

3

20/11



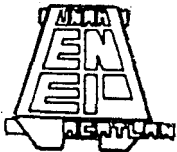
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN

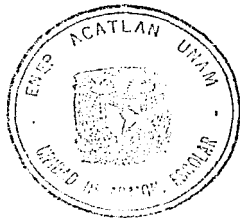
SOLUCION AL PROBLEMA DE SEMIACOPLAMIENTO DE UN EDIFICIO FORMADO POR DOS TORRES BAJO ACCIONES DINAMICAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL PRESENTA: JUAN GERARDO ALVAREZ VIZUET



ACATLAN, EDO. MEX.



1992

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 :..... | 1 |
| NOMENCLATURA :..... | 3 |
| INTRODUCCION :..... | 5 |

CAPITULO I: GENERALIDADES.

| | |
|---|---|
| I.1 El sismo de 1985 y sus consecuencias | 9 |
|---|---|

CAPITULO II: DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

| | |
|---|----|
| II.1 Descripción de la estructura | 10 |
| II.2 Ubicación de la estructura desde el punto de vista del reglamento | 20 |
| II.3 Diseño estructural original | 22 |
| II.4 Modificación a la estructura | 22 |
| II.5 Comportamiento de la cimentación | 26 |
| II.6 Comportamiento en el sismo de septiembre de 1985 | 26 |
| II.7 Comportamiento en el sismo de abril de 1989 . | 26 |

CAPITULO III: CONSIDERACIONES PARA EL NUEVO ANALISIS

| | |
|--|----|
| III.1 Clasificación de la estructura según el reglamento | 27 |
| III.2 Requisitos de regularidad para las construcciones | 32 |
| III.3 Explicación de porqué no se utiliza un espectro de aceleración absoluta | 32 |

| | |
|---|----|
| III.4 Justificación del valor del factor de comportamiento sísmico | 35 |
| III.5 Necesidad de alejar el periodo de vibración de la estructura del periodo de vibración del suelo. Descripción del fenómeno de resonancia | 35 |
| III.6 Tolerancias permisibles | 40 |

CAPITULO IV: PROPUESTA DE MODELOS PARA COMPUTADORA.

| | |
|--|----|
| IV.1 Explicación en el uso del espectro de diseño. | 41 |
| IV.2 Explicaciones del objetivo en el modelo de la estructuración en las diferentes alternativas | 41 |
| IV.3 Selección del programa de computadora de acuerdo a las necesidades del modelo | 43 |

CAPITULO V: RESULTADOS DEL ANALISIS.

| | |
|---|----|
| V.1 Interpretación de las gráficas | 49 |
| V.2 Del modelo de la estructura original se obtiene su periodo de vibración | 92 |

CAPITULO VI: CONCLUSIONES E INQUIETUDES.

| | |
|-------------------------|-----|
| VI.1 Conclusiones | 99 |
| VI.2 Inquietudes | 102 |
| BIBLIOGRAFIA | 103 |
| GLOSARIO | 105 |

NOMENCLATURA:

Reglamento - Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal 3 de julio de 1987.

Normas - 7 Normas Técnicas Complementarias Del Reglamento de Construcciones Para el Distrito Federal 1988.

T, Ta, Tb - los períodos están expresados en segundos

T - es el período natural de interés de la estructura

c - coeficiente sísmico

R - un exponente que depende de la zona en que se halla la estructura. Sección 3 de Diseño por Sismo Normas Técnicas Complementarias.

N - factor de amplificación

w - frecuencia de la fuerza excitadora

wn - frecuencia natural del sistema

ϕ - fase angular

r - relación de frecuencia

ξ - factor de amortiguamiento

c - coeficiente de amortiguamiento

Cc - coeficiente crítico de amortiguamiento

Zo - amplitud máxima de movimiento para $r=1$ y $\xi > 0$

\dot{x} - velocidad

\ddot{x} - aceleración

K - rigidez del resorte

m - masa del cuerpo en estudio
w - peso del cuerpo en estudio
z - deformación del resorte
Fo - fuerza de excitación externa
 \dot{z} - velocidad en dirección vertical
 \ddot{z} - aceleración en dirección vertical
FXZ - fuerza cortante en toneladas
Fx - carga axial en toneladas
MZ - momento alrededor del eje Z en toneladas-metro
MY - momento alrededor del eje Y en toneladas-metro
Mxz - momento de torsión

INTRODUCCION:

En éste trabajo estudiamos el comportamiento estructural que ha tenido un edificio formado por dos torres gemelas y diez entrepisos; se localiza en la calle de Revillagigedo # 18 a escasos metros de la Alameda Central en México, Distrito Federal.

En el podemos apreciar que el uso del inmueble fué modificado sin considerar una revisión de la estructura.

En el sismo de 1985 la gran mayoría de los edificios colapsados presentaron este tipo de problema, debido a la omisión de un estudio relacionado con el cambio del destino del inmueble.

El inmueble se encuentra ubicado en la zona de lago o sea en un terreno de alta compresibilidad, siendo esta zona la mas castigada por el sismo de 1985.

Este edificio fue construido en los años 50s. La información que nos fué proporcionada se basa en copias xerox de planos estructurales un poco ilegibles, de una estructura un tanto diferente a la existente, se carece de memoria de cálculo.

Para verificar la información contenida en estas copias fué necesario realizar una inspección visual de la estructura, de la cual se obtuvieron las observaciones que a continuación se mencionan:

Las traveses que forman fachada con la calle de Revillagigedo, se apoyan sobre traveses en voladizo, se nota

que estas últimas travesas sufrieron cargas puntuales ya que presentan deformaciones y fracturas perpendiculares al plano de su eje mayor.

Existe un cubo de elevadores para automóviles en toda la longitud y la altura del inmueble, localizado en medio de las dos torres.

Son tres elevadores que tienen movimientos horizontal y vertical, en su apoyo superior no tienen desplazamientos entre los rieles y las ruedas.

Cada elevador está formado por marcos de acero autoportados sobre cuatro ruedas en el nivel del sótano y cuatro ruedas en el nivel nueve, en este nivel se localizan los motores.

Cabe señalar que estos elevadores aún funcionan.

El acceso principal del edificio está orientado hacia el Poniente, quedando el sentido longitudinal de las torres orientado uno hacia el Norte y el otro hacia el Sur.

Los nudos superiores de la torre Norte para los niveles 5to, 6to, 7mo, 8avo., sufrieron daños severos de agrietamiento en las columnas y en las travesas, para la torre Sur en estos mismos niveles también se observan daños pero a un nivel menor, esto se le atribuye a la gran concentración de muros de mampostería que contribuyeron en la rigidez de la estructura, algunos de estos muros sufrieron fracturas en forma de tela de araña indicando con esto que sólo eran muros divisorios y no estructurales.

La ausencia de daños en los niveles de planta baja al nivel cuatro, muestran un correcto comportamiento de la estructuración.

Este edificio se clasifica de acuerdo a su arquitectura, ubicación, estructuración y uso según el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Uno de los fenómenos que se presentaron como consecuencia del sismo de 1985 y que no se habían considerado en el cálculo estructural cotidiano es el problema de la Resonancia, con el que pudimos darnos cuenta que el acontecimiento de 1985 fué excepcional.

El inmueble será sometido a un estudio en el que se determine una solución que cumpla con el nuevo Reglamento. Uno de los parámetros para llevar a cabo dicho estudio sera la capacidad resistente de sus elementos estructurales existentes y los excedentes de los elementos mecánicos se absorberan con elementos estructurales nuevos.

En este trabajo se mencionan cinco modelos. Uno de ellos tardo veinte horas en compilarse y utilizó cuarenta y nueve mega bytes en el disco duro, incluyendo el programa.

Esta capacidad fué uno de los obstáculos a resolver en el modelado del hueco de los elevadores, para los que se hicieron las siguientes consideraciones:

Para el programa ETABS se consultó personalmente con el ingeniero que lo desarrollo, puesto que se utilizaría para el análisis definitivo, esta consulta fue de gran valor

ya que es muy importante conocer el algoritmo utilizado por el programa.

Para este mismo modelo se aplico también el programa STAAD con la finalidad de establecer la congruencia entre los resultados del análisis de los dos programas.

Es necesario aclarar que al obtener el período de vibración natural del sistema (edificio) influyen factores que tienen un grado de incertidumbre muy grande, como lo es la elaboración del concreto, en la cual se ha demostrado con pruebas de laboratorio la gran variedad de módulos de elasticidad obtenidos en tan solo la longitud total de una columna, también las consideraciones empíricas, como el tomar un factor de agrietamiento para todos los miembros en común.

Se manejaron varias alternativas de refuerzo adicional revisándose contra desplazamientos, comportamiento, capacidad resistente de los elementos estructurales existentes, decidiéndose por la que proporcione mayor estabilidad y menor deformación.

Es muy importante mencionar que se debe estar muy consciente del comportamiento de la estructura y del modelo matemático elaborado, para así estar seguro de los resultados obtenidos, puesto que sería un grave error aceptar toda la información que emita el computador.

CAPITULO I: GENERALIDADES.-

I.1 El sismo de 1985 y sus consecuencias.

El sismo del 19 de septiembre de 1985 responde a las características que se pensaba podría tener un gran sismo en la región de Michoacán. Sin embargo, la intensidad con que se sintió a una distancia de 400 km. (en el Distrito Federal) superó a lo que se esperaba de un sismo de esta magnitud.

El movimiento registrado se parece mucho a un movimiento armónico, pues los espectros de las aceleraciones tienen un pico muy pronunciado correspondiente a un período de dos segundos. La duración fue de más de dos minutos.

En algunas zonas se observaron deformaciones del pavimento que sugieren la presencia de ondas estacionarias con amplitudes de hasta 30 centímetros.

Después de este sismo del 19 de septiembre de 1985 que sacudió a la Ciudad de México, varios edificios resultaron con daños significativos, obligando a que muchos de ellos fueran demolidos o reforzados.

Como consecuencia todas las construcciones que siguieron los lineamientos del reglamento vigente y que en su caso serán sometidas a un estudio de rigidización, deberán cumplir con las disposiciones del nuevo reglamento.

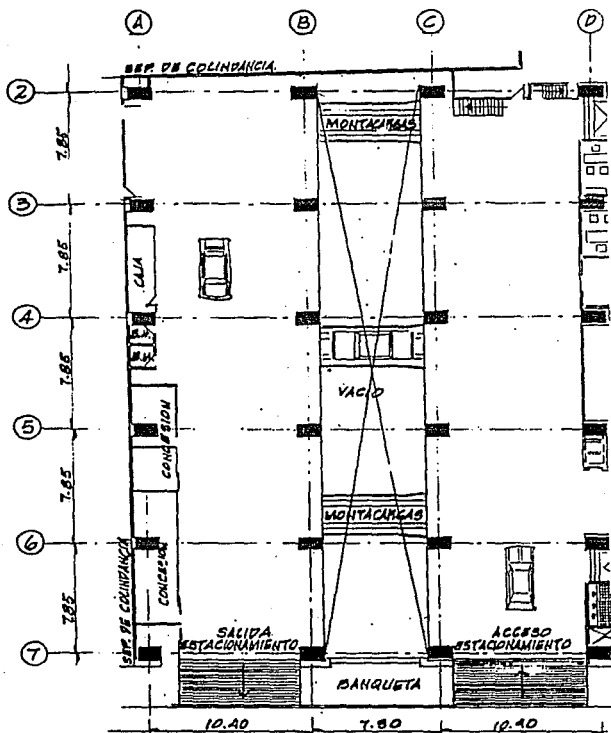
CAPITULO II: DESCRIPCION DEL PROBLEMA.-

II.1 Descripción de la estructura:

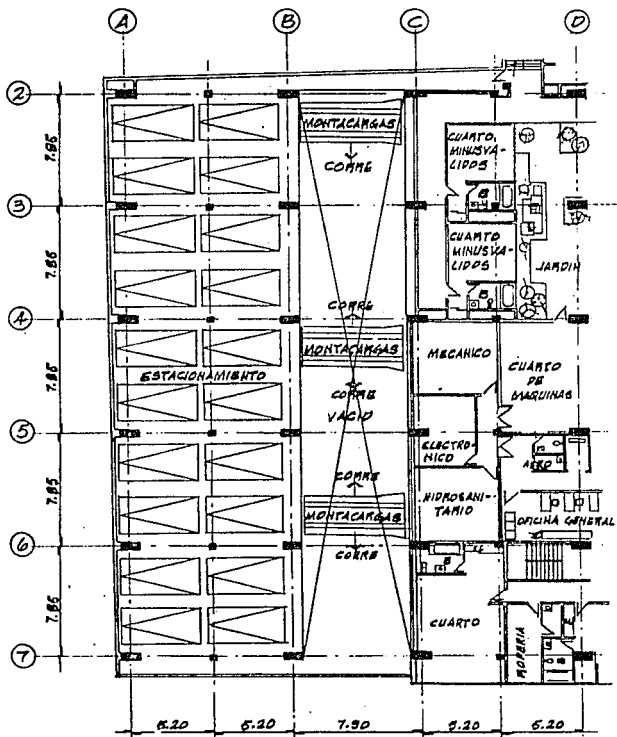
Como se puede observar en las figuras 1 a 9, que nos muestran la arquitectura final del inmueble en la que cabe destacar la asimetría de cargas provocadas por el estacionamiento, la bodega, la lavandería, el jardín, el espejo de agua o chapoteadero y el penthouse de dos niveles, en la torre norte, la torre sur en sus dos primeros niveles presenta la losa completa, de los niveles tres al nueve se encuentra dividida longitudinalmente por un cubo de luz y un área para servicios de hotelería, en el nivel diez sobre el área de hotelería está destinado para cocinas y despensas, también se encuentran dos niveles de penthouse.

La simetría del edificio está dada por las dimensiones de las crujiás, altura de sus entrepisos, secciones de sus elementos principales, el refuerzo en los planos estructurales originales.

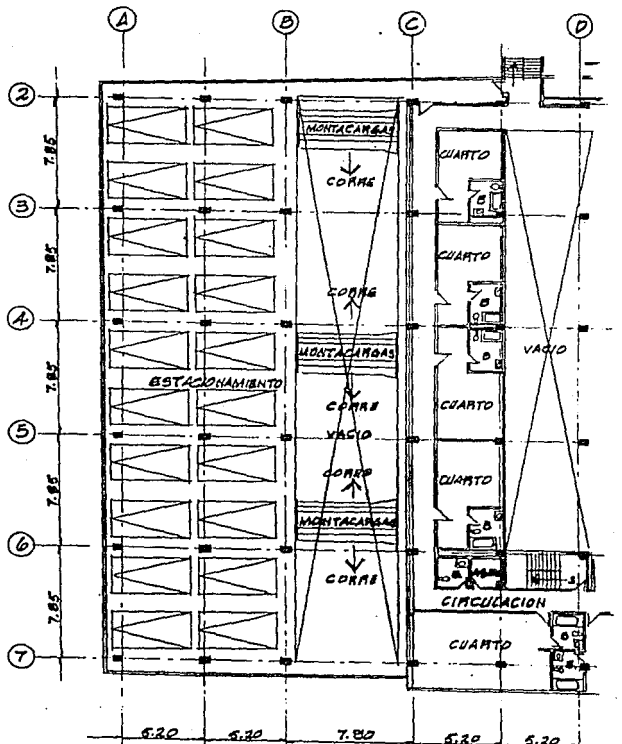
La asimetría es de masas puesto que no se contempló dentro del proyecto original la construcción de un penthouse y con éste la bodega, lavandería, etc.



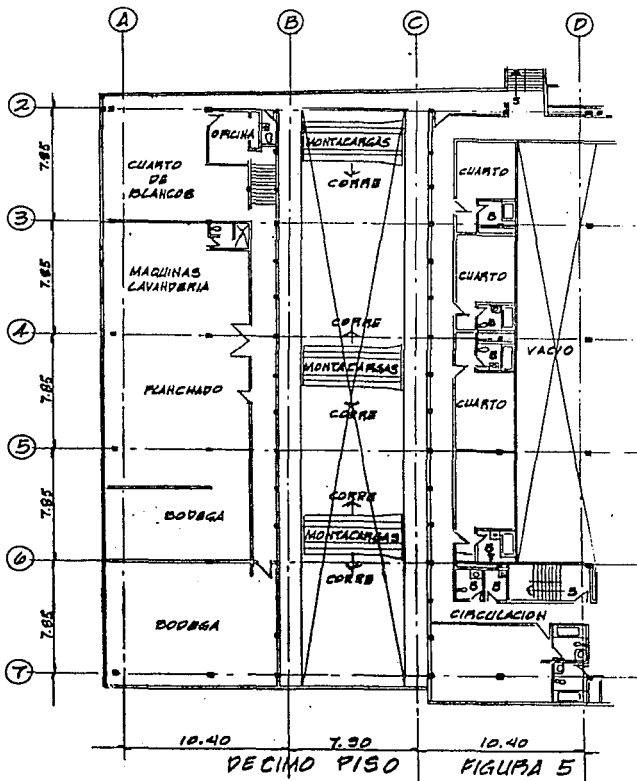
PLANTA BAJA FIGURA 1

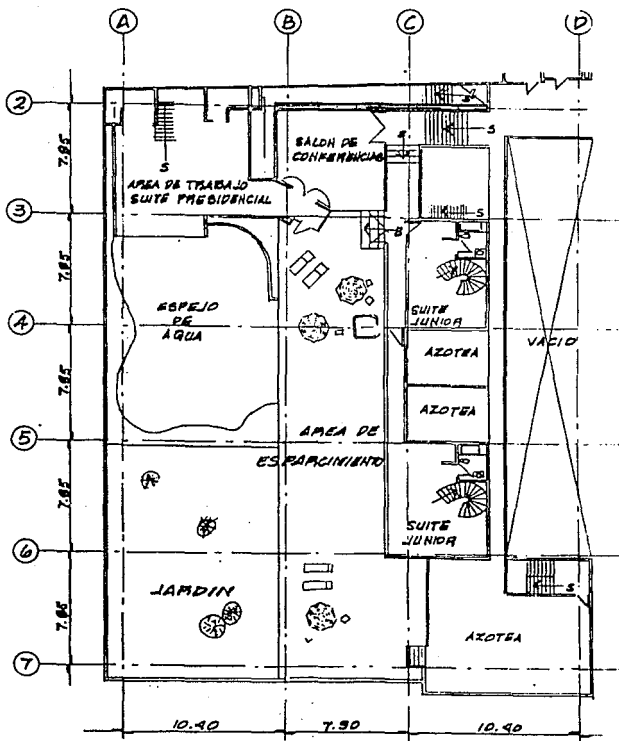


SEGUNDO PISO FIGURA 3

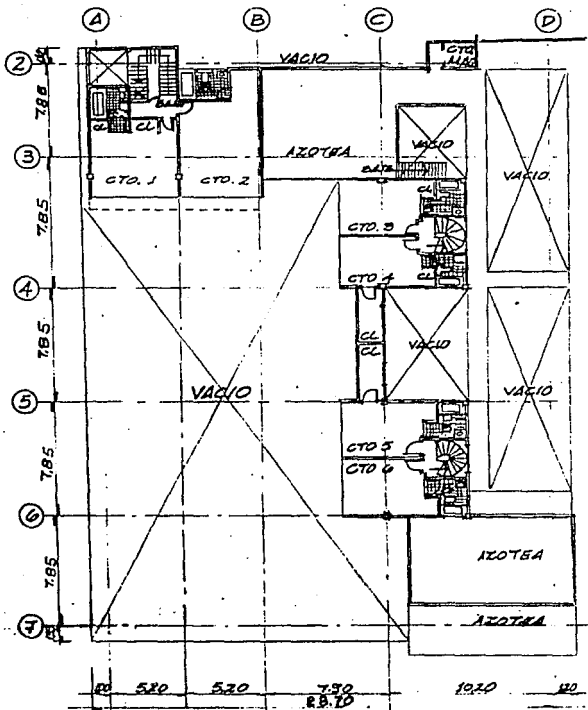


PLANTA TIPO FIGURA 4





PENT HOUSES J FIGURA 6



-AZOTEA

FIGURA 8

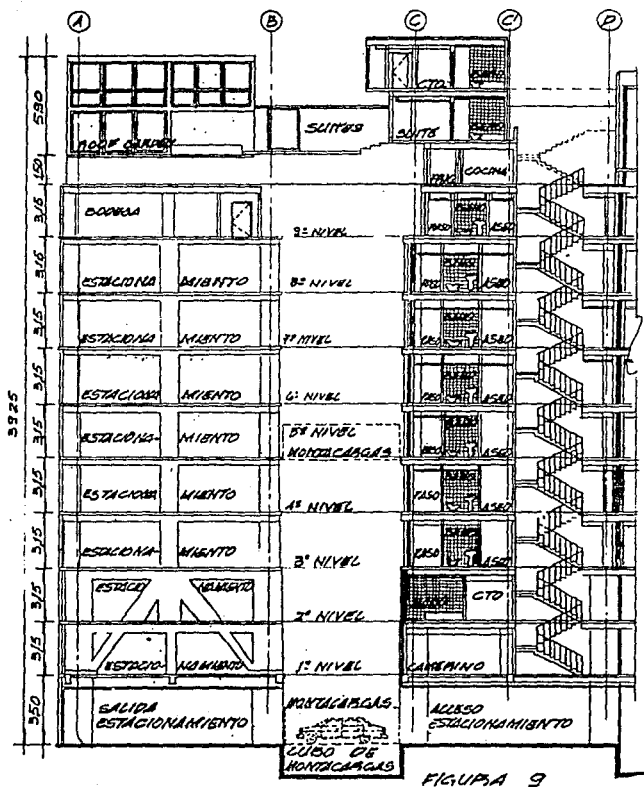
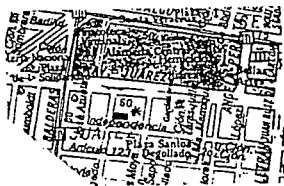


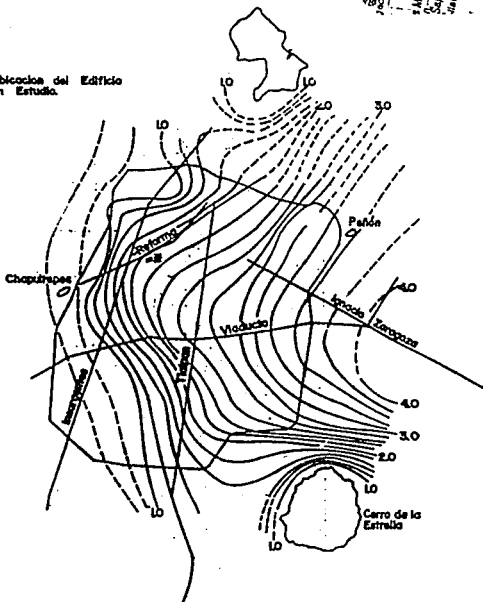
FIGURA 9

II.2 Ubicación de la estructura desde el punto de vista del reglamento:

Este edificio se encuentra localizado en la calle de Revillagigedo No: 18 casi esquina con Independencia, a una calle de la Alameda Central. En su fachada sur colinda con un edificio diseñado para servicios de hotelería denominado Hotel Alffer, con el mismo número de niveles, en sus otras fachadas actualmente colinda con lotes baldíos y la calle de Revillagigedo: ésta estructura se localiza en el mapa de la figura 10 en la que se destaca el período dominante del sitio cuyo valor es de 2 segundos. Este período es importante conocerlo por su influencia sobre la estructura en estudio, siendo está la acción de desplazamientos excesivos y el posible colapso por el fenómeno conocido como Resonancia.



Ubicación del Edificio
en Estado.



Valores de T_b en segundos.

FIGURA 10

REGIONALIZACIÓN DEL
DISTRITO FEDERAL EN FUNCIÓN
AL PERÍODO DE VIBRACIÓN DEL
SUELO.

II.3 Diseño estructural original:

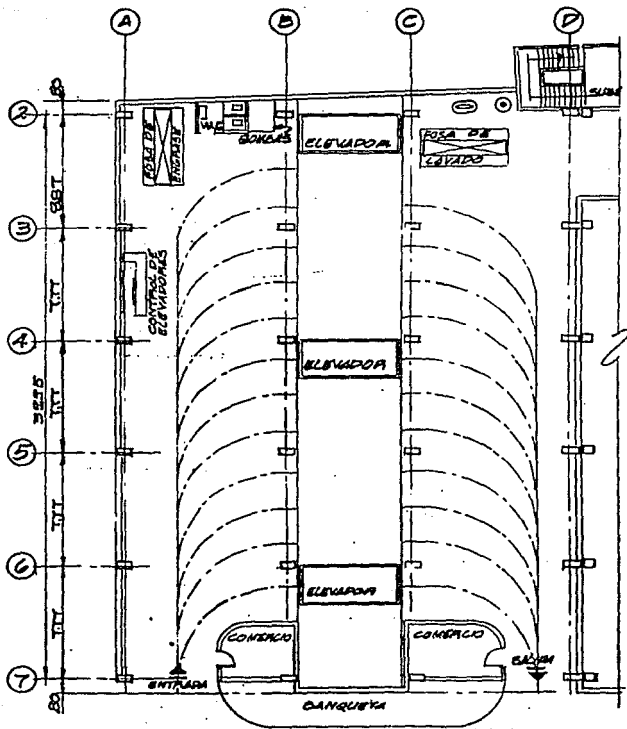
En sus planos estructurales se puede observar una simetría perfecta de las dos torres, tanto en masas, secciones, distancias, entre ejes, alturas de entrepisos y sistema de refuerzo en trabes, columnas y contravientos incluyendo también losas. Se carece de memoria de cálculo.

II.4 Modificación a la estructura:

En las figuras de 11 a 13 se observa la arquitectura original, puesto que ésta coincide con los planos estructurales ya mencionados anteriormente.

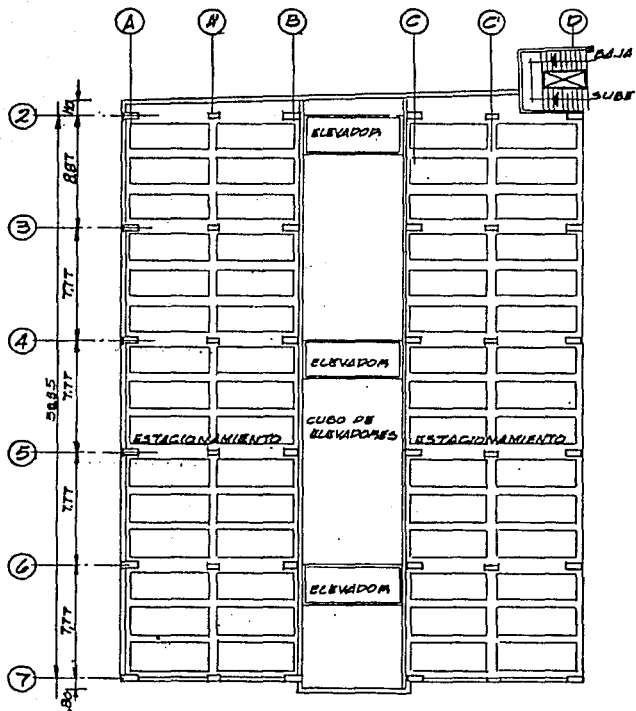
El cambio de uso de la estructura también se confirma por las huellas de demolición de dos losas en el cubo de luz y posiblemente por la construcción del inmueble destinado para servicios de hotelería.

También, cuando se ordenó la demolición de los pent house se confirmó su construcción posterior puesto que sus materiales se observaron de los más ligeros, su forma de anclaje fue tal que se evitará trabajar como apéndice, en otras palabras las fuerzas sísmicas generadas por el pent house se descargarán directamente sobre las columnas.



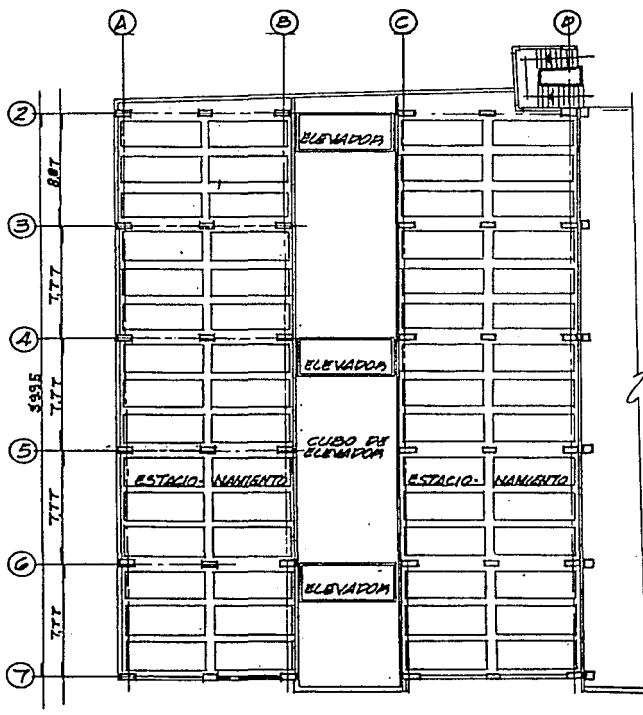
PLANTA BAJA ORIGINAL

EIGUTIA 11



PLANTA TIPO.

FIGURA 32



ADICION

FIGURA 13

II.5 Comportamiento de la cimentación.

Este edificio padece del fenómeno de emersión puesto que está cimentado con un cajón de cimentación y 92 pilotes que se apoyan de punta en el estrato resistente a una profundidad de 30 metros aproximadamente, a la fecha ha emergido aproximadamente 1.60 mts.

II.6 Comportamiento en el sismo de septiembre de 1985.

El comportamiento de esta estructura después de conocer sus antecedentes fue satisfactorio, logrando articulaciones plásticas en las vigas del 5to, 6to, 7mo y 8avo niveles sin llegar a la fractura del acero principal, los tres módulos de elevadores para automóviles siguen en funcionamiento, siendo ésto una garantía de acoplamiento entre las dos torres, las vigas que reciben a las vigas que unen a las dos torres en la fachada de Revillagigedo fallaron todas por flexocompresión y cortante puesto que recibieron el trabajo de puntal entre las dos torres. Este comportamiento es el correcto en una estructuración donde los elementos fuertes son las columnas.

II.7 Comportamiento en el sismo de abril de 1989.

Las articulaciones plásticas que se habían formado en las vigas en el anterior sismo muestran la ruptura de su acero principal.

CAPITULO III: Consideraciones para el nuevo análisis.

III.1 Clasificación de la estructura según el reglamento.

1. Es una estructura que posee las siguientes características:

-Dimensiones en planta: 40.35 mts. por 30.7 mts.

-Altura total: 39.25 mts.

-Son dos torres con una dimensión en planta de 40.35 mts. por 11.4 mts. cada una.

-Las torres se encuentran separadas por tres elevadores que se desplazan tanto horizontal como verticalmente, uniéndose en la azotea por un sistema de vigas-losa y en su base por el cajón de cimentación.

-Desaparece un eje longitudinal de columnas en la planta baja de cada uno de los cuerpos facilitando el tráfico vehicular.

-Contravientos de concreto que nacen en el nivel de la losa tapa de planta baja, articulados físicamente y abarcan dos niveles.

2. La estructura se clasifica en el grupo B1 por su altura, artículo 174 fracción II del reglamento.

3. Se ubica en la zona III según zonificación del Distrito Federal en cuanto a tipo de suelo artículo 175 del reglamento.

4. El factor de comportamiento sísmico será de 2, sección 5 fracción III del diseño por sismo de las Normas Técnicas Complementarias.

5. El coeficiente sísmico será de 0.4 artículo 206 del reglamento.

6. Espectro para diseño sísmico dinámico:

$$a = (1 + 3 \cdot T / T_a) \cdot C / 4 \quad \text{si } T < T_a$$

$$a = c \quad \text{si } T_a < T < T_b$$

$$a = qc \quad \text{si } T > T_b$$

$$q = (T_b / T)^{**r}$$

$$\text{ZONA III} \quad T_a = 0.6 \quad T_b = 3.9 \quad r = 1$$

7. Pesos volumétricos considerados para el análisis de cargas:

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Concreto normal | 2.2 ton/m ³ |
| Concreto ligero | 2.0 ton/m ³ |
| Mortero | 2.1 ton/m ³ |
| Yeso en losas | 1.5 ton/m ³ |
| Mampostería | 1.5 ton/m ³ |
| Agua | 1.0 ton/m ³ |
| Tierra | 1.4 ton/m ³ |
| Reglamento | 40 kg/m ² |
| Carga viva gravitacional | 250 kg/m ² |
| Carga viva sismo | 100 kg/m ² |
| O una carga concentrada | 1500 kgs. |

8. Proceso analítico:

Se realizó el cálculo de las áreas tributarias correspondientes a cada viga, se asigna la carga uniformemente distribuida sobre las mismas.

Los estados de carga básicos se dividen en ocho grupos que son los siguientes:

Grupo I: Se incluye el peso propio de los elementos, y el peso propio de las losas, muros, acabados y todo aquel peso que se considere como carga permanente.

Grupo II: Todas las cargas vivas gravitacionales que se incluirán para la revisión de cimentación y la combinación de cargas permanentes.

Grupo III: Todas las cargas vivas reducidas que se emplearán para las combinaciones con el sismo.

Grupo A: Fuerzas sísmicas estáticas paralelas al eje X de la estructura.

Grupo B: Fuerzas sísmicas estáticas perpendiculares al eje X de la estructura.

Grupo DYN1: Fuerzas sísmicas dinámicas paralelas al eje X de la estructura.

Grupo DYN2: Fuerzas sísmicas dinámicas perpendiculares al eje X de la estructura.

Grupo DYN3: Fuerzas sísmicas dinámicas aplicadas en cualquier dirección con respecto a los ejes principales de la estructura.

La información se prepara de tal forma que se puede resumir en gran escala el trabajo manual, esto es después de un primer análisis podemos obtener los centros de masas, centros de rigidez, y la sumatoria de pesos para cada uno de los grupos de carga, y dependiendo de la información de control del programa, también podemos obtener propiedades dinámicas de la estructura.

Con esta información podemos entender el comportamiento de la estructura y se procede a revisar la capacidad de carga de los elementos existentes con respecto a los elementos mecánicos actuantes. Esta revisión se efectúa con todas las combinaciones de carga que sean imaginables y aceptables, el criterio de revisión es el que señala el American Concrete Institute.

El tener una revisión satisfactoria de columnas trabes, nudos, contravientos y en forma general un comportamiento correcto se procede a analizar las descargas a la cimentación continuando a entregar esta información a un ingeniero especialista en mecánica de suelos para que éste nos proporcione las características y propiedades del suelo que deberán usarse en el modelo para el análisis y diseño de la cimentación.

III.2 Requisitos de regularidad para las construcciones.

Para que una estructura pueda considerarse regular debe satisfacer características de simetría en cuanto a forma, masas, elementos resistentes; relaciones en función a su altura y dimensión longitudinal con respecto a su dimensión menor o base; deberá de carecer de entrantes y salientes, así como de aberturas en sus sistemas de piso; la diferencia de pesos y de áreas de un nivel inferior con el nivel superior no será menor al 70 %; para cada nivel debe existir un sistema de piso rígido y resistente; los elementos verticales están restringidos en todos los pisos en dos direcciones ortogonales; la rigidez al corte de ningún entrepiso excede en más de 100 por ciento a la del entrepiso inmediato inferior y en ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada no excede al 10 por ciento de la dimensión en planta.

El considerar las torres independientes, no cumplen con varios de los requisitos de regularidad que nos señala la Sección 6 del Diseño por Sismo de las Normas Técnicas y como consecuencia se reduciría más el factor de comportamiento sísmico y la cimentación no sería capaz de resistir el momento de volteo.

El no cumplir con los requisitos de regularidad, no necesariamente significa que esté mal estructurado el edificio, tan solo quiere decir que la seguridad de la

estructura estará dada por un factor económico más amplio. Para éste caso se recomienda lograr el trabajo en conjunto de las dos torres, no sólo por el factor económico, sino el de aprovechar al máximo las instalaciones existentes.

III.3 Explicación de porqué no se utiliza un espectro de aceleración absoluta.

En la sección 9 del diseño por sismo de las Normas se aceptan como métodos de análisis dinámico el análisis modal y el cálculo paso a paso de respuestas a temblores específicos; recomendando utilizar el espectro de diseño de la sección 3 de estas Normas, si se usara el espectro de aceleración absoluto del fenómeno sísmico de septiembre de 1985 para la componente crítica E-W sería muy laborioso y con un grado de incertidumbre muy alto al decidir que coeficiente de amortiguamiento se aplicaría a dicho espectro. Figura 14. Por lo que procedemos a utilizar el espectro de diseño para la zona correspondiente.

34

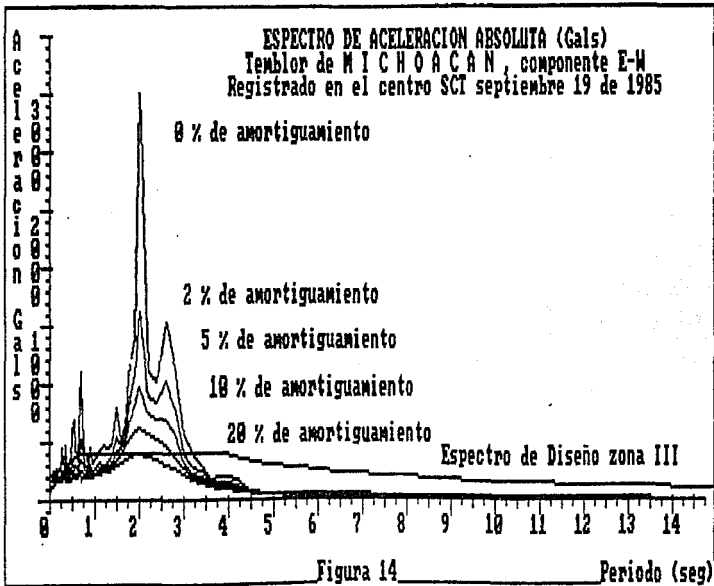


Figura 14

Periodo (seg)

III.4 Justificación del valor del factor de comportamiento sísmico.

Para utilizar un $Q = 4$ no cumple con el mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 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 estén ligados adecuadamente a los marcos estructurales o a castillos y dadas en todo el perímetro del muro. Los castillos y dadas a su vez estarán ligados a los marcos estructurales.

Para utilizar un $Q = 3$ debemos satisfacer que los marcos y muros de concreto reforzado cumplan con los requisitos que fijan las Normas correspondientes para marcos y muros dúctiles. Esto es un concepto actual en el que debe de existir un alto control de calidad en materiales como en mano de obra, secciones mínimas en elementos estructurales, refuerzo por cortante en los nudos, etc.; por todo esto, no es posible que la estructura en estudio lo cumpla por la época en que fué construido (años 50s).

Por lo que se opta por el $Q = 2$.

III.5 Necesidad de alejar el período de vibración de la estructura del período de vibración del suelo, Descripción del fenómeno de resonancia.

Como se muestra en el mapa de ubicación de la estructura figura 10, el período de vibración del suelo es de 2.0 segundos y el calculado para la estructura original es de 2.03 segundos, período muy cercano que puede provocar el fenómeno de resonancia, recordemos que al obtener este valor estamos suponiendo que todos los elementos estructurales están agrietados y que tienen el mismo valor de la capacidad del concreto a compresión lo cual es relativamente válido. Los daños que sufrió el edificio posiblemente fueron ocasionados por efectos de torsión, debido al centro de sus masas y por su período de vibración, por lo que es necesario alejarlo del período del suelo, no es posible incrementar su período, pero si reducirlo siendo éste el objetivo al rigidizar la estructura.

Una estructura responde a una excitación sísmica, descrita por una historia de aceleraciones (o de velocidades o desplazamientos) que se presentan en el suelo sobre el que esta desplazada, mediante una vibración a través de la cual disipa la energía que es generada por dicho movimiento. La amplitud de la vibración necesaria para disipar esa energía depende de las características del sistema construido por el conjunto subsuelo - cimentación - estructura - elementos no

estructurales.

A pesar de la complejidad de un sistema como éste, las principales características de sus respuestas pueden definirse por una historia de desplazamientos, de aceleraciones del suelo, la masa entrará en oscilación y se generarán sobre ella tres tipos de fuerzas:

a) La fuerza de inercia que, de acuerdo con el principio de D'Alambert es proporcional a la masa y a la aceleración total que ésta sufre.

b) Las fuerzas que se generan en los elementos verticales por su rigidez lateral al tratar de ser desplazados con respecto al terreno.

c) La fuerza de amortiguamiento que trata de restablecer el equilibrio de la estructura en vibración.

El amortiguamiento representa la disipación de energía que la estructura realiza principalmente debido a fricción interna de los materiales y a rozamiento entre los componentes de la construcción; este amortiguamiento reduce las oscilaciones.

Se ilustra de manera adimensional en la figura 15, donde en las abscisas se representa la relación entre la frecuencia del movimiento del terreno y la del sistema y, en las ordenadas, la relación entre el desplazamiento máximo que se presenta en la masa bajo efectos dinámicos y el desplazamiento estático que produciría una fuerza constante de magnitud "ma". Del examen de la figura 15, se aprecia la

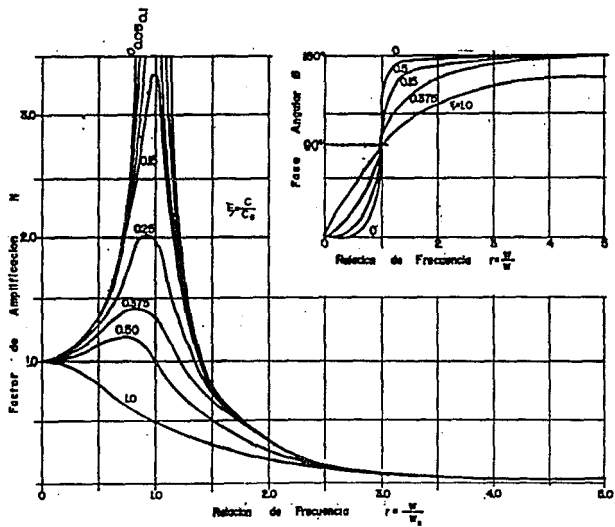


FIGURA 15

III.6 Tolerancias permisibles.

Se deberán cumplir con los requisitos básicos que se señalan en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias.

En la rigidización propuesta se verificará que las columnas, trabes y contravientos existentes trabajen a su máxima capacidad, tanto a flexocompresión, flexión, cortante y compresión respectivamente, sólo se intentará proporcionar refuerzo por cortante para cada uno de los miembros; los contravientos de concreto existentes no se deberán rigidizar debido a sus articulaciones, puesto que no se tienen datos para conocer su capacidad, y además se utilizan como un parámetro de control de las mismas fuerzas sísmicas permisibles en los elementos existentes.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE MODELOS PARA COMPUTADORA

IV.1 Explicación en el uso del espectro de diseño.

El aplicar una fuerza lateral sobre uno de los ejes de la estructura es con el fin de provocar una torsión sobre todos los elementos resistentes obteniendo el comportamiento particular de cada uno de ellos.

Al modelar fuerzas sísmicas estáticas es necesario comparar sus efectos con otras fuerzas que no estén aplicadas en forma arbitraria (se calcula el centro de masas, rigideces y con ellos la excentricidad calculada más la excentricidad accidental que fijan las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo) siendo ésta la característica principal al aplicar el espectro de diseño y proporcionar con éste las acciones dinámicas con que será diseñada la estructura.

IV.2 Explicaciones del objetivo en el modelo de la estructuración en las diferentes alternativas.

-MODELO 1.- En éste se opta por eliminar los penthouses, la alberca, el jardín. Se modela diafragma rígido en la zona de los elevadores y el cubo de luz con la finalidad de conocer su comportamiento estructural si las dos torres estuvieran unidas en la realidad, se aplica una fuerza lateral sobre uno de los ejes longitudinales provocando así una torsión sobre el edificio.

-MODELO 2.- Para tener otra versión del mismo modelo se realizó un segundo análisis con el programa STAAD III/ISDS, comparando los resultados de los programas y en si los dos modelos.

-MODELO 3.- Por recomendaciones del autor del programa ETABS se modela un desnivel entre las losas de las torres con la finalidad de eliminar el diafragma rígido que se localiza en el cubo de los elevadores para automóviles, aplicando también la fuerza lateral sobre el mismo eje longitudinal, se elabora bajo las mismas condiciones del modelo 1.

-MODELO 4.- Una vez verificado el acoplamiento se procede a realizar el modelado del estado original de la estructura para poder conocer sus propiedades dinámicas, y el porcentaje máximo de capacidad de los elementos estructurales principales.

-MODELO 5.- Se propone un sistema de rigidización como se indica en las figuras 16, 17, 18, 19 y 20, este sistema tiene la finalidad de reducir el período de vibración y dejar una capacidad de carga resistente lo más próxima a la carga última sobre las columnas, obteniéndose esta revisión bajo las combinaciones de carga que fija el nuevo reglamento.

IV.3 Selección del programa de computadora de acuerdo a las necesidades del modelo.

Se tienen dos programas: ETABS y STAAD III/ISDS.

Las ventajas para usar el ETABS son las siguientes:

Etabs es un programa orientado a modelar edificios de varios niveles, siendo muy fácil eliminar o adicionar trabes, columnas, muros y contravientos, al generar análisis estático, considerando excentricidades externas, al modelar un análisis dinámico en tres direcciones, ya sean modal o paso a paso, la matriz de rigideces se genera por bloques lo cual consume una menor cantidad de memoria virtual, tiene la consideración de modelar las losas como diafragmas rígidos, en forma automática se pueden desconectar los elementos de éste. Para una forma rápida y confiable de verificación de los datos se pueden dibujar en pantalla propiedades de los elementos, cargas, etc. La presentación de los resultados tanto para información como en el diseño son muy accesibles, los archivos que se generan durante el análisis proporcionan una imagen de como se está comportando el edificio y la forma animada de cualquier estado de carga que se solicite durante el cálculo.

Desventajas en el uso del ETABS:

No es posible modelar trabes y losas inclinadas.

No es fácil modelar columnas desplantadas a diferente elevación.

No es fácil modelar entresijos en desnivel.

Es muy problemático el modelar huecos en las losas.

Se requiere un amplio conocimiento del manual.

La preparación de los datos es muy laboriosa, puesto que se deben incluir notas para cada una de las secciones de los mismos.

No se pueden modelar dos estados de carga horizontales diferentes (sismo, viento).

Ventajas en el uso del STAAD III /ISDS:

Es muy sencillo generar datos de estructuras regulares.

Es posible analizar estructuras irregulares.

Se pueden modelar piezas inclinadas como traveses, columnas, losas, etc.

Nos puede proporcionar los elementos óptimos en estructuras de acero así como su soldadura.

Es sencillo modelar estructuras híbridas (marcos con armaduras).

Se pueden modelar cargas móviles y efectos de temperatura, así como fuerzas de presfuerzo.

La presentación de los datos tiene gran semejanza con los primeros programas que se elaboraron para el análisis estructural.

Se pueden calcular los esfuerzos de un miembro en cualquier punto así como sus desplazamientos.

Se pueden analizar todas las posibles condiciones de carga gravitacional, sismo, viento, granizo,

temperatura, etc.

Desventajas en el uso del STAAD III/ISDS:

La matriz de rigidez se genera completa, lo cual consume una gran cantidad de memoria.

No se puede analizar paso a paso fácilmente, ya que requiere un gran espacio de memoria.

No es fácil introducir datos para considerar excentricidades externas en análisis estático. Es más complicado analizar fuerzas estáticas ya que se carga por nudos.

Es necesario analizar y diseñar cada vez que se corra el programa ya que no hace revisión.

Es necesario definir explícitamente losas para considerar el diafragma rígido.

Por lo anterior se utiliza el programa ETABS para estudiar la estructura. Además el programa ETABS esta orientado al análisis y diseño específico de edificios; pero para tener un marco de comparación también se aplica el programa STAAD III/ISDS para un mismo modelo.

Características especiales de los elementos estructurales para ETABS:

1. Sistema de Ejes:

-Los ejes "X" y "Y" son horizontales y el eje "Z" es vertical, todos son ortogonales entre sí.

2. Elemento Columna:

-Siempre existirá vertical en cualquier entrepiso

como línea de columna. Las líneas de columna serán límites para vigas, contravientos y muros, no necesariamente deberá existir una columna.

-Los extremos pueden ser empotrados o articulados.

-La sección será prismática entre dos niveles consecutivos.

-Se pueden obtener elementos mecánicos en cualquier zona del nudo.

-En La formulación de los resultados se incluyen las deformaciones por efectos de carga axial, cortante y flexión.

-Estará siempre conectada al diafragma rígido, se puede liberar para las condiciones del modelo.

-El peso está basado en la altura del entrepiso.

3. Elemento Viga:

-Siempre será un elemento horizontal, se encuentra predefinida por la topología y dos líneas de columnas.

-Sus extremos pueden ser empotrados o articulados.

-La sección será prismática entre dos líneas de columnas.

-Se pueden obtener elementos mecánicos a 0, 1/4, 1/2, 3/4, 1 puntos del claro, a partir del nudo del lado izquierdo.

-Se incluyen las deformaciones por cortante y por flexión, La deformación bajo carga axial se incluye cuando se libera a la columna del diafragma rígido.

-Si se define una columna desconectada del diafragma el correspondiente extremo de la viga también es desconectado automáticamente.

-El peso se calcula sobre la longitud del claro y es aplicado como carga uniformemente distribuida en la longitud de la sección.

-Cualquier participación de los pisos para absorber la flexión es reflejado por las propiedades que proporciona el usuario.

-Las cargas verticales externas pueden ser aplicadas en los extremos de ésta.

4. Elemento Diagonal o Contraviento:

-Este elemento puede existir en cualquier plano vertical entre dos líneas de columnas y dos niveles consecutivos cualesquiera.

-Los extremos pueden ser continuos o articulados.

-Este elemento será prismático de nivel a nivel.

-Se incluyen las deformaciones por flexión, cortante y carga axial: el momento de inercia es cero y el área de cortante se genera por la capacidad axial y no por la rigidez a flexión.

-Si al desconectar una columna del diafragma rígido llegase un extremo de contraviento éste también será desconectado.

-El peso es calculado por la componente entre dos líneas de columnas y la altura de entrepiso correspondiente.

5. Elemento Muro:

-Este puede existir entre cualquier par de líneas de columnas y entre dos niveles consecutivos.

-Siempre será considerado empotrado en su extremo inferior.

-La sección será prismática de un entrepiso a otro.

-La rigidez del muro está basada en la longitud de la crujía, La altura de entrepiso; el muro puede tener cualquier forma tan compleja como el usuario se lo defina. El programa integra momentos, cortantes y carga axial con respecto al centro de gravedad de la sección modelada.

-Está basado en el análisis como elemento finito. La formulación incluye la componente de rigidez rotacional en el plano. Siempre existirá continuidad con columnas, vigas y contravientos a menos que se desconecten las columnas del diafragma, también se desconectará el muro en su extremo correspondiente.

-El peso se calcula en función a su área que ocupa entre dos líneas de columnas y la altura de entrepiso aplicándose en los extremos del muro.

-Estos elementos son definidos para ser usados en el modelado de sistemas de muros de cortante, donde el modo primario es la flexión vertical asociado con cortante horizontal.

CAPITULO V: RESULTADOS DEL ANALISIS:

V.1 Interpretación de las gráficas.

De acuerdo a las gráficas de los elementos mecánicos actuantes y representativos de los miembros se puede ver claramente el comportamiento simétrico o en conjunto de la estructura.

En las gráficas de 1 a 9, se modela el hueco de los elevadores para los programas ETABS y STAAD, se aplica una fuerza horizontal perpendicular al eje mayor de los muros cabeceros y:

Gráfica 1:

Se muestra la fuerza cortante sobre los muros que es de la misma magnitud y en sentido contrario.

Gráfica 2:

Se muestra la fuerza cortante sobre los muros que tiene un comportamiento muy uniforme en su distribución de magnitud.

Gráfica 3:

Se muestra la fuerza cortante sobre la cubierta del cubo de los elevadores, se observa un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 4:

Se muestra el momento de flexión alrededor del eje mayor para todas las columnas de Planta Baja observándose un

comportamiento muy simétrico.

Gráfica 5:

Se muestra el momento de flexión alrededor del eje menor para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 6:

Se muestra el momento de torsión para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 7:

Se muestra la fuerza cortante alrededor del eje mayor para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 8:

Se muestra la fuerza axial para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 9:

Se muestra la fuerza axial para todas las columnas observándose un comportamiento muy simétrico.

En las gráficas de 10 a 17, en el modelo se cubre el hueco de los elevadores con losas de concreto uniendo a las dos torres, para los programas ETABS y STAAD se aplica una fuerza horizontal perpendicular al eje mayor de los muros cabeceros :

Gráfica 10:

Se muestra la fuerza cortante sobre los muros que es de la misma magnitud y en sentido contrario.

Gráfica 11:

Se muestra la fuerza cortante sobre los muros que tiene un comportamiento muy uniforme en su distribución de magnitud.

Gráfica 12:

Se muestra la fuerza cortante sobre la cubierta del cubo de los elevadores se observa un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 13:

Se muestra el momento de flexión alrededor del eje mayor para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 14:

Se muestra el momento de flexión alrededor del eje menor para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 15:

Se muestra el momento de torsión para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Gráfica 16:

Se muestra la fuerza cortante alrededor del eje mayor para todas las columnas de Planta Baja observándose un

comportamiento muy simétrico.

Gráfica 17:

Se muestra la fuerza axial para todas las columnas de Planta Baja observándose un comportamiento muy simétrico.

Forma de comparar las gráficas:

Gráfica 1 con gráfica 10

Gráfica 2 con gráfica 11

Gráfica 3 con gráfica 12

Gráfica 4 con gráfica 13

Gráfica 5 con gráfica 14

Gráfica 6 con gráfica 15

Gráfica 7 con gráfica 16

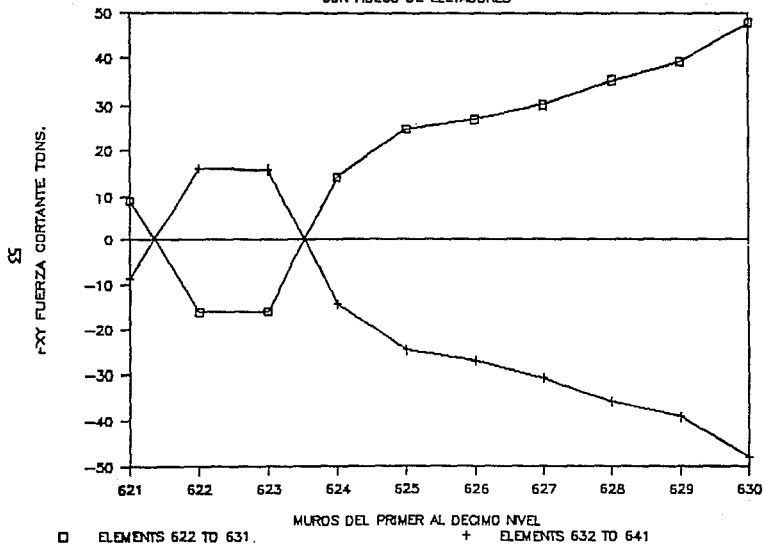
Gráfica 8 con gráfica 17

En la gráfica 9 se presenta el comportamiento de las columnas de todo el edificio analizado por el programa STAAD III/ISDS.

En las gráficas 10 a 17 se ve el comportamiento estructural de los miembros si las dos torres estuvieran unidas por un sistema de losa esto es que no existiera cubo de elevadores para automóviles; se hizo este modelo para tener gráficas con un comportamiento de conjunto.

En las gráficas de 1 a 8 se presenta el comportamiento de los mismos miembros que en las gráficas 10 a 17 con la finalidad de compararlas entre sí y además estas nos reflejan un comportamiento acoplado.

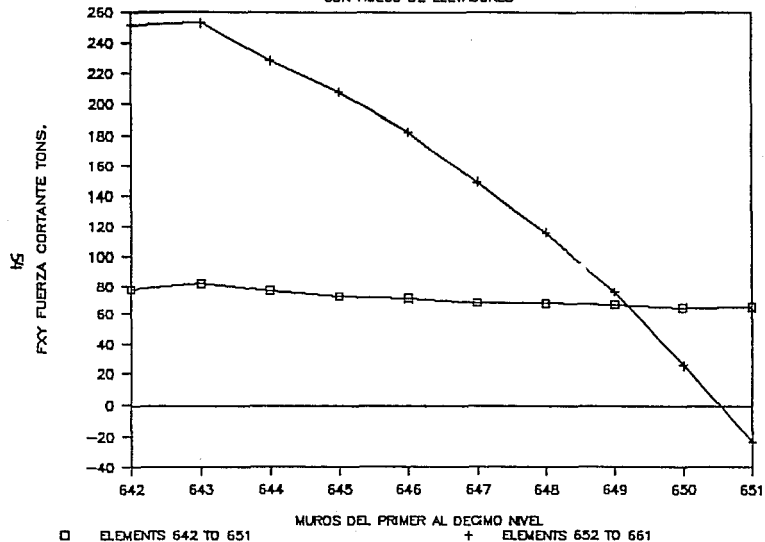
ALFFER
CON HUECO DE ELEVADORES



GRÁFICA I

ALFFER

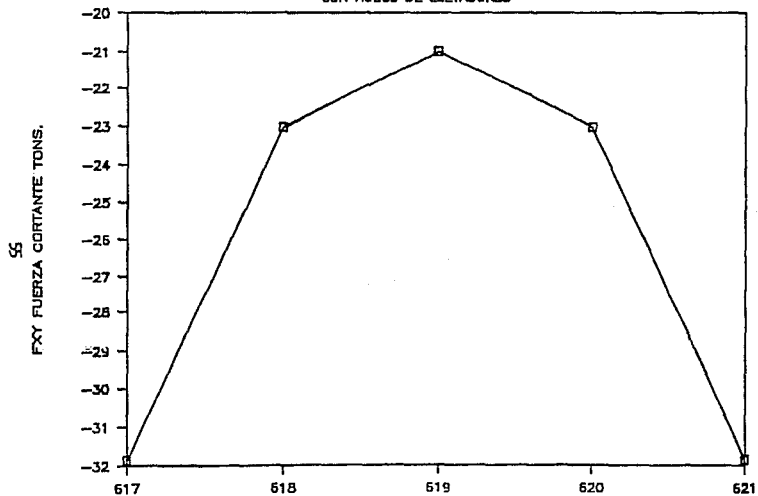
CON HUECO DE ELEVADORES



GRAFICA 2

ALFFER

CON HUECO DE ELEVADORES

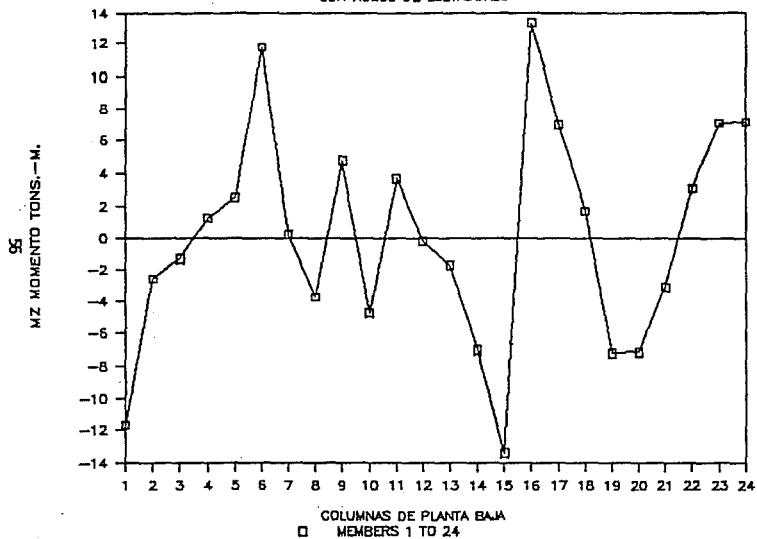


LOSAS TAPA DE ELEVADORES
ELEMENTS 617 TO 621

GRÁFICA 3

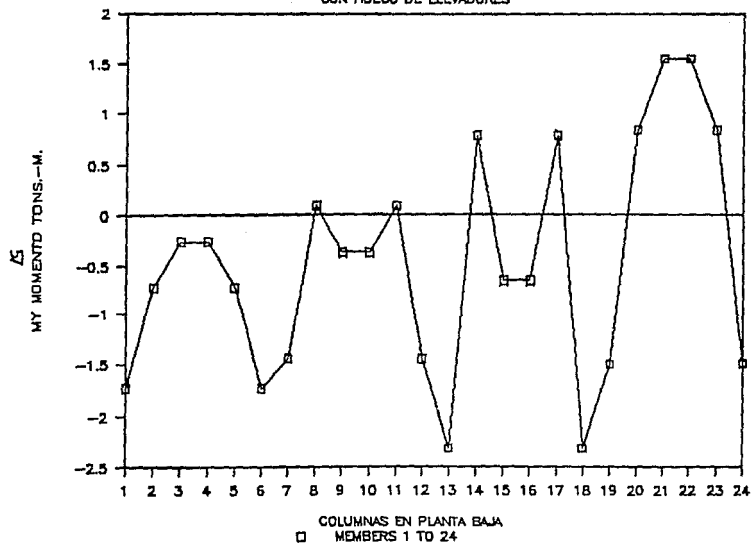
ALFFER

CON HUECO DE ELEVADORES

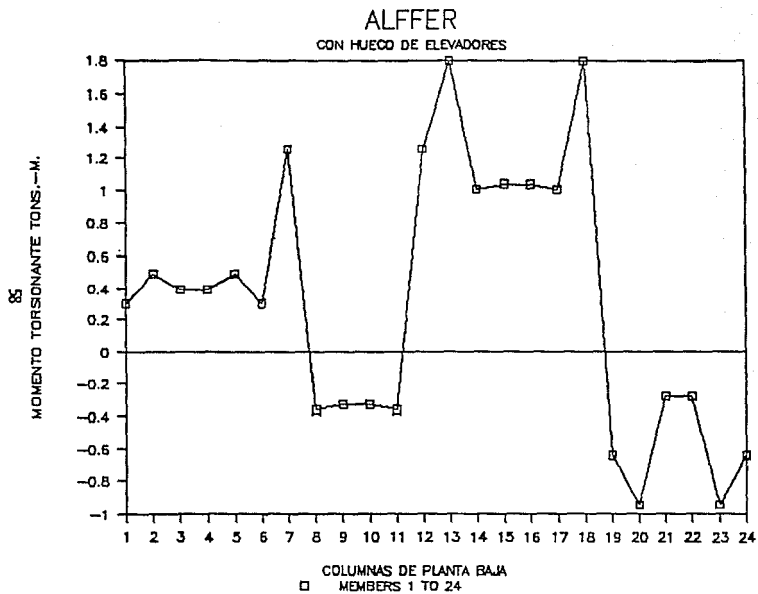


Gráfica 4

ALFFER
CON HUECO DE ELEVADORES

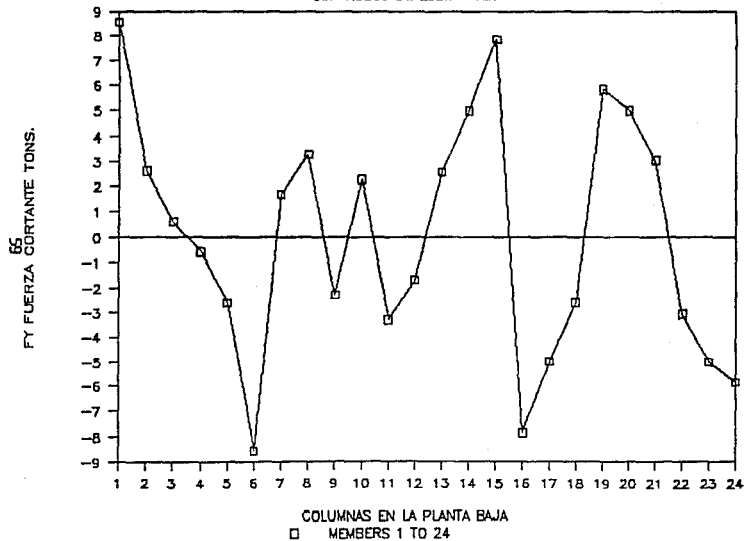


GRÁFICA 5



Gráfica 6

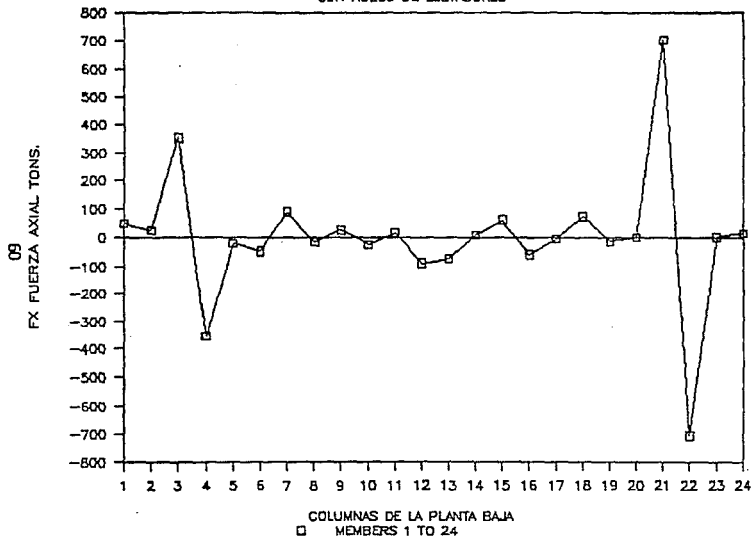
ALFFER
CON JUEGO DE ELEVADORES



GRÁFICA 7

ALFFER

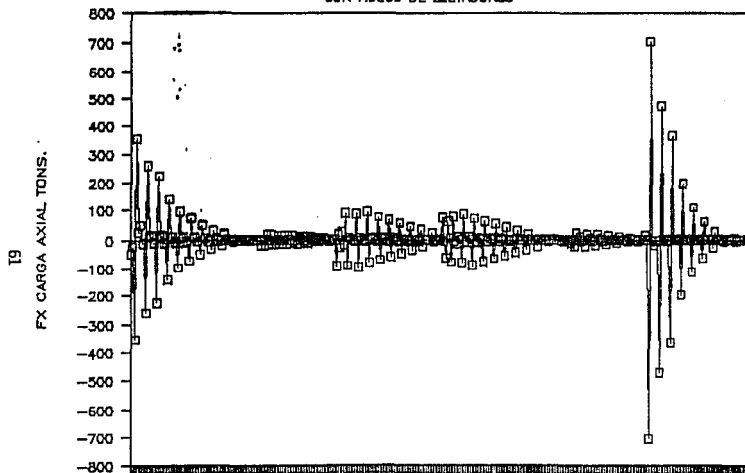
CON HUECO DE ELEVADORES



GRAFICA 8

ALFFER

CON HUECO DE ELEVADORES



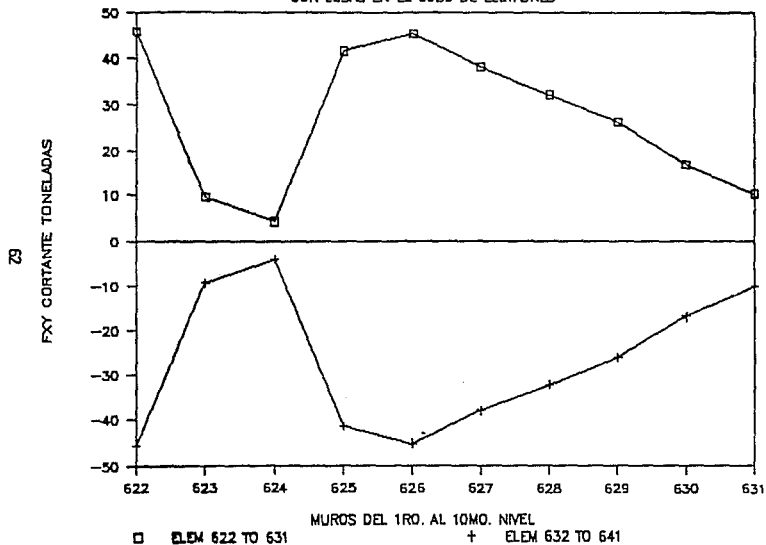
TODAS LAS COLUMNAS POR MARCO IZD. A DER

□ MEMBERS 1 TO 348

GRAFICA 9

ESTACIONAMIENTO ALFFER

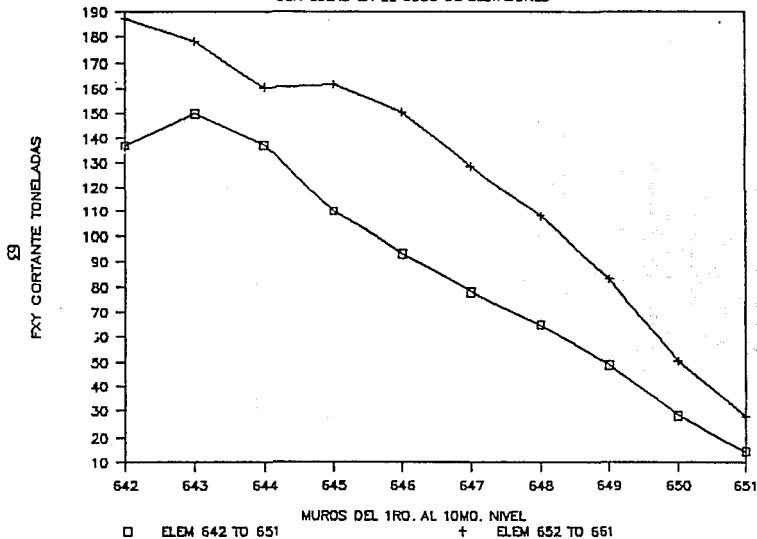
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 10

ESTACIONAMIENTO ALFFER

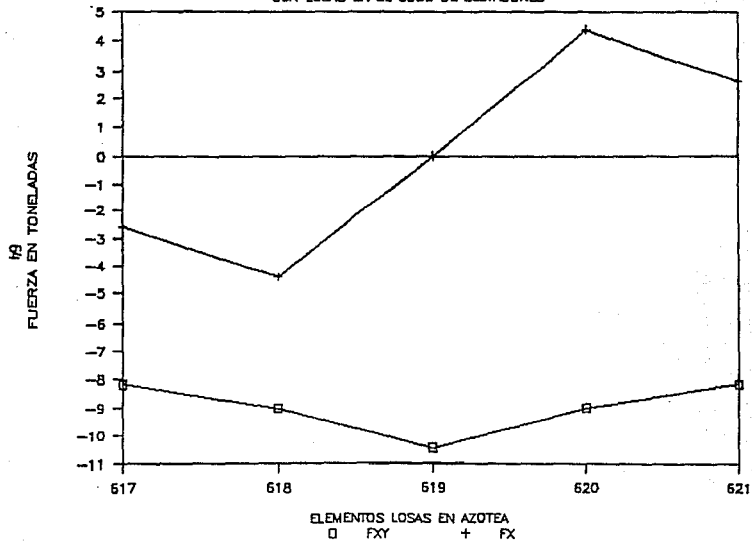
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 11

ÁLFFER

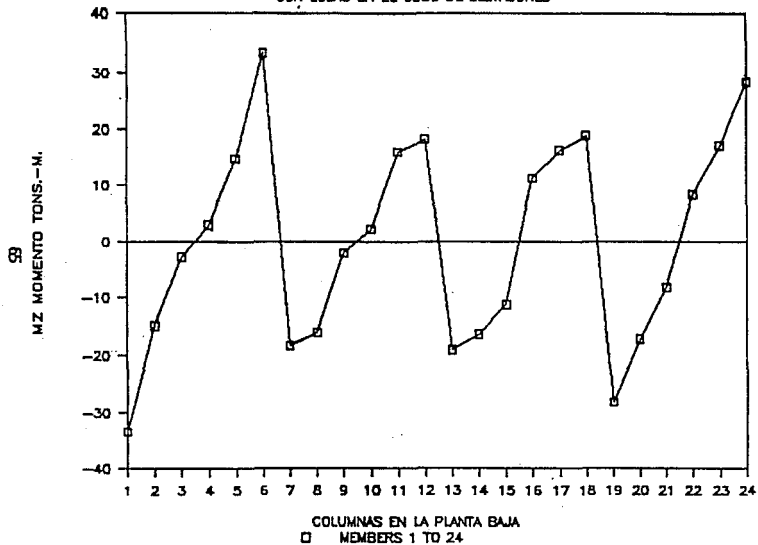
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 12

ALFFER

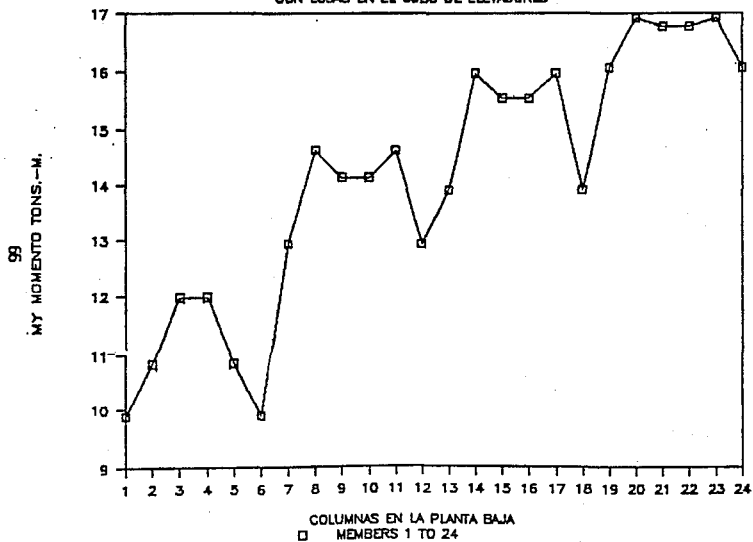
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 13

ALFFER

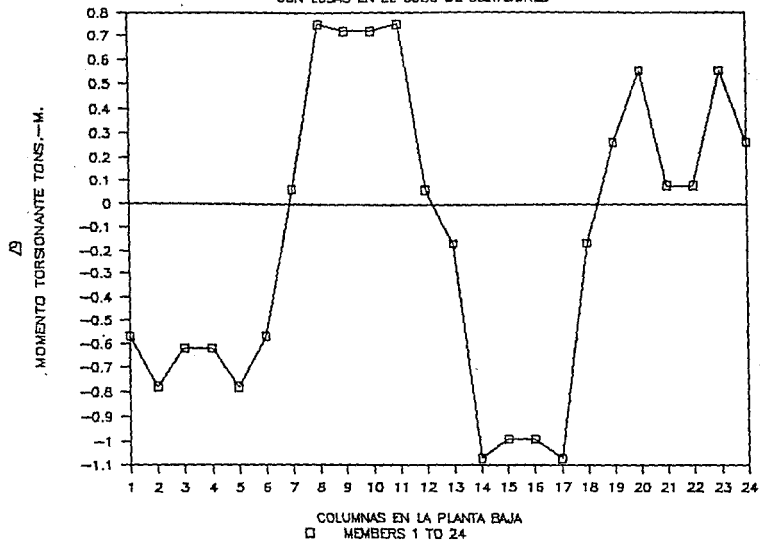
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 14

ALFFER

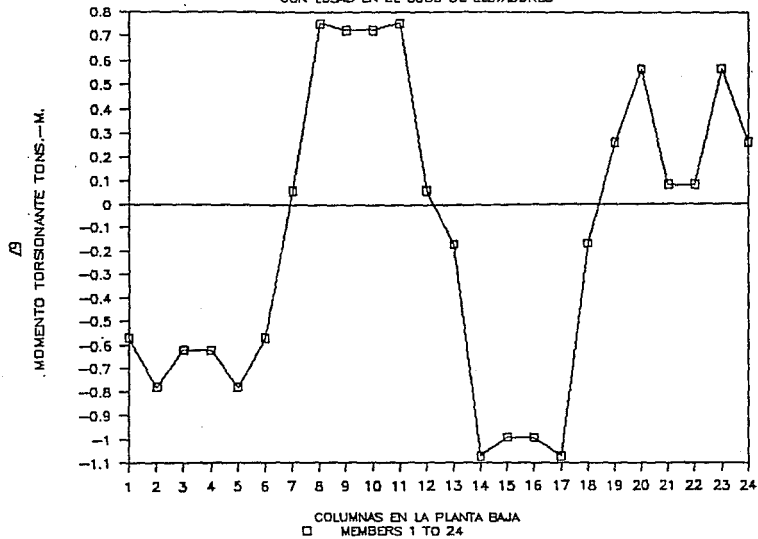
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 15

ALFFER

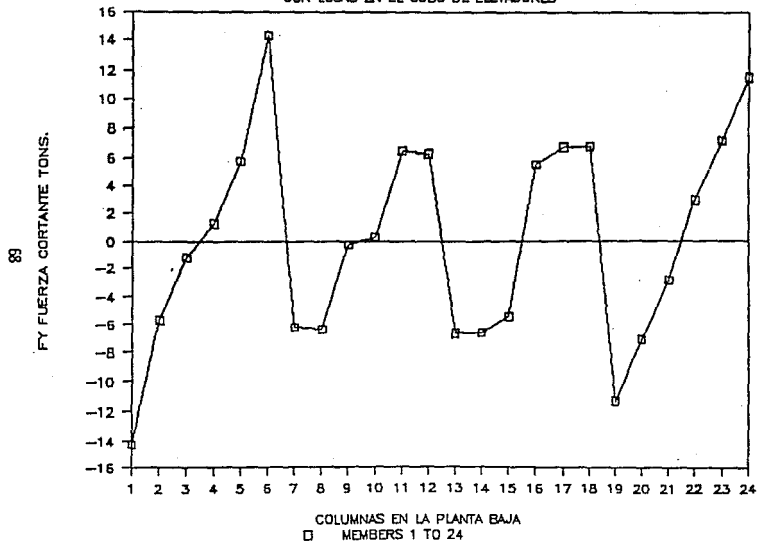
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 15

ALFFER

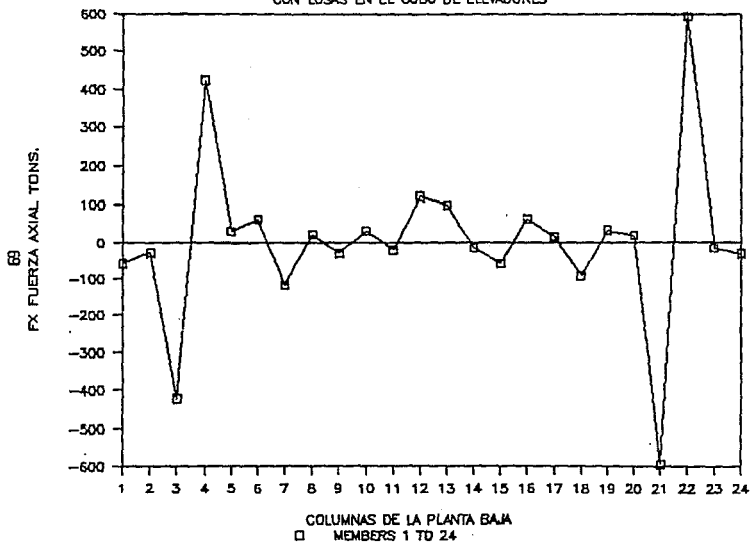
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 16

ALFFER

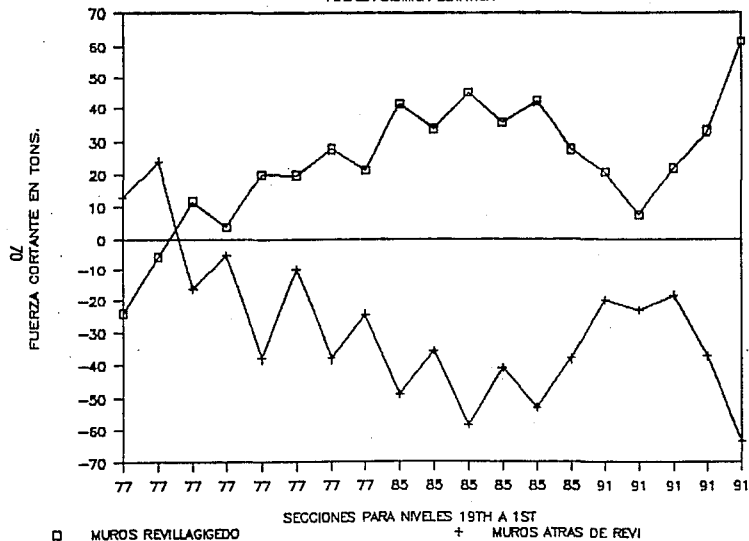
CON LOSAS EN EL CUBO DE ELEVADORES



GRÁFICA 17

ESTACIONAMIENTO ALFFER

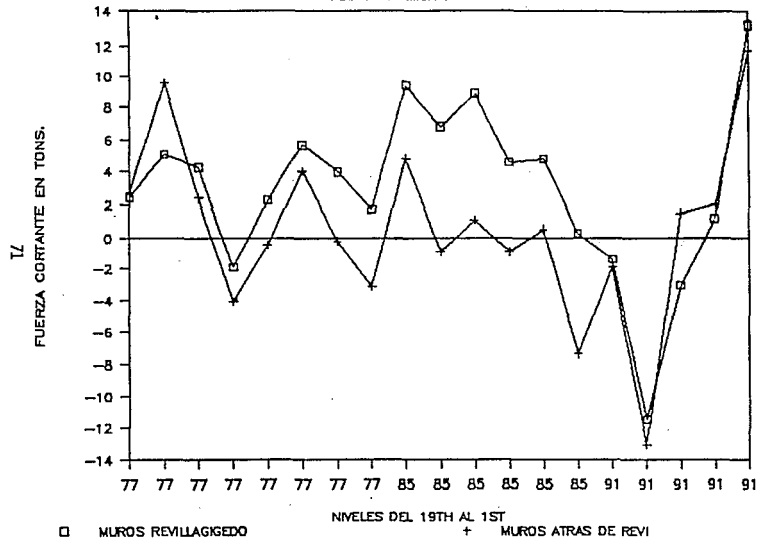
FUERZA SISMICA ESTATICA



GRÁFICA 18

ESTACIONAMIENTO ALFFER

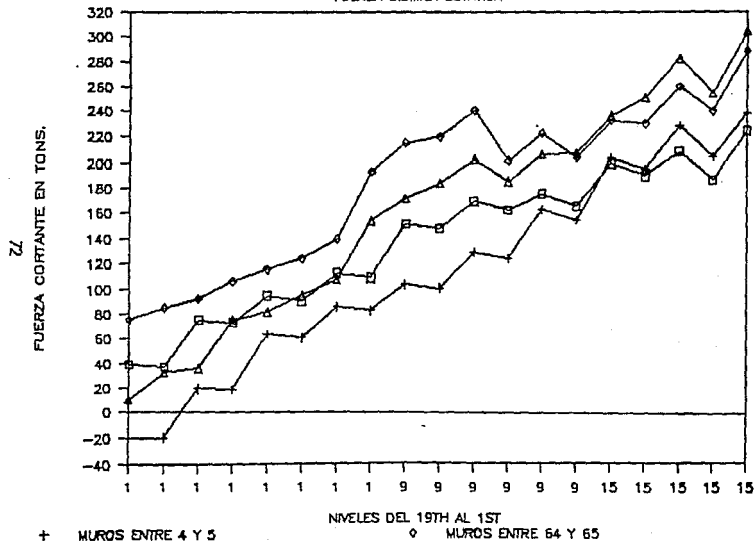
FUERZA SISMICA DINAMICA



GRÁFICA 19

ESTACIONAMIENTO ALFFER

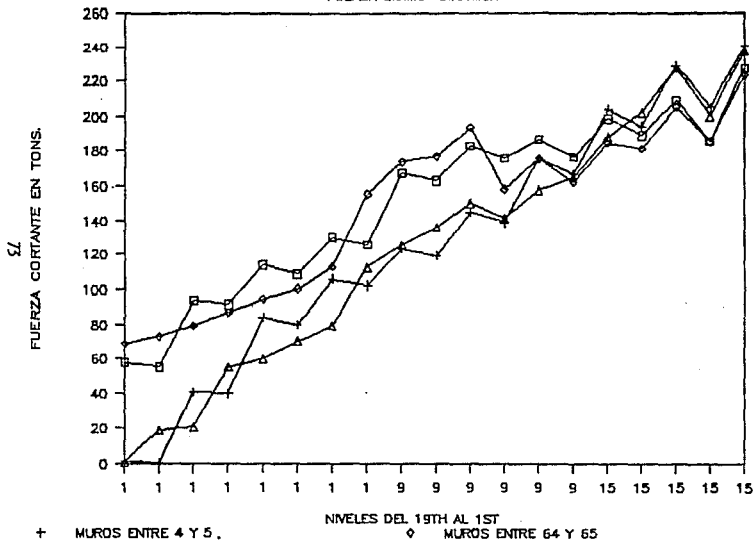
FUERZA SISMICA ESTATICA



GRAFICA 20

ESTACIONAMIENTO ALFFER

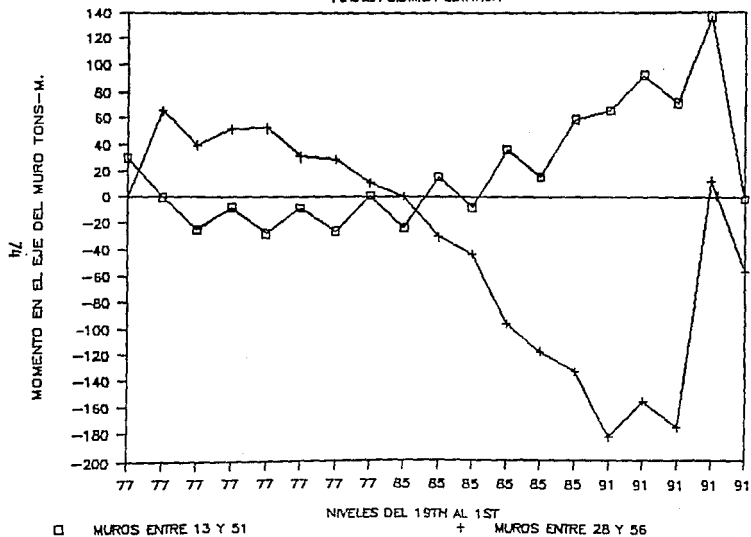
FUERZA SISMICA DINAMICA



GRÁFICA 21

ESTACIONAMIENTO ALFFER

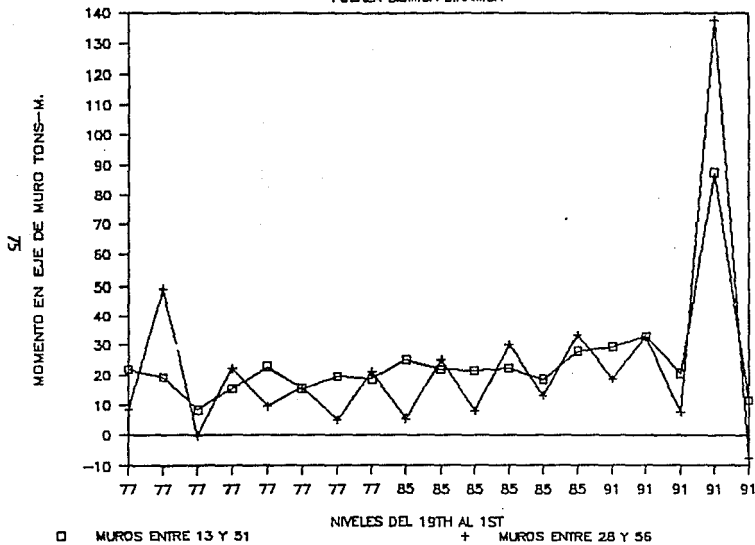
FUERZA SISMICA ESTATICA



GRÁFICA 22

ESTACIONAMIENTO ALFFER

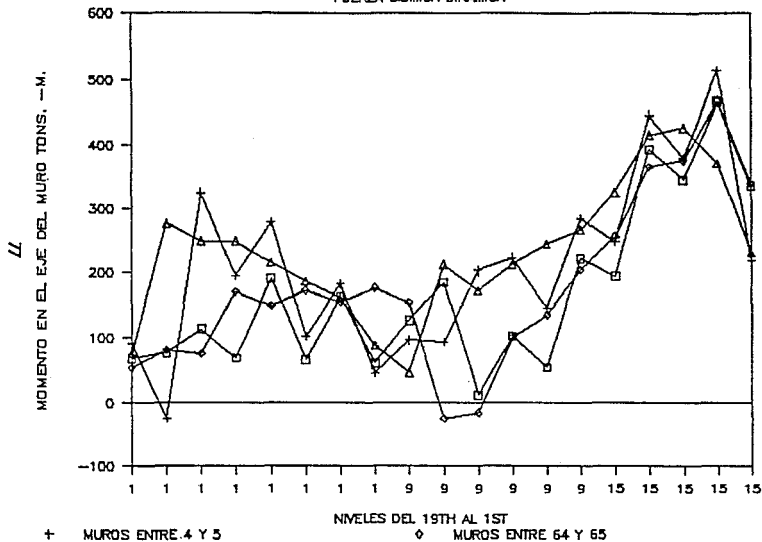
FUERZA SISMICA DINAMICA



GRÁFICA 23

ESTACIONAMIENTO ALFFER

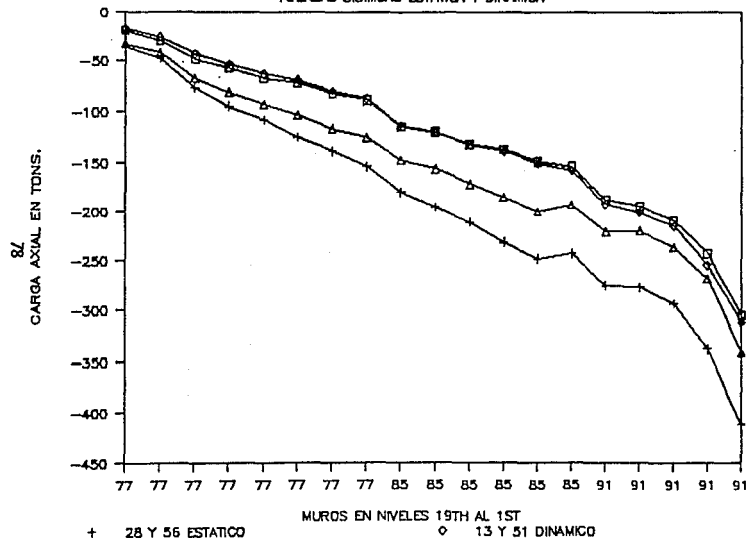
FUERZA SISMICA DINAMICA



GRÁFICA 25

ESTACIONAMIENTO ALFFER

FUERZAS SISMICAS ESTATICA Y DINAMICA

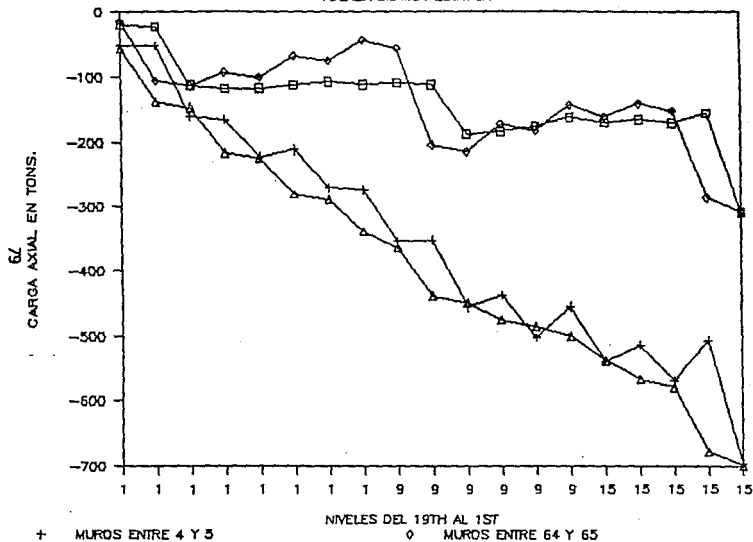


GRÁFICA 26

Δ

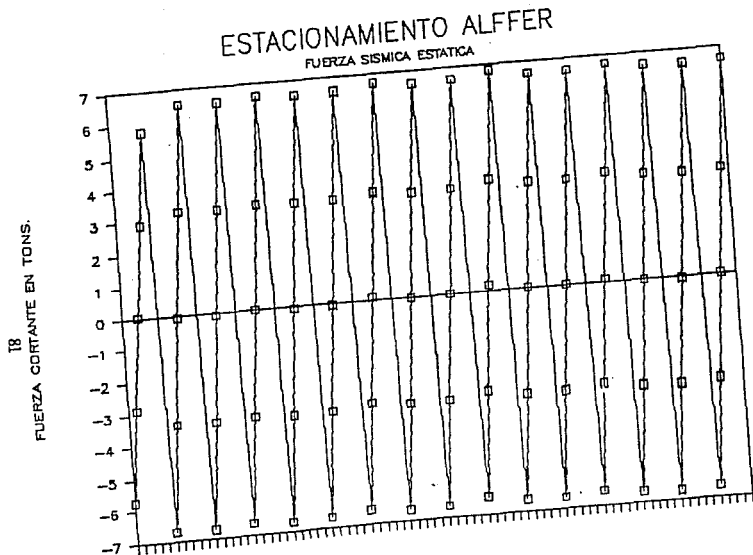
ESTACIONAMIENTO ALFFER

FUERZA SISMICA ESTATICA



GRÁFICA 27

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

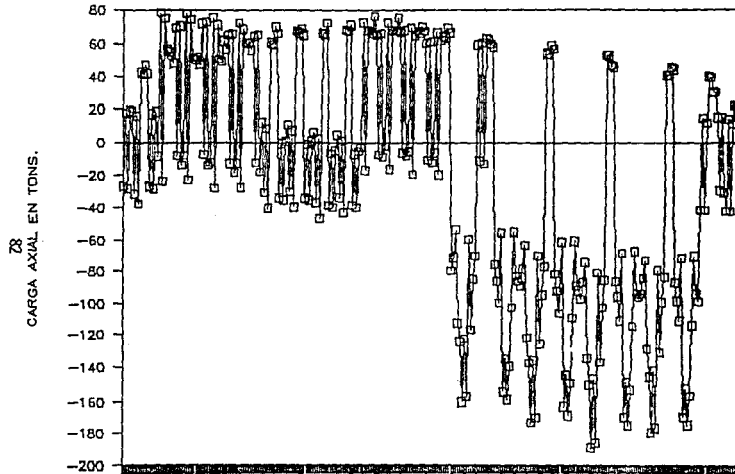


VIGAS EN LA LOSA TAPA DE ELEVADORES
 □ 67, 135 A 148, 128

GRÁFICA 29

ESTACIONAMIENTO ALFFER

FUERZA SISMICA DINAMICA

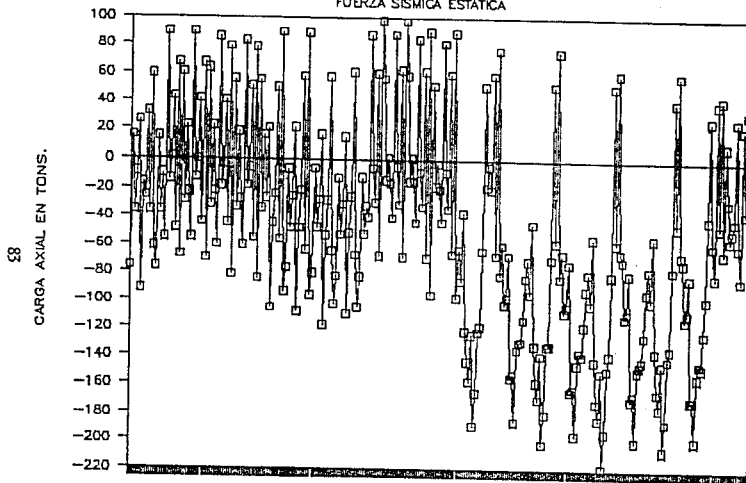


CONTAVIENTOS
□ TODOS LOS BRACES

GRÁFICA 30

ESTACIONAMIENTO ALFFER

FUERZA SISMICA ESTATICA

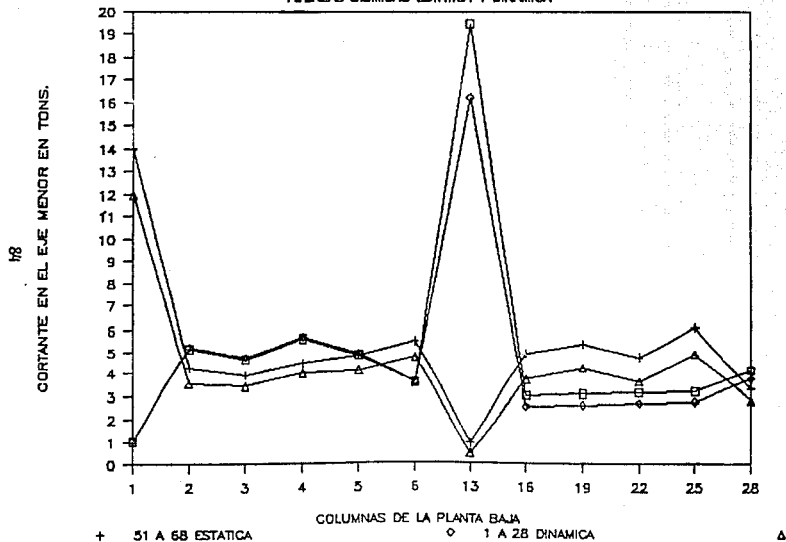


DEL NIVEL 19TH AL 1ST
□ TODOS LOS BRACES

GRÁFICA 31

ESTACIONAMIENTO ALFFER

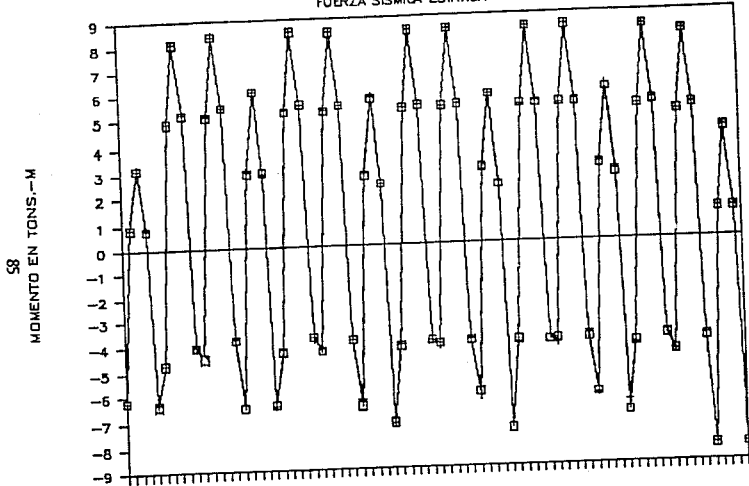
FUERZAS SISMICAS ESTATICA Y DINAMICA



GRÁFICA 32

ESTACIONAMIENTO ALFFER

FUERZA SISMICA ESTATICA

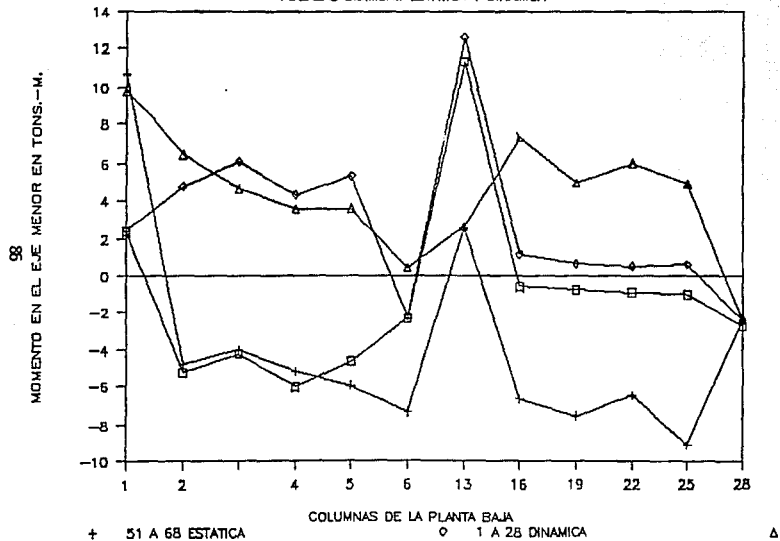


□ VIGAS DE LA TAPA DEL ELEVADOR
67, 135 A 148, 128

GRAFICA 33

ESTACIONAMIENTO ALFFER

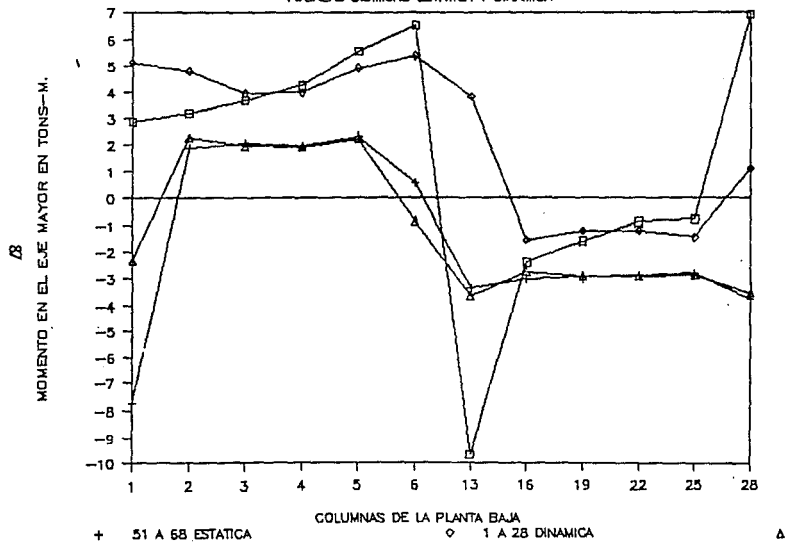
FUERZAS SISMICAS ESTATICA Y DINAMICA



GRÁFICA 34

ESTACIONAMIENTO ALFFER

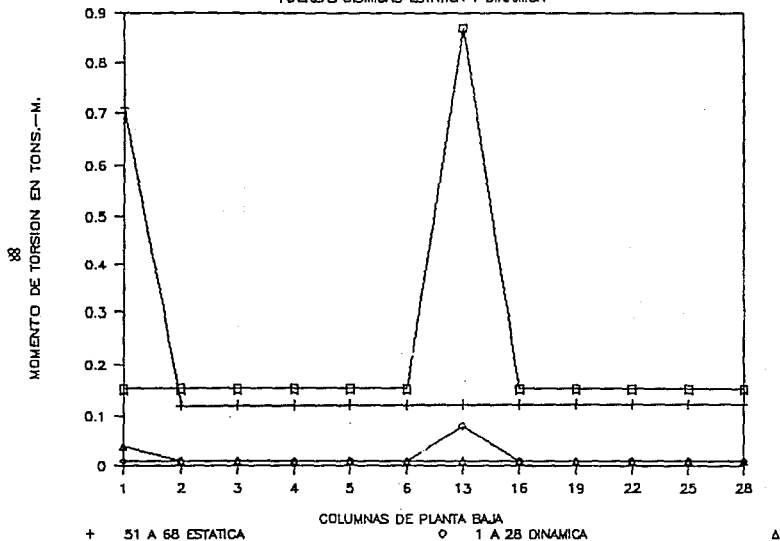
FUERZAS SISMICAS ESTATICA Y DINAMICA



GRÁFICA 35

ESTACIONAMIENTO ALFFER'

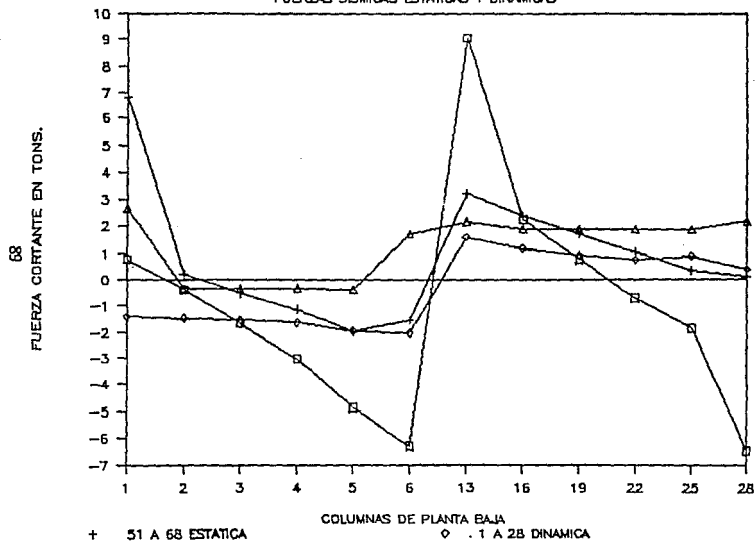
FUERZAS SISMICAS ESTATICA Y DINAMICA



Gráfica 36

ESTACIONAMIENTO ALFFER

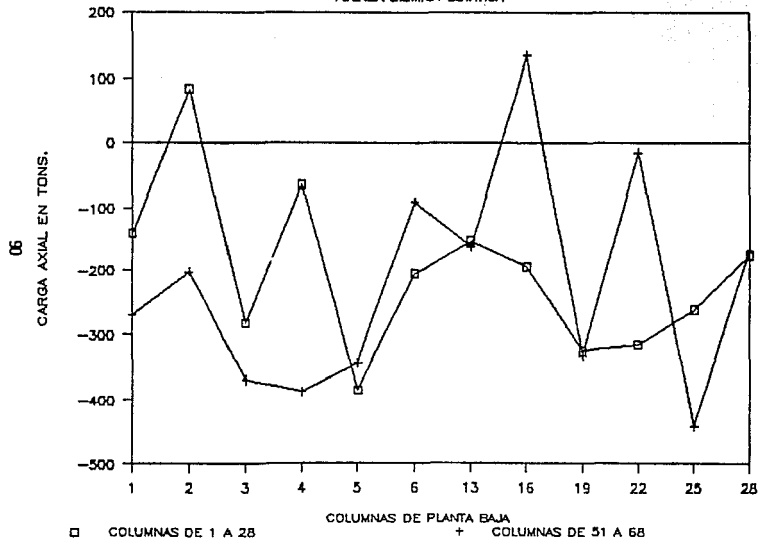
FUERZAS SISMICAS ESTATICAS Y DINAMICAS



GRÁFICA 37

ESTACIONAMIENTO ALFFER

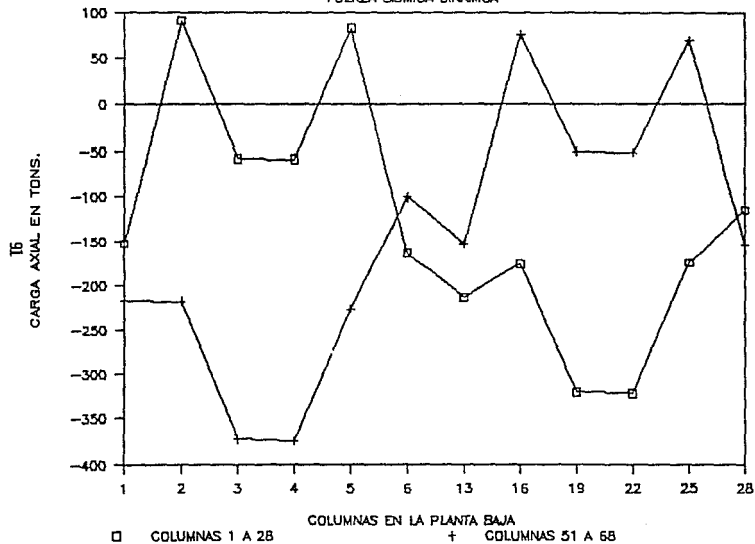
FUERZA SISMICA ESTATICA



GRAFICA 38

ESTACIONAMIENTO ALFFER

FUERZA SISMICA DINAMICA



GRÁFICA 39

Cabe aclarar que éste modelo tiene el sistema de rigidización propuesto, mostrando su actividad durante el período de aplicación de fuerzas laterales.

En las gráficas 18 a 39 se confirma el comportamiento acoplado con el sistema de refuerzo propuesto.

El sistema de rigidización propuesto se puede ver en las figuras 16 a 20.

V.2 Del modelo de la estructura original se obtiene su período de vibración.

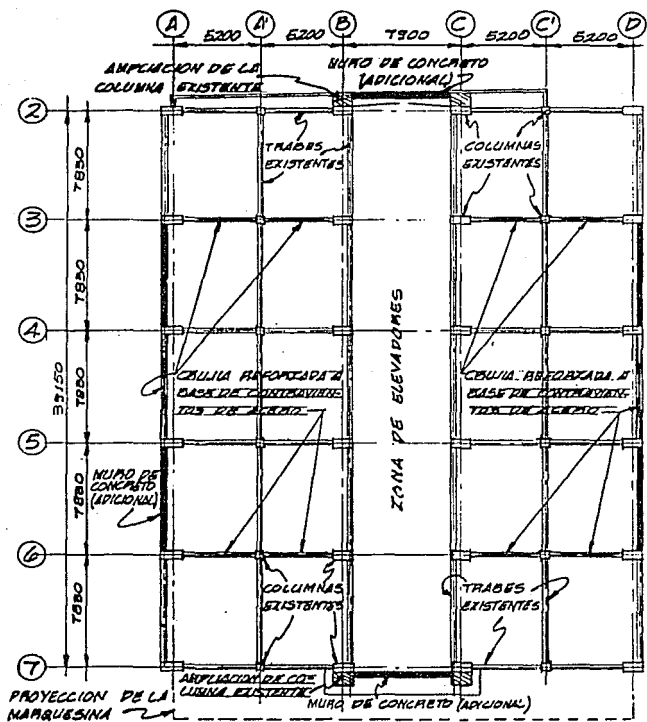
El período obtenido es de 2.03 segundos muy próximo al período del suelo de 2.0 segundos, esto nos indica que es una estructura muy flexible y como consecuencia tiene desplazamientos grandes, la relación de rigideces entre los miembros estructurales principales está orientada a provocar articulaciones plásticas en las vigas, cumpliendo su objetivo.

Los puntales en el primer y segundo entrepiso cumplen con su función de transmitir las fuerzas horizontales como axiales sobre las columnas y de tensión sobre la trabe que une las articulaciones contrarrestando la carga axial de peso propio de este entre eje.

De los resultados se manifiesta la necesidad de dejar a las columnas con una carga lo más real posible en cuanto

a resistencia por flexocompresión y proporcionarles un refuerzo mínimo por cortante, se plantea la reestructuración establecida en la figura 13 y la cual nos proporciona un período de 0.8 segundos muy cercano al período obtenido con $1/n$ de niveles recomendado por la práctica que es de 1.0 segundo.

Con esta reestructuración se siguen conservando las demás características mencionadas en el modelo original, estableciendo además una relación de frecuencias fuera del rango que daría lugar al fenómeno de resonancia.



PLANTA GENERAL DE REFORZAMIENTO

FIGURA 76

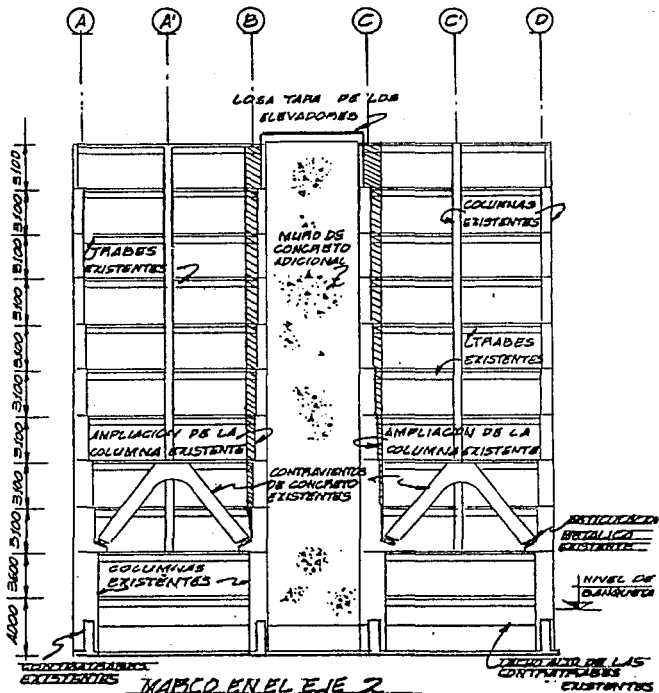
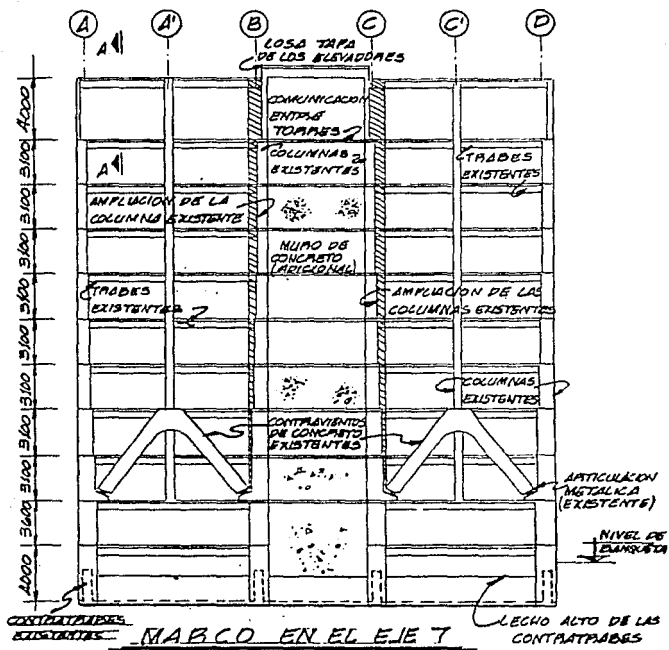


FIGURA 17



EIGLESA 18

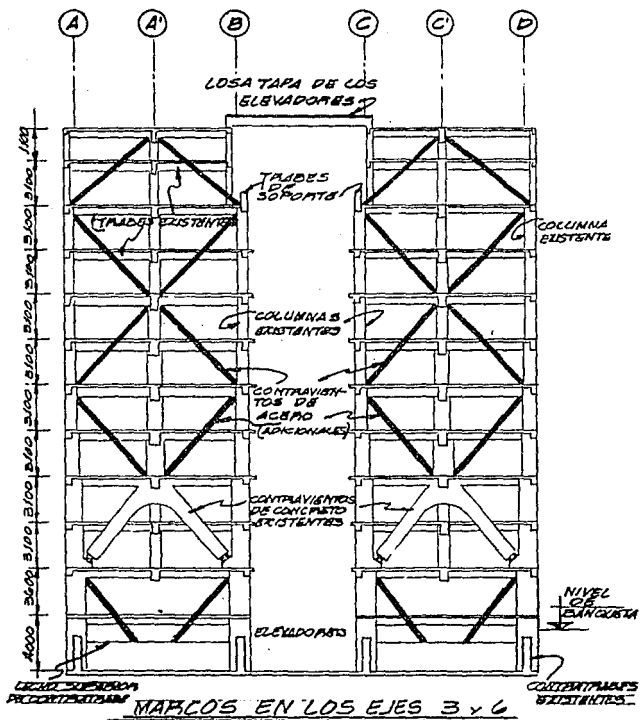
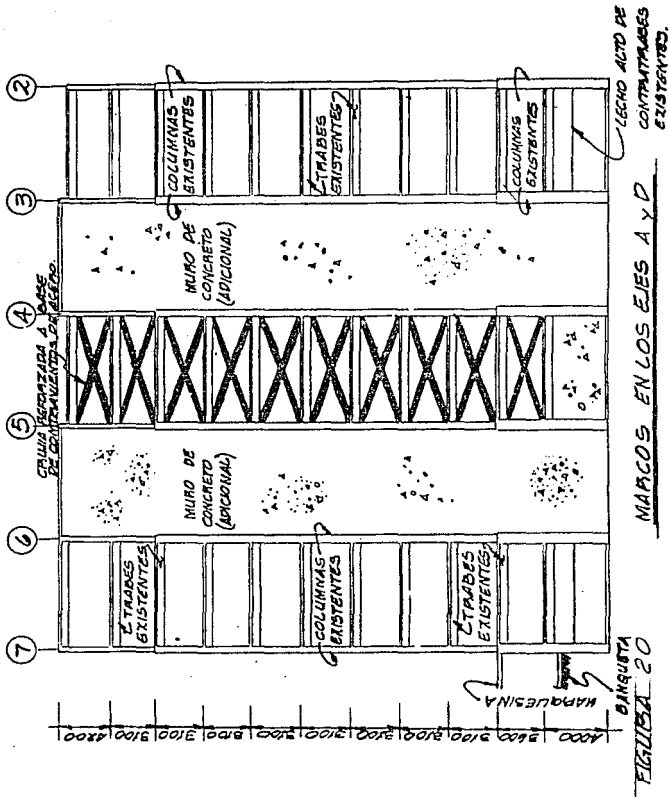


FIGURA 19



CAPITULO VI: CONCLUSIONES E INQUIETUDES:

VI.1 Conclusiones:

Debido al avance tecnológico se ha reducido a un mínimo el esfuerzo físico que se tendría que realizar para resolver cualquier sistema por complejo que se le considere, en la actualidad se puede resolver cualquier estructura aplicando métodos de análisis utilizando programas para computadora.

Es importante mencionar que para utilizar los métodos de análisis estructural apoyados en las computadoras, es conveniente que además de los conocimientos básicos de análisis estructural se entienda al menos un método de análisis estructural matricial, así como la utilización de las computadoras, logrando de este modo que sea más fácil y adecuada la aplicación de estas herramientas modernas.

El tener a nuestro alcance estas herramientas tan poderosas con las cuales podemos analizar una infinidad de combinaciones de carga, modificando secciones para lograr un aprovechamiento óptimo de los materiales, modificando los puntos de aplicación de las cargas, realizando análisis dinámicos, modificando propiedades dinámicas en tiempos demasiado cortos, etc., y más ventajas que nos proporcionan los programas modernos; como ingenieros civiles que estemos involucrados en el proyecto, supervisión ó construcción de cualquier tipo de estructura y se pretenda modificar el destino, geometría, secciones tanto de concreto o acero, los

materiales, u otros parámetros que influyan en el comportamiento estructural, será nuestro deber informar al propietario del inmueble que la estructura deba ser revisada mediante un análisis para que se indiquen los cambios que deban realizarse al proyecto original, logrando con esto una garantía de un comportamiento adecuado en su vida útil.

Es muy fácil en nuestro medio construir un edificio para condominios y rentarlo para oficinas, posiblemente el cambio del destino en el inmueble no es de gran importancia, consultando el actual reglamento existen diferencias en la aplicación de las cargas vivas tanto gravitacionales como para sismo, ejem.:

| | Análisis gravitacional | Análisis sísmico |
|------------|------------------------|-----------------------|
| Condominio | 170 kg/m ² | 90 kg/m ² |
| Oficinas | 250 kg/m ² | 180 kg/m ² |

Para la condición de peso propio mas cargas vivas gravitacionales tenemos un incremento del 47 % sin considerar la concentración de archivos y pequeñas bibliotecas que es muy fácil encontrar en las oficinas actuales, para el caso de las combinaciones donde intervienen las consideraciones sísmicas tenemos un incremento del 100 %, no es posible pensar que los factores de carga, de diseño, la nobleza de los materiales, el correcto desarrollo de la mano de obra?, el control de calidad en los materiales y mano de obra?, etc. Proporcionen un comportamiento adecuado ante este cambio de cargas. Se

menciona este ejemplo por ser el más común en nuestros días.

Se ha hecho énfasis en el aspecto sísmico, pero también se deben tener presentes todas las combinaciones de carga que puedan influir en el análisis y diseño de la cimentación y estructura, no olvidemos las instalaciones eléctricas, hidro-sanitarias, contra incendios, etc. Que también influyen en el buen comportamiento del inmueble.

En lo que respecta al edificio en estudio, las dos torres se asignarán a su destino original "Estacionamiento". La rigidización propuesta aleja a la estructura del peligro de la resonancia, posiblemente sea la más viable de todas las alternativas que se estudiaron y cumple con la garantía que señala el nuevo reglamento.

Después del sismo de 1985, varios despachos que se dedican al análisis y diseño de estructuras han realizado estudios de rigidización a infinidad de edificios, empleando varios criterios para rigidizarlos de acuerdo al nuevo reglamento, sólo el tiempo nos indicará, que rigidizaciones han sido las más adecuadas.

Se deben buscar soluciones que proporcionen disipación de energía y no se opongan a las fuerzas sísmicas. Porque al tener una estructura robusta como las que se diseñan con el actual reglamento, no lograremos garantizar la resistencia ante un sismo de mayor trascendencia al que tuvimos en 1985, si seguimos por éste

camino tendremos tantos reglamentos como fenómenos sísmicos se presenten y con ello peligros de catastrofe como la que hemos vivido.

VI.2 Inquietudes:

El reglamento deja a criterio del ingeniero estructurista los factores que debe utilizar en las combinaciones de carga cuando estén actuando fenómenos naturales sobre las estructuras, es muy claro cuando el análisis se realiza mediante marcos planos, pero debe actualizarse con respecto a las nuevas herramientas y al tipo de modelo que se esté empleando.

Este proyecto sigue vigente, y actualmente se trabaja en una segunda alternativa de rigidización en la que se comprenda la unión con el edificio que corresponde al hotel, el cual posee características similares a las del estacionamiento.

El proceso constructivo de la rigidización contempla el descenso de la estructura al nivel de banqueta y posiblemente se incluya el descenso de toda la loma que existe alrededor de los edificios.

BIBLIOGRAFIA:

1. Ashraf Habibullah
Manual del Usuario ETABS Three Dimensional
Analysis of Building Systems.
2. Staad III/isds Manual del Usuario
Isds (Integrated Structural Design System)
Research Engineers, Inc.
3. Rodolfo Luthe G.
Análisis Estructural
Representaciones y Servicios de Ingeniería.
4. Reglamento de las Construcciones de Concreto
Reforzado
American Concrete Institute (ACI 318-83)
5. Folleto Complementario Diseño Sísmico de Edificios
Emilio Rosenblueth y Luis Esteva, Ediciones
Ingeniería
6. Reglamento Y Normas Técnicas de Construcciones
para el Distrito Federal 3 de julio de 1987.
7. Curso Internacional de Ingeniería Sísmica
Módulo: Diseño Sísmico de Edificios.
Facultad de Ingeniería.
División de Educación Continua.

8. Diseño Estructural

Roberto Meli Piralla

Editorial Limusa

9. Soil Dynamics

Shamsher Prakash

McGraw-Hill Book Company

10. Vibrations of Soils and Foundations

F. E. Richart, Jr.

J. R. Hall, Jr.

R. D. Woods

Prentice-Hall International Series

in Theoretical and Applied Mechanics.

11. Información de Campo.

Artículos consultados en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Título Sexto: Seguridad Estructural de las Construcciones.

Capítulo I: Disposiciones Generales.

Artículos: 174 y 175.

Capítulo II: Características generales de las edificaciones.

Artículos: 177, 178, 179, 180 y 181.

Capítulo III: Criterios de Diseño Estructural.

Artículos: 182, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 190, 191, 193 y 194.

Capítulo IV: Cargas muertas:

Artículos: 196 y 197.

Capítulo V: Cargas vivas.

Artículos: 198 y 199.

Capítulo VI: Diseño por sismo

Artículos: 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209 y 210.

Capítulo VIII: Diseño de cimentaciones.

Artículos: 217, 218, 219, 220, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 230 y 232

Capítulo IX: Construcciones dañadas:

Artículos: 233, 234, 235 y 236.

Glosario de Palabras Técnicas:

Semiacoplamiento: En el comportamiento de éstas estructuras, las deformaciones de los elementos estructurales se deben principalmente a la flexión de conjunto, es decir, los niveles giran a la vez que se desplazan.

Acciones Dinámicas: Son fuerzas debidas al movimiento de las placas tectónicas que forman la corteza terrestre.

Período de Vibración: Tiempo que tarda un cuerpo, en regresar a su posición inicial debido a un movimiento oscilatorio producido por una fuerza excitadora externa.

Rigidización: Acción de colocar elementos estructurales adicionales que presenten mayor resistencia a las fuerzas producidas por el movimiento de las placas tectónicas que forman la corteza terrestre.

Frecuencia: Cantidad de movimientos oscilatorios en una unidad de tiempo.

Resonancia: Efecto de colapso producido cuando la relación de periodos de vibración de dos sistemas es igual a uno.

Modulo de Elasticidad: Es la pendiente del diagrama esfuerzo deformación unitaria.

Elementos Mecánicos: Esfuerzos internos en los materiales provocados por fuerzas excitadoras externas.

Movimiento Armonico: Movimiento oscilatorio constante.

Espectro de Aceleración: Es el registro de la aceleración debida al movimiento oscilatorio producido por una fuerza excitadora externa.

Onda Estacionaria: Se desplaza a lo largo de la superficie superior de la roca afectada.

Fenómeno de Emersión: Este fenómeno se da en las estructuras cimentadas por pilotes apoyados de punta en estratos resistentes, se debe a la constante extracción del agua del subsuelo.

Estrato resistente: Capa de la corteza terrestre cuya resistencia a la penetración es muy alta.

Articulaciones Plásticas: Sección de los elementos estructurales diseñada para no presentar resistencia a esfuerzos denominados como momentos de flexión.

Flexocompresión: Esfuerzos combinados debidos a flexión y carga axial.

Cortante: Efecto de corte o deslizamiento sobre una sección transversal de cualquier elemento bajo una acción externa.

Factor de Comportamiento Sísmico: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas debido a la estructuración y método de diseño de los elementos estructurales.

Coeficiente sísmico: Parte proporcional de la fuerza de gravedad terrestre en función al tipo del suelo.

Espectro para Diseño Sísmico Dinámico: Es una envolvente de varios espectros de aceleración en el que se multiplica por un factor considerando las intensidades posibles del sismo.

Peso Volumétrico: Generalmente se obtienen en toneladas por metro cúbico.

Análisis de Cargas: Estudio que se realiza para determinar la contribución de la acción de las fuerzas externas sobre los elementos estructurales.

Estados de Carga: Casos particulares del análisis de cargas, dividiéndose en sus acciones particulares como peso propio, carga viva para análisis gravitacional, carga viva reducida para análisis sísmico, cargas de viento, cargas sísmicas, cargas accidentales (granizo, nieve, etc.).

Fuerza Sísmica Estática: Acciones producidas por el peso propio de la estructura más la carga viva reducida afectadas por un coeficiente sísmico y un factor de comportamiento sísmico.

Fuerza Sísmica Dinámica: Acciones producidas por el peso propio de la estructura más la carga viva reducida afectadas por un espectro de diseño y sus modos de vibrar.

Centro de masa: Punto en el que se aplica la resultante de todos los pesos que se encuentran gravitando sobre la estructura.

Centro de Rígidez: Centroide determinado por las propiedades físicas de los elementos estructurales.

Momento de volteo: Acción producida por la aplicación de fuerzas laterales sobre la estructura, debidas al movimiento producido por las placas tectónicas que forman la corteza terrestre.

Análisis Modal: También conocido como análisis modal espectral, porque implica el uso de los conceptos de modos

de vibrar y espectros de diseño.

Coefficiente de Amortiguamiento: Magnitud estimada de las propiedades de los materiales que componen los elementos estructurales para poder disipar la energía generada por las fuerzas sísmicas.

Efecto de Torsión: Esfuerzos producidos por una excentricidad existente debida a las propiedades físicas de los elementos estructurales.

Excitación sísmica: Movimiento producido por las placas tectónicas que forman la corteza terrestre.

Fuerza de Inercia: Es directamente proporcional a su masa y a la aceleración que ésta sufre.

Fuerza de Amortiguamiento: Capacidad para disipar las fuerzas sísmicas.

Flexión: En función al apoyo y a la fuerza externa, se presentan tensiones en las fibras opuestas a la aplicación de la carga, en una sección transversal.

Compresión: Esfuerzos debidos a una carga axial.

Torsión: Tensión sobre las fibras perimetrales de una sección transversal.

Cargas Móviles: Acciones que se modelan para un objeto en movimiento.

Fuerzas de Presfuerzo: Fuerzas iniciales que se aplican por métodos externos a un elemento estructural antes de colocarle sus cargas de trabajo.

Carga Axial: Fuerza aplicada sobre el eje longitudinal de un

elemento estructural.

Prismática: Sección transversal típica donde generalmente se conocen todas sus propiedades físicas.

Topología: Representación gráfica de la numeración determinada de elementos estructurales en un modelo en la aplicación de cualquier programa de análisis matricial.

Empotrado: Tipo de apoyo en el que se restringe el giro y el desplazamiento en todas las direcciones.

Articulado: Tipo de apoyo en el que se restringe el desplazamiento en una dirección determinada.

Diafragma Rígido: Concepto para los sistemas de losas trabes donde se garantiza un movimiento uniforme en una estructura ante la aplicación de fuerzas excitadoras externas.

Rígidez Rotacional: Resistencia que presentan las uniones viga-columna a los giros en cualquier dirección.