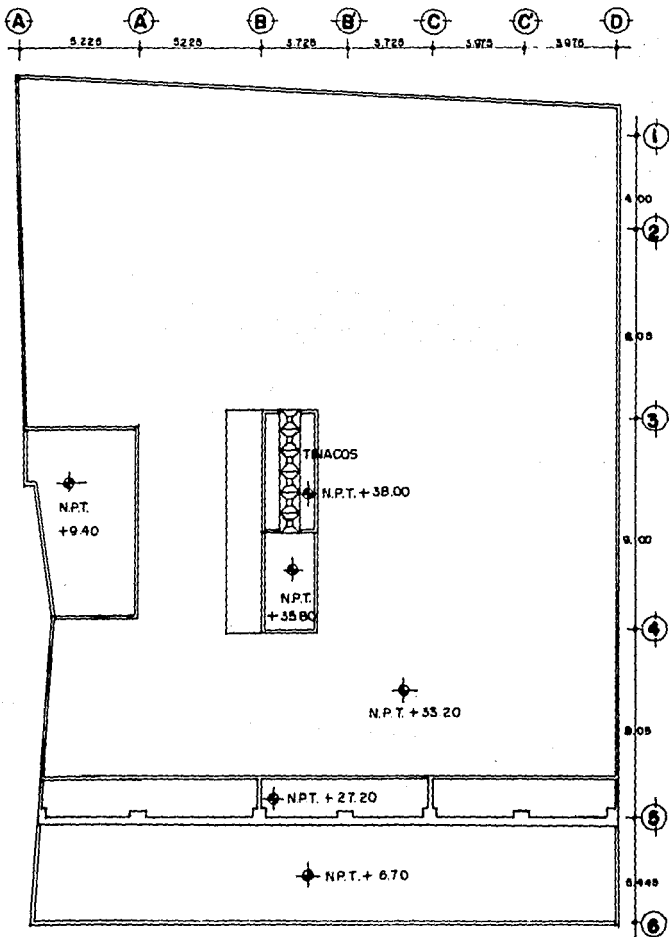
PLANTA ESTACIONAMIENTO 2

TIPO	EDIFICIO COMERCIAL	A-4
DISEÑADOR	JM. IZAZAGA 117	
PROPIETARIO PROMOT. DE INV.	IZAZAGA	
	MARZO-1989	



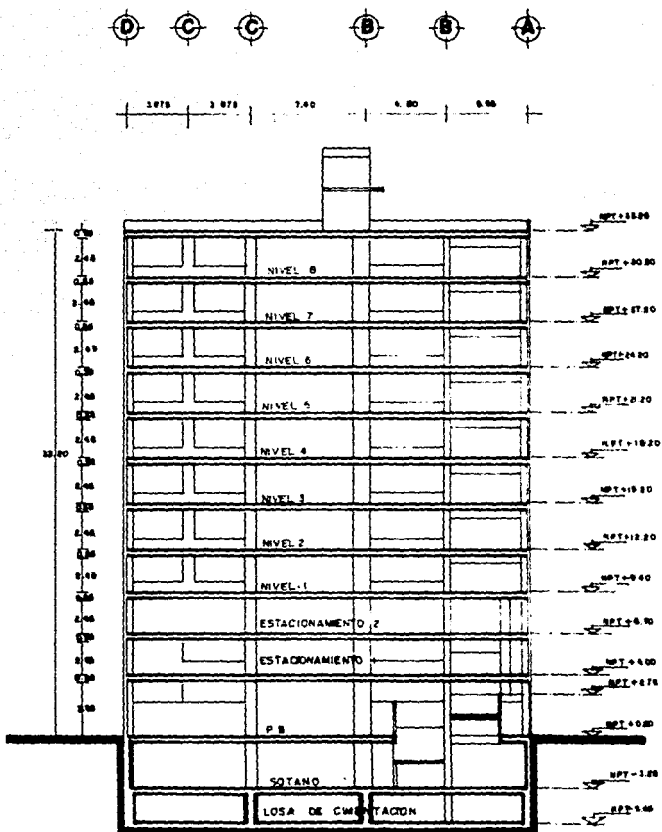
PLANTA TIPO

obra	EDIFICIO COMERCIAL	A-5
direccion	J.M. IZAZAGA No 117	
propietario	PROMOTORA DE INVER. IZAZAGA	
		MARZO - 1989



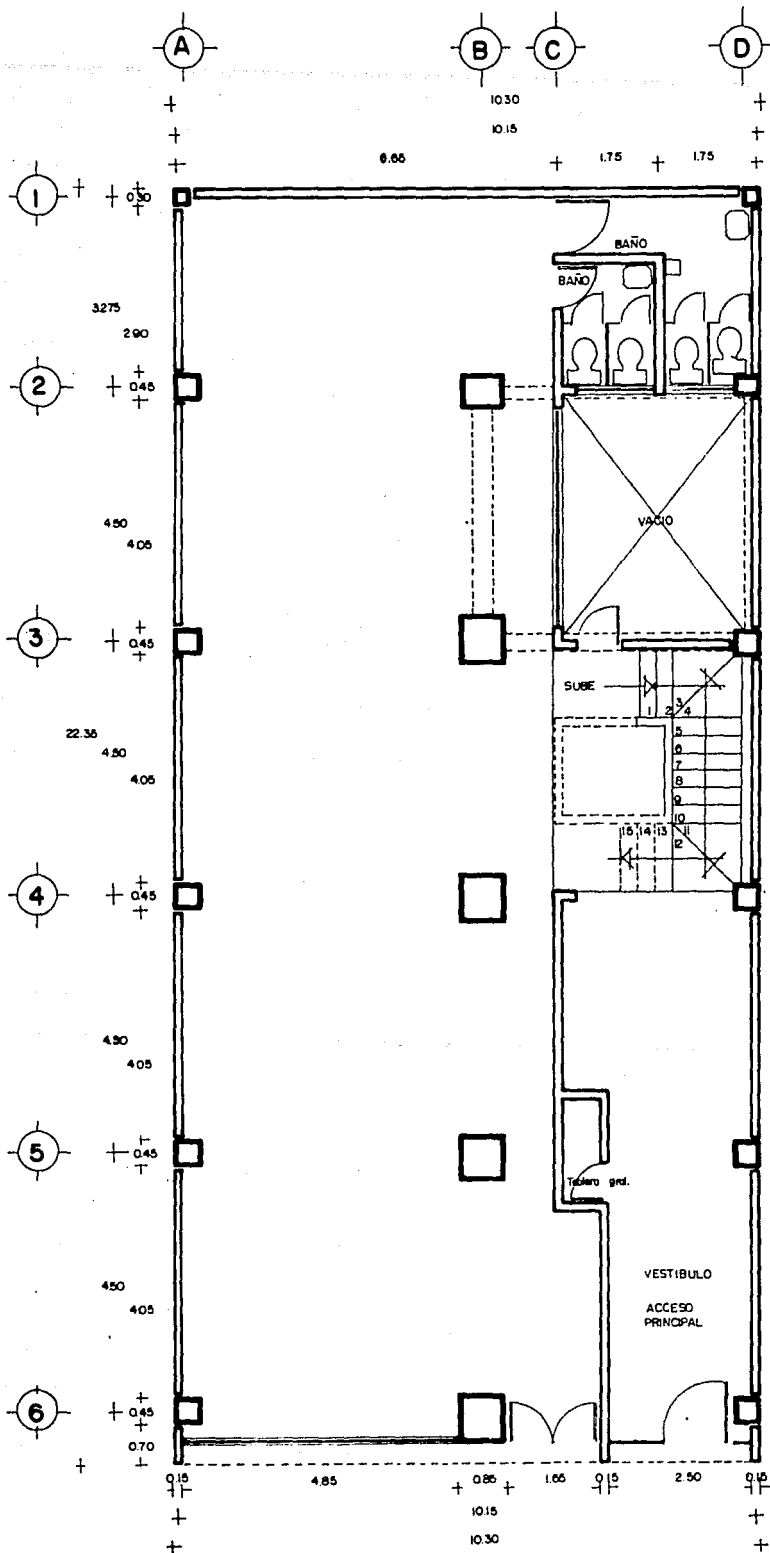
PLANTA AZOTEA

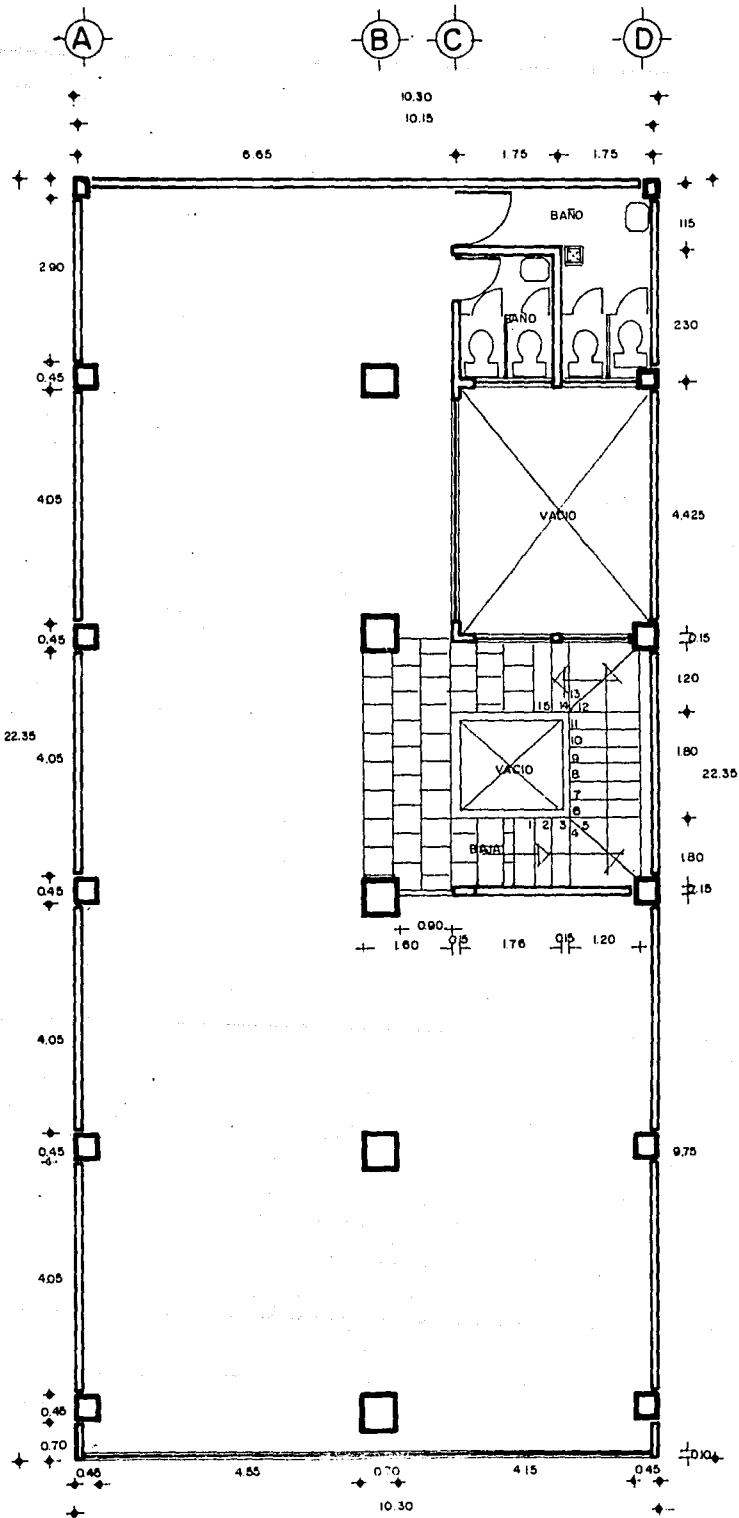
Obra	EDIFICIO COMERCIAL
Diseñador	J.L. IZAZADA 117
Propietario	PROMOT. DE INVER. IZAZADA
	MARZO- 1999



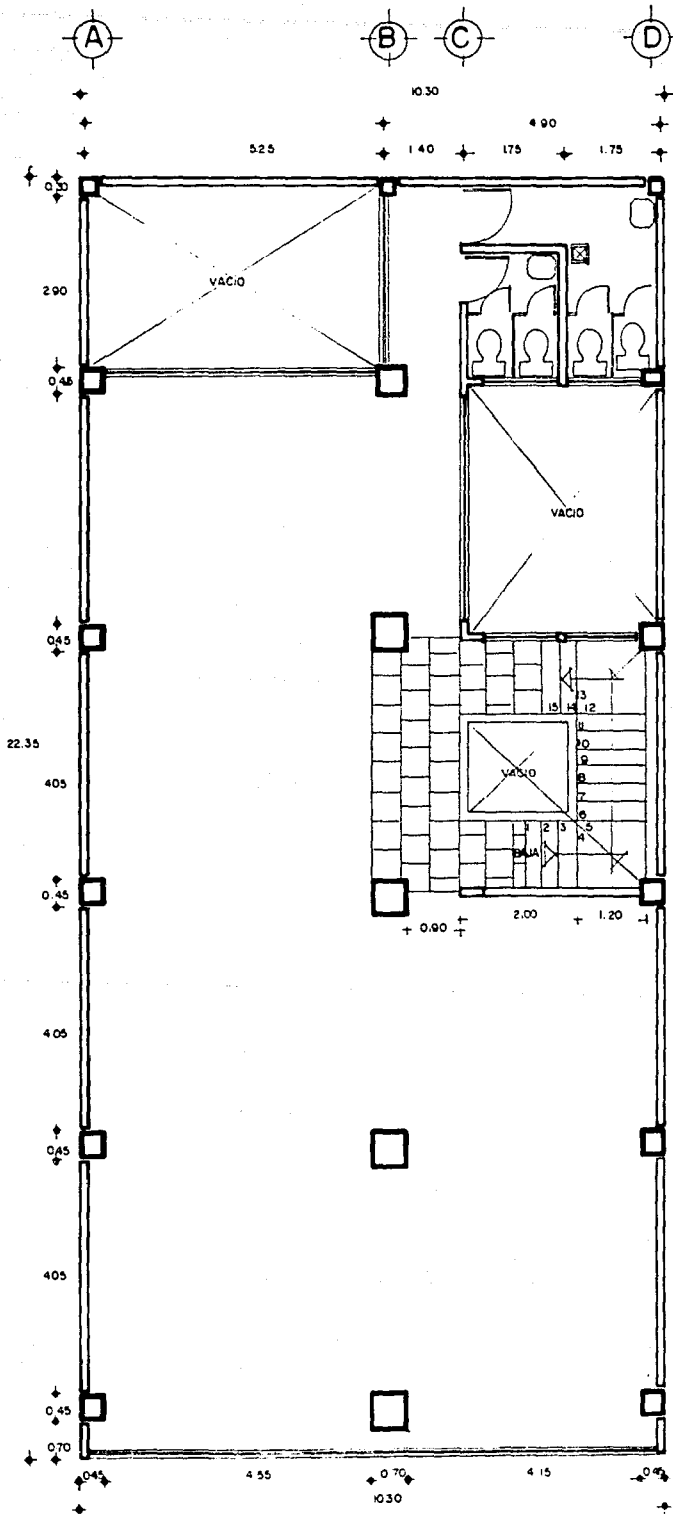
CORTE

PROYECTO	EDIFICIO COMERCIAL	A-7
ARQUITECTO	J.M. IZAZAGA, A.T.	
PROYECTADO EN	PROMOT. DE INVER. IZAZAGA	
	MARZO - 1989	





PLANTA nivel Mezanine



PLANTA TIPO

obra. EDIFICIO DE OFICINAS
 ubicación: VALLARTA no. 7 Col. TABACALERA

Capítulo II.-Zonas Nuevas De Influencia Sísmica En El D.F.:

El nuevo reglamento hace una nueva zonificación Geotécnica de los suelos de la ciudad de México dividiéndolo en tres tipos principales los cuales se muestran a continuación:

Figura II.1

Con la ubicación de nuestra obra podemos determinar el tipo de zona en el que estamos y así cumplir con los siguientes requisitos:

(Cita de las NTC Cimentaciones Pagina 10 y 11).

"REQUISITOS MINIMOS PARA LA INVESTIGACION DEL SUBSUELO:

A.Construcciones Ligeras o Medianas De Poca Extension y con Excavaciones Someras.

Son de esta categoría las edificaciones que cumplen los siguientes tres requisitos:

Peso unitario medio de la estructura $w \leq 5 \text{ t/m}^2$

Perímetro de la construcción $P \leq 80 \text{ m}$ en las Zonas I y II, o

$P \leq 120 \text{ m}$ en la Zona III

Profundidad de Desplante $D_r \leq 2.5 \text{ m}$

Zona I

1.-Detección por procedimientos directos, eventualmente apoyados en métodos indirectos, de rellenos sueltos, galerías de minas, grietas y otras oquedades.

2.-Pozos a cielo abierto para determinar la estratigrafía y propiedades de los materiales y definir la profundidad de desplante.

3.-En caso de considerarse en el diseño del cimiento un incremento neto de presión mayor de 8 t/m^2 , el valor recomendado deberá justificarse a partir de resultados de las pruebas de laboratorio o de campo realizadas.

En base al nuevo reglamento también se especifican los nuevos espectros para diseño que debemos de utilizar así como el factor de reducción y comportamiento sísmico los cuales se citan a continuación de las Normas Técnicas Complementarias de diseño por sismo vigentes:

" 3. ESPECTROS PARA DISEÑO SISMICO

Cuando se aplique el análisis dinámico modal que especifica la sección 9 de estas normas, se adoptarán las siguientes hipótesis para el análisis de la estructura:

La ordenada del espectro de aceleraciones para diseño sísmico, a , expresada como fracción de la gravedad, está dada por las siguientes expresiones:

$a = (1 + 3T/T_a)c/4$, si T es menor que T_a

$a = c$ si T está entre T_a y T_b

$a = (T_b/T)^r$

T es el periodo natural de interés; T ; T_a y T_b están expresados en segundos; c es el coeficiente sísmico, y r un exponente que depende de la zona en que se halla la estructura.

El coeficiente c se obtiene del artículo 206 del Reglamento, salvo que en la parte sombreada de la zona II en la figura 3.1 se tomará $c=0.4$ para las estructuras del grupo B y $c=0.6$ para las del A.

T_a, T_b y r se consiguen en la tabla 3.1

TABLA 3

Tabla 3.1

Valores de T_0 , T_b y r

ZONA	T_0	T_b	r
I	0.2	0.6	1/2
II*	0.3	1.5	2/3
III†	0.6	3.9	1

* no sombreado en la figura 3.1

† y parte sombreada de la zona II en la figura 3.1

4. REDUCCION DE FUERZAS SISMICAS

4. FACTOR REDUCTIVO

Con fines de diseño, las fuerzas sismicas para analisis estático y las obtenidas del análisis dinámico modal empleando los metodos que fijan estas normas se podrán reducir dividiendolas entre el factor reductivo Q. En el diseño sismico de estructuras que satisfagan las condiciones de regularidad que fija la seccion 6 de estas normas, Q' se calculará como sigue:

$Q' = q$ si se desconoce T o si éste es mayor o igual que T_a

$Q' = 1 + (T/T_a) * (Q-1)$, si T es menor que T_a

T se tomará igual al periodo fundamental de vibración cuando se emplee el método estático e igual al periodo natural de vibración del modo que se considere cuando se emplee el método de análisis modal de la sección 9, y T_a es un periodo característico del espectro de diseño que se define en la sección 3.

En el diseño sismico de estructuras que no satisfaga las condiciones de regularidad que fija la sección 6 de estas normas, se multiplicará por 0.8 el valor de Q'.

Las deformaciones se calcularán multiplicando por Q las causadas por las fuerzas sismicas reducidas cuando se emplee el método estático de analisis que se detalla en la sección 8 de las presentes normas o el de analisis modal de la sección 9.

Quando se adopten dispositivos especiales capaces de disipar energía por amortiguamiento o comportamiento inelástico, podrán emplearse criterios de diseño sismico que difieran los aquí especificados, pero congruentes con ellos, si se demuestran a satisfacción del departamento tanto la eficacia de los dispositivos o soluciones estructurales como la validez de los valores del amortiguamiento y de Q' que se propongan.

5. FACTOR DE COMPORTAMIENTO SISMICO

Se adoptarán los siguientes valores del factor de comportamiento sísmico a que se refieren la sección 4 de estas normas y el artículo 207 del Reglamento:

I. Se usará $Q=4$ cuando se cumplan los requisitos siguientes:

1. La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero o de concreto reforzado, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado en los que en cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 por ciento de la fuerza sísmica actuante.

2. Si hay muros ligados a la estructura en la forma especificada en el caso I del artículo 204 del reglamento, éstos se deben tener en cuenta en el análisis, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si estos muros son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.

3. El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más del 35 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular los muros que se hallan en el caso I a que se refiere el artículo 204 del Reglamento.

4. Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan las normas complementarias correspondientes para marcos dúctiles.

5. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas complementarias correspondientes.

II. Se adoptará $Q=3$ cuando se satisfacen las condiciones 2, 4 y 5 del caso I y en cualquier entrepiso dejan de satisfacer las condiciones 1 o 3 especificadas para el caso I pero la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzado, por muros de este material, por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera contrachapada. Las estructuras con losas planas deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.

III. Se usará $Q=2$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, contraventeados o no, o muros o columnas de concreto reforzado, que no cumplen en algún entrepiso lo especificado por los casos I y II de esta sección, o por muros de mampostería de piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o trabes de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las normas complementarias respectivas, o diafragmas construidos con duelas inclinadas o por sistemas de muros formados por duelas de madera horizontales o verticales combinados con elementos diagonales de madera maciza. También se usará $Q=2$ cuando la resistencia es preesforzada, con las excepciones que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.

IV. Se usará $Q=1.5$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior, que satisfacen los requisitos de las normas complementarias respectivas, o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos II y III, o por marcos y armaduras de madera.

V. Se usará $Q=1$ en las estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos o materiales diferentes de los de arriba especificados, a menos que se haga un estudio que demuestre, a satisfacción del Departamento, que se puede emplear un valor más alto que el que aquí se especifica.

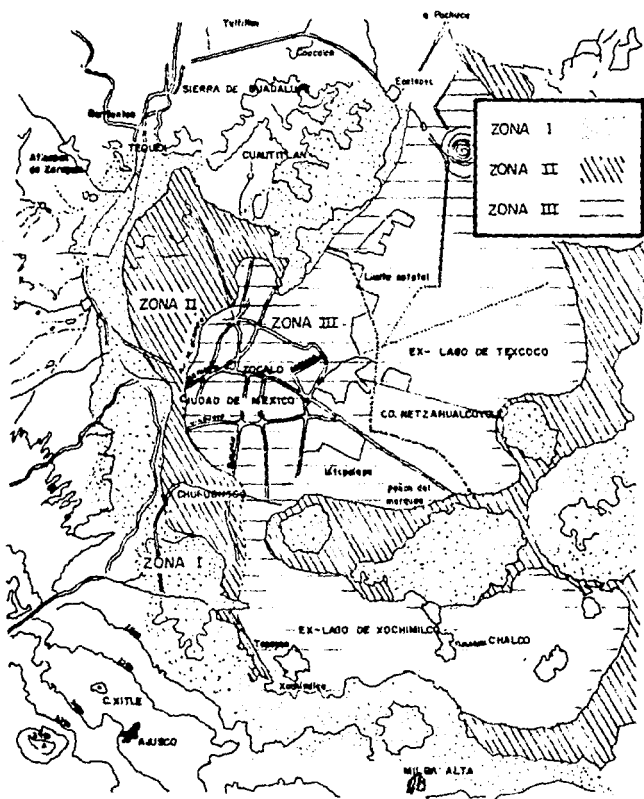
En todos los casos se usará para toda la estructura la dirección de análisis el valor mínimo de Q que corresponde a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.

El factor Q puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones."

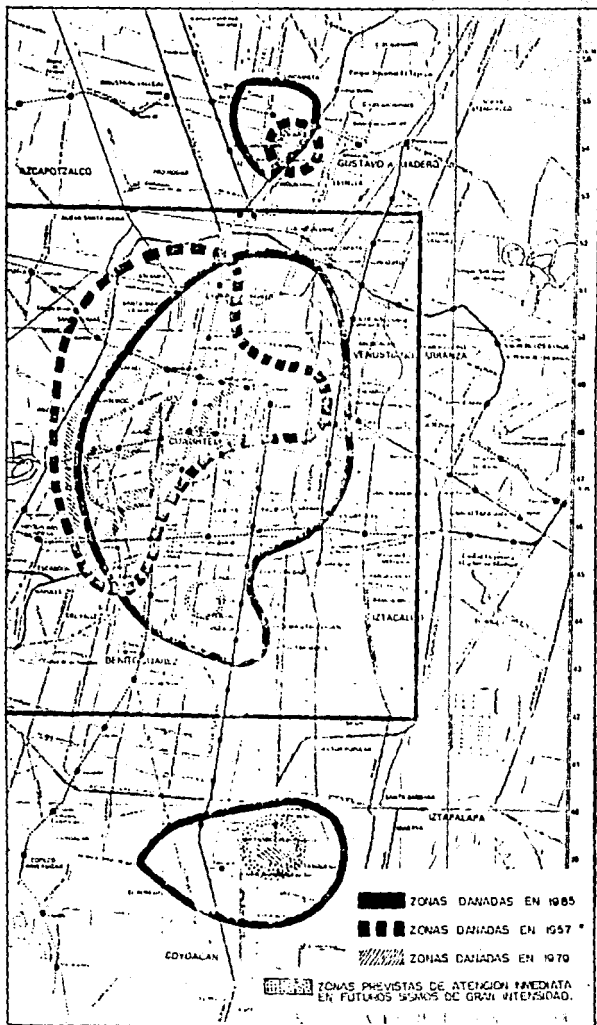
Basicamente son los factores que se deben de tomar en cuenta como nuevos al reglamento anterior, ya que son los que nos modifican los métodos de análisis sísmico de edificios.

A continuación se presentan los planos de las nuevas zonas sísmicas de influencia proporcionados por el Departamento del Distrito Federal, y unas estadísticas en las que se enseñan el número de edificios dañados por el sismo de '65, cuales se deben de demoler, de reparar o no se les ha hecho nada.

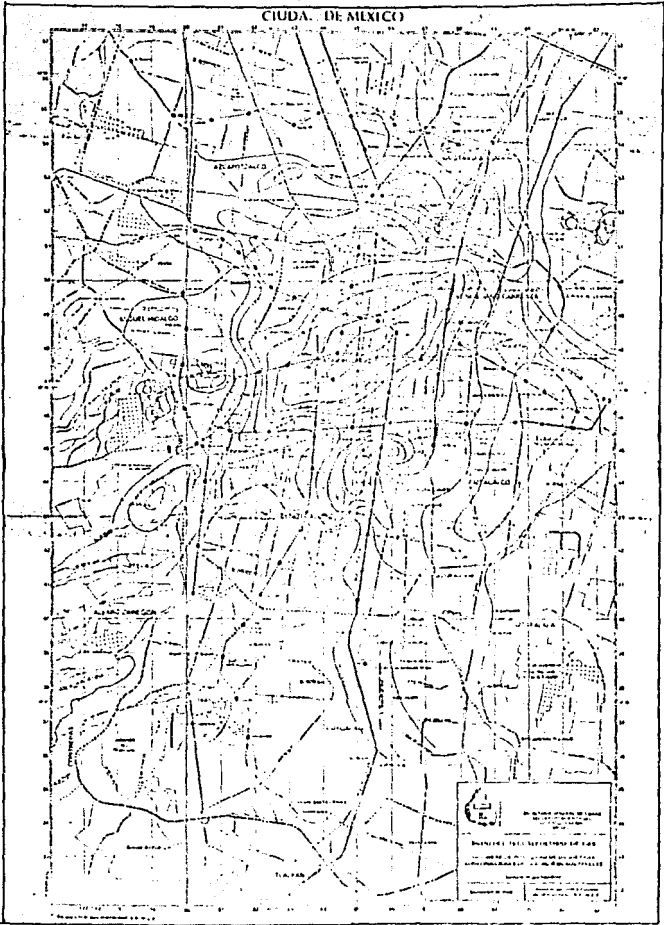
II.1



ZONIFICACION GEOTECNICA DE LA CIUDAD DE MEXICO



CIUDA. DE MEXICO



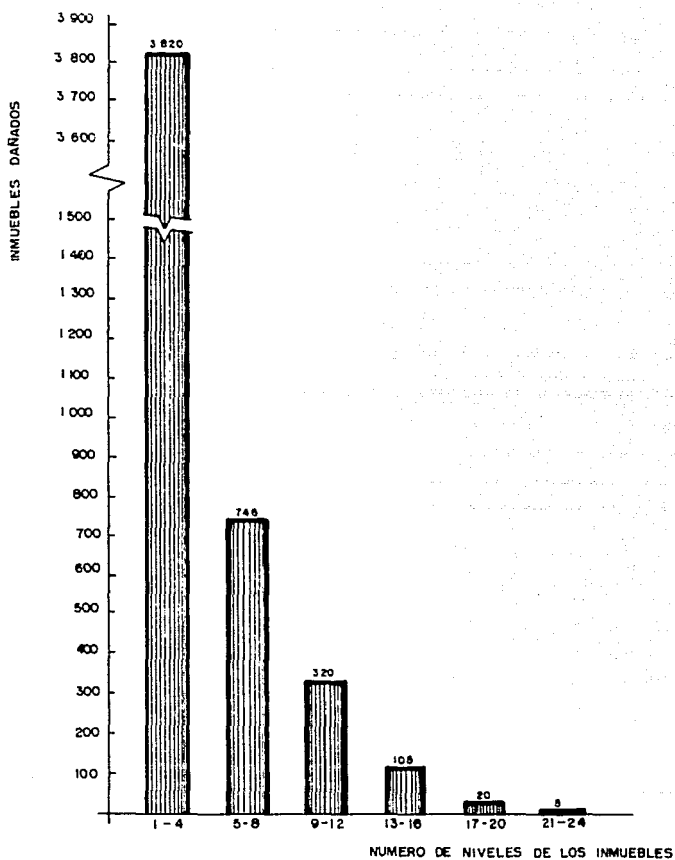


FIG. II. 4 - NUMERO DE INMUEBLES DAÑADOS SEGUN SU ALTURA EN NIVELES.

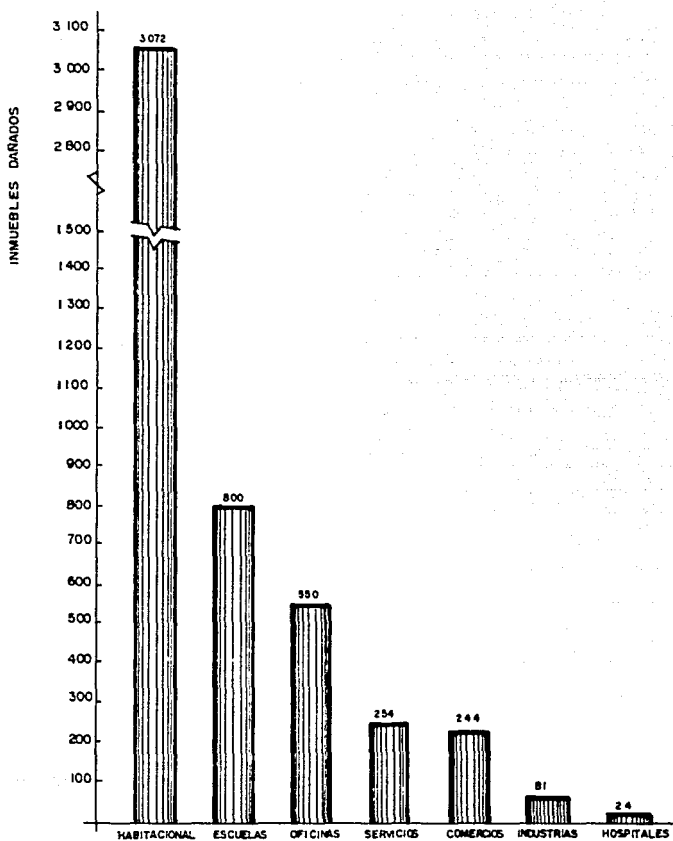


FIG. II.5 _ USO AL QUE SE DESTINABAN LOS INMUEBLES DAÑADOS.

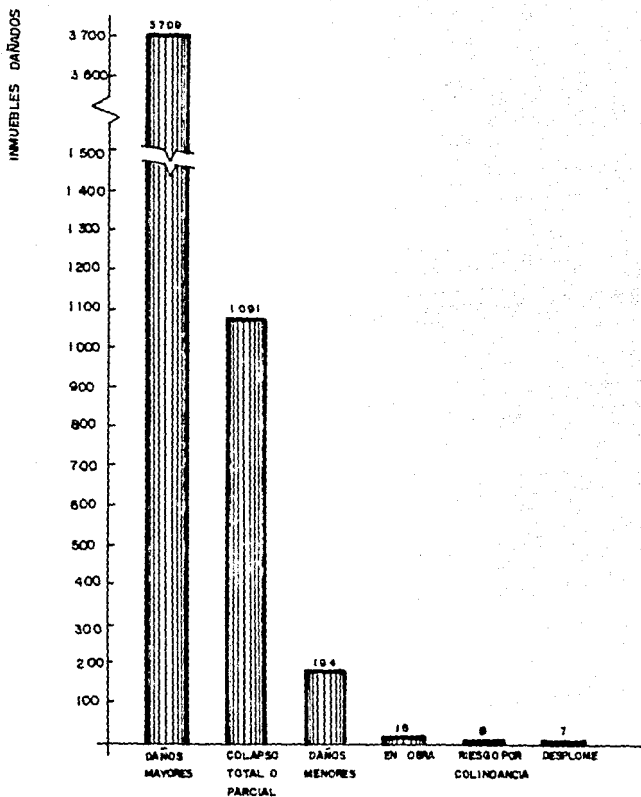


FIG. II. 6. ESTADO EN QUE SE ENCUENTRAN O ENCONTRARON LOS INMUEBLES DAÑADOS SEGUN LA PRIMERA INSPECCION.

Capítulo III.-Proyecto de Reconstrucción:

1.-Evaluación de Daños:

Tomando el ejemplo del edificio de Itzaga # 117 ubicado en el primer cuadro de la ciudad se realizó una visita para evaluar los daños.

Este procedimiento consiste en una inspección visual del edificio. Se procede si no se tienen los planos a efectuar un levantamiento arquitectónico del edificio.

Sobre este mismo plano o levantamiento se va a efectuar el levantamiento de las fallas.

Este consiste en la inspección visual de los elementos estructurales que componen al edificio como son:

Columnas
Trabes
Losas
Muros de carga

y en algunos casos la cimentación si es que esta queda visible.

En el caso de nuestro edificio los principales daños se encontraron en la falla de las columnas. Estas habían fallado principalmente porque la separación de los estribos era demasiado grande y estos no cumplieron con su función, que es la de absorber el esfuerzo cortante producido por los sismos.

Otro de los elementos que fallaron fueron las losas, en algunas de las cuales hubo penetración de las columnas.

También las trabes sufrieron problemas por los efectos del sismo, principalmente de cortante.

A continuación se muestran algunas fotografías de estos hechos, así como los planos del levantamiento de fallas.

2.-Procedimientos Inmediatos:

Es recomendable que al tiempo que se efectua el levantamiento de fallas se tomen acciones inmediatas. Estas acciones son principalmente de dos tipos:

- a) Apuntalamiento
- b) Quitar peso a la estructura

Una vez que empezamos el recorrido para hacer el levantamiento de las fallas y detectamos alguna, se van apuntalando a base de polines y tarimas. Este apuntalamiento debe realizarse de una manera que cumpla con los requisitos mínimos para garantizar la seguridad requerida.

Este recorrido se efectua de abajo hacia arriba, ya que como todos sabemos los niveles inferiores son los que soportan una mayor carga.

Así una vez que tenemos apuntalado nuestro edificio procedemos a quitarle peso de encima.

A que nos referimos con esto: vamos a ir despeinando al edificio. Primero todo lo que es mobiliario, luego recubrimientos de paredes y pisos, rellenos de charolas y muros divisorios; se van retirando y en su caso son almacenados, si se pueden volver a emplear o son tirados si ya no sirven.

3.-Calculo Estructural:

Este es el punto en el cual nosotros debemos decidir que es lo que se quiere hacer con el edificio.

Si este va a conservar sus características originales tanto arquitectónicas como de uso. Es importante tener presente esto, ya que de aquí derivan todas las acciones posteriores a seguir.

En esta difícil tarea se encuentran involucrados diferentes tipos de personas como son los dueños, los ingenieros constructores y los calculistas.

También se deben de investigar si las autoridades no ponen ninguna restricción a la decisión adoptada. Estas surgen en la delegación correspondiente y son particulares, para cada edificio.

No hay que perder de vista que como Ingenieros Civiles no solo somos constructores, sino que la gente que se dedica a la construcción debe tener los suficientes conocimientos del cálculo estructural para poder construir, es por eso que aquí, debe existir una estrecha relación entre el constructor y el calculista.

Debe de ser tan estrecha que debemos saber cual es la filosofía que tiene un estructurista cuando hace el cálculo de un edificio a reestructurar.

Debemos de entender como abordar el problema, el enfoque que se le da, los criterios a seguir etc.

Entendemos por cálculo estructural la actividad requerida para determinar las condiciones de seguridad de la estructura.

Para poder determinar la seguridad deberá de realizarse un levantamiento de los daños para tomarlos en cuenta en el análisis de la revisión, como elementos fallados.

Al término de esta revisión, que en todos los casos se hará cumpliendo las disposiciones del Reglamento de Construcción del Departamento del Distrito Federal, se determinaran las actividades necesarias para restablecer las condiciones de seguridad que marca el reglamento antes mencionado.

A continuación se analizará el costo que representa realizar las actividades para que se determine si son factibles de realizar o se deban de considerar otras opciones.

Se enumerarán a continuación los pasos a seguir en la elaboración de un proyecto estructural en la reconstrucción de un edificio:

- 1.-Inspección ocular.
- 2.-levantamiento de daños.

- 3.-Verificación de daños en colindancias.
- 4.-Determinación de la verticalidad.
- 5.-Verificar hundimientos generales y diferenciales.
- 6.-Conversar con los usuarios para conocer las condiciones anteriores al sismo.
- 7.-Localizar los planos estructurales.
- 8.-Verificar que las secciones de cimentación, trabes y columnas correspondan a los planos estructurales. En caso de no contar con los estructurales realizar un levantamiento de las secciones de los elementos estructurales.
- 9.-De acuerdo a los planos verificar lo siguiente:
 - Uso del inmueble.
 - Cargas muertas consideradas.
 - Cargas vivas.
 - Coeficiente sísmico.
- 10.-Analizar la estructura con el reglamento vigente confirmando su comportamiento a:
 - Desplazamientos.
 - Fuerzas cortantes en todos los sentidos
 - Tratar de disminuir las excentricidades.
 - Descargas al suelo.
 - Comportamiento Regional del suelo, etc.

Capítulo IV. -Procedimientos Constructivos:

1. -Cimentación:

Quando uno enfrenta este tipo de problema lo primero que se hace es checar el estado en el que se encuentra la cimentación, checando además que coincida lo construido contra lo proyectado en planos.

Dividiremos los tipos más comunes de cimentación de edificios para ir atacando el problema por separado y para cada caso especial.

En caso de edificios que tengan por cimentación losa sustentada por pilotes.

Para hacer la verificación se procede de la siguiente manera: Se demuele la losa inmediata superior a la losa de cimentación como se muestra en el esquema.

Figura IV.1

Esto se hace con varios fines, primero determinar la profundidad de la losa de cimentación y hacer una inspección visual tanto de las trabes de liga como de la losa.

Una vez determinado el estado en el que se encuentra se procede si hace falta a repararla, sino, se hace la cimentación para los elementos estructurales nuevos.

Los elementos estructurales nuevos se cimentan sobre las trabes de liga a través de placas de acero, o perforando el concreto y reforzando estos elementos.

Para el caso de placas de acero el procedimiento constructivo es el siguiente:

a) Se revisan primero las secciones de las trabes de liga para verificar su geometría real y se demuele el recubrimiento del concreto.

b) Se procede a la fabricación de las placas de acero. Estas placas siguen las dimensiones reales de las trabes de liga. Se deben de perforar las placas teniendo en cuenta un estudio de los armados de dichas trabes para no coincidir con la varilla. Para esto el numero de perforaciones es del doble del mínimo requerido para su fijación.

c) Se presentan las placas sobre las trabes de liga para proceder a hacer las perforaciones con un taladro rotomartillo.

d) Una vez presentadas las placas sobre las trabes, se procede a efectuar una soldadura en cordón para completar el sistema, tanto entre placas como de placa a varillas.

e) Se procede a recibir las placas de acero contra el concreto a base de un aditivo para unirlos.

Quando se trata de reforzar las trabes de liga se procede de la siguiente manera:

a) Según la dimensión de nuestra nueva cimentación se hacen perforaciones perpendiculares al nudo como se muestra en la figura:

Figura IV.2

b) Se procede a armar una nueva zapata pasando nuestro armado nuevo a través de las perforaciones.

c) Se cimbra la estructura nueva y se efectúan los colados de estos nuevos elementos.

d) En el concreto se emplean aditivos de expansión de volumen y de pegado de concreto viejo con concreto nuevo.

Hay otras corrientes estructurales que prefieren demoler ampliamente el concreto, recuperando los armados viejos para lograr que el armado nuevo lleve un ensamble completo con el viejo.

En el procedimiento constructivo de esta otra opción cambia el punto a) y los puntos b), c) y d) se repiten.

En el caso de edificios que presentan la cimentación a base de zapatas corridas y trabes de liga los procedimientos son los siguientes:

Para la revisión en caso de existir registro se procede a abrirlos y revisar. Cuando estos no existan se deberá romper la última losa y se procede a revisar.

Para desplantar estas cimentaciones se hace primero un firme de concreto armado sobre el cual se construyen las zapatas corridas.

Entonces cuando necesitamos cimentar elementos estructurales nuevos se buscan los nudos de las trabes de liga para efectuar los procedimientos antes mencionados y no se emplea el firme de desplante.

En el caso de que la cimentación se deba reparar existen diversas opciones:

- a) Aumentar el número de pilotes y reforzar la losa de cimentación.
- b) Reforzar trabes de liga, aumentando el número de ejes en ambos sentidos.
- c) En el caso de estructuras de zapatas corridas y trabes de liga se aumentan sus secciones y se ve si conviene hacer mejor una losa de cimentación.

Entre otras de las soluciones posibles. Estas teniendo procedimientos constructivos muy especializados y detallados específicos para cada proyecto.

En el caso del edificio de Izazaga # 117 se tenían en planos que la cimentación era a base de losa de cimentación y pilotes.

Cuando se abrió para revisar esta nos encontramos con la sorpresa de que la losa de cimentación que aparecía en planos no existía en la realidad, sino que se encontraba como se muestra en el esquema:

Figura IV.3

ESTA FOTO NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Al ver esta diferencia recurrimos a la bitacora de la obra en la cual se vio que se tomo esta decision debido a que se aumento el numero de pilotes en lugar de bajar a la profundidad de proyecto.

Lo que nos obligo a rehacer el proyecto estructural; Como los dueños del edificio quisieron mantener el mismo numero de niveles se tuvo que construir una nueva losa de cimentacion.

Las etapas que se siguieron en este caso fueron:

- a) Se divide en celdas el edificio y se trabaja por secciones. Esto con el objeto de no desestabilizar al edificio.
- b) Extraccion de lodos hasta crear una nueva cavidad lo suficientemente grande para poder trabajar una persona de pie. Esto se logra a base de una estacion de bombeo.
- c) Se procede a hacer una plantilla de concreto sobre la cual se arma la losa de cimentacion, poniendo especial atencion en los casos de celdas de colindancia con otros edificios.
- d) Se hacen armados de la losa y traveses de ligar elementos verticales) y el colado es monolitico para evitar juntas frias
- e) El concreto que se empleo fue hidraulico y con aditivos acelerantes debido a que los flujos de agua eran muy fuertes.
- g) La cimbra en los elementos verticales de colindancia queda ahogada y en los otros elementos es normal; salvo que se deja un espacio de ventana para poder colar como se ilustra a continuacion.

Figura IV.4

En el edificio de Vallarta #7, debido a que se eliminaron varios niveles y esto le quito peso a la estructura, no hubo necesidad de reforzar la cimentacion. Solo se hizo cimentacion para elementos estructurales nuevos.

2.- Construccion de elementos estructurales nuevos.

Los principales elementos nuevos que se emplean en la reconstruccion son:

- a) Columnas y capiteles
- b) Muros de rigidez
- c) Losa
- d) Contravientos

Lo primero como en toda obra nueva es cimentar los elementos nuevos estructurales.

Esto se hace a base de anclarse en la estructura de cimentación existente, reforzandola como se menciona en la primera parte de este capítulo.

El procedimiento constructivo de los elementos una vez efectuada la cimentación es:

a) Columna y Capiteles:

0.- Se debe de apuntalar previamente toda la zona con polines de madera principalmente.

1.- La columna debe de ser continua y no cortarla en los entrepisos por lo cual se deben de preparar los pasos para estas demoliendo los entrepisos(losas trabes, etc..)

2.-Para la demolición se pueden emplear varios metodos:

i) Rompedora de concreto con compresora neumatica

ii) Potomartillo

iii) A mano con maceta y cincel.

3.-Se arman las columnas haciendo que las puntas superen la altura del entrepiso.

4.- se colocan los estribos sin interrupción de la losa

5.- Se arma directamente el capitel y las trabes y losas que pasen por el lugar

6.- Se cimbra toda la parte a colar.

7.- Se hace un colado monolitico de la columna, capitel, trabe y losa.

8.- El concreto que se emplea para colar la columna es normal y el que se emplea para colar los nudos es especial ya que contiene aditivos para unir concreto viejo con nuevo.

9.- Se descimbra la columna y posteriormente el capitel sin quitar los puntales. Estos se retiran a los 28 dias de hacer el colado.

b) Muros de rigidez

1.- En este punto es muy importante la cimentación empleada. En toda la zona de nivel bajo tierra la cimentación del muro de rigidez debe de ser corrida en todo el eje, lo que regularmente se conoce como ponerle zapatos al edificio

2.- Generalmente estos muros de rigidez se hacen de concreto reforzado llevando una malla en ambos sentidos y en los dos lechos. Esto depende de los resultados que arroje el calculo estructural.

3.- Para hacer la construcción primero se debe de apuntalar la zona por la cual se va a dar paso al muro.

4.- Se demuelen pasos dependiendo del proyecto pueden ser a cada 60 o 50 cms uno si y otro no de las trabes. para dar la continuidad.

Figura IV.5

5.- Se cimbran los muros dejando ahogada la de colindancia en caso de tener construcciones adyacentes.

6.-Se procede a efectuar el colado de toda una sección del muro.

7.-Posteriormente se hace un colado monolítico del entrepiso en el nudo tanto de columna, trabe, losa y muro. Esto previo cimbrado de la zona.

8.-Nuevamente el concreto del muro es normal y el de la unión con el entrepiso es especial con aditivo para unir concreto viejo con concreto nuevo.

9.-La cimbra del muro se retira normalmente pero se deja apuntalada la zona de entrepiso.

Es importante señalar que tanto en columnas como en muros de rigidez, se deben de dejar correr las varillas arriba del entrepiso y en el caso de columnas pasar de una manera continua los estribos.

c) Losas:

1.-Verificar la situación actual de la losa y checar que corresponda con los planos estructurales.

2.-Se procede a demoler la losa dejando las trabes que unen a las columnas y las vigas secundarias en casos de losas macizas y/o reticulares; demoliendo solo una parte para lograr un colado monolítico.

3.-Dependiendo del tipo de losa nueva a construir se procede a cimbrar:

a) Si es losa reticular con casetones u otro método semejante.

b) Si es losa maciza la cimbra se hace de manera tradicional.

4.-Se hace el colado de la nueva losa monolíticamente empleando concreto normal.

5.-Se descimbra a los veintiocho días.

6.-Este procedimiento se va efectuando por tableros.

d) Contravientos:

1.-Estos generalmente son a base de perfiles de acero estructural y van en forma de cruz como se muestra en la figura.

Figura IV.6

2.-El procedimiento es el siguiente, en el nudo de la losa con la columna se refuerza con una estructura metalica como si fuera un zuncho.

3.-Sobre esto se montan las crucetas y se soldan o se colocan placas con tornillos.

4.-Se efectua tanto arriba como abajo primero en una contraesquina y luego en la otra.

5.-Van por fuera del muro divisorio por lo cual no es necesario romper.

En el edificio de Izazaga los elementos nuevos que se emplearon fueron:

a)Columnas y capiteles

b)Muros de rigidez perimetrales y muros de rigidez centrales en forma de "H".

Se construyeron ocho columnas nuevas desde la cimentación hasta el ultimo piso de 70 x 50 cms conforme al nuevo reglamento sin existir cambio de seccion.

Los capiteles que se construyeron fueron de dimension variable y segun se iba subiendo de nivel se aumentaba su seccion para aprovecharlos y evitarse posteriormente reparar las losas junto al capitel ya que la de los pisos superiores eran las mas dañadas.

Los muros de rigidez perimetrales en la zona del nivel bajo tierra fueron corridos y en los niveles superiores se subieron por partes; una cruzia si y otra no.

Tambien se hicieron elementos de rigidez especiales. llamados muros "H" del cual a continuacion se describe su procedimiento constructivo:

- a) Debido a la ubicacion de este muro que divide el cubo de las escaleras del cubo de elevadores y que coincide con el centroide del edificio se tuvo que hacer una cimentacion especial. Se construyeron dos trabes de liga haciendo de zapatas para los muros.
- b) Sobre estas trabes de liga se desplantaron estos muros de un espesor de 60 cms de concreto armado.
- c) Los muros se construyeron de una manera continua desde la cimentacion hasta el ultimo nivel siguiendo el procedimiento constructivo de los muros de rigidez antes mencionado.

En el edificio de Vallarta # 7 los elementos estructurales nuevos que se emplearon fueron los siguientes:

- a) Columnas y capiteles
- b) Trabes y losas

Las columnas nuevas se desplantaron desde la cimentacion hasta el ultimo nivel siguiendo los procedimientos antes mencionados.

Las trabes se tuvieron que hacer nuevas ya que en las losas no existian trabes que sobresalieran al espesor de esta. Por lo cual se rompio apuntalando las zonas adyacentes rompiendo el concreto con rompedora, armando y cimbrando, y colando con aditivo para disminuir los efectos de las juntas frias.

En el mezanine se hizo una losa nueva de tipo maciza; pero como no existian trabes se logro un colado monolitico ya que estas se construyeron al mismo tiempo.

3.-Reconstruccion de elementos estructurales:

Los elementos estructurales que se reforzaron fueron los siguientes:

- a)Columnas
- b)Trabes
- c)Losas

a)Columnas:

Para el refuerzo de las columnas se deben de reforzar desde la cimentacion. Esto ya se menciona en el punto numero uno de este capitulo.

El procedimiento constructivo es el siguiente:

-Se apuntala la losa superior con arrastres en la losa inferior y sus respectivos contravientos.

-Se procede a eliminar el recubrimiento de concreto de las columnas dañadas a base de maceta y cincel teniendo cuidado de no dañar los armados existentes.

-Se refuerza con acero la columna tanto con armado horizontal como con estribos (armado vertical).

-Se tiene que tener especial cuidado al dejar la separacion suficiente entre el armado viejo y el nuevo para permitir el paso del concreto entre ellos y lograr un colado bueno.

-Hay que romper la losa superior para lograr que las varillas tengan una continuidad tanto del refuerzo horizontal como de los estribos.

-Se cimbra la columna.

-Hay que cubrir con aditivo la columna vieja para que al colar por la losa superior se logre un colado monolitico de la columna con el capitel.

-Luego se procede al curado de la columna con alguno de los métodos ya conocidos.

-Finalmente se descimbra.

Este procedimiento se repite desde las columnas en la zona inferior, hacia las superiores.

b)Trabes:

Para la reconstrucción de estos elementos se requiere tener especial cuidado.

Uno de los principales problemas que surge es el del apuntalamiento. En este se tiene que poner especial atención ya que es un apuntalamiento longitudinal.

Siguiendo con el procedimiento se procede a pelar el concreto con maceta y cincel ya que el armado antiguo se debe de recuperar.

Sobre este armado antiguo se refuerza la trabe y se sigue con un procedimiento similar al mencionado en columnas.

c)Losas:

El criterio que se sigue en el refuerzo de las losas es el siguiente:

Generalmente se trata de evitar el reforzarias; y solo se efectua cuando estas presentan:

- Colapso
- Flechas
- Defasamientos
- Penetración

Se rompe el concreto hasta dejar el armado antiguo sobre el cual se procede a hacer el refuerzo correspondiente. Los procedimientos a partir de aquí son los mismos que el de una losa nueva.

En el edificio de Izazaga para las columnas se fueron atacando por zonas ya que el estructurista recomendo que se fuera reforzando por zonas. Esto es para que el edificio se vaya reforzando de una forma pareja y dar tiempo a que los elementos estructurales obtengan su resistencia de proyecto.

Las trabes sobre todo las de la fachada fueron las que resultaron con mayor grado de dificultad. Esto fue por lo siguiente:

-El estructurista mando que se demoliera el concreto sin romper la losa como se muestra en la figura:

Figura IV.7

-Por lo cual la sección de trabe se tuvo que aumentar hacia piso inferior.

-Para colar se requirio dejar ventanas a lo largo de toda la cimbra ya que para el colado la mezcla no se podia vaciar desde arriba.

En el caso de las losas de este edificio se trataban de losas nervadas. Se procedio a romper el firme de concreto y se encontraron con la sorpresa de que la capa de compresion de la losa no tenia refuerzo (malla electrosoldada).

Debido a esto se tomo la decision de utilizar las nervaduras como cimbra de las losas nuevas las cuales se armaron con procedimientos convencionales.

Para hacer el refuerzo de la malla se pusieron balazos en los nudos de las nervaduras cuando estas se encontraban en buen estado. Si las nervaduras se encontraban dañadas se procedia a demolerlas y reforzarlas para lograr un colado monolítico y que el elemento estructural no estuviere fallado.

En el edificio de Vallarta fueron realmente pocas las columnas y traveses que se reforzaron y en este caso, el estructurista conservo todas las losas excepto la del mezanino, pero como ya se menciono, esta se construyo nueva.

FIG. IV.1

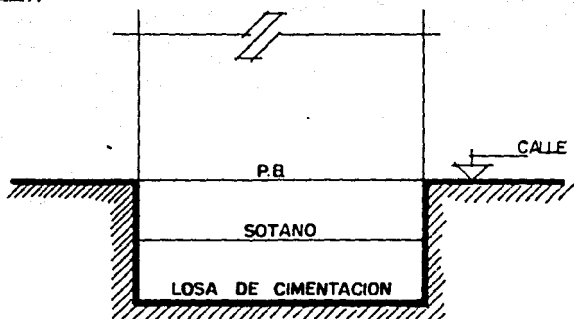


FIG. IV.2

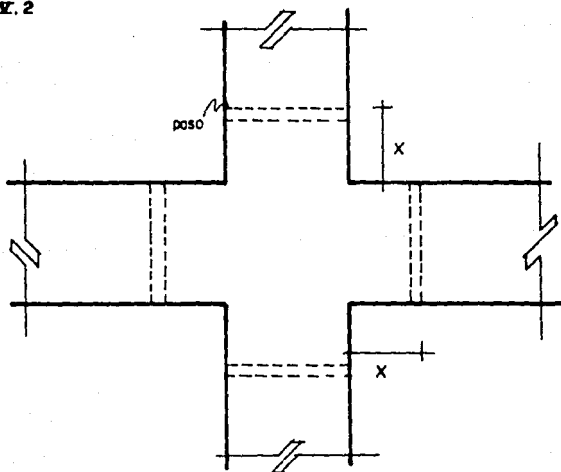


FIG. IV. 3

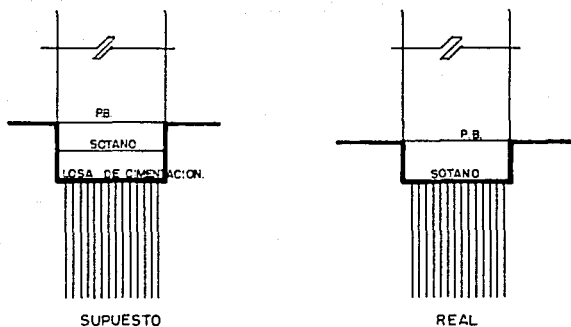


FIG. IV. 4

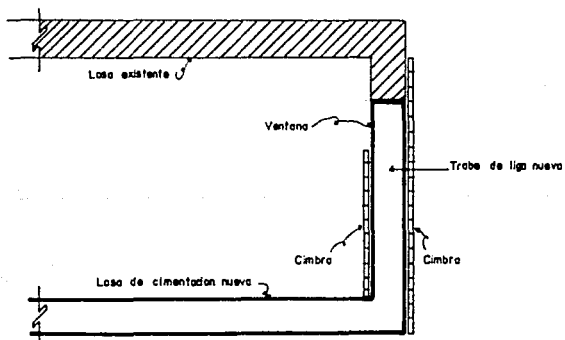


FIG. IV.5

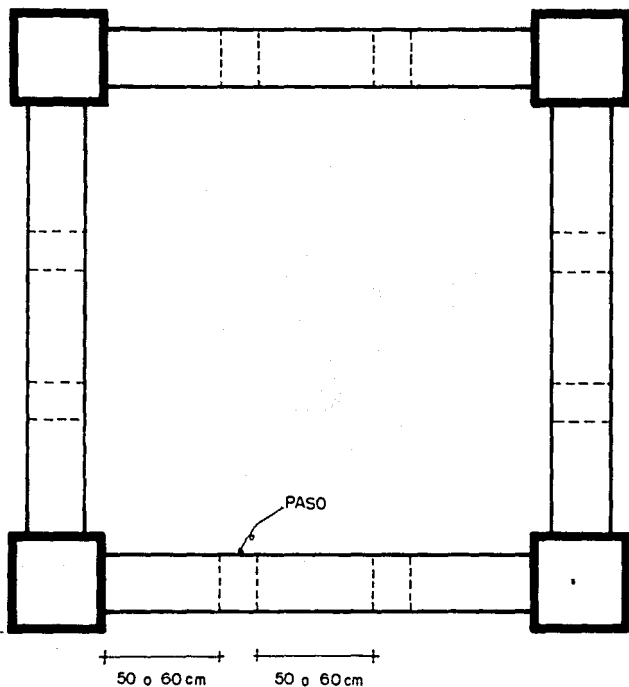


FIG. IV. 6

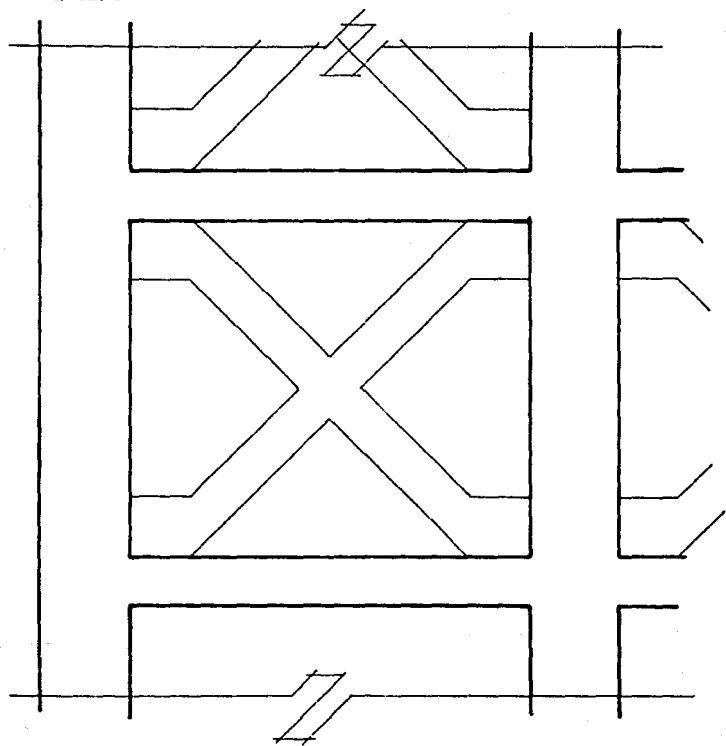
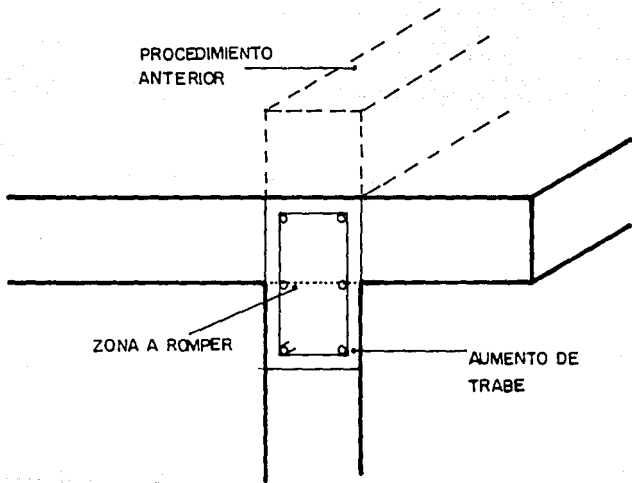


FIG. IV. 7



**V.-Comportamiento de los edificios de Izazaga # 117 y
Vallarta # 7 ante el sismo de Abril de 1989:**

En abril de 1989 se presentó en la Ciudad de México un sismo de intensidad considerable el cual puso a prueba nuevamente a la Ingeniería Civil Mexicana.

En esta ocasión salimos triunfantes y sin prácticamente ningún daño, tanto en los edificios reconstruidos, como en las construcciones antiguas y en las nuevas.

En los edificios que hemos seguido como ejemplo a lo largo de esta tesis no tuvimos daños considerables. En el edificio de Izazaga # 117 se vio que el comportamiento de la estructura fue excelente, por lo cual podemos concluir que la reconstrucción fue adecuada.

En este edificio no hubo daño en los elementos estructurales, solo se llegaron a presentar algunas fisuras en las columnas de los niveles inferiores las cuales fueron atacadas inmediatamente y se resanaron a base de resinas epóxicas por orden del estructurista.

El resto de los elementos estructurales, no presentaron daño alguno y en el edificio se tuvo el sentimiento de seguridad, con lo cual también cumplimos con el factor psicológico.

En el otro edificio que reconstruimos, el ubicado en la calle de Vallarta # 7, tampoco se tuvieron problemas graves. En lo que son elementos estructurales, se comportaron al cien por ciento, aunque un muro de colindancia de tabique se cuarteo. Esto debido, a que el edificio que se encuentra al lado, se recargó en el nuestro provocando únicamente ese daño. Este se volvió a reconstruir y no pasó a mayores.

En lo que al factor psicológico se refiere, aquí la estructura se comportó bien pero el recargón del edificio vecino, provocó algo de nerviosismo, el cual en el futuro se podría volver a presentar.

A pesar de estos pequeños problemas, se demostró que la reconstrucción fue una vía adecuada para la solución de estos inconvenientes.

Capítulo VI.-Comentarios y conclusiones

La pregunta obligada cuando se habla de un proyecto de reconstrucción de edificios es la siguiente:

Que tan factible es de realizar

Para contestar esta pregunta se tiene que analizar desde dos puntos de vista:

- Psicológico
- Económico

Refiriendonos primero a la seguridad, como se comento en el capítulo anterior es totalmente factible, ya que el comportamiento presentado ante un sismo de regular intensidad fue bueno.

El unico factor que puede llegar a influir es el psicológico, ya que la gente en un determinado momento puede sentir que la estructura llegue a fallar.

Tomando en cuenta el factor economico se puede decir sin temor a dudas que sale más caro hacer una reconstrucción que demoler el edificio y construirlo de nuevo.

Sin embargo, recomendamos se haga un estudio de factibilidad de costo. Por que sugerimos esto .

Poniendo como ejemplo el edificio de Izazaga # 117, si este edificio se hubiese demolido y construido de nuevo solo se hubieran podido levantar cuatro niveles.

Después de efectuar un estudio se llevo a la conclusión de que el perder nueve niveles de rentas en una zona importante de la ciudad salia a la larga mas cara que hacer la reconstrucción, aunque esta a corto plazo resultase más costosa.

Por el contrario en edificio de Vallarta # 7 el estudio arrojó la conveniencia de demoler hasta dejar una estructura de cuatro niveles que requería de una reconstrucción mucho menos compleja.

Bibliografía:

-Varios, "Reglamento de Construcción Para El Distrito Federal", Gaceta Oficial del D.D.F., México 6 de Julio de 1987.

-Varios, "Normas Técnicas Complementarias Para Diseño y Construcción de Cimentaciones", Gaceta Oficial del D.D.F., México D.F. 12 de Noviembre de 1987.

-Varios, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo", Gaceta Oficial del D.D.F., México 5 de Noviembre de 1987.

-Longwell y Flint, "Geología Física", Editorial Limusa, México D.F.

-Leet y Judson, "Fundamentos de la Geología Física", Editorial Limusa, México D.F.

-Montalvo G., "Apuntes de clase de la materia de Geotecnia III", Semestre 89-I, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México D.F.

-Ramos Aguilar, "Apuntes de clase de la materia de Diseño Estructural", Semestre 89-I, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México D.F.

-León Gutierrez, "Apuntes de clase de la materia de Geotecnia II", Semestre 88-II, Facultad de Ingeniería U.N.A.M., México D.F.

-Merryfield, "Apuntes de clase de la materia de Estructuras de Concreto", Sem 89-II, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México D.F.