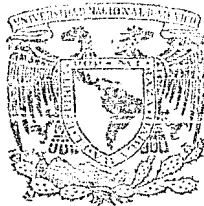


2 ej  
10

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO INELASTICO DE UN EDIFICIO

FALLA DE CRIGEN

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
Ingeniero Civil  
P R E S E N T A  
CARLOS ARTURO ALVAREZ PELAEZ  
MEXICO, D. F. 1989



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

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

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

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

## INDICE

- 1) INTRODUCCION
- 2) CONFIGURACION DEL EDIFICIO
- 3) ANALISIS SISMICO
  - A) CARGAS
  - B) RIGIDECES
  - C) ANALISIS SISMICO ESTATICO Y DINAMICO
  - D) TORSION
- 4) COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO ANTE SOLICITACIONES SISMICAS, INTERVALO INELASTICO
  - A) SENTIDO "X" (PARALELO A REFORMA)
  - B) SENTIDO "Y" (PERPENDICULAR A REFORMA)
  - C) CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ANALISIS EN EL INTERVALO INELASTICO
- 5) COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO ANTE SOLICITACIONES SISMICAS, INTERVALO INELASTICO, SENTIDO "X" (PARALELO A REFORMA) MARCOS 1 Y 4
  - A) CARGA VERTICAL
  - B) PRIMERAS ARTICULACIONES
  - C) SEGUNDAS ARTICULACIONES
  - D) TERCERAS ARTICULACIONES
  - E) CONCLUSIONES
- 6) PROPUESTA DE SOLUCION

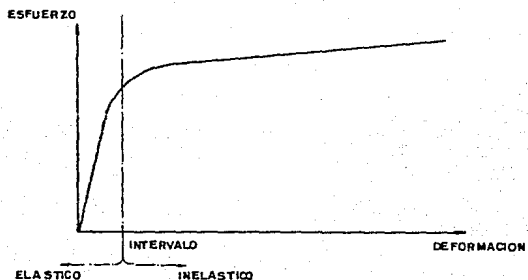
## 1) INTRODUCCION

A raíz de los macrosismos ocurridos en la Ciudad de México los días 19 y 20 de Septiembre de 1985, se convirtió en un trabajo común, para un ingeniero civil dedicado al cálculo estructural, efectuar revisiones de estructuras existentes. Ese es el tema que abordaremos en este trabajo.

El comportamiento de una estructura sujeta a solicitaciones sísmicas de gran intensidad ha sido ampliamente estudiado por los investigadores; estas investigaciones se traducen, en la práctica, en criterios y normas de diseño a los que se debe sujetar el calculista de un edificio. Por ejemplo, los coeficientes sísmicos o el diseño recomendado de "columna-fuerte" - "trabe-debil". Todos los requerimientos están claramente señalados en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, cuyas más recientes modificaciones publicadas en Julio de 1987, tratan de lograr un mejor diseño "sismo resistente" para las estructuras de nuestra ciudad.

El propósito fundamental de este trabajo es el de analizar cual sería el posible comportamiento de una estructura, un edificio de más de 20 niveles en este caso, sujeta a solicitaciones sísmicas de gran intensidad. Una intensidad tal que provoque, si no el colapso total de la estructura, sí la formación de articulaciones plásticas en diferentes puntos de la misma y, la forma en la que se modifican las características originales del diseño estructural a raíz de este comportamiento en un intervalo inelástico.

Se entiende por comportamiento en el "intervalo inelástico" de la estructura el momento en el cual los materiales que conforman la estructura, concreto reforzado en nuestro caso, dejan de comportarse elásticamente, es decir, que las deformaciones ya no se incrementan proporcionalmente a los esfuerzos, sino que a incrementos pequeños en el esfuerzo corresponden grandes deformaciones. Por ejemplo, el hecho de que el acero en una trabe de un marco empiece a fluir ya en el intervalo inelástico (ver figura 1), trae como consecuencia una redistribución en los elementos mecánicos del marco y la consecuente pérdida de rigidez del mismo, a la vez que una nueva redistribución de las solicitaciones sísmicas entre todos los marcos de la estructura. Así pues, la redistribución antes mencionada no sólo modifica el comportamiento del propio marco, sino también provoca una redistribución de las solicitaciones y esfuerzos en el resto de la estructura.



Cabe hacer notar que existen programas de computadora que son capaces de proporcionar datos acerca del comportamiento de una estructura en función del tiempo y de su comportamiento inelástico (por ejemplo: DRAIN2D; sin embargo, el uso y adquisición de un programa de estas características esta prácticamente limitado a la investigación o a una empresa de ingeniería de gran tamaño. Para un profesionista independiente que no cuenta con el tiempo, equipo y posibilidad de adquirirlo resulta prácticamente imposible su uso.

En este trabajo se trata de obtener los resultados del comportamiento de la estructura ya en el intervalo inelástico utilizando programas elaborados en lenguaje Basic por el suscrito, así como un programa de análisis estructural de Marcos Planos. Como parte integrante de este trabajo se anexan listados de los programas elaborados por el suscrito. El equipo empleado se limito a una microcomputadora PC e impresora.

## 2) CONFIGURACION

El edificio analizado está ubicado en el Paseo de la Reforma #175. En este capítulo se definirá la forma de conjunto del edificio y el tamaño, naturaleza y localización de los elementos resistentes. El edificio se utiliza como oficinas y consta de sotano, planta baja, cuatro niveles de estacionamiento, quince plantas tipo y azotea.

La estructura es de concreto reforzado con acero de alta resistencia ( $f_y = 6000 \text{ kg/cm}^2$ ). Tiene 6 ejes de columnas en dirección norte-sur (paralelo a la calle de Río Tamesis "YY") y 6 en la dirección este-oeste (paralelo a la avenida Reforma "XX"), 2 de los cuales (Ejes 5 y 6) terminan en el quinto nivel por el rematamiento de la colindancia norte. (Ver figura 2).

La estructuración tiende a ser del tipo conocido como "tubo", estructuración común en edificios de gran altura, debido a que las columnas de 3 de los marcos perimetrales (Ejes A y F en el sentido "YY" y 1 en el sentido "XX", ver figura 3) tienen una separación mucho menor que las columnas interiores, y están unidas por traveses de gran peralte (2.10 m en los niveles de estacionamiento y 1.60 m en los niveles de planta tipo) para constituir marcos de gran rigidez ante fuerzas laterales. El tubo se completa con un marco que tiene un muro de concreto (Eje 4 en el sentido "XX") acoplado con traveses y columnas. (Ver figura 3).

En este edificio de mas de 20 pisos ubicado en la zona de terreno compresible de la Ciudad de Mexico ( Zona III ), la principal sollicitación es la debida a efectos sísmicos ( carga horizontal ), ya que los esfuerzos que ocasiona son varias veces mas grandes a los causados por las sollicitaciones debidas a la carga vertical. Esto hace que la estructuración deba apegarse a una serie de recomendaciones para que su comportamiento durante un sismo sea del todo satisfactorio, obligando en ocasiones a que el proyecto arquitectonico se modifique.

Como se comento anteriormente, la estructuración del edificio lo hace comportarse como un "tubo" que resulta ser eficiente para edificios altos; sin embargo, el hecho de tener un solo muro de rigidez colocado asimetricamente para formar el tubo puede ser causa de problemas durante sismos intensos que hagan trabajar a la estructura más alla del intervalo de comportamiento elástico, ya que la distribución de fuerzas sísmicas entre los marcos que tienen solo columnas y trabes y el marco que tiene el muro se modificará al comportarse estos inelásticamente, pues la rigidez de estos dos tipos distintos de marcos se afectará en forma distinta.

Las aseveraciones citadas en el parrafo anterior son las que se trataran de demostrar en este trabajo, sin embargo, considero también importante hacer notar otro aspecto que puede resultar negativo en la configuración del edificio. Las trabes de los marcos interiores en el sentido "YY" ( Ejes B,C y E) terminan en forma inadecuada, pues no llegan a formar nudo con el eje horizontal 1. (ver figura 2).



FIGURA 2  
 ESTRUCTURACION NIVELES 1-6-7

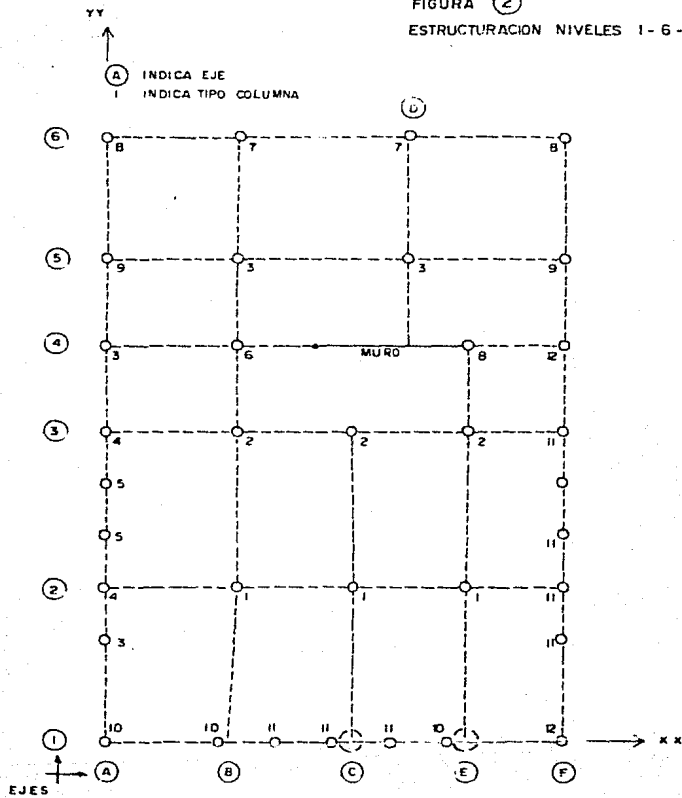
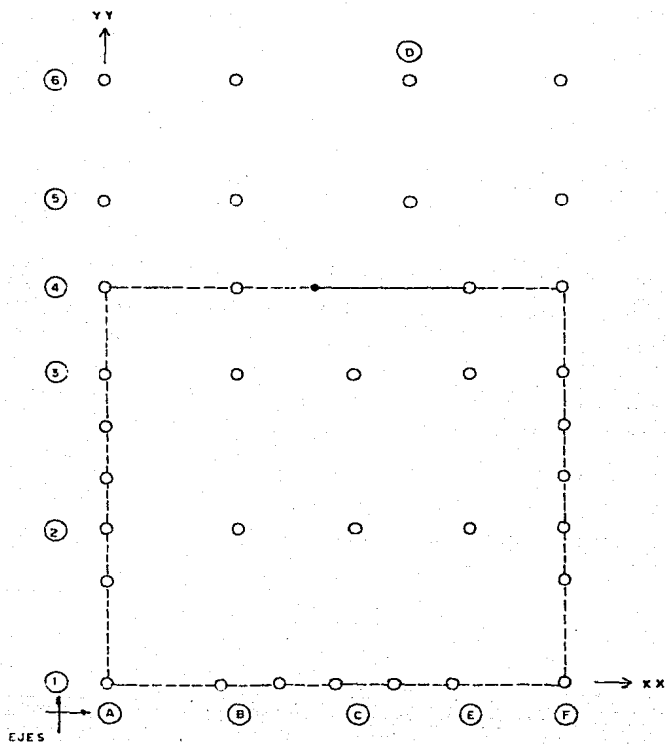


FIGURA 3  
(ESTRUCTURACION DE TUBO)  
(NIVELES 7 a 22)



### 3) ANALISIS SISMICO

#### A) CARGAS

A continuación se presenta un breve análisis de las cargas consideradas para el análisis por cargas verticales y cargas horizontales:

##### a) TANQUE ELEVADO

Losa h=20 cm	(109 m <sup>2</sup> )	=	52.3 ton
Losa h=10 cm	(146 m <sup>2</sup> )	=	35.0 "
Agua	(273 m <sup>3</sup> )	=	273.0 "
			-----
			360.3 ton

##### b) AZOTEA

Losa h=12 cm	=	290 kg/m <sup>2</sup>	
Yeso	=	40 "	
Relleno	=	120 "	
Entortado	=	100 "	
Ladrillo	=	40 "	
Adicional	=	20 "	
		----	
Carga muerta	=	610 kg/m <sup>2</sup>	
Carga viva	=	100 - 70 kg/m <sup>2</sup>	(CV - CH)
Diseño	=	710 - 680 kg/m <sup>2</sup>	(CV - CH)

##### c) ENTREPISO OFICINAS

Losa h=12 cm	=	290 kg/m <sup>2</sup>	
Yeso	=	40 "	
Terminado	=	120 "	
Adicional	=	40 "	
		----	
Carga Muerta	=	490 kg/m <sup>2</sup>	
Carga Viva	=	250 - 180 kg/m <sup>2</sup>	(CV - CH)
Diseño	=	740 - 670 kg/m <sup>2</sup>	(CV - CH)

d) ENTREPISO ESTACIONAMIENTO

Losa h=12 cm = 290 kg/m<sup>2</sup>  
 Yeso = 40 "  
 Terminado = 120 "  
 Adicional = 40 "

Carga muerta = 490 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva = 250 - 100 kg/m<sup>2</sup> (CV - CH)

Diseño = 740 - 590 kg/m<sup>2</sup> (CV - CH)

e) TRABES

En este punto, se presentan los resultados de cargas totales en cada sentido ("XX" y "YY") por niveles y finalmente se presentan los resultados por niveles en kg/m<sup>2</sup>.

Nivel	Sentido		Total/nivel (ton)	Carga (kg/m <sup>2</sup> )
	"XX" (ton)	"YY" (ton)		
19 a 22	68	65	133	270
15 a 18	85	85	170	345
7 a 14	97	105	202	415
3 a 6	139	150	289	390
1 a 2	262	324	586	780

f) COLUMNAS

Nivel	Peso total/ nivel	Carga Resultante
	(ton)	(kg/m <sup>2</sup> )
18 a 22	120	250
14 a 17	150	310
7 a 13	184	380
1 a 6	255	340

g) MURDS

Se considero en todos los niveles un promedio de 200 kg/m<sup>2</sup> como carga por muros divisorios y en colindancias.

RESUMEN DE CARGAS TOTALES:

NIVEL	CARGA HORIZONTAL (KG/M <sup>2</sup> )	CARGA VERTICAL (KG/M <sup>2</sup> )
22	1200	1420
19 A 21	1210	1390
15 A 18	1285	1525
7 A 14	1355	1665
3 A 6	1310	1500
1 A 2	1650	1890

LOS PESOS TOTALES PARA EL ANALISIS SISMICO POR NIVELES SERAN:

NIVEL	PESO TOTAL (TON)
22	690
19 A 21	676
15 A 18	741
7 A 14	809
3 A 6	1125
1 A 2	1418
PESO TOTAL	19490

## B) RIGIDECES

En este caso se recurrió al uso de un muro de concreto para dar rigidez al edificio. El muro antes mencionado está acoplado con traveses y columnas y conforman el marco eje 4 ( sentido "xx" ) .

El comportamiento de un marco a base de traveses y columnas ante cargas laterales difiere sustancialmente del comportamiento de un marco con un muro acoplado con traveses y columnas, por ello se obtuvieron las rigideces de los marcos con dos métodos diferentes para los sentidos vertical ( sentido "yy" ) y horizontal ( sentido "xx" ) del edificio.

### b.1) SENTIDO "YY"

Para la determinación de las rigideces de los marcos se aplicó el siguiente criterio:

A cada uno de los marcos se le aplicó una fuerza cortante horizontal proporcional a los resultados del análisis sísmico estático del edificio, esto es, a todos los marcos se les aplicó la misma fuerza, con el propósito de obtener las rigideces reales de todos los marcos.

Además, para lograr mayor precisión, la fuerza antes mencionada se aplicó repartida a cada uno de los nudos de cada marco, y se obtuvo el promedio de los desplazamientos de los nudos de cada entrepiso, para finalmente obtener la rigidez de entrepiso dividiendo la fuerza

cortante aplicada entre el promedio de los desplazamientos relativos de entrepiso.

RIGIDEZ = FUERZA CORTANTE / DESPLAZAMIENTO RELATIVO

$$K = V / D$$

b.2) SENTIDO "XX"

La presencia de un muro de rigidez en uno de los marcos, y que estos se encuentren unidos por un elemento que podemos considerar infinitamente rígido como lo es la losa, nos permite asegurar que todos los marcos se moverán de igual forma.

Ahora bien, la incógnita es cuál será el movimiento predominante de los marcos, si como muro o como marco. Para encontrar el movimiento real (y por lo tanto las rigideces) se puede utilizar varios métodos.

El primero consiste en "unir" todos los marcos del sentido "xx" (formando un macromarco), del edificio mediante un elemento de área infinita e inercia cero, el cual obligará a que los desplazamientos laterales de los marcos sean iguales, y no así los giros. Precisamente lo que se necesita.

Una vez igualados los desplazamientos del "conjunto" de marcos se obtienen los cortantes que actúan en cada una de las columnas y con la suma de todos ellos se conoce la fuerza cortante que actúa en cada marco en particular.

Para conocer la rigideces de piso de cada marco se divide la fuerza cortante entre el desplazamiento relativo de entrepiso.

El inconveniente que presenta el metodo en este caso es que el macromarco que se forma tiene mas de 20 crujiias y 22 niveles, por lo cual se sobrepasan las capacidades de memoria en el programa de marcos planos y en una microcomputadora.

Sin embargo considerando que este método es preciso se aplico con la colaboración del Ing. Julio Dany Rios, quien cuenta con un programa y computadora capaces de resolver el problema. De esta manera se obtuvieron las rigideces, principalmente con el propósito de comprobar los resultados del método aplicado que se explica a continuación.

El segundo método propuesto es el de Khan y Sbarounis que consiste en sustituir una estructura como la de la figura 3A, por otra equivalente reducida que se esquematiza en la figura 3B, en la cual el sistema W representa al muro o muros de rigidez. El momento de inercia de este sistema, en cualquier piso, es la suma de los momentos de inercia de todos los muros de rigidez representados. El sistema F ( marcos ) incluye a las columnas, vigas y losas que contribuyen a la rigidez lateral. Las rigideces relativas ( inercia/longitud ) de las columnas (Sc) y de las vigas (Sv) son la suma de las rigideces relativas de todos los elementos correspondientes a la estructura.



FIGURA 3-A  
PLANTA DEL EDIFICIO CON MURO

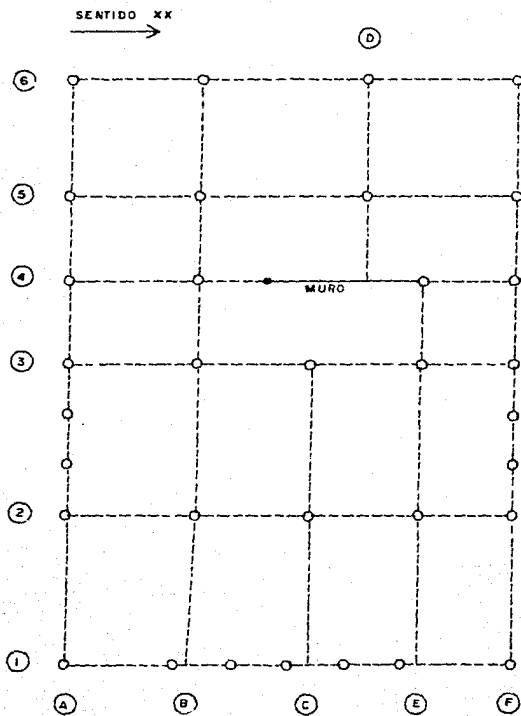
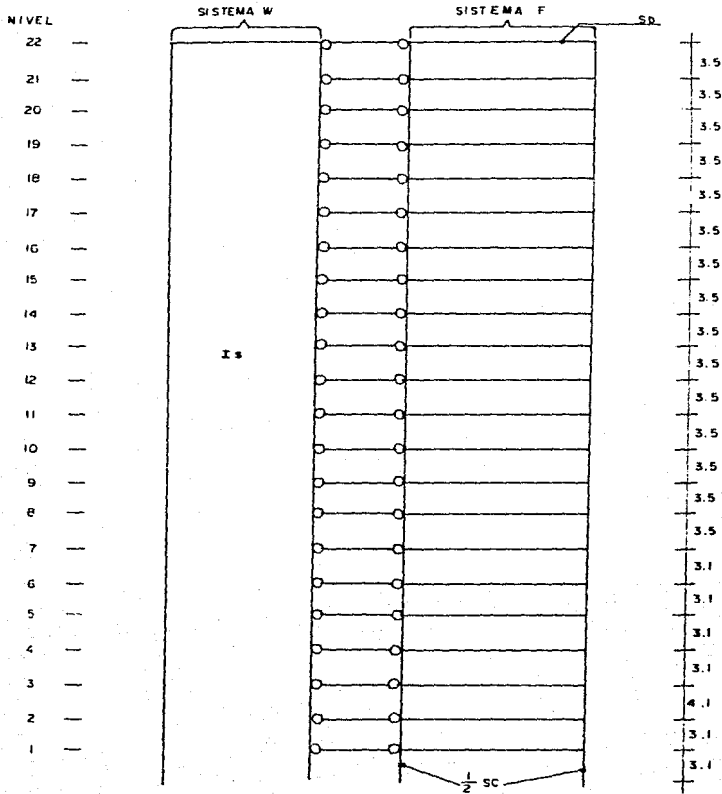


FIGURA 3 - B  
SISTEMA EQUIVALENTE



Los sistemas W y F se consideran ligados por barras horizontales de rigidez axial infinita (area infinita) y de rigidez a flexión nula, de forma tal que los desplazamientos laterales de ambos sistemas son iguales, pero no los giros.

Khan y Sbarounis proponen que las cargas laterales ( en nuestro caso estas cargas son resultado del análisis sísmico estático del edificio) se apliquen inicialmente en su totalidad al sistema M como si estuviese aislado, y se calculen los desplazamientos laterales así provocados, luego se suponen estos mismos desplazamientos para el sistema F. Por medio de distribución de momentos se pueden conocer los elementos mecánicos generados por los desplazamientos supuestos y las reacciones sobre el sistema M. Se calculan enseguida las modificaciones que producen estas reacciones, aplicandolas al sistema M, nuevamente aislado. Se comparan los desplazamientos de ambos sistemas y se repite el procedimiento hasta que dichos desplazamientos sean iguales dentro de cierta tolerancia.

Como se puede apreciar el método de Khan y Sbarounis requiere de tanteos para llegar a la solución final, sin embargo en este caso se analizó el marco de los sistemas M y F mediante computadora. De esta manera los desplazamientos para ambos sistemas se igualan. De igual forma se conocen los cortantes que le corresponden al muro y a los marcos, y en la misma proporción en que cada uno de los marcos contribuyó al sistema F se reparte el cortante total entre los marcos.

Ya habiendo obtenido los cortantes de cada uno de los marcos, se les aplicaron y los desplazamientos fueron los mismos, por lo cual se considera que el método dio resultados satisfactorios. La rigidez de piso se obtiene dividiendo la fuerza cortante entre el desplazamiento relativo de entrepiso.

Además, los resultados aplicando el método de Khan y Sbarounis no difieren en más de 5% de los resultados obtenidos por el Ing. Julio Dany Ríos.

En la siguiente hoja se presentan los resultados del Análisis Estático del edificio para los valores de coeficientes sísmico ( c.s. = 0.40 ) y factor de comportamiento sísmico (  $q = 4$  ) correspondientes al Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal de 1987 ( Reglamento utilizado para el análisis actual del edificio ) para poder conocer las fuerzas aplicadas a los marcos en el proceso de obtención de las rigideces:

Esto es debido a que la rigidez de entrepiso de un marco no depende únicamente de sus características geométricas elásticas sino también de la forma de distribución de la fuerza cortante , y como primera aproximación se ha utilizado la configuración del análisis sísmico estático, ya que resulta muy parecido a la distribución del análisis dinámico en su primer modo de vibrar.

## ANALISIS ESTATICO:

NIVEL	PESO (ton)	ALTURA (m)	FUERZA (ton)	CORTANTE (ton)
22	690	3.5	150.8	150.8
21	676	3.5	140.9	291.7
20	676	3.5	134.1	425.8
19	676	3.5	127.1	552.9
18	741	3.5	131.8	684.7
17	741	3.5	124.3	809.0
16	741	3.5	116.8	925.8
15	741	3.5	109.2	1035.0
14	809	3.5	111.0	1146.0
13	809	3.5	102.7	1248.7
12	809	3.5	94.6	1343.3
11	809	3.5	86.3	1429.6
10	809	3.5	78.0	1507.6
9	809	3.5	69.9	1577.5
8	809	3.5	61.6	1639.1
7	809	3.5	53.4	1692.5
6	1125	3.5	57.6	1750.1
5	1125	3.1	50.0	1800.1
4	1125	3.1	39.9	1840.0
3	1125	3.1	30.7	1870.7
2	1418	3.1	25.5	1896.2
1	1418	4.1	12.8	1909.0

Una vez obtenidas las fuerzas que se aplicaron para la obtencion de las rigideces, el siguiente paso consiste en el conocer las caracteristicas geometricas de cada uno de los marcos del edificio, para ello se presentan figuras numeradas de la 4 a la 13 que corresponden a la geometria y rigideces obtenidas de los marcos ejes 1, 2, 3, 4, 5 y 6, A, B, C, E, y F respectivamente. Se excluye el marco eje "D" por considerarlo con una rigidez no significativa para cuestiones de cálculo.

En la tabla 1 se presentan las secciones de las columnas de los marcos del edificio y corresponden a los diferentes tipos de columna señalados en las figuras anteriores ( 4 a 13). Cabe hacer notar que las columnas tipo 10, 11 y 12 tienen una sección pentagonal y que por lo tanto no es aceptada por el programa de marcos planos utilizado en este trabajo. Por ello, mediante un programa de computadora se obtuvieron las secciones rectangulares "equivalentes" que fueron utilizadas para cuestiones de cálculo.

TABLA 1 (SECCIONES DE COLUMNAS CMXCM)

TIPO	TRAMO				
	1	2	3	4	5
1	90X200	90X180	80X160	70X140	60X120
2	90X200	90X180	80X160	70X140	60X120
3	70X100	70X90	65X90	60X85	60X80
4	90X130	90X120	80X100	70X90	60X80
5	70X100	70X90	60X90	60X80	60X80
6	100X120	90X110	80X100	70X90	60X80
7	50X100				
8	60X100				
9	60X100				
10	91X104	90X101	85X90	76X88	66X87
11	91X104	90X101	85X90	76X88	66X88
12	100X100	100X100	100X100	100X100	100X100
A	50X50	50X50	50X50	40X50	30X50
B	100X120	90X110	80X100	70X90	60X80

Finalmente en las tablas 1A y 1B se presenta un resumen de las rigideces de piso de todos los marcos analizados en sus niveles correspondientes, así como la suma de rigideces ( en ton/cm ) en cada sentido, ya que este es un dato necesario para el análisis dinámico de la estructura.

( FIG. 4 )  
MARCO EJE ①

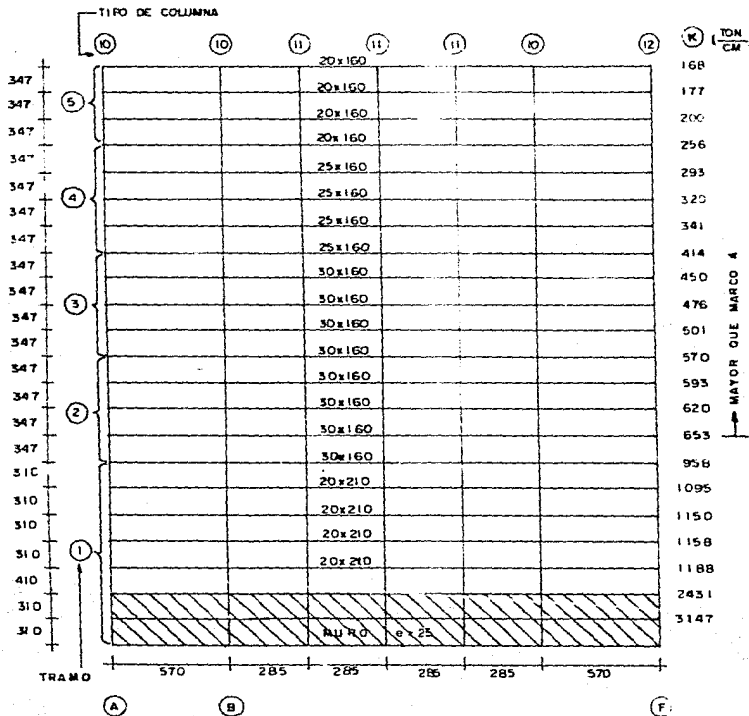


FIGURA 5  
MARCO EJE 2

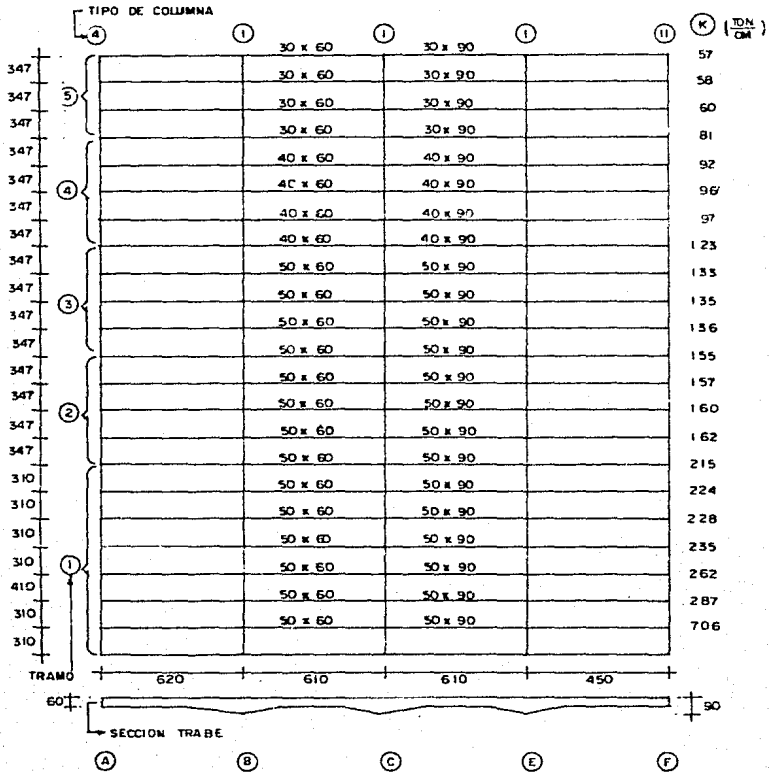




FIGURA 6  
MARCO EJE 3

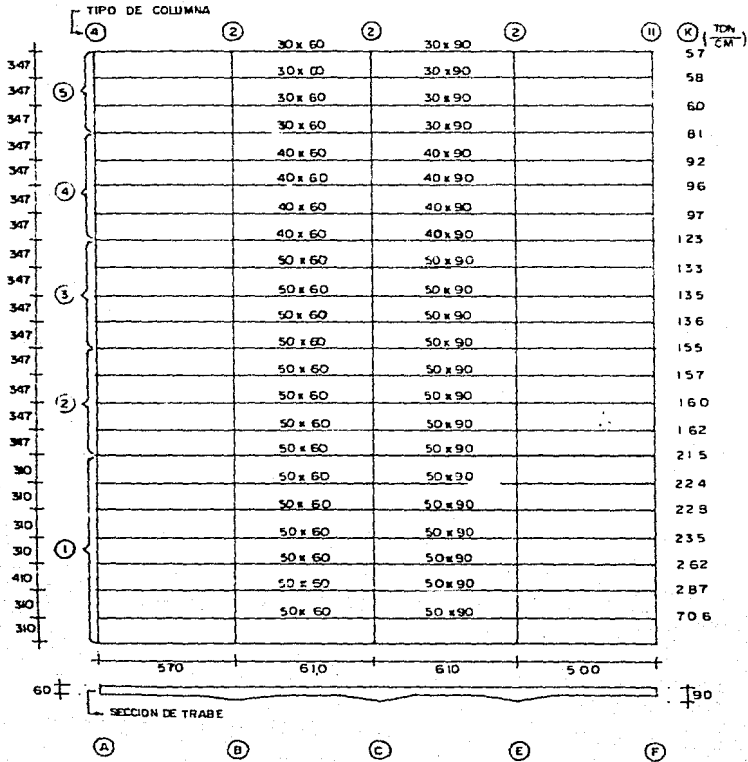


FIGURA 7  
MARCO EJE 4

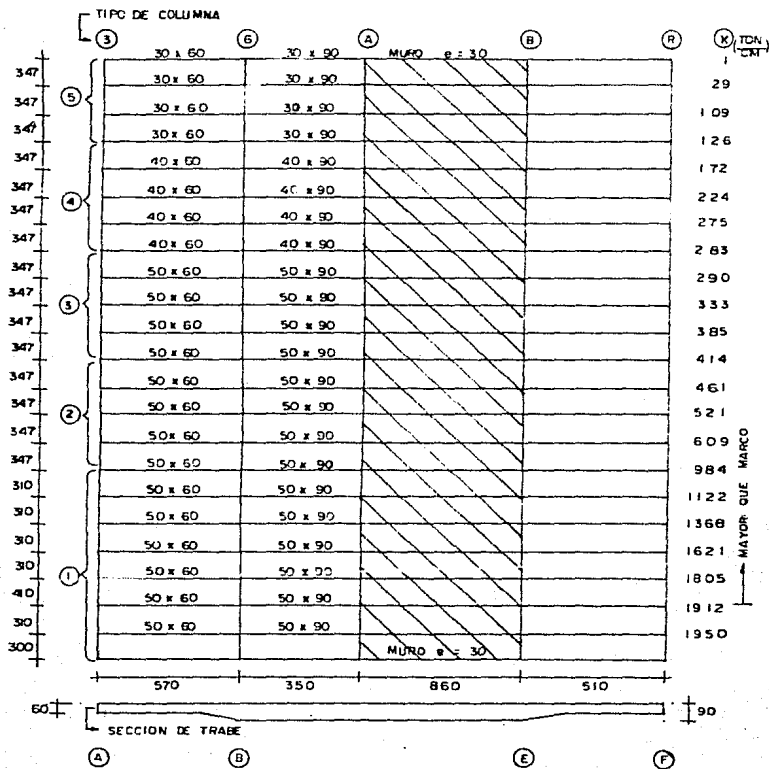


FIGURA B  
MARCO EJE 5 y 6

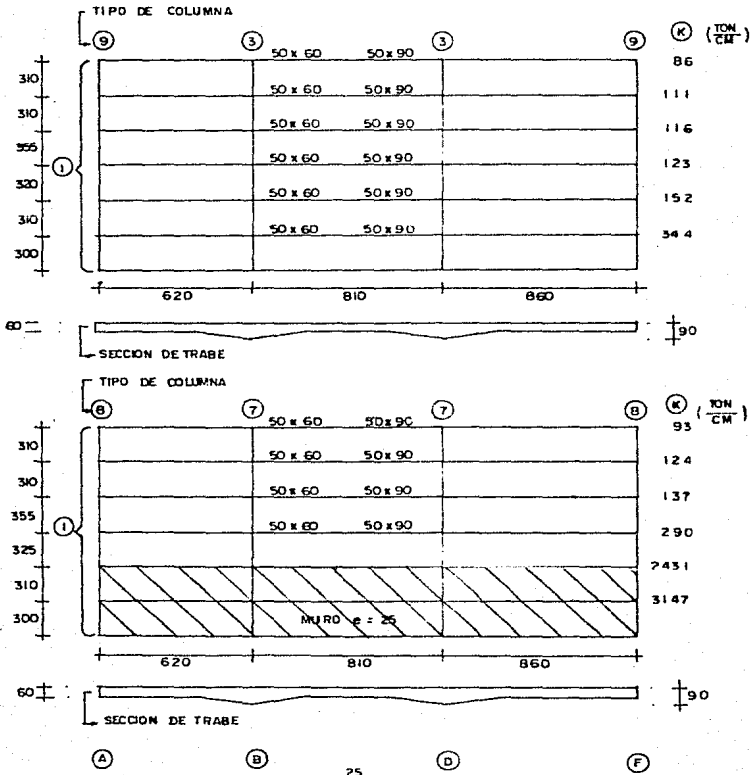


FIGURA 9  
MARCO EJE A

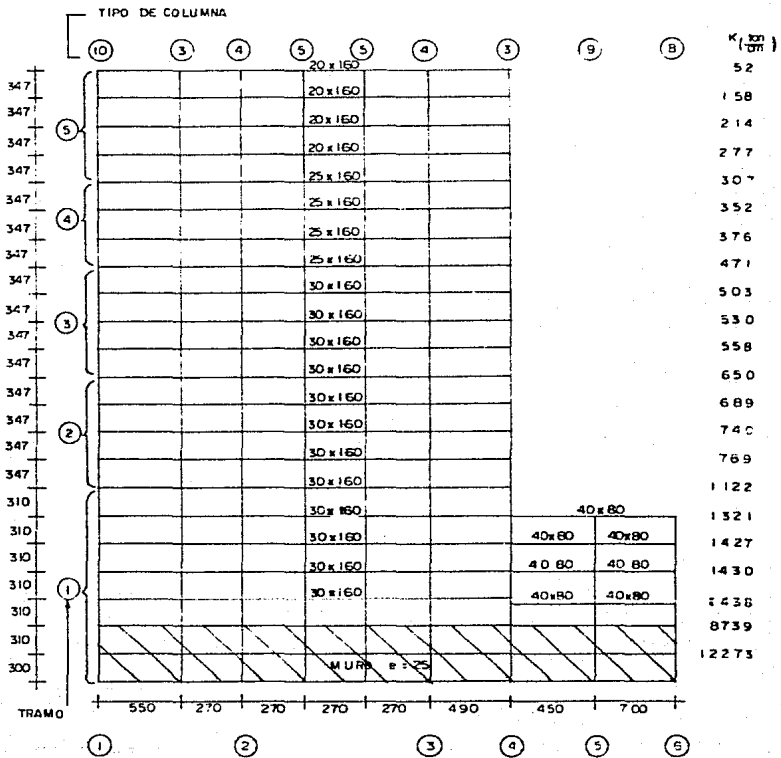


FIGURA 10  
MARCO EJE B

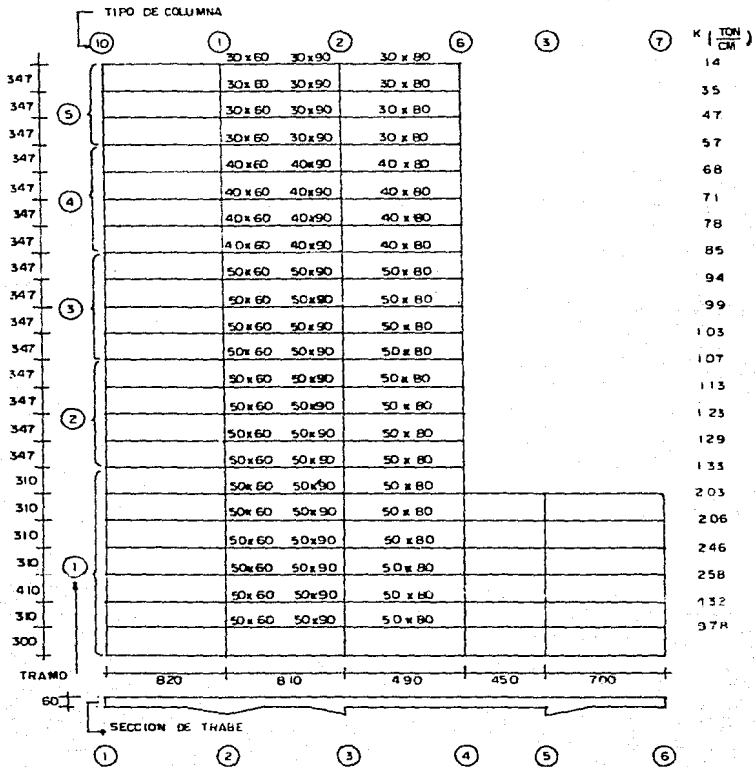


FIGURA II  
MARCO EJE C

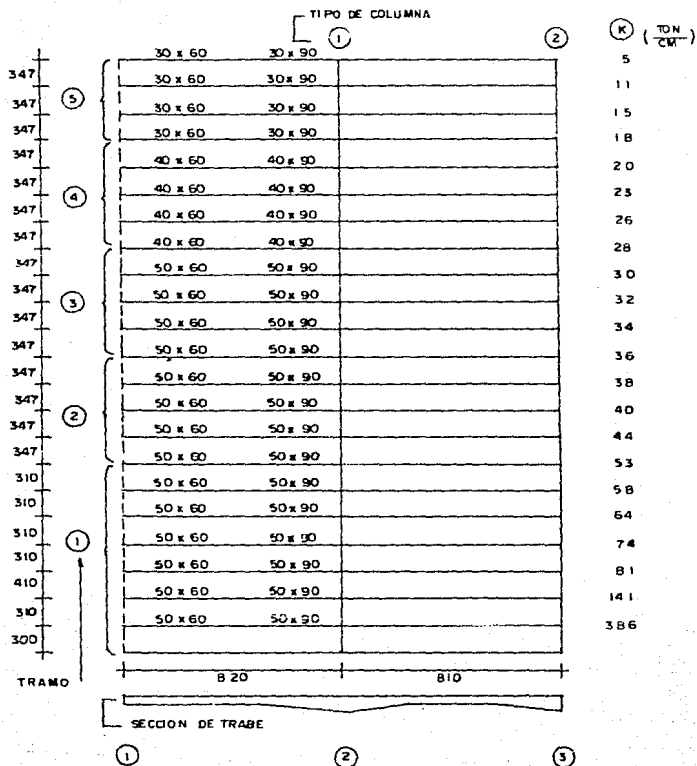


FIGURA 12  
MARCO EJE E

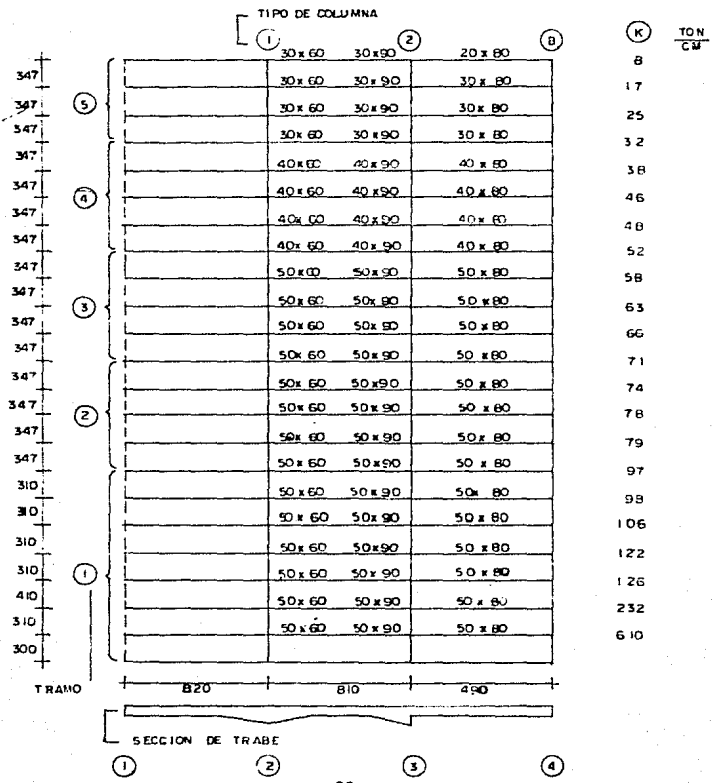
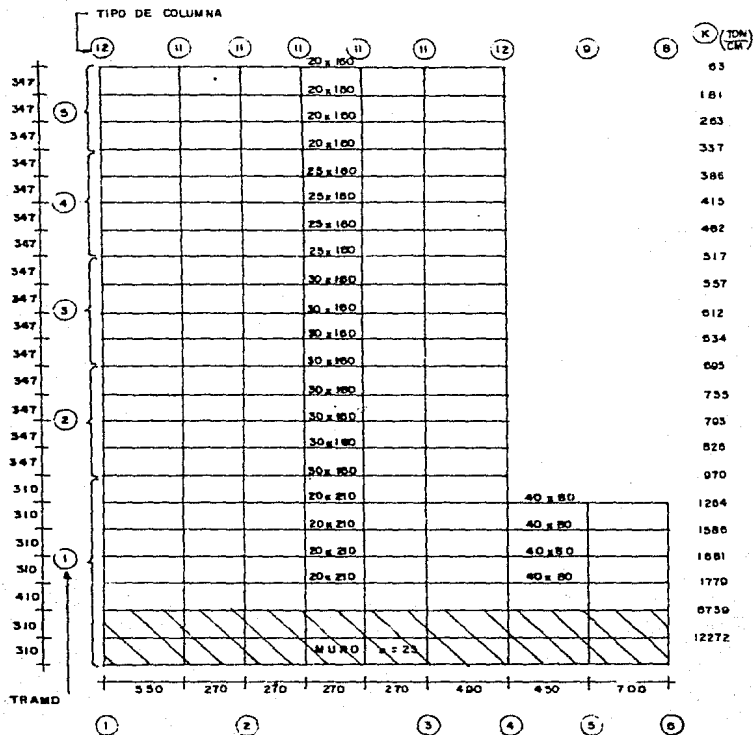


FIGURA 13  
MARCO EJE F





RIGIDECES SENTIDO "XX"

En esta tabla se muestran las rigideces piso de los marcos del sentido horizontal del edificio.

( TABLA 1-A )

NIVEL	MARCO	1	2	3	4	5	6	TOTAL
22		168	57	57	1	0	0	283
21		177	57	57	29	0	0	320
20		200	60	60	109	0	0	429
19		256	81	81	126	0	0	544
18		293	92	92	172	0	0	649
17		320	96	96	224	0	0	736
16		341	97	97	275	0	0	810
15		412	123	123	283	0	0	941
14		450	133	133	290	0	0	1006
13		476	135	135	333	0	0	1079
12		501	136	136	385	0	0	1158
11		570	155	155	414	0	0	1294
10		593	157	157	461	0	0	1368
9		620	160	160	521	0	0	1461
8		652	162	162	609	0	0	1585
7		958	215	215	984	0	0	2372
6		1095	224	224	1122	86	93	2844
5		1150	228	228	1368	111	124	3209
4		1158	235	235	1368	116	137	3249
3		1188	262	262	1805	123	290	3930
2		2431	287	287	1912	152	2431	7500
1		3147	706	706	1950	344	3147	10000

RIGIDECES SENTIDO "YY"

En esta tabla se muestran las rigideces de piso de los marcos del sentido vertical del edificio.

( TABLA 1-B )

NIVEL	MARCO	A	B	C	E	F	TOTAL
22		52	14	5	8	63	142
21		158	35	11	17	181	402
20		214	47	15	25	263	564
19		277	57	18	32	337	721
18		307	68	20	38	386	819
17		352	71	23	46	415	907
16		376	78	26	48	482	1010
15		471	85	28	52	517	1153
14		503	94	30	58	557	1242
13		530	99	32	63	612	1336
12		558	103	34	66	634	1395
11		650	107	36	71	695	1559
10		689	113	38	74	755	1669
9		740	123	40	78	793	1774
8		789	129	44	79	826	1857
7		1122	133	53	97	970	2375
6		1321	203	58	98	1264	2944
5		1427	206	64	106	1586	3389
4		1430	246	74	122	1681	3553
3		1438	258	81	126	1779	3682
2		3348	432	141	232	3347	7500
1		6513	978	386	610	6513	15000

### C) ANALISIS DINAMICO

El RDF-87 señala como posibles métodos de análisis dinámico el análisis modal espectral y el cálculo paso a paso de respuesta ante temblores específicos.

Se utilizó el análisis modal espectral, que implica el uso de los conceptos de modos de vibrar y espectros de diseño.

Los espectros de temblores reales tienen forma irregular y presentan variaciones bruscas en la respuesta máxima en función del periodo natural. Por tanto, es posible que dos estructuras que tengan casi las mismas características dinámicas, respondan de manera distinta a un sismo. En la práctica este hecho tiene menos importancia de la que se podría dar a primera vista, gracias a la influencia del amortiguamiento que hace menos bruscas las variaciones de los espectros, ya que no se conoce con certeza el periodo natural por las incertidumbres que existen en el cálculo de masas y rigideces, y a que las incursiones de la estructura en el intervalo inelástico, así como la interacción suelo-estructura, modifican el periodo natural de vibración.

Por lo expuesto anteriormente, para fines de diseño se empleo el espectro en forma suavizada definido en la sección 3 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo que ya toman en cuenta las incertidumbres en la valuación de los periodos, los efectos de temblores de distintos orígenes, la influencia del amortiguamiento y de los distintos tipos de suelo.

En la sección 4 de dichas Normas se señala la manera de tomar en cuenta el comportamiento inelástico, mediante espectros reducidos por ductilidad.

Para este caso el factor de comportamiento sísmico utilizado fue de  $Q = 4$ , ya que la resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos de concreto reforzado y éstos son capaces de resistir cuando menos 50% de la fuerza sísmica actuante, tal como se señala en la sección 5.I de la Normas Técnicas para Diseño por Sismo.

Se omitió la norma que indica que en el caso de que la estructura no satisfaga las condiciones de regularidad, se multiplicara por 0.8 el valor de  $Q'$  (sección 6 de las Normas de Sismo) y la norma que señala los requisitos que deben cumplir las estructuras calculadas con factores de comportamiento sísmico de 3 o 4 ( Marcos dúctiles . Sección 5 de las Normas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto); esto debido a que carece de importancia para los fines de este trabajo.

El análisis dinámico se llevo a cabo mediante un programa de computadora elaborado por el suscrito y que cumple con los requerimientos antes señalados. A continuación se hacen algunos comentarios a este respecto.

El programa considera unicamente los tres primeros modos vibrar de la estructura, e incluye la revision por cortante basal señalada por la seccion 9,3 de las Normas Tecnicas Complementarias para Diseno por Sismo que señala:

Si con el método de análisis dinámico que se haya aplicado se encuentra que, en la dirección que se considera, la fuerza cortante basal  $V_0$  es menor que  $0.8aW_0/Q'$ , se incrementarían todas las fuerzas de diseño y desplazamientos laterales correspondientes en una proporción tal que  $V_0$  iguale a este valor.

Es por esto que el programa da resultados del análisis dinámico, análisis estático considerando el cortante en la base como  $0.8aW_0/Q'$  y los que se consideran definitivos que resultan al hacer la comparación entre los análisis antes mencionados y, en su caso, incrementar los valores del análisis dinámico según lo señalado por la sección 9.3.

Además, el programa revisa los desplazamientos ( valores multiplicados por el  $Q$  correspondiente ) de la estructura dando los valores de  $\Psi$  ( desplazamiento de entrepiso / altura de entrepiso ) que para el RDF-87 no deben de ser mayores a 0.012 ( Artículo 209 del RDF-87 ). Esta revisión de desplazamientos no incluye el aumento en los mismos debido a los efectos de torsión del edificio, ni los que resultarían considerando los efectos de segundo orden en caso de ser necesaria esta revisión.

Sin embargo, este análisis dinámico toma como dato las rigideces, que en este caso fueron calculadas con fuerzas muy parecidas al primer modo de vibrar, por ende se debería estudiar las variaciones de estas rigideces para por lo menos en el segundo y tercer modo de vibrar. Punto que por sencillez se omite en este trabajo

En las siguientes cinco hojas se presentan los resultados de el análisis dinámico.

-----  
ANALISIS DE FUERZAS SISMICAS  
(DINAMICO Y ESTATICO)  
-----

-----  
DATOS DEL EDIFICIO:  
-----

NIVEL	ALTURA (M)	PESO (TON)	RIGIDEZ X-X	RIGIDEZ Y-Y
1	3.1	1418	10000	15000
2	3.1	1418	5000	7500
3	4.1	1025	3217	3682
4	3.1	1025	3249	3553
5	3.1	1025	2974	3389
6	3.1	1025	2665	2944
7	3.1	809	2372	2375
8	3.5	809	1585	1857
9	3.5	809	1461	1774
10	3.5	809	1368	1669
11	3.5	809	1274	1559
12	3.5	809	1158	1395
13	3.5	809	1079	1336
14	3.5	809	1006	1242
15	3.5	741	941	1153
16	3.5	741	810	1010
17	3.5	741	736	907
18	3.5	741	649	819
19	3.5	676	544	721
20	3.5	676	429	564
21	3.5	676	320	402
22	3.5	690	282	142

\* \* \* CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA \* \* \*

GRUPO B  
ZONA III  
TS = 2  
C.S. = .4                      C.R. = .4  
QX = 4  
QY = 4  
T1 = .6                      TA = 0  
T2 = 3.9                      TB = 0  
R = 1

TESES PROFESIONAL  
OBRA: REFORMA # 175

CARLOS ALVAREZ PELAEZ

FECHA: 25/JULIO/89

\*\*\* FRECUENCIAS \*\*\*

SENTIDO XX

	WX2	WX	TX	FZX
MODO 1	11.5	3.4	1.9	0.5
MODO 2	66.7	8.2	0.8	1.3
MODO 3	165.0	12.8	0.5	2.0

SENTIDO YY

	WX2	WX	TX	FZX
MODO 1	13.7	3.7	1.7	0.6
MODO 2	78.0	8.8	0.7	1.4
MODO 3	178.9	13.4	0.5	2.1

\*\*\* FORMAS DE VIBRAR \*\*\*

SENTIDO XX

SENTIDO YY

MODO 1	MODO 2	MODO 3	NIVEL	MODO 1	MODO 2	MODO 3
1.0	1.0	1.0	1	2.0	1.0	1.0
3.0	3.0	3.0	2	3.0	3.0	3.0
6.1	6.0	5.8	3	7.1	6.9	6.8
9.1	8.8	8.3	4	11.2	10.9	10.3
12.4	11.7	10.5	5	15.6	14.7	13.5
16.0	14.6	12.3	6	20.5	18.8	16.3
20.0	17.5	13.4	7	26.4	23.1	18.5
25.8	21.1	14.0	8	33.9	27.9	19.8
31.9	24.3	13.3	9	41.4	31.9	19.6
38.3	26.7	11.2	10	49.2	34.9	17.6
44.8	28.1	7.8	11	57.2	36.7	13.8
51.6	28.4	3.1	12	65.7	37.0	8.0
58.5	27.2	-2.3	13	73.9	35.5	1.2
65.3	24.4	-7.8	14	82.1	32.1	-6.3
71.9	20.0	-12.5	15	90.2	26.6	-13.6
78.8	13.7	-16.1	16	98.4	18.8	-20.1
85.5	5.8	-17.4	17	106.5	8.9	-24.4
91.9	-3.6	-15.4	18	114.1	-2.7	-25.0
98.2	-14.5	-9.6	19	121.0	-15.7	-21.1
104.2	-26.8	0.4	20	127.9	-30.8	-11.5
109.8	-39.4	13.6	21	134.6	-47.9	5.6
113.0	-47.3	23.1	22	144.4	-78.1	48.9

=====

TESIS PROFESIONAL CARLOS ALVAREZ PELAEZ      FECHA: 25/JULIO/89

OBRA: REFORMA # 175

=====

\*\*\*\* CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS \*\*\*\*

ANALISIS DINAMICO

=====

SENTIDO XX

=====

SENTIDO YY

=====

CORT.	DES.TOT.	DES.REL.	NIVEL	CORT.	DES. TOT.	DES. REL.
1174.7	0.5	0.5	1	1171.5	0.3	0.3
1171.8	1.4	0.9	2	1169.4	0.9	0.6
1163.4	2.9	1.5	3	1163.3	2.2	1.3
1151.3	4.3	1.4	4	1153.1	3.5	1.3
1133.7	5.8	1.5	5	1137.2	4.8	1.3
1110.9	7.5	1.7	6	1115.7	6.4	1.5
1083.1	9.3	1.8	7	1088.6	8.2	1.8
1057.3	12.0	2.7	8	1062.2	10.5	2.3
1025.9	14.8	2.8	9	1029.6	12.8	2.3
989.0	17.7	2.9	10	991.5	15.2	2.4
946.7	20.6	3.0	11	947.8	17.6	2.4
898.8	23.7	3.1	12	898.7	20.2	2.6
845.0	26.9	3.1	13	843.6	22.7	2.5
784.7	30.0	3.1	14	782.7	25.2	2.5
718.2	33.0	3.1	15	715.5	27.7	2.5
651.6	36.3	3.2	16	648.3	30.3	2.6
579.2	39.4	3.2	17	574.9	32.8	2.5
501.2	42.5	3.1	18	495.4	35.2	2.4
417.2	45.6	3.1	19	410.2	37.5	2.3
333.0	48.7	3.1	20	327.1	39.8	2.3
237.3	51.6	3.0	21	236.7	42.2	2.4
125.8	53.4	1.8	22	135.6	46.0	3.8



=====  
 \*\*\*\* CORTANTES PARA DIFERENTES \*\*\*\*  
 FORMAS DE VIBRAR  
 =====

SENTIDO XX				SENTIDO YY		
MODO 1	MODO 2	MODO 3	NIVEL	MODO 1	MODO 2	MODO 3
1134.5	263.3	153.0	1	1140.8	235.3	124.6
1132.6	260.8	149.4	2	1139.3	233.5	122.4
1127.0	253.2	138.6	3	1134.8	228.3	116.1
1118.7	242.3	123.4	4	1127.1	219.4	105.6
1106.3	226.1	101.6	5	1114.9	205.5	89.5
1089.4	204.6	74.0	6	1097.9	186.6	68.5
1067.6	177.8	41.5	7	1075.6	162.6	43.2
1046.2	152.5	13.6	8	1052.8	139.2	20.5
1018.5	122.0	-15.6	9	1023.6	111.0	-3.8
984.2	86.8	-43.3	10	987.9	78.8	-27.8
943.1	48.1	-66.7	11	945.5	43.6	-49.4
895.0	7.3	-82.9	12	896.2	6.5	-66.2
839.5	-33.8	-89.5	13	839.6	-30.9	-76.1
776.7	-73.1	-84.7	14	776.0	-66.7	-77.5
706.6	-108.5	-68.5	15	705.2	-99.1	-69.8
635.9	-135.1	-44.6	16	634.0	-123.8	-54.5
558.3	-153.3	-13.8	17	556.3	-141.2	-31.9
474.2	-161.0	19.3	18	472.3	-149.4	-4.6
383.8	-156.2	46.7	19	382.3	-146.9	21.5
295.7	-118.6	65.4	20	295.1	-131.6	45.1
202.1	-106.1	64.7	21	203.0	-107.6	56.9
103.6	-58.4	41.0	22	106.1	-67.2	51.2

\*\*\*\* CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS \*\*\*\*

ANALISIS ESTATICO

SENTIDO XX

COEFICIENTE X  
 .4

SENTIDO YY

COEFICIENTE Y  
 .4

CORT.	DES.TOT.	DES.REL.	NIVEL	CORT.	DES. TOT.	DES. REL.
1909.0	0.8	0.8	1	1909.0	0.5	0.5
1896.2	2.3	1.5	2	1896.2	1.5	1.0
1870.7	4.6	2.3	3	1870.7	3.6	2.0
1840.0	6.9	2.3	4	1840.0	5.6	2.1
1800.1	9.3	2.4	5	1800.1	7.8	2.1
1750.9	11.9	2.6	6	1750.9	10.1	2.4
1692.5	14.8	2.9	7	1692.5	13.0	2.9
1639.1	18.9	4.1	8	1639.1	16.5	3.5
1577.5	23.2	4.3	9	1577.5	20.1	3.6
1507.6	27.6	4.4	10	1507.6	23.7	3.6
1429.6	32.1	4.5	11	1429.6	27.4	3.7
1343.3	36.8	4.6	12	1343.3	31.2	3.9
1248.7	41.4	4.6	13	1248.7	34.9	3.7
1146.0	46.0	4.6	14	1146.0	38.6	3.7
1035.0	50.4	4.4	15	1035.0	42.2	3.6
925.8	54.9	4.6	16	925.8	45.9	3.7
809.0	59.3	4.4	17	809.0	49.5	3.6
684.7	63.5	4.2	18	684.7	52.8	3.3
552.9	67.6	4.1	19	552.9	55.9	3.1
425.8	71.6	4.0	20	425.8	58.9	3.0
291.7	75.2	3.7	21	291.7	61.8	2.9
150.8	77.4	2.1	22	150.8	66.0	4.3

=====  
 TESIS PROFESIONAL CARLOS ALVAREZ PELAEZ FECHA: 25/JULIO/89  
 OBRA: REFORMA # 175  
 =====

\*\*\*\* CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS \*\*\*\*

=====  
 RESULTADOS DEFINITIVOS  
 =====

SENTIDO XX  
 =====

SENTIDO YY  
 =====

CORT.	DES.TOT.	DES.REL.	NIVEL	CORT.	DES. TOT.	DES. REL.	PSIY
1527.2	0.6	0.6	1	1527.2	0.4	0.4	0.001
1517.0	1.8	1.2	2	1517.0	1.2	0.8	0.003
1496.5	3.7	1.9	3	1496.5	2.8	1.6	0.004
1472.0	5.5	1.8	4	1472.0	4.5	1.7	0.005
1440.0	7.4	1.9	5	1440.0	6.2	1.7	0.005
1400.7	9.5	2.1	6	1400.7	8.1	1.9	0.006
1354.0	11.8	2.3	7	1354.0	10.4	2.3	0.007
1311.3	15.2	3.3	8	1311.3	13.2	2.8	0.008
1262.0	18.6	3.5	9	1262.0	16.1	2.9	0.008
1206.1	22.1	3.5	10	1206.1	18.9	2.9	0.008
1143.7	25.7	3.6	11	1143.7	21.9	2.9	0.008
1074.6	29.4	3.7	12	1074.6	25.0	3.1	0.009
999.0	33.1	3.7	13	999.0	28.0	3.0	0.009
916.8	36.8	3.7	14	916.8	30.9	3.0	0.008
828.0	40.3	3.5	15	828.0	33.8	2.9	0.008
740.6	43.9	3.7	16	740.6	36.7	2.9	0.008
647.2	47.5	3.5	17	647.2	39.6	2.9	0.008
547.2	50.3	3.4	18	547.2	42.2	2.7	0.008
442.3	54.1	3.3	19	442.3	44.7	2.5	0.007
340.6	57.3	3.2	20	340.6	47.1	2.4	0.007
237.3	60.2	3.0	21	237.3	49.4	2.4	0.007
125.8	61.9	1.8	22	135.6	52.8	3.8	0.011

#### D) TORSION DEL EDIFICIO

El procedimiento de distribución de fuerzas sísmicas entre los elementos resistentes consiste en los siguientes pasos:

- 1) La fuerza horizontal  $P_i$  aplicada en el centro de gravedad de cada nivel  $i$  se calculó en la sección C de este capítulo.
- 2) Se obtiene por equilibrio estático la línea de acción de la cortante sísmica en cada entrepiso para las dos direcciones ortogonales paralelas a los sistemas resistentes.
- 3) Se determina la posición del centro de torsión de cada entrepiso mediante la siguiente expresión:

$$X_t = \frac{\sum (R_{jy} X_j)}{\sum R_{jy}} \quad Y_t = \frac{\sum (R_{jx} Y_j)}{\sum R_{jx}}$$

donde  $R_{jx}$ ,  $R_{jy}$  son las rigideces de piso de cada elemento resistente, en este caso marcos

$X_j$ ,  $Y_j$  son las coordenadas de los elementos resistentes

- 4) La fuerza cortante que debe ser resistida por un elemento resistente cualquiera es igual a la suma de dos efectos: el debido a la fuerza cortante del piso, supuesta actuando en el centro de torsión, y el debido al momento torsionante del piso. Si la dirección analizada del sismo es paralela al eje "x", se obtienen los cortantes siguientes:

En los elementos resistentes "x" o "y" por efecto de la fuerza cortante aplicada en el centro de torsión:

$$\frac{V_x R_{jx}}{\sum R_{jx}}$$

$$\frac{V_y R_{jy}}{\sum R_{jy}}$$

En los elementos resistentes "x" o "y" por efecto de torsión:

$$\frac{M_t R_{jx} Y_{jt}}{(\sum R_{jx} Y'_{jt} + \sum R_{jy} X'_{jt})}$$

$$\frac{M_t R_{jy} X_{jt}}{(\sum R_{jx} Y'_{jt} + \sum R_{jy} X'_{jt})}$$

En las expresiones anteriores:

- Vx, Vy fuerza cortante sísmica en el entrepiso considerado en las direcciones "x" y "y", respectivamente.
- Xjt, Yjt distancias de los elementos resistentes con respecto al centro de torsión del entrepiso en cuestión.
- Mt momento torsionante en el entrepiso considerado, que es igual al producto de la fuerza cortante en el entrepiso por la más desfavorable de las siguientes excentricidades:
- $$e = 1.5e_s + 0.1b$$
- $$e = e_s - 0.1b$$

Las disposiciones a este respecto se encuentran señaladas en las secciones 8.6 y 8.8 de las Normas Técnicas Complementarias para diseño por sismo en donde se estipula:

La excentricidad torsional de rigideces calculada en cada entrepiso, "es", se tomará como la distancia entre el centro de torsión del nivel correspondiente y la fuerza cortante en dicho nivel. Además, la excentricidad de diseño en cada sentido no se tomará menor que la mitad del máximo valor de es calculado para los entrepisos que se hallan abajo del que se considera, ni se tomará el momento torsionante de ese entrepiso menor que la mitad del máximo calculado para los entrepisos que están arriba del considerado.

El análisis de la torsión se realizó mediante un programa de computadora que cumple con los requisitos antes señalados.

Como datos de entrada al programa se consideró que los cortantes por distribuir varían de 100.0 ton para el nivel 22 hasta 100.21 ton para el nivel 1, es decir un incremento de 0.01 ton/piso. Esto se hizo con el propósito de obtener los resultados como porcentajes del valor de las fuerzas cortantes que se aplicarán para la revisión de los elementos de la estructura. La gran ventaja que proporciona el obtener resultados en porcentajes es que se puede apreciar cual es el comportamiento del edificio ante sollicitaciones sísmicas, que es de gran utilidad en puntos posteriores de este trabajo.

En las siguientes hojas se muestran los datos y resultados del estudio por torsión del edificio; acerca de los datos es conveniente aclarar que se consideró al centro geométrico como centro de cargas en cada uno de los niveles, ya que generalmente la distribución de las cargas en cada nivel es lo suficientemente uniforme, como para permitirnos esta aproximación, en términos de ingeniería de Cálculo Estructural.

ESTUDIO DE TORSION

DATOS PARA EL ANALISIS

NUMERO DE PISOS DEL EDIFICIO = 22

NUMERO DE MARCOS VERTICALES

EN EL PISO 22 = 5  
 EN EL PISO 21 = 5  
 EN EL PISO 20 = 5  
 EN EL PISO 19 = 5  
 EN EL PISO 18 = 5  
 EN EL PISO 17 = 5  
 EN EL PISO 16 = 5  
 EN EL PISO 15 = 5  
 EN EL PISO 14 = 5  
 EN EL PISO 13 = 5  
 EN EL PISO 12 = 5  
 EN EL PISO 11 = 5  
 EN EL PISO 10 = 5  
 EN EL PISO 9 = 5  
 EN EL PISO 8 = 5  
 EN EL PISO 7 = 5  
 EN EL PISO 6 = 5  
 EN EL PISO 5 = 5  
 EN EL PISO 4 = 5  
 EN EL PISO 3 = 5  
 EN EL PISO 2 = 5  
 EN EL PISO 1 = 5

NUMERO DE MARCOS HORIZONTALES

EN EL PISO 22 = 4  
 EN EL PISO 21 = 4  
 EN EL PISO 20 = 4  
 EN EL PISO 19 = 4  
 EN EL PISO 18 = 4  
 EN EL PISO 17 = 4  
 EN EL PISO 16 = 4  
 EN EL PISO 15 = 4  
 EN EL PISO 14 = 4  
 EN EL PISO 13 = 4  
 EN EL PISO 12 = 4  
 EN EL PISO 11 = 4  
 EN EL PISO 10 = 4  
 EN EL PISO 9 = 4  
 EN EL PISO 8 = 4  
 EN EL PISO 7 = 4  
 EN EL PISO 6 = 4  
 EN EL PISO 5 = 4  
 EN EL PISO 4 = 4  
 EN EL PISO 3 = 4  
 EN EL PISO 2 = 4  
 EN EL PISO 1 = 4

CENTRO DE CARGAS EN X (EN MTS) =

EN EL PISO 22 = 11.4  
 EN EL PISO 21 = 11.4  
 EN EL PISO 20 = 11.4  
 EN EL PISO 19 = 11.4  
 EN EL PISO 18 = 11.4  
 EN EL PISO 17 = 11.4  
 EN EL PISO 16 = 11.4  
 EN EL PISO 15 = 11.4  
 EN EL PISO 14 = 11.4  
 EN EL PISO 13 = 11.4  
 EN EL PISO 12 = 11.4  
 EN EL PISO 11 = 11.4  
 EN EL PISO 10 = 11.4  
 EN EL PISO 9 = 11.4  
 EN EL PISO 8 = 11.4  
 EN EL PISO 7 = 11.4  
 EN EL PISO 6 = 11.4  
 EN EL PISO 5 = 11.4  
 EN EL PISO 4 = 11.4  
 EN EL PISO 3 = 11.4  
 EN EL PISO 2 = 11.4  
 EN EL PISO 1 = 11.4

CENTRO DE CARGAS EN Y (EN MTS) =

EN EL PISO 22 = 10.6  
 EN EL PISO 21 = 10.6  
 EN EL PISO 20 = 10.6  
 EN EL PISO 19 = 10.6  
 EN EL PISO 18 = 10.6  
 EN EL PISO 17 = 10.6  
 EN EL PISO 16 = 10.6  
 EN EL PISO 15 = 10.6  
 EN EL PISO 14 = 10.6  
 EN EL PISO 13 = 10.6  
 EN EL PISO 12 = 10.6  
 EN EL PISO 11 = 10.6  
 EN EL PISO 10 = 10.6  
 EN EL PISO 9 = 10.6  
 EN EL PISO 8 = 10.6  
 EN EL PISO 7 = 10.6  
 EN EL PISO 6 = 16.4  
 EN EL PISO 5 = 16.4  
 EN EL PISO 4 = 16.4  
 EN EL PISO 3 = 16.4  
 EN EL PISO 2 = 16.4  
 EN EL PISO 1 = 16.4



LONGITUD HORIZONTAL DEL EDIFICIO (EN MTS) =

EN EL PISO 22 = 22.8  
 EN EL PISO 21 = 22.8  
 EN EL PISO 20 = 22.8  
 EN EL PISO 19 = 22.8  
 EN EL PISO 18 = 22.8  
 EN EL PISO 17 = 22.8  
 EN EL PISO 16 = 22.8  
 EN EL PISO 15 = 22.8  
 EN EL PISO 14 = 22.8  
 EN EL PISO 13 = 22.8  
 EN EL PISO 12 = 22.8  
 EN EL PISO 11 = 22.8  
 EN EL PISO 10 = 22.8  
 EN EL PISO 9 = 22.8  
 EN EL PISO 8 = 22.8  
 EN EL PISO 7 = 22.8  
 EN EL PISO 6 = 22.8  
 EN EL PISO 5 = 22.8  
 EN EL PISO 4 = 22.8  
 EN EL PISO 3 = 22.8  
 EN EL PISO 2 = 22.8  
 EN EL PISO 1 = 22.8

LONGITUD VERTICAL DEL EDIFICIO (EN MTS) =

EN EL PISO 22 = 21.2  
 EN EL PISO 21 = 21.2  
 EN EL PISO 20 = 21.2  
 EN EL PISO 19 = 21.2  
 EN EL PISO 18 = 21.2  
 EN EL PISO 17 = 21.2  
 EN EL PISO 16 = 21.2  
 EN EL PISO 15 = 21.2  
 EN EL PISO 14 = 21.2  
 EN EL PISO 13 = 21.2  
 EN EL PISO 12 = 21.2  
 EN EL PISO 11 = 21.2  
 EN EL PISO 10 = 21.2  
 EN EL PISO 9 = 21.2  
 EN EL PISO 8 = 21.2  
 EN EL PISO 7 = 21.2  
 EN EL PISO 6 = 32.7  
 EN EL PISO 5 = 32.7  
 EN EL PISO 4 = 32.7  
 EN EL PISO 3 = 32.7  
 EN EL PISO 2 = 32.7  
 EN EL PISO 1 = 32.7

FUERZA CORTANTE POR DISTRIBUIR (EN TON) =

	SENTIDO X-X	SENTIDO Y-Y
EN EL PISO 22 =	100.00	100.00
EN EL PISO 21 =	100.01	100.01
EN EL PISO 20 =	100.02	100.02
EN EL PISO 19 =	100.03	100.03
EN EL PISO 18 =	100.04	100.04
EN EL PISO 17 =	100.05	100.05
EN EL PISO 16 =	100.06	100.06
EN EL PISO 15 =	100.07	100.07
EN EL PISO 14 =	100.08	100.08
EN EL PISO 13 =	100.09	100.09
EN EL PISO 12 =	100.10	100.10
EN EL PISO 11 =	100.11	100.11
EN EL PISO 10 =	100.12	100.12
EN EL PISO 9 =	100.13	100.13
EN EL PISO 8 =	100.14	100.14
EN EL PISO 7 =	100.15	100.15
EN EL PISO 6 =	100.16	100.16
EN EL PISO 5 =	100.17	100.17
EN EL PISO 4 =	100.18	100.18
EN EL PISO 3 =	100.19	100.19
EN EL PISO 2 =	100.20	100.20
EN EL PISO 1 =	100.21	100.21

RESULTADOS POR MARCOS:

MARCOS VERTICALES

MARCO VERTICAL 1 (EJE A)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	44.3	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	48.0	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	47.3	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	47.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	47.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	47.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	47.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	48.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	48.0	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	48.0	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	47.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	48.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	48.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	48.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	48.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	50.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	49.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	48.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	47.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	47.1	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	52.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	49.9	(TON)

MARCO VERTICAL 2 (EJE B)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	10.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	9.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	9.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	8.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	9.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	8.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	8.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	8.0	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	8.3	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	8.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	8.1	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	7.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	7.1	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	7.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	7.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	5.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	7.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	6.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	7.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	7.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	2.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	3.8	(TON)

RESULTADOS POR MARCOS:

MARCOS VERTICALES

MARCO VERTICAL 3 (EJE C)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	3.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	2.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	2.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	2.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	2.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	2.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	2.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	2.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	2.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	2.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	2.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	2.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	2.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	2.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	2.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	2.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	2.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	1.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	2.1 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	2.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	0.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	1.5 (TON)

MARCO VERTICAL 4 (EJE E)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	5.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	4.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	4.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	4.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	4.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	5.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	4.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	4.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	5.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	5.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	5.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	4.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	4.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	4.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	4.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	4.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	3.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	3.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	3.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	3.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	1.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	2.4 (TON)

RESULTADOS POR MARCOS:

MARCOS VERTICALES

MARCO VERTICAL 5 (EJE F)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	48.1 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	50.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	50.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	50.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	50.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	49.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	50.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	50.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	49.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	50.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	50.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	49.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	50.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	49.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	49.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	48.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	49.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	51.1 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	51.1 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	51.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	52.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	50.1 (TON)

RESULTADOS POR MARCOS:  
 -----

MARCOS HORIZONTALES  
 -----

MARCO HORIZONTAL 1 (EJE 1)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 59.4 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 21 : 55.3 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 20 : 47.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 19 : 47.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 18 : 46.3 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 17 : 45.7 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 16 : 45.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 15 : 45.8 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 14 : 46.4 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 13 : 46.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 12 : 46.0 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 11 : 46.4 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 10 : 46.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 9 : 45.8 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 8 : 45.4 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 7 : 46.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 6 : 49.8 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 5 : 49.1 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 4 : 48.9 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 3 : 43.6 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 2 : 52.7 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 1 : 59.6 (TON)

MARCO HORIZONTAL 2 (EJE 2)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 27.0 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 21 : 19.3 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 20 : 14.0 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 19 : 14.9 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 18 : 14.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 17 : 13.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 16 : 12.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 15 : 13.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 14 : 13.3 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 13 : 12.6 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 12 : 11.9 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 11 : 12.1 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 10 : 11.6 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 9 : 11.1 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 8 : 10.5 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 7 : 9.4 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 6 : 8.6 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 5 : 8.1 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 4 : 8.2 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 3 : 9.9 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 2 : 10.9 (TON)  
 RESULTADOS EN EL PISO 1 : 8.6 (TON)

## RESULTADOS POR MARCOS:

## MARCOS HORIZONTALES

## MARCO HORIZONTAL 3 (EJE 3)

RESULTADOS EN EL PISO 22	:	44.3	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21	:	25.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20	:	16.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19	:	17.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18	:	16.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17	:	14.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16	:	12.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15	:	14.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14	:	14.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13	:	13.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12	:	12.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11	:	13.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10	:	12.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9	:	11.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8	:	10.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7	:	9.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6	:	8.1	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5	:	7.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4	:	7.3	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3	:	7.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2	:	8.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1	:	6.5	(TON)

## MARCO HORIZONTAL 4 (EJE 4)

RESULTADOS EN EL PISO 22	:	1.0	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21	:	14.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20	:	31.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19	:	25.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18	:	32.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17	:	35.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16	:	38.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15	:	35.7	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14	:	34.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13	:	36.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12	:	38.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11	:	37.6	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10	:	38.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9	:	40.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8	:	42.1	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7	:	44.9	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6	:	42.2	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5	:	44.1	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4	:	43.4	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3	:	49.8	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2	:	16.5	(TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1	:	10.6	(TON)

RESULTADOS POR MARCOS:

MARCOS HORIZONTALES

MARCO HORIZONTAL 5 (EJE 5)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	3.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	3.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	3.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	3.4 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	1.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	6.4 (TON)

MARCO HORIZONTAL 6 (EJE 6)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	3.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	4.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	4.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	8.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	33.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	35.3 (TON)



COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO ANTE SOLICITACIONES SISMICAS, INTERVALO INELÁSTICO

La forma en la que se pueda determinar el comportamiento del edificio ante un sismo la podemos obtener directamente de los resultados del estudio por torsión, ya que estos corresponden a los porcentajes del cortante total que se generara ante la excitación de la estructura debida a un sismo, y que tomará cada uno de los marcos.

El comportamiento de un edificio estructurado como "tubo", ante solicitaciones sísmicas, en teoría sería que 2 de sus marcos tomaran el 50% de la fuerza generada por el sismo en cada sentido. Por lo tanto, para darnos idea de lo que pasa en este caso es necesario observar los resultados del estudio por torsion que en resumen se presentan en las tablas 2 ( para el sentido "XX", paralelo a Reforma ) y 3 ( para el sentido "YY", paralelo a Rio Tamesis ).

Analizando estos resultados estableceremos con mayor seguridad cuál podría ser el comportamiento del edificio durante un sismo en el intervalo elástico, y a partir de esta conclusión poder establecer el por que del estudio que se realizará del comportamiento en el intervalo inelástico.

SENTIDO "XX"

En esta tabla se muestran los porcentajes de la fuerza cortante generada por un sismo que tomarian los marcos del sentido horizontal del edificio.

( TABLA 2 )

NIVEL	MARCO	1	2	3	4	5	6	TOTAL
22		59.4	27.0	44.3	1.0	0.0	0.0	131.7
21		55.3	19.2	25.4	14.8	0.0	0.0	114.7
20		47.2	14.0	16.2	31.9	0.0	0.0	109.3
19		47.2	14.9	17.5	29.7	0.0	0.0	109.3
18		46.3	14.2	16.2	32.7	0.0	0.0	109.4
17		45.7	13.2	14.4	35.9	0.0	0.0	109.2
16		45.2	12.2	12.9	38.6	0.0	0.0	108.9
15		45.8	13.2	14.5	35.7	0.0	0.0	109.2
14		46.4	13.3	14.8	34.8	0.0	0.0	109.3
13		46.2	12.6	13.8	36.5	0.0	0.0	109.1
12		46.0	11.9	12.8	38.4	0.0	0.0	109.1
11		46.4	12.1	13.2	37.6	0.0	0.0	109.3
10		46.2	11.6	12.5	38.8	0.0	0.0	109.1
9		45.8	11.1	11.7	40.2	0.0	0.0	108.8
8		45.4	10.5	10.8	42.1	0.0	0.0	108.8
7		46.2	9.4	9.5	44.9	0.0	0.0	110.0
6		49.8	8.6	8.1	42.2	3.3	3.8	115.8
5		49.1	8.1	7.2	44.1	3.6	4.2	116.3
4		48.9	8.2	7.3	43.4	3.7	4.5	116.0
3		43.6	9.9	7.2	49.8	3.4	8.0	121.2
2		52.7	10.9	8.5	16.5	1.0	33.0	122.6
1		59.6	8.6	6.5	10.6	6.4	35.3	127.0

SENTIDO "YY"

En esta tabla se muestran los porcentajes de la fuerza cortante generada por un sismo que tomarian los marcos del sentido vertical del edificio.

( TABLA 3 )

NIVEL	MARCO	A	B	C	E	F	TOTAL
22		45.5	11.1	3.5	5.9	48.6	114.6
21		47.5	9.6	2.7	4.5	50.2	114.5
20		47.7	9.4	2.7	4.7	50.8	115.3
19		47.8	8.9	2.5	4.7	50.9	114.8
18		47.5	9.5	2.5	4.9	51.0	115.4
17		47.8	8.8	2.6	5.4	50.2	114.8
16		47.6	8.9	2.6	4.7	51.4	115.2
15		48.8	8.1	2.5	4.8	50.4	114.6
14		48.4	8.3	2.4	5.0	50.3	114.4
13		48.4	8.3	2.4	5.0	50.7	114.8
12		48.5	8.2	2.5	5.1	50.6	114.9
11		49.3	7.5	2.3	4.9	50.5	114.5
10		49.4	7.5	2.3	4.8	50.9	114.9
9		49.3	7.6	2.3	4.8	50.7	114.7
8		49.4	7.5	2.4	4.6	50.6	114.5
7		52.1	5.9	2.3	4.7	50.4	115.4
6		49.8	6.9	1.7	3.0	54.6	116.0
5		50.0	6.7	1.9	3.4	52.3	114.3
4		48.6	7.8	2.1	3.7	52.3	114.5
3		48.5	9.0	2.4	4.3	48.9	113.1
2		53.5	2.5	0.8	1.4	53.8	112.0
1		51.4	3.9	1.5	2.5	51.6	110.9

Observando los resultados mostrados en las tablas 2 y 3 llegamos a la conclusión de que lo supuesto con anterioridad, el comportamiento de "tubo" de la estructura, ha quedado comprobado mediante un análisis matemático.

Para el caso de sentido "XX", los marcos que toman en conjunto el 80% de las fuerzas generadas por el sismo son los marcos ejes 1 y 4 (excepto en los niveles 21 y 22 del edificio), como se había supuesto en el capítulo 2. Cabe hacer notar que este comportamiento cambia para los niveles 1 y 2 ya que en estos niveles el marco extremo 6 es un muro de concreto lo que aumenta la rigidez del marco considerablemente. Exceptuando estos 2 niveles el comportamiento es el antes mencionado.

Para el caso del sentido "YY" es mas clara nuestra aseveración ya que los marcos A y F toman el 100% de las fuerzas generadas.

Es importante señalar que en cada sentido la suma de las fuerzas no es de 100% ya que estas se incrementan por el efecto de torsión y por ello el total varia. Sin embargo este total se muestra en la última columna de las tablas 2 y 3.

Después de las anteriores aseveraciones se puede concluir con certeza que ante sollicitaciones sísmicas el edificio en estudio se comportara con las características de una estructura de "tubo".

### C) CONCLUSIONES Y PROPUESTA DE ANALISIS EN EL INTERVALO INELASTICO

Despues de comprobar, mediante el análisis de la torsión del edificio, el comportamiento de tubo de la estructura podemos afirmar que solo 2 marcos, en cada sentido del edificio, toman la mayor parte de las solicitaciones sísmicas:

La geometría de los marcos A y F en el sentido vertical "yy", es muy similar, ya que ambos tienen el mismo número de columnas, con claros iguales y traveses de igual sección, en lo único que se diferencian el uno del otro es por la sección de sus columnas, sin embargo, si comparamos su rigidez nos podemos dar cuenta de que son prácticamente iguales, por lo cual se puede esperar que su comportamiento en el intervalo inelástico sea muy similar.

Los marcos 1 y 4 en el sentido horizontal, de cuya geometría se puede pensar que su comportamiento en el intervalo inelástico será distinto el uno del otro, pues la rigidez de un marco trabajando inelásticamente se reduce de manera diferente a la de un muro. Por ello se procederá a la revisión de este comportamiento, en el sentido "xx".

Para ello se tratarán de calcular las articulaciones plásticas que se forman en cada marco, para obtener el cambio de rigidez que se produce, el cambio en el comportamiento general de la estructura y finalmente volver a calcular las nuevas articulaciones plásticas. Como se puede observar se trata de un procedimiento a base de iteraciones y el cual se enlista a continuación:

1) Se determinan los elementos mecánicos que se generan en los marcos con una fuerza equivalente al análisis sísmico del RDF-87 y de los resultados del estudio por torsión, se obtienen momentos flexionantes, cortantes y cargas axiales. A estos elementos mecánicos se les suman los elementos mecánicos que genera un análisis de los marcos ante cargas verticales.

2) Se determinan los elementos mecánicos resistentes, principalmente momentos flexionantes, ya que se conocen las secciones y armados de trabes y columnas, mediante dos programas de computadora. Cabe hacer notar que el momento máximo resistente de las columnas no depende únicamente de su geometría y armado, sino también de su carga axial ( carga vertical mas el incremento de carga debido a sismo).

3) Se procede a obtener el cociente "momento resistente / momento actuante" . En este caso se puede decir que si en la división se obtiene como resultado la unidad, esto significa que el elemento en cuestión trabajara a su máxima capacidad en un sismo de las proporciones marcado por el RDF-87.

4) Finalmente se eligen los máximos valores obtenidos en el punto 3, cada uno de los cuales se puede considerar como una articulación plástica, hasta que se considera que se tiene el número suficiente de articulaciones como para comenzar con el siguiente tanteo. Es conveniente aclarar que este procedimiento es simultáneo para los marcos 1 y 4, lo cual implica que se puede conocer la formación simultánea de articulaciones en los marcos.

5) Se calculan nuevas rigideces de los marcos ya considerando las articulaciones formadas ( resultado del punto 4 ).

6) Se lleva a cabo nuevamente el estudio por torsion del edificio ya con las nuevas rigideces obtenidas en el punto 5. Con los resultados se regresa nuevamente al punto 1 para comenzar otra iteración.

El procedimiento antes descrito no constituye el resultado de una investigación teórica, sino una posibilidad práctica para conocer el comportamiento del edificio ( sentido "xx" ) en el intervalo inelástico. Tampoco esta basado en alguna investigación o articulo, es el resultado de la idea propuesta por el director de este trabajo y el suscrito.

En el capitulo 5 se presentan los resultados del estudio realizado mediante el procedimiento anteriormente descrito.

5) COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO ANTE SOLICITACIONES SISMICAS, INTERVALO INELASTICO, SENTIDO "XX" (PARALELO A REFORMA) MARCOS 1 Y 4

A) CARGAS VERTICALES

Este análisis se realizó utilizando el programa de marcos planos ( metodo de las rigideces ) y se aplicaron al marco las cargas que se obtuvieron en el capítulo 3 inciso A).

Para simplificar la labor de mostrar los resultados, estos se presentan por medio de tablas, en las que se muestran los momentos flexionantes máximos, en trabes de los marcos 1 y 4 en la tabla 4 y en columnas en la tabla 5. Es preciso hacer notar que los momentos mostrados en estas tablas y en las tablas subsecuentes ya han sido seleccionados con el proposito de obtener la suma de los efectos por carga vertical y horizontal más desfavorable.

Además, de este análisis se obtuvieron las cargas que tiene cada una de las columnas ( analisis de carga vertical ). Este dato es indispensable para la determinación posterior de los momentos resistentes en columnas. Es un hecho el que los momentos resistentes en una columna estan en función de la carga que soporta ( es importante hacer notar que la carga ultima que actua en las columnas es la suma de la carga vertical mas el incremento de carga debido a las solicitaciones sismicas ).



( T A B L A 4 )

## MOMENTOS POR CARGA VERTICAL EN TRABES (TON\*M)

M A R C O 1								M A R C O 4							
N U D O								N U D O							
NIVEL	I	1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I
22	I	3	4	3	2	3	3	4	I	5	4	0	2	4	I
21	I	3	4	5	3	5	4	4	I	6	3	1	2	5	I
20	I	3	5	5	3	5	4	4	I	5	3	1	2	5	I
19	I	3	5	5	3	5	4	4	I	5	3	1	2	5	I
18	I	3	5	5	3	5	5	4	I	6	4	2	2	5	I
17	I	3	5	5	3	5	5	4	I	6	4	2	2	5	I
16	I	3	5	5	3	5	5	4	I	6	5	2	2	5	I
15	I	3	5	5	3	5	5	3	I	6	5	3	3	5	I
14	I	3	6	5	3	5	6	3	I	6	6	3	3	5	I
13	I	3	5	5	3	5	6	3	I	6	6	4	3	5	I
12	I	3	6	5	3	5	6	3	I	6	7	4	4	5	I
11	I	3	6	5	3	5	6	3	I	6	8	5	4	5	I
10	I	3	6	5	3	5	6	3	I	6	8	5	4	4	I
9	I	4	6	5	3	5	6	3	I	6	8	5	4	4	I
8	I	4	6	5	3	5	6	4	I	6	8	5	4	4	I
7	I	4	5	4	2	4	6	4	I	6	8	5	4	4	I
6	I	4	5	5	3	5	5	3	I	13	19	4	16	10	I
5	I	4	5	4	2	4	5	4	I	13	19	3	16	10	I
4	I	4	5	3	2	4	5	4	I	13	20	2	16	10	I
3	I	3	5	2	1	2	5	4	I	13	20	3	16	10	I
2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	14	23	1	20	12	I
1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	14	23	0	20	12	I

( T A B L A 5 )

## MOMENTOS POR CARGA VERTICAL EN COLUMNAS (TON\*M)

M A R C O 1

M A R C O 4

NIVEL	I	C O L U M N A						C O L U M N A						
		1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	14AX	4B	M	4E	4FX	
I 22	I	3	4	2	0	2	4	4	I	5	1	2	0	4
I 21	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	4	0	3
I 20	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	5	0	2
I 19	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	10	0	3
I 18	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	12	0	3
I 17	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	13	0	3
I 16	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	14	0	3
I 15	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	1	23	0	3
I 14	I	2	4	3	0	3	4	2	I	3	1	23	0	3
I 13	I	2	4	3	0	3	4	2	I	3	1	22	0	3
I 12	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	2	19	0	3
I 11	I	2	4	3	0	3	4	2	I	3	2	41	0	3
I 10	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	2	39	0	3
I 9	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	2	37	0	3
I 8	I	2	4	2	0	2	4	2	I	3	3	35	0	3
I 7	I	2	4	2	0	2	4	2	I	6	3	67	1	5
I 6	I	2	3	2	0	2	3	2	I	7	6	71	1	6
I 5	I	2	3	2	0	2	3	2	I	7	6	76	2	6
I 4	I	2	3	1	0	1	3	2	I	7	6	82	2	6
I 3	I	1	2	1	0	1	2	1	I	7	6	90	2	6
I 2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	8	9	100	2	6
I 1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	6	7	51	4	6

## B) PRIMERAS ARTICULACIONES

Como el procedimiento para obtener las articulaciones ya se ha explicado con anterioridad, en este punto simplemente se muestran tablas de resultados que a continuación se enumeran:

- 1) Momentos resistentes en traves ( tabla 6 ).
- 2) Momentos actuantes en traves. Suma de los momentos por carga horizontal y vertical. ( tabla 7 )
- 3) Carga en columnas . ( tabla 8 )
- 4) Cargas en columnas . Suma de cargas verticales mas incremento de carga debido a sismo. ( tabla 9 )
- 5) Cargas en columnas . Suma de cargas verticales menos el incremento de carga debido a sismo. ( tabla 10 )
- 6) Momentos actuantes en columnas. Suma de los momentos por carga vertical y carga horizontal . ( tabla 11 )
- 7) Momentos resistentes en columnas. (tabla 12 )
- 8) Comparación de momentos actuantes / momentos resistentes en traves ( tabla 13 ) . En esta tabla se subrayan los nudos en donde se considera que se forma una articulación plástica. El subíndice que aparece al lado del valor subrayado representa el orden en el que aparecen las articulaciones en los marcos 1 y 4 simultaneamente. El valor de uno corresponde a la primera articulación que se presenta entre ambos marcos y así sucesivamente.
- 9) Comparación de momentos actuantes / momentos resistentes en columnas ( tabla 14 ) . Las indicaciones correspondientes a la tabla 13 son igualmente válidas para esta tabla.

( T A B L A 6 )

## MOMENTOS RESISTENTES EN TRABES (TON\*M)

M A R C O 1								M A R C O 4								
N U D O								N U D O								
NIVEL	I	1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I	
22	I	72	72	72	72	72	72	72	I	35	87	87	87	87	61	I
21	I	99	99	99	99	99	99	99	I	35	87	87	87	87	61	I
20	I	99	99	99	99	99	99	99	I	35	87	87	87	87	61	I
19	I	99	99	99	99	99	99	99	I	35	87	87	87	87	61	I
18	I	107	107	107	107	107	107	140	I	47	132	132	132	132	79	I
17	I	107	107	107	107	107	107	140	I	47	132	132	132	132	79	I
16	I	107	107	107	107	107	107	140	I	47	132	132	132	132	79	I
15	I	107	107	107	107	107	107	140	I	47	132	132	132	132	79	I
14	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
13	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
12	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
11	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
10	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
9	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
8	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
7	I	142	142	142	142	142	142	142	I	47	132	132	132	132	79	I
6	I	184	184	184	184	184	184	184	I	47	119	119	105	105	58	I
5	I	184	184	184	184	184	184	184	I	47	119	119	105	105	58	I
4	I	184	184	184	184	184	184	184	I	47	119	119	105	105	58	I
3	I	184	184	184	184	184	184	184	I	77	123	123	105	105	58	I
2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	77	123	123	105	105	58	I
1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	77	123	123	105	105	58	I

( T A B L A 7 )

MOMENTOS ACTUANTES EN TRABES (TON\*M)M A R C O 1M A R C O 4

		N U D O							N U D O						
INIVEL	I	1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I
I	22	I	19	20	10	10	24	27	I	20	26	18	36	26	I
I	21	I	40	36	26	27	27	41	I	26	32	26	37	29	I
I	20	I	57	50	43	43	43	57	I	26	33	29	40	30	I
I	19	I	69	61	57	57	58	68	I	28	35	37	41	31	I
I	18	I	89	79	73	73	74	86	I	36	47	56	56	43	I
I	17	I	103	91	87	86	87	98	I	38	52	66	60	46	I
I	16	I	117	102	101	98	101	109	I	39	61	76	63	49	I
I	15	I	128	112	113	110	113	118	I	42	78	91	66	51	I
I	14	I	147	130	128	124	128	135	I	44	93	103	68	53	I
I	13	I	160	140	139	135	130	144	I	44	101	112	70	54	I
I	12	I	170	149	150	146	151	151	I	44	109	121	71	55	I
I	11	I	179	154	163	158	163	157	I	44	123	132	71	55	I
I	10	I	185	164	175	169	175	163	I	44	133	139	70	55	I
I	9	I	192	170	184	178	184	170	I	43	137	143	69	54	I
I	8	I	197	173	190	184	190	172	I	41	139	145	66	53	I
I	7	I	183	163	184	178	184	163	I	39	143	147	64	50	I
I	6	I	203	178	189	180	190	178	I	38	143	145	60	47	I
I	5	I	201	174	190	181	189	174	I	35	138	139	56	44	I
I	4	I	202	172	192	186	193	175	I	31	130	129	50	40	I
I	3	I	232	195	207	201	207	192	I	32	141	143	54	43	I
I	2	I	*	*	*	*	*	*	I	25	116	114	40	32	I
I	1	I	*	*	*	*	*	*	I	20	93	85	28	25	I

## ( T A B L A 8 )

## CARGA EN COLUMNAS (TON)

M A R C O 1

M A R C O 4

C O L U M N A								C O L U M N A							
I	NIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX
I	22	I	9	26	17	17	17	26	17	I	10	16	22	24	9
I	21	I	18	50	33	33	33	50	19	I	20	32	43	48	18
I	20	I	27	75	50	50	50	75	50	I	30	48	64	71	26
I	19	I	36	99	66	66	66	99	66	I	39	64	84	94	35
I	18	I	46	126	87	87	87	126	87	I	50	81	107	120	44
I	17	I	56	153	101	101	101	153	101	I	61	98	130	146	54
I	16	I	65	180	119	119	119	180	119	I	71	115	153	171	63
I	15	I	75	206	137	137	137	206	137	I	82	132	176	197	73
I	14	I	86	236	157	157	157	236	157	I	94	151	201	225	88
I	13	I	96	265	176	176	176	265	176	I	105	170	226	253	93
I	12	I	107	294	196	196	196	294	196	I	117	189	251	281	104
I	11	I	118	324	215	215	215	324	215	I	129	208	276	309	114
I	10	I	128	353	235	235	235	353	235	I	140	227	301	337	124
I	9	I	134	382	254	254	254	382	254	I	152	245	326	365	135
I	8	I	150	411	274	274	274	411	274	I	164	264	351	393	145
I	7	I	160	441	293	293	293	441	293	I	175	283	376	421	155
I	6	I	170	468	311	311	311	468	311	I	196	316	422	471	179
I	5	I	180	495	329	329	329	495	329	I	217	350	469	521	192
I	4	I	190	523	347	347	347	523	347	I	238	383	515	570	211
I	3	I	200	550	366	366	366	550	366	I	258	417	562	620	230
I	2	I	212	584	388	388	388	584	388	I	284	459	620	683	315
I	1	I	225	618	411	411	411	618	411	I	310	501	678	745	334

( T A B L A 9 )

CARGAS EN COLUMNAS SUMANDO INCREMENTO DE CARGA (TOM)

M A R C O 1

M A R C O 4

C O L U M N A							C O L U M N A								
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	
I	22	I	12	28	18	17	27	28	22	I	16	17	25	33	18
I	21	I	27	51	36	33	33	52	50	I	33	37	52	64	35
I	20	I	45	77	55	51	51	76	72	I	50	57	77	90	54
I	19	I	65	107	73	67	67	105	100	I	67	81	102	115	73
I	18	I	89	140	97	88	88	137	137	I	88	110	132	140	96
I	17	I	116	176	115	103	103	171	170	I	109	142	160	160	120
I	16	I	143	213	138	121	121	207	209	I	130	176	188	173	144
I	15	I	174	251	162	139	139	245	250	I	151	215	216	211	170
I	14	I	209	294	189	159	159	286	295	I	175	259	247	255	200
I	13	I	245	336	215	179	179	328	341	I	197	307	278	310	220
I	12	I	283	380	243	198	199	371	390	I	220	356	310	365	247
I	11	I	323	428	271	216	218	419	439	I	243	409	332	430	272
I	10	I	363	476	300	239	239	468	489	I	265	464	363	491	296
I	9	I	400	526	329	258	258	518	540	I	287	520	391	560	324
I	8	I	448	578	358	278	278	569	593	I	309	577	415	634	348
I	7	I	488	631	388	297	297	624	642	I	330	634	417	729	371
I	6	I	533	679	418	315	315	670	695	I	360	705	463	822	407
I	5	I	576	728	448	334	334	719	748	I	389	774	509	911	431
I	4	I	620	782	472	352	352	772	801	I	417	840	547	1013	460
I	3	I	668	840	495	371	371	828	860	I	444	909	579	1125	490
I	2	I	657	1029	499	358	368	1028	834	I	475	977	623	1240	581
I	1	I	711	1104	533	411	411	1104	896	I	504	1037	783	1486	605

( T A B L A 10 )

CARGAS EN COLUMNAS RESTANDO EL INCREMENTO DE CARGA (TON)

M A R C O 1									M A R C O 4						
C O L U M N A									C O L U M N A						
I	NIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX
I	22	I	6	24	16	17	17	24	13	I	4	15	19	15	0
I	21	I	9	49	30	33	33	48	28	I	7	28	34	32	0
I	20	I	9	73	46	49	49	74	28	I	10	39	51	52	-2
I	19	I	7	91	59	65	65	93	32	I	11	47	66	73	-3
I	18	I	3	112	77	86	86	115	37	I	12	52	82	100	-8
I	17	I	-4	130	87	99	99	135	32	I	13	54	100	132	-12
I	16	I	-13	147	100	117	117	153	29	I	13	54	118	169	-18
I	15	I	-24	161	112	135	135	167	25	I	13	49	136	183	-24
I	14	I	-37	178	125	155	155	186	19	I	13	43	155	191	-24
I	13	I	-53	194	137	173	173	202	11	I	13	33	174	196	-34
I	12	I	-69	208	146	192	192	217	2	I	14	22	192	197	-35
I	11	I	-87	221	159	212	212	229	-9	I	15	7	220	188	-44
I	10	I	-107	230	170	231	231	238	-19	I	15	-10	239	183	-50
I	9	I	-132	238	179	258	258	246	-32	I	17	-30	261	170	-54
I	8	I	-148	244	196	270	270	253	-45	I	19	-49	287	152	-58
I	7	I	-168	250	200	285	285	258	-56	I	20	-68	316	113	-61
I	6	I	-193	257	206	307	307	266	-73	I	32	-73	381	120	-49
I	5	I	-216	262	213	325	325	271	-90	I	45	-74	429	128	-47
I	4	I	-240	264	222	343	343	274	-107	I	59	-74	484	127	-38
I	3	I	-268	260	237	362	362	272	-128	I	72	-75	545	115	-30
I	2	I	-233	139	277	388	388	140	-58	I	93	-59	617	126	49
I	1	I	-261	132	290	411	411	132	-76	I	116	-35	573	4	63



( T A B L A 11 )

## MOMENTOS ACTUANTES EN COLUMNAS (TON\*M)

M A R C O 1														M A R C O 4													
C O L U M N A														C O L U M N A													
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I												
I	22	I	20	22	17	16	19	26	27	I	17	29	171	1	27	I											
I	21	I	27	38	35	36	36	41	39	I	12	24	231	1	17	I											
I	20	I	34	51	49	50	50	54	45	I	12	26	399	1	18	I											
I	19	I	39	63	61	65	63	68	46	I	15	41	436	3	19	I											
I	18	I	50	76	75	79	77	81	60	I	20	47	555	5	26	I											
I	17	I	57	88	87	92	89	93	68	I	13	53	625	7	27	I											
I	16	I	62	99	99	104	100	103	74	I	14	57	629	10	28	I											
I	15	I	70	113	112	119	115	117	78	I	16	78	540	18	28	I											
I	14	I	76	122	122	129	124	126	85	I	20	77	467	20	28	I											
I	13	I	83	133	133	141	135	136	91	I	20	82	517	23	28	I											
I	12	I	90	142	144	152	145	143	100	I	21	82	744	26	29	I											
I	11	I	92	153	156	166	158	155	95	I	23	97	909	42	30	I											
I	10	I	96	161	166	175	167	161	100	I	23	98	1150	47	30	I											
I	9	I	100	168	174	185	175	169	105	I	22	99	1423	50	30	I											
I	8	I	107	175	183	191	183	174	116	I	22	94	1731	55	32	I											
I	7	I	107	170	174	185	175	171	113	I	22	104	1775	88	32	I											
I	6	I	104	167	173	183	174	168	109	I	22	102	2035	94	30	I											
I	5	I	104	172	180	189	181	173	108	I	23	98	2334	101	30	I											
I	4	I	99	179	185	192	187	183	106	I	22	106	2668	106	33	I											
I	3	I	202	236	241	242	240	234	242	I	18	94	3401	99	30	I											
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	10	69	3657	121	13	I											
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	43	136	1886	209	102	I											

( T A B L A 12 )

## MOMENTOS RESISTENTES EN COLUMNAS (TON\*M)

M A R C O 1												M A R C O 4				
C O L U M N A												C O L U M N A				
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I	
I	22	I	88	88	100	98	98	88	110	I	59	88	4180	84	310	I
I	21	I	94	97	93	94	94	97	113	I	59	90	4250	91	310	I
I	20	I	102	105	96	96	96	105	113	I	69	93	4294	100	310	I
I	19	I	153	152	146	146	146	152	308	I	71	113	4530	123	310	I
I	18	I	150	157	152	152	152	157	320	I	71	110	4568	99	311	I
I	17	I	150	139	152	152	152	139	320	I	71	108	4632	110	311	I
I	16	I	146	144	152	159	159	144	276	I	71	111	4813	117	311	I
I	15	I	140	161	180	180	180	161	286	I	96	159	5250	200	303	I
I	14	I	136	174	154	192	192	174	289	I	96	168	5350	155	303	I
I	13	I	126	186	162	153	153	186	298	I	96	168	5465	163	300	I
I	12	I	120	164	168	159	159	164	303	I	96	151	5515	170	286	I
I	11	I	128	273	208	192	192	273	306	I	103	136	9700	293	288	I
I	10	I	134	236	211	200	200	236	306	I	103	124	9715	300	288	I
I	9	I	126	234	219	204	204	234	287	I	103	126	9720	306	272	I
I	8	I	118	232	221	208	208	232	282	I	100	130	9779	302	280	I
I	7	I	108	244	235	223	223	244	268	I	111	226	16427	559	268	I
I	6	I	105	234	236	225	225	234	257	I	114	226	16490	573	272	I
I	5	I	101	224	202	235	235	224	252	I	127	227	16650	473	276	I
I	4	I	95	210	202	235	235	210	247	I	126	227	17506	442	288	I
I	3	I	90	196	210	230	230	196	231	I	127	227	17202	413	307	I
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	126	236	21970	360	305	I
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	123	261	18098	267	305	I

( T A B L A 13 )

## MOMENTOS ACTUANTES/RESISTENTES EN TRABES

M A R C O 1								M A R C O 4							
N U D O								N U D O							
INIVELI	1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I	
I 22	I	0.26	0.28	0.14	0.14	0.14	0.33	0.38	I	0.57	0.30	0.21	0.41	0.43	I
I 21	I	0.40	0.36	0.26	0.27	0.27	0.41	0.49	I	0.74	0.37	0.30	0.43	0.48	I
I 20	I	0.58	0.51	0.43	0.43	0.43	0.58	0.69	I	0.74	0.38	0.33	0.46	0.49	I
I 19	I	0.70	0.62	0.58	0.58	0.59	0.69	0.83	I	0.80	0.40	0.43	0.47	0.51	I
I 18	I	0.83	0.74	0.68	0.68	0.69	0.80	0.75	I	0.77	0.36	0.42	0.42	0.54	I
I 17	I	0.96	0.85	0.81	0.80	0.81	0.92	0.86	I	0.81	0.39	0.50	0.45	0.58	I
I 16	I	1.09	0.95	0.94	0.92	0.94	1.02	0.96	I	0.83	0.46	0.58	0.48	0.62	I
I 15	I	1.20	1.05	1.06	1.03	1.06	1.10	1.02	I	0.89	0.59	0.69	0.50	0.65	I
I 14	I	1.04	0.92	0.90	0.87	0.90	0.95	1.14	I	0.94	0.70	0.78	0.52	0.67	I
I 13	I	1.13	0.99	0.92	0.95	0.92	1.01	1.23	I	0.94	0.77	0.85	0.53	0.68	I
I 12	I	1.20	1.05	1.06	1.03	1.06	1.06	1.30	I	0.94	0.83	0.92	0.54	0.70	I
I 11	I	1.26	1.08	1.15	1.11	1.15	1.11	1.32	I	0.94	0.93	1.00	0.54	0.70	I
I 10	I	1.30	1.15	1.23	1.19	1.23	1.15	1.25	I	0.94	1.01	1.05	0.53	0.70	I
I 9	I	1.35	1.20	1.30	1.25	1.30	1.20	1.40	I	0.91	1.04	1.08	0.52	0.68	I
I 8	I	1.39	1.22	1.34	1.30	1.34	1.21	1.44	I	0.87	1.05	1.10	0.50	0.67	I
I 7	I	1.29	1.15	1.30	1.25	1.30	1.15	1.35	I	0.83	1.08	1.11	0.48	0.63	I
I 6	I	1.10	0.97	1.03	0.98	1.03	0.97	1.15	I	0.81	1.20	1.22	0.57	0.84	I
I 5	I	1.09	0.95	1.03	0.98	1.03	0.95	1.14	I	0.74	1.16	1.17	0.53	0.79	I
I 4	I	1.10	0.93	1.04	1.01	1.05	0.95	1.16	I	0.66	1.09	1.08	0.48	0.71	I
I 3	I	1.26	1.06	1.13	1.09	1.13	1.04	1.16	I	0.42	1.15	1.16	0.51	0.74	I
I 2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	0.32	0.94	0.93	0.38	0.55	I
I 1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	0.26	0.76	0.69	0.27	0.43	I

## ( T A B L A 14 )

## MOMENTOS ACTUANTES ENTRE RESISTENTES EN COLUMNAS

M A R C O 1									M A R C O 4						
C O L U M N A									C O L U M N A						
INIVELI	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I	
I	22	0.23	0.25	0.17	0.16	0.19	0.30	0.09	I	0.29	0.33	0.04	0.01	0.09	I
I	21	0.29	0.39	0.38	0.38	0.38	0.42	0.12	I	0.20	0.27	0.05	0.01	0.05	I
I	20	0.33	0.49	0.51	0.52	0.52	0.51	0.14	I	0.17	0.28	0.09	0.01	0.06	I
I	19	0.25	0.41	0.42	0.45	0.43	0.45	0.15	I	0.21	0.36	0.10	0.02	0.06	I
I	18	0.33	0.48	0.49	0.52	0.51	0.52	0.19	I	0.28	0.43	0.12	0.05	0.08	I
I	17	0.38	0.63	0.57	0.61	0.59	0.67	0.21	I	0.18	0.49	0.13	0.06	0.09	I
I	16	0.42	0.69	0.65	0.65	0.63	0.72	0.27	I	0.20	0.51	0.13	0.09	0.09	I
I	15	0.50	0.70	0.62	0.66	0.64	0.73	0.27	I	0.17	0.49	0.10	0.09	0.09	I
I	14	0.56	0.70	0.79	0.67	0.65	0.72	0.29	I	0.21	0.46	0.09	0.13	0.09	I
I	13	0.66	0.72	0.82	0.92	0.88	0.73	0.31	I	0.21	0.49	0.09	0.14	0.09	I
I	12	0.75	0.87	0.86	0.96	0.91	0.87	0.33	I	0.22	0.54	0.13	0.15	0.10	I
I	11	0.72	0.56	0.75	0.86	0.82	0.57	0.31	I	0.22	0.71	0.09	0.14	0.10	I
I	10	0.72	0.68	0.79	0.88	0.84	0.68	0.33	I	0.22	0.79	0.12	0.16	0.10	I
I	9	0.79	0.72	0.79	0.91	0.86	0.72	0.37	I	0.21	0.79	0.15	0.16	0.11	I
I	8	0.91	0.75	0.83	0.92	0.88	0.75	0.41	I	0.22	0.72	0.18	0.18	0.11	I
I	7	0.95	0.70	0.74	0.83	0.78	0.70	0.42	I	0.20	0.46	0.11	0.16	0.12	I
I	6	0.99	0.71	0.73	0.81	0.77	0.72	0.42	I	0.19	0.45	0.12	0.16	0.11	I
I	5	1.03	0.77	0.89	0.80	0.77	0.77	0.43	I	0.18	0.43	0.14	0.21	0.11	I
I	4	1.04	0.35	0.32	0.82	0.60	0.67	0.43	I	0.17	0.47	0.15	0.24	0.11	I
I	3	2.24	1.20	1.15	1.05	1.04	1.19	1.05	I	0.14	0.41	0.20	0.24	0.10	I
I	2	*	*	*	*	*	*	*	I	0.08	0.29	0.17	0.34	0.04	I
I	1	*	*	*	*	*	*	*	I	0.35	0.52	0.10	0.78	0.33	I

Después de haber obtenido los resultados anteriores, es posible conocer las primeras articulaciones plásticas que se presentaran en los marcos 1 y 4 simultaneamente, ante la acción de un sismo.

Para ilustrar estos resultados se presentan a continuación la figura 14 para las articulaciones del marco 1 y figura 15 para el marco 4.

Las articulaciones se marcan mediante un pequeño círculo ( ya sea en trabe o en columna ) y el subíndice indicado corresponde al orden en el que se van presentando.

Como se puede apreciar en el marco 1 se forman diez articulaciones, mientras que en el marco 4 ninguna. Del total de 10 articulaciones solo 1 se presenta en columnas, por lo cual se asume que el comportamiento del edificio se presenta con columnas fuertes y trabes debiles, lo cual constituye un riesgo menor en caso de un temblor de grandes magnitudes.

Continuando con nuestro análisis se podrá apreciar que la gran cantidad de datos que fueron presentados en las tablas anteriores sirven también para conocer mas a fondo el probable comportamiento del edificio ante sollicitaciones sísmicas.

FIGURA 14  
 MARCO EJE I  
 PRIMERAS ARTICULACIONES

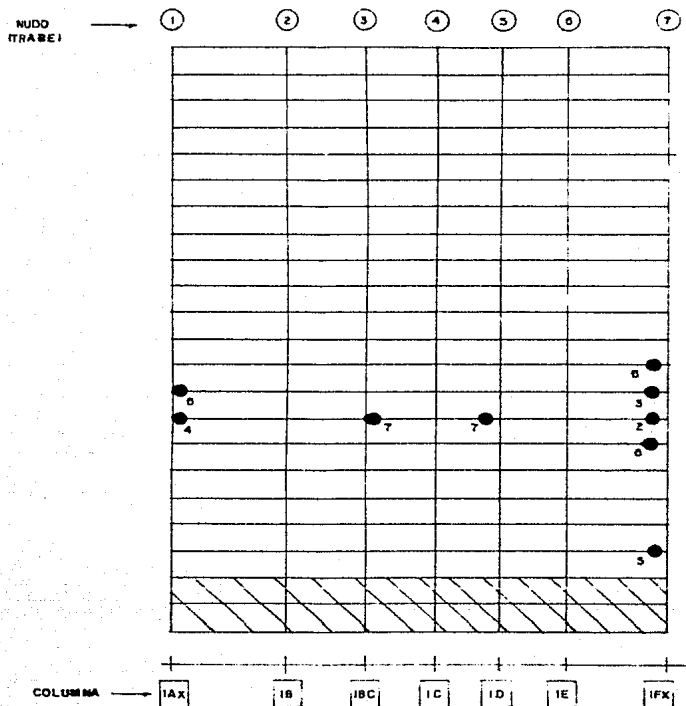
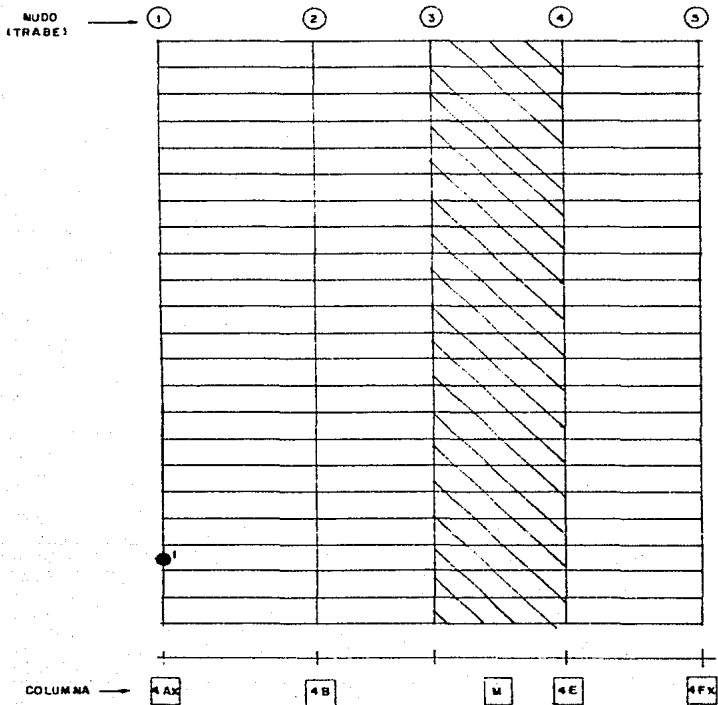


FIGURA 15  
MARCO EJE 4  
PRIMERAS ARTICULACIONES



El siguiente paso consiste, según el procedimiento descrito con anterioridad, en obtener las nuevas rigideces de los marcos 1 y 4 en donde ya se ha presentado la formación de articulaciones plásticas. Procedimiento idéntico al utilizado para obtener las rigideces originales de los marcos, mediante el método de Khan y Sbarounis, sólo que se han articulado los nudos en los cuales se obtuvo la formación de articulaciones plásticas.

Es de esperarse que en el marco 1 se presente una reducción de rigidez por los nudos que se han articulado, en cambio en el marco 4 la variación de rigidez será determinada únicamente por la variación de fuerza cortante aplicada ya que sus características geométricas no han cambiado.

En la tabla 15 se presentan las rigideces originales y modificadas con las articulaciones de los marcos 1 y 4. Se incluye también una columna en donde se indica el porcentaje que representa las rigideces con articulaciones con respecto a las rigideces originales. Como se puede apreciar, la variación de rigidez llega a ser de 21% para el nivel 8 del marco 1. Además, se presentan las figuras 16 y 17 que corresponden a gráficas de la variación de rigidez de los marcos 1 y 4 respectivamente.

Se podría pensar que en este punto se puede volver a hacer el análisis dinámico, con las rigideces modificadas, sin embargo se considera que se obtendrían resultados muy similares a los originales, ya que solo se obtuvieron nuevas rigideces de 2 de los marcos del sentido "xx".



( T A B L A    1 5 )

RIGIDECES MODIFICADAS MARCOS 1 Y 4

-----

M A R C O   1

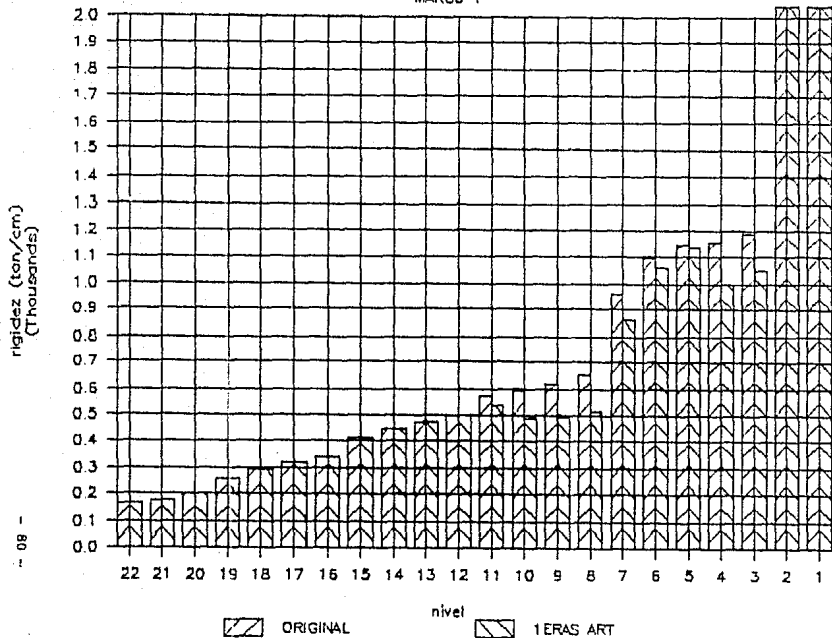
M A R C O   4

M A R C O   1					M A R C O   4				
I	NIVEL	I	ORIGINAL ARTICULADO	%	I	ORIGINAL ARTICULADO	%	I	
I	22	I	168	168	I	1	1	I	
I	21	I	177	177	I	29	29	I	
I	20	I	200	200	I	109	109	I	
I	19	I	256	256	I	126	126	I	
I	18	J	293	293	I	172	172	I	
I	17	I	320	320	I	224	224	I	
I	16	I	341	341	I	275	275	I	
I	15	I	412	412	I	283	283	I	
I	14	I	450	450	I	290	290	I	
I	13	I	476	476	I	333	333	I	
I	12	I	501	501	I	385	385	I	
I	11	I	570	534	I	414	414	I	
I	10	I	593	492	I	461	461	I	
I	9	I	620	495	I	521	521	I	
I	8	I	652	515	I	609	609	I	
I	7	I	952	664	I	984	984	I	
I	6	I	1095	1062	I	1122	1122	I	
I	5	I	1150	1137	I	1368	1368	I	
I	4	I	1158	997	I	1621	1621	I	
I	3	I	1188	1048	I	1805	1805	I	
I	2	I	2431	2431	I	1912	1912	I	
I	1	I	3147	3147	I	1950	1950	I	
-----					-----				
	%		100.0	95.1			100.0		

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

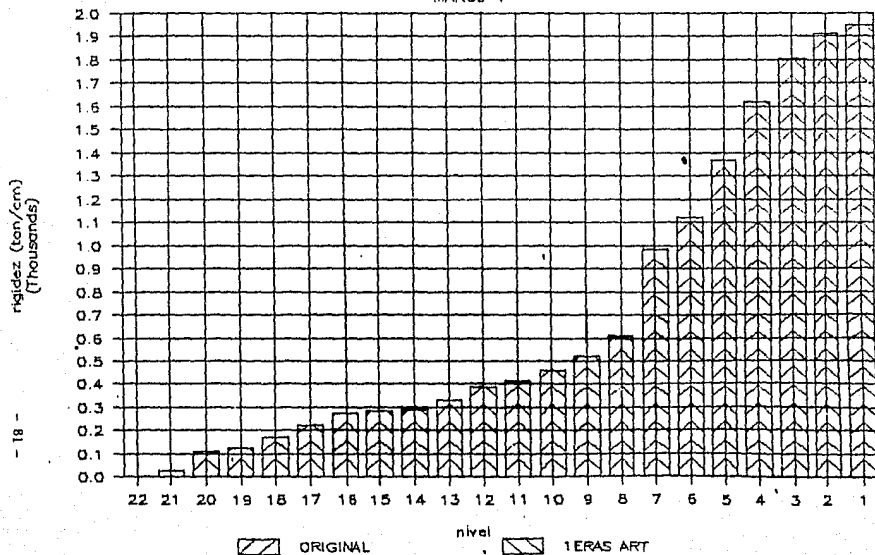
# COMPARACION DE RIGIDECES

MARCO 1



# COMPARACION DE RIGIDECES

MARCO 4



El análisis dinámico se efectuó ya con las rigideces modificadas con el propósito de comparar el periodo natural de vibración de la estructura en el sentido "xx" ( en el sentido "yy" no varia ) . Este periodo aumento de 1.85 s para las rigideces originales a 1.88 s ya con las primeras articulaciones.

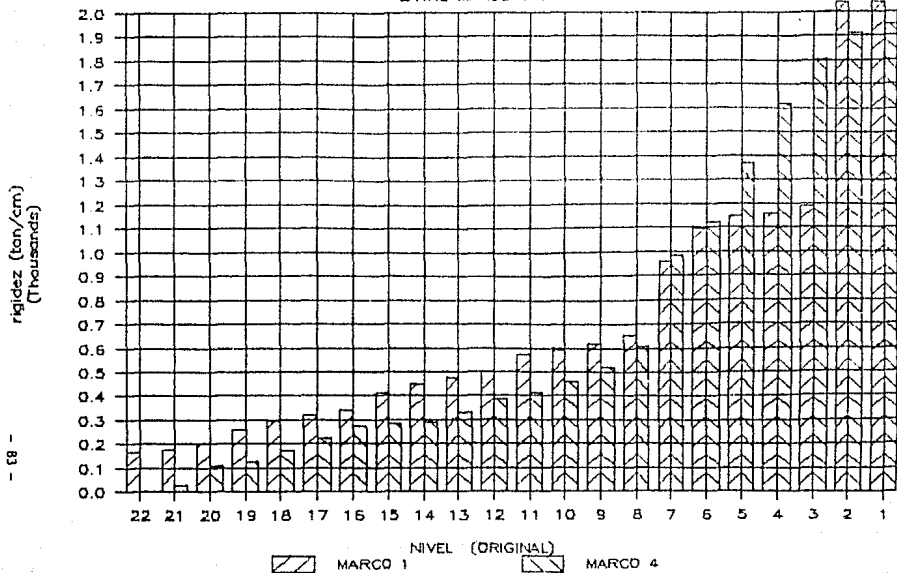
Resulta interesante el hacer notar que de las diez articulaciones que se presentan en el marco 1 cuatro estan en el nivel 8 lo cual podría traer como consecuencia la formación de un sistema de falla para este nivel del marco.

La pérdida de rigidez en el marco 1 es de casi 5% en promedio, sin embargo en los niveles 8, 9 y 10 la pérdida de rigidez ha sido de aproximadamente 20% ( Ver tabla 15 ). En cambio el marco 4 no ha sufrido disminución alguna de su rigidez original. La fuerza cortante aplicada a este marco es prácticamente la misma que para la obtención de la rigidez original.

Además, para complementar estos resultados se presenta la figura 18, donde mediante una gráfica se aprecia la comparación de rigideces originales entre los marcos 1 y 4, y la tabla 19 donde se comparan las rigideces con las primeras articulaciones de los marcos 1 y 4. En ambas gráficas se aprecia la mayor rigidez del marco 1 comparada con el 4 en casi todos los niveles. (en los niveles 3, 4 y 5 es mayor la rigidez del marco 4 en el estado original, y con la formación de articulaciones en el marco 1, la rigidez del marco 4 es mayor en los niveles 3 a 8.

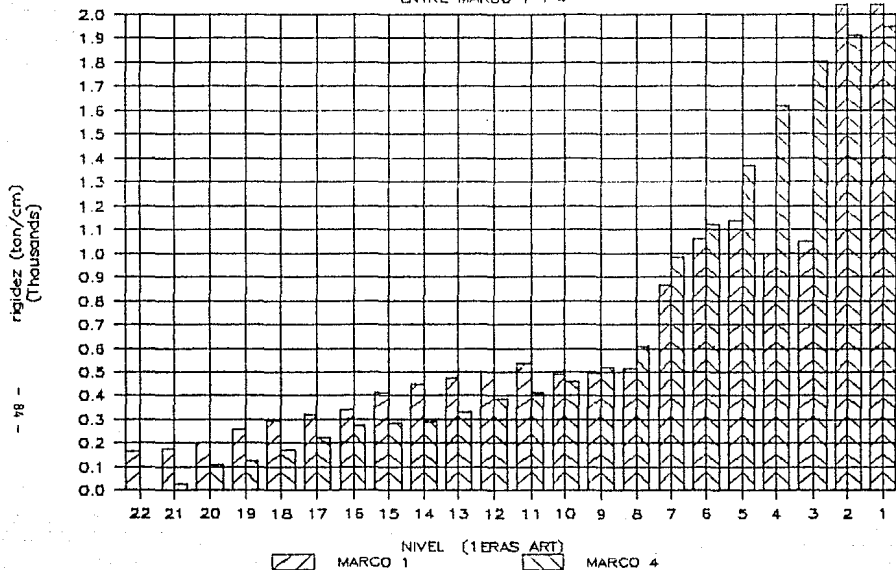
# COMPARACION DE RIGIDECES

ENTRE MARCO 1 Y 4



# COMPARACION DE RIGIDECES

ENTRE MARCO 1 Y 4



Para continuar con la determinación de las articulaciones plásticas es necesario el volver a realizar el análisis de la torsión del edificio tomando en cuenta las nuevas rigideces calculadas para los marcos 1 y 4.

Para simplificar este análisis se omitirá el presentar los datos, solo se muestran los resultados del sentido "xx" y al final a manera de resumen, la tabla (15-A) con los resultados.

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 1 (EJE 1)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 59.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 55.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 47.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 47.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 46.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 45.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 45.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 45.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 46.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 46.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 46.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 45.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 42.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 42.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 42.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 44.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 49.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 49.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 46.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 46.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 52.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 65.9 (TON)

MARCO HORIZONTAL 2 (EJE 2)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 27.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 19.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 14.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 14.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 14.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 13.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 12.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 13.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 13.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 12.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 11.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 12.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 12.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 12.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 11.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 9.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 8.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 8.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 9.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 9.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 4.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 3.8 (TON)



=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 3 (EJE 3)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 44.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 25.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 16.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 17.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 16.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 14.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 12.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 14.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 14.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 13.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 12.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 13.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 13.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 12.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 11.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 9.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 8.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 7.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 7.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 6.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 3.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 3.0 (TON)

MARCO HORIZONTAL 4 (EJE 4)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 1.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 14.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 31.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 29.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 32.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 35.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 38.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 35.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 34.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 36.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 38.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 37.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 39.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 41.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 43.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 45.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 42.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 44.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 44.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 47.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 22.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 8.2 (TON)

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 5 (EJE 5)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	3.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	3.6 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	3.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	3.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	14.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	1.5 (TON)

MARCO HORIZONTAL 6 (EJE 6)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	3.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	4.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	4.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	7.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	14.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	42.3 (TON)

( T A B L A 15-A )

RESULTADOS ANALISIS DE TORSION  
CON PRIMERAS ARTICULACIONES

SENTIDO "XX"

NIVEL	MARCO	1	2	3	4	5	6	TOTAL
22		59.4	27.0	44.3	1.0	0.0	0.0	131.7
21		55.3	19.3	25.4	14.8	0.0	0.0	114.8
20		47.2	14.0	16.2	31.9	0.0	0.0	109.3
19		47.2	14.9	17.5	29.7	0.0	0.0	109.3
18		46.3	14.2	16.2	32.7	0.0	0.0	109.4
17		45.7	13.2	14.4	35.9	0.0	0.0	109.2
16		45.2	12.2	12.9	38.6	0.0	0.0	108.9
15		45.8	13.2	14.5	35.7	0.0	0.0	109.2
14		46.4	13.3	14.8	34.8	0.0	0.0	109.3
13		46.2	12.6	13.8	36.5	0.0	0.0	109.1
12		46.0	11.9	12.8	38.4	0.0	0.0	109.1
11		45.3	12.5	13.4	37.7	0.0	0.0	108.9
10		42.9	12.7	13.0	39.5	0.0	0.0	108.1
9		42.3	12.5	12.4	41.5	0.0	0.0	108.7
8		42.0	11.8	11.4	43.9	0.0	0.0	109.1
7		44.9	9.9	9.7	45.7	0.0	0.0	110.2
6		49.4	8.8	8.2	42.4	3.3	3.8	115.9
5		49.0	8.1	7.2	44.2	3.6	4.2	116.3
4		46.6	2.0	7.6	44.7	3.8	4.5	116.2
3		46.5	9.1	6.9	47.7	3.3	7.7	121.2
2		52.3	4.2	3.4	22.2	1.8	34.8	118.7
1		65.9	3.8	3.0	8.2	1.5	42.3	124.7
		48.1	12.2	13.6	34.0	2.9	16.2	127.0

Y las tablas más importantes de comparación de momentos actuantes entre resistentes, en donde vienen subrayados los nudos en los que se presentan las articulaciones.

El subíndice al lado de estos valores indica el orden en el que se van presentando las segundas articulaciones. Es preciso señalar que este subíndice inicia con el número 8, ya que los números del 1 al 7 corresponden a las primeras articulaciones. Dentro de estas comparaciones aparecen valores de cero, para los nudos en donde se tienen articulaciones y que ya no tienen un elemento que pueda absorber el momento que se presenta en el nudo.

- 6) Comparación de momentos actuantes / momentos resistentes en traveses ( tabla 21 ).
- 7) Comparación de momentos actuantes / momentos resistentes en columnas ( tabla 22 ).

### C) SEGUNDAS ARTICULACIONES

Habiendo obtenido los resultados anteriores se continua con el procedimiento señalado para el cálculo, descrito en las conclusiones del capítulo 4. Se le aplican a los marcos 1 y 4 las fuerzas que le corresponden según el nuevo análisis de torsión y el análisis dinámico del RDF-87.

De igual forma que para la obtención de las primeras articulaciones se presentan los resultados en tablas de las cuales se omiten dos: la de momentos resistentes en traveses y cargas (verticales) en columnas ya que serian repetitivas. Si se desea consultarlas se presentaron en las tablas 6 y 8 en la obtención de las primeras articulaciones.

Como resultados en este análisis se presentan las siguientes tablas:

- 1) Momentos actuantes en traveses . ( tabla 16 )
- 2) Carga en columnas. Suma de cargas verticales mas incremento de carga debido a sismo. ( tabla 17 ) .
- 3) Carga en columnas. Suma de cargas verticales menos el incremento de carga debido a sismo. ( tabla 18 ) .
- 4) Momentos actuantes en columnas. Suma de los momentos por carga vertical mas carga horizontal. ( tabla 19 ) .
- 5) Momentos resistentes en columnas. ( tabla 20 ) .

( T A B L A 16 )

## MOMENTOS ACTUANTES EN TRABES (TON\*M)

M A R C O 1														M A R C O 4				
N U D O														N U D O				
INIVEL	I	1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I			
I	22	I	20	21	8	9	11	27	31	I	20	26	18	36	26	I		
I	21	I	40	37	24	25	28	46	55	I	26	32	26	37	29	I		
I	20	I	56	50	39	41	42	62	75	I	26	33	29	40	30	I		
I	19	I	70	62	54	55	55	74	89	I	28	35	37	41	31	I		
I	18	I	90	81	70	70	70	95	114	I	36	47	56	56	43	I		
I	17	I	105	93	82	82	82	108	131	I	38	52	66	60	46	I		
I	16	I	119	106	95	94	95	121	147	I	39	61	76	52	49	I		
I	15	I	131	117	107	105	106	132	158	I	42	78	91	66	51	I		
I	14	I	153	138	121	117	120	156	183	I	44	93	103	68	53	I		
I	13	I	167	150	132	127	131	170	200	I	44	101	112	70	54	I		
I	12	I	185	166	148	140	146	184	214	I	44	109	121	71	55	I		
I	11	I	202	184	174	163	177	200	215	I	44	123	132	71	55	I		
I	10	I	209	203	218	203	218	172	0	I	44	133	139	70	55	I		
I	9	I	0	220	257	242	258	197	0	I	43	137	143	69	54	I		
I	8	I	0	276	333	321	310	212	0	I	41	139	145	66	53	I		
I	7	I	218	213	231	218	229	188	0	I	39	143	147	64	50	I		
I	6	I	232	214	211	190	214	233	245	I	38	143	145	60	47	I		
I	5	I	221	197	195	183	191	209	230	I	35	138	139	56	44	I		
I	4	I	211	186	201	192	206	206	227	I	31	130	129	50	40	I		
I	3	I	205	226	232	227	232	267	0	I	32	141	143	54	43	I		
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	25	116	114	40	32	I		
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	20	93	85	28	25	I		

( T A B L A 17 )

## CARGAS EN COLUMNAS SUMANDO INCREMENTO DE CARGA (TON)

M A R C O 1										M A R C O 4				
C O L U M N A										C O L U M N A				
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX
I	22	I	12	28	18	18	28	21	I	23	17	25	32	19
I	21	I	27	51	35	34	34	52	I	34	38	53	64	38
I	20	I	44	77	53	51	52	76	I	52	59	76	88	56
I	19	I	62	105	71	67	68	102	I	69	84	103	113	76
I	18	I	85	137	95	89	91	133	I	90	114	134	139	99
I	17	I	110	171	112	103	108	166	I	112	147	163	159	125
I	16	I	136	206	134	121	129	199	I	133	183	192	172	149
I	15	I	164	241	156	139	150	233	I	156	224	221	211	175
I	14	I	197	281	182	160	174	271	I	180	271	255	259	207
I	13	I	231	319	206	179	198	308	I	203	321	289	309	228
I	12	I	267	359	233	199	224	345	I	226	374	323	363	256
I	11	I	305	401	259	218	251	383	I	250	431	349	429	282
I	10	I	344	442	287	237	281	420	I	273	492	384	490	308
I	9	I	381	484	317	256	314	458	I	296	554	417	558	335
I	8	I	429	530	351	276	341	512	I	318	619	448	632	361
I	7	I	449	614	375	295	371	608	I	339	686	454	729	385
I	6	I	471	690	403	312	406	676	I	371	709	443	848	423
I	5	I	514	728	442	330	437	744	I	400	788	495	942	448
I	4	I	549	786	471	349	475	785	I	429	862	539	1043	479
I	3	I	590	850	494	367	493	873	I	458	901	593	1178	409
I	2	I	591	963	483	388	483	963	I	489	975	665	1297	602
I	1	I	629	1021	512	411	512	1021	I	518	1039	839	1562	626

( T A B L A 18 )

## CARGAS EN COLUMNAS RESTANDO EL INCREMENTO DE CARGA (TON)

M A R C O 1													M A R C O 4			
C O L U M N A													C O L U M N A			
I	NIVEL	I	LAX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	
I	22	I	6	24	16	16	16	24	13	I	-3	15	19	16	-1	
I	21	I	9	49	31	32	32	48	27	I	6	26	33	32	-2	
I	20	I	10	73	47	49	48	74	29	I	8	37	52	54	-4	
I	19	I	10	93	61	65	64	96	33	I	9	44	65	75	-6	
I	18	I	7	115	79	85	83	119	39	I	10	48	80	101	-11	
I	17	I	2	135	90	99	94	140	35	I	10	49	97	133	-17	
I	16	I	-6	154	104	117	109	161	34	I	9	47	114	170	-23	
I	15	I	-14	171	118	135	124	179	31	I	8	40	131	181	-29	
I	14	I	-25	191	132	154	140	201	26	I	8	31	147	191	-31	
I	13	I	-39	211	146	173	154	222	19	I	7	19	163	197	-42	
I	12	I	-53	229	159	193	168	243	10	I	8	4	179	199	-48	
I	11	I	-69	247	171	212	179	265	0	I	8	-15	203	189	-54	
I	10	I	-88	264	183	233	189	286	-12	I	7	-38	218	184	-60	
I	9	I	-113	280	191	252	194	306	-25	I	8	-64	235	172	-65	
I	8	I	-129	292	197	272	207	290	-15	I	10	-91	254	154	-71	
I	7	I	-129	268	211	291	215	274	-6	I	11	-120	298	113	-75	
I	6	I	-131	246	219	310	216	260	-1	I	21	-77	401	94	-65	
I	5	I	-154	262	216	328	221	246	6	I	34	-88	443	100	-64	
I	4	I	-169	260	223	345	219	261	-11	I	47	-96	491	97	-57	
I	3	I	-190	250	238	365	239	227	-2	I	58	-67	531	62	-51	
I	2	I	-167	205	293	388	293	205	10	I	79	-57	575	69	28	
I	1	I	-179	215	310	411	310	215	7	I	102	-37	517	-72	42	



( T A B L A 19 )

## MOMENTOS ACTUANTES EN COLUMNAS (TON\*M)

M A R C O 1														M A R C O 4													
C O L U M N A														C O L U M N A													
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I												
I	22	I	20	22	15	16	18	28	31	I	17	29	171	1	27	I											
I	21	I	27	38	32	34	36	44	42	I	12	24	231	1	17	I											
I	20	I	34	49	47	48	49	57	48	I	12	26	399	1	18	I											
I	19	I	40	62	59	61	62	71	50	I	15	41	436	3	19	I											
I	18	I	50	76	72	75	75	84	65	I	20	47	555	5	26	I											
I	17	I	57	88	83	88	87	97	74	I	13	53	625	7	27	I											
I	16	I	64	98	95	99	98	107	81	I	14	57	629	10	28	I											
I	15	I	73	112	107	112	110	122	87	I	16	78	540	18	28	I											
I	14	I	80	121	115	122	117	131	96	I	20	77	467	20	28	I											
I	13	I	88	132	125	134	125	140	107	I	20	82	517	23	28	I											
I	12	I	98	143	136	147	130	141	122	I	21	82	744	26	29	I											
I	11	I	112	157	157	180	162	161	94	I	23	97	909	42	30	I											
I	10	I	96	182	202	227	204	166	8	I	23	98	1150	47	30	I											
I	9	I	8	221	223	256	210	206	7	I	22	99	1423	50	30	I											
I	8	I	121	225	214	209	214	206	25	I	22	94	1731	55	32	I											
I	7	I	123	174	180	206	182	178	128	I	22	104	1775	88	32	I											
I	6	I	116	169	167	183	155	160	121	I	22	102	2035	94	30	I											
I	5	I	114	174	175	187	160	164	117	I	23	98	2334	101	30	I											
I	4	I	109	172	191	205	204	191	110	I	22	106	2668	106	33	I											
I	3	I	95	285	286	284	280	261	209	I	18	94	3401	99	30	I											
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	10	69	3657	121	13	I											
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	43	136	1886	209	102	I											

## ( T A B L A 20 )

## MOMENTOS RESISTENTES EN COLUMNAS (TON\*M)

=====

M A R C O 1

M A R C O 4

C O L U M N A											C O L U M N A					
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I	
I	22	I	88	94	91	92	91	94	309	I	60	88	4210	84	308	I
I	21	I	94	98	92	92	92	98	313	I	60	90	4245	90	312	I
I	20	I	102	105	98	98	98	105	312	I	69	93	4294	104	310	I
I	19	I	153	140	146	146	146	140	308	I	70	113	4620	120	310	I
I	18	I	150	148	152	152	152	148	309	I	70	113	4650	116	311	I
I	17	I	136	146	152	152	152	146	309	I	70	108	4800	118	311	I
I	16	I	146	152	152	159	152	152	276	I	70	111	4810	120	310	I
I	15	I	146	161	182	186	182	152	286	I	96	168	4850	156	312	I
I	14	I	136	174	154	192	154	166	289	I	93	168	2350	156	296	I
I	13	I	126	186	160	153	160	168	298	I	96	150	5350	164	277	I
I	12	I	120	174	164	159	164	170	302	I	96	150	5515	170	286	I
I	11	I	146	273	205	192	205	211	305	I	102	136	9650	294	272	I
I	10	I	138	236	210	200	210	236	306	I	102	130	9700	300	272	I
I	9	I	124	234	219	204	219	210	287	I	102	128	9700	306	273	I
I	8	I	118	232	211	208	211	222	282	I	102	126	9720	302	278	I
I	7	I	108	244	210	222	210	228	268	I	112	210	16426	340	300	I
I	6	I	165	234	202	226	202	222	257	I	112	210	17106	340	306	I
I	5	I	101	224	204	235	204	224	252	I	114	220	17267	376	306	I
I	4	I	95	212	208	235	208	212	247	I	125	220	17506	340	307	I
I	3	I	90	196	212	235	212	196	231	I	125	227	17506	307	303	I
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	128	236	17506	286	305	I
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	122	261	17202	267	307	I

( T A B L A 21 )

## MOMENTOS ACTUANTES/RESISTENTES EN TRABES

M A R C O 1										M A R C O 4				
N U D O										N U D O				
INIVELI	1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I
I 22	I 0.28	0.29	0.11	0.13	0.15	0.38	0.43	I 0.57	0.30	0.21	0.41	0.43	I 0.43	I
I 21	I 0.40	0.37	0.24	0.25	0.28	0.46	0.56	I 0.74	0.37	0.30	0.43	0.48	I 0.48	I
I 20	I 0.57	0.51	0.39	0.41	0.42	0.63	0.76	I 0.74	0.38	0.33	0.46	0.49	I 0.49	I
I 19	I 0.71	0.63	0.55	0.56	0.56	0.75	0.90	I 0.80	0.40	0.43	0.47	0.51	I 0.51	I
I 18	I 0.84	0.76	0.65	0.65	0.65	0.89	0.81	I 0.77	0.36	0.42	0.42	0.54	I 0.54	I
I 17	I 0.98	0.87	0.77	0.77	0.77	1.01	0.94	I 0.81	0.39	0.50	0.45	0.58	I 0.58	I
I 16	I 1.11	0.99	0.89	0.88	0.89	1.13	1.05	I 0.83	0.46	0.58	0.39	0.62	I 0.62	I
I 15	I 1.22	1.09	1.00	0.98	0.99	1.23	1.13	I 0.89	0.59	0.69	0.50	0.65	I 0.65	I
I 14	I 1.08	0.97	0.85	0.82	0.85	1.10	1.29	I 0.94	0.70	0.78	0.52	0.67	I 0.67	I
I 13	I 1.18	1.06	0.93	0.89	0.92	1.20	1.41	I 0.94	0.77	0.85	0.53	0.68	I 0.68	I
I 12	I 1.30	1.17	1.04	0.99	1.03	1.30	1.51	I 0.94	0.83	0.92	0.54	0.70	I 0.70	I
I 11	I 1.42	1.30	1.23	1.15	1.25	1.41	1.51	I 0.94	0.93	1.00	0.54	0.70	I 0.70	I
I 10	I 1.47	1.43	1.54	1.43	1.54	1.21	0.00	I 0.94	1.01	1.05	0.53	0.70	I 0.70	I
I 9	I 0.00	1.55	1.81	1.70	1.82	1.39	0.00	I 0.91	1.04	1.08	0.52	0.68	I 0.68	I
I 8	I 0.00	1.94	2.35	1.56	1.54	2.24	0.00	I 0.87	1.05	1.10	0.50	0.67	I 0.67	I
I 7	I 1.54	1.50	1.63	1.54	1.61	1.32	0.00	I 0.83	1.08	1.11	0.48	0.63	I 0.63	I
I 6	I 1.26	1.16	1.25	1.03	1.16	1.27	1.33	I 0.81	1.20	1.22	0.57	0.84	I 0.84	I
I 5	I 1.20	1.07	1.06	0.99	1.04	1.14	1.25	I 0.74	1.16	1.17	0.53	0.79	I 0.79	I
I 4	I 1.15	1.01	1.09	1.04	1.12	1.12	1.23	I 0.66	1.09	1.08	0.48	0.71	I 0.71	I
I 3	I 1.11	1.23	1.26	1.23	1.26	1.45	0.00	I 0.42	1.15	1.16	0.51	0.74	I 0.74	I
I 2	I *	*	*	*	*	*	*	I 0.33	0.94	0.93	0.38	0.55	I 0.55	I
I 1	I *	*	*	*	*	*	*	I 0.26	0.76	0.69	0.27	0.43	I 0.43	I

( T A B L A 2 2 )

MOMENTOS ACTUANTES ENTRE RESISTENTES EN COLUMNAS

-----

		M A R C O 1							M A R C O 4							
		C O L U M N A							C O L U M N A							
INIVELI		1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX I	4AX	4B	M	4E	4FX I			
I	22	I	0.23	0.23	0.16	0.17	0.20	0.30	0.10	I	0.28	0.33	0.04	0.01	0.09	I
I	21	I	0.29	0.39	0.35	0.37	0.39	0.45	0.13	I	0.20	0.27	0.05	0.01	0.05	I
I	20	I	0.33	0.47	0.48	0.49	0.50	0.54	0.15	I	0.17	0.28	0.09	0.01	0.06	I
I	19	I	0.26	0.44	0.40	0.42	0.42	0.51	0.16	I	0.21	0.36	0.09	0.03	0.06	I
I	18	I	0.33	0.51	0.47	0.49	0.49	0.57	0.21	I	0.29	0.42	0.12	0.04	0.08	I
I	17	I	0.42	0.60	0.55	0.58	0.57	0.66	0.24	I	0.19	0.49	0.13	0.06	0.09	I
I	16	I	0.44	0.64	0.63	0.62	0.64	0.70	0.29	I	0.20	0.51	0.13	0.08	0.09	I
I	15	I	0.50	0.70	0.59	0.60	0.60	0.80	0.30	I	0.17	0.46	0.11	0.12	0.09	I
I	14	I	0.59	0.70	0.75	0.64	0.76	0.79	0.33	I	0.22	0.46	0.20	0.13	0.09	I
I	13	I	0.70	0.71	0.78	0.88	0.78	0.83	0.36	I	0.21	0.55	0.10	0.14	0.10	I
I	12	I	0.82	0.82	0.83	0.92	0.79	0.83	0.40	I	0.22	0.55	0.13	0.15	0.10	I
I	11	I	0.77	0.58	0.77	0.94	0.79	0.76	0.31	I	0.23	0.71	0.09	0.14	0.11	I
I	10	I	0.70	0.77	0.96	1.14	0.97	0.70	0.03	I	0.23	0.75	0.12	0.16	0.11	I
I	9	I	0.06	0.94	1.02	1.25	0.96	0.98	0.02	I	0.22	0.77	0.15	0.16	0.11	I
I	8	I	1.03	0.97	1.01	1.00	1.01	0.93	0.09	I	0.22	0.75	0.18	0.18	0.12	I
I	7	I	1.14	0.71	0.86	0.93	0.87	0.78	0.43	I	0.20	0.50	0.11	0.26	0.11	I
I	6	I	1.10	0.72	0.83	0.80	0.77	0.72	0.47	I	0.20	0.49	0.12	0.28	0.10	I
I	5	I	1.13	0.78	0.86	0.80	0.78	0.73	0.46	I	0.20	0.45	0.14	0.27	0.10	I
I	4	I	1.15	0.81	0.92	0.87	0.98	0.90	0.45	I	0.17	0.48	0.15	0.31	0.11	I
I	3	I	1.07	1.45	1.35	1.21	1.32	1.33	0.90	I	0.14	0.41	0.19	0.32	0.10	I
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	0.08	0.29	0.21	0.42	0.04	I
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	0.35	0.52	0.11	0.78	0.33	I

Después de haber obtenido los resultados anteriores , se conocen las segundas articulaciones plásticas que se formaran simultaneamente en los marcos 1 y 4.

Para ilustrar estos resultados se presentan a continuación las figuras 20 y 21 en donde se marcan las primeras articulaciones ( mediante un rectangulo ) y las segundas articulaciones ( mediante un circulo ) para los marcos 1 y 4 respectivamente.

El subíndice indicado corresponde al orden en el que se presentan las articulaciones, primeras y segundas, simultaneamente, para los marcos 1 y 4.

FIGURA 20

MARCO EJE I

(O) ● PRIMERAS ARTICULACIONES Y

(O) ■ SEGUNDAS ARTICULACIONES

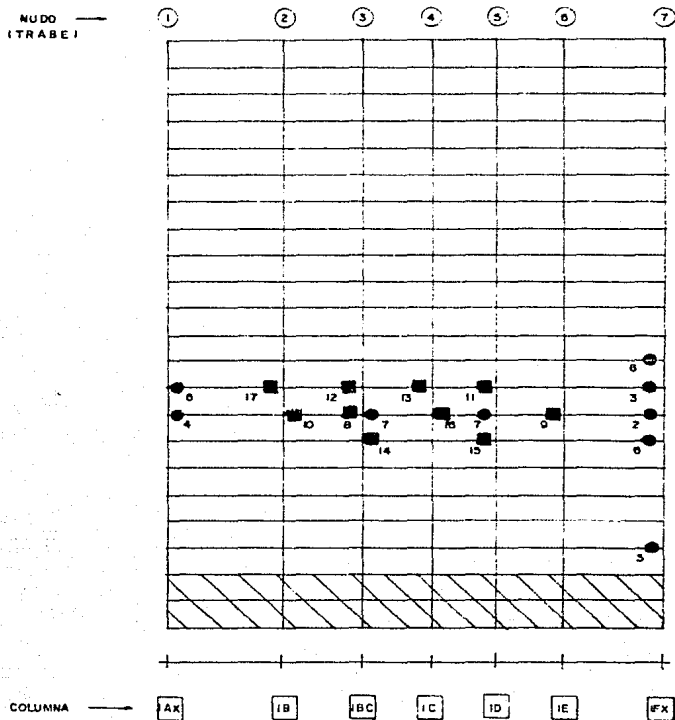
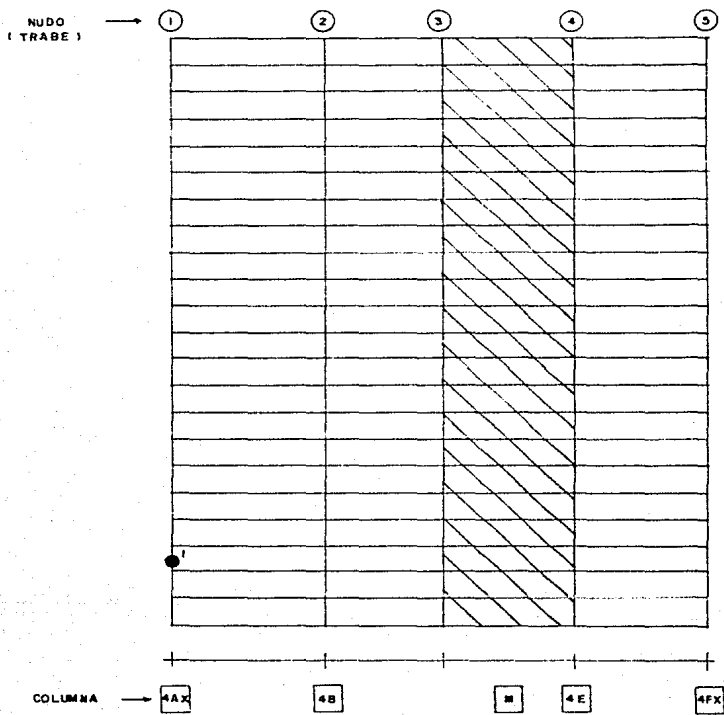


FIGURA 21  
MARCO EJE 4  
PRIMERAS Y SEGUNDAS-  
ARTICULACIONES



Como se puede apreciar en las figuras anteriores, las segundas articulaciones son 10 para cada uno de los marcos y todas ellas se presentan en trabes, el edificio se sigue comportando con el criterio de trabe-débil columna-fuerte.

Lo que es importante observar es el hecho de que las diez "segundas" articulaciones que se forman en el marco 1 están concentradas en tres de sus niveles, esta localización indica que se podría llegar a formar un mecanismo de falla en estos tres niveles.

Así mismo, cabe señalar que después de la formación de estas segundas articulaciones en el marco 1 se han presentado un total de 20. Sin embargo no es tan importante el número, sino la localización de las mismas y los efectos que estas produzcan en el cambio de rigidez de los marcos. Por ejemplo en el nivel 8 se tienen 8 articulaciones en trabes de un total de 12 posibles, se puede decir que este nivel ya está cerca de un mecanismo de falla.



Para continuar con el estudio, y como ya se ha mostrado que es un procedimiento a base de iteraciones, se vuelven a obtener las rigideces de los marcos 1 y 4. La variación de rigidez en el marco 1 esta en función de sus articulaciones y de la fuerza cortante que se le aplica. El marco 4, como no tiene articulaciones, su rigidez variará en función de la nueva fuerza cortante que se le aplica.

Se presenta, como parte de los resultados de rigideces obtenidos, la tabla 23, en donde se pueden observar las rigideces originales, con primeras articulaciones y con segundas articulaciones de los marcos 1 y 4. Se ha reducido la rigidez promedio del marco 1 al 91.7 % de la original y a 95.8 % la del marco 4. Se procedio a repetir el análisis dinámico con el objeto de obtener el periodo natural de vibración del edificio en el sentido "xx" que fue de  $T_x = 1.92$  s vs. el periodo original de 1.85 s .

También se presentan las figuras 22 y 23 en donde se ha graficado la variación de las rigideces de los marcos 1 y 4 respectivamente para la estructura original, con primeras y con segundas articulaciones. Podemos observar que se siguen concentrando las mayores pérdidas de rigidez en los niveles 7, 8 y 9 para el marco 1.

Finalmente se presenta la figura 24 en donde se compara la rigidez ya con segundas articulaciones del marco 1 vs. marco 4.

( T A B L A 23 )

COMPARACION DE RIGIDECES ORIGINALES CON  
RIGIDECES CON PRIMERAS Y SEGUNDAS ARTICULACIONES

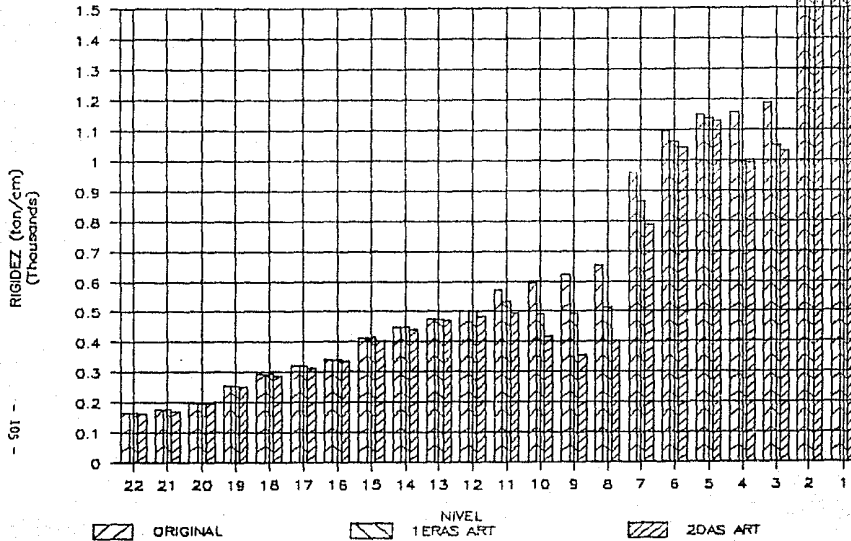
M A R C O 1

M A R C O 4

INIVELI	OR	1	2	‡	‡	I	OR	1	2	‡	‡	I	
I 22	I	168	168	162	100.0	95.4	I	2	1	1	100.0	100.0	I
I 21	I	177	177	173	100.0	97.7	I	29	29	29	100.0	100.0	I
I 20	I	200	200	196	100.0	98.0	I	109	109	108	100.0	99.1	I
I 19	I	256	256	251	100.0	98.0	I	126	126	119	100.0	94.4	I
I 18	I	293	293	287	100.0	98.0	I	172	172	169	100.0	98.3	I
I 17	I	320	320	314	100.0	98.1	I	224	224	215	100.0	96.0	I
I 16	I	341	341	336	100.0	98.5	I	275	275	268	100.0	97.5	I
I 15	I	412	412	402	100.0	97.6	I	283	283	274	100.0	96.8	I
I 14	I	450	450	442	100.0	98.2	I	290	290	290	100.0	100.0	I
I 13	I	476	476	470	100.0	98.7	I	333	333	324	100.0	97.3	I
I 12	I	501	501	482	100.0	96.2	I	385	385	369	100.0	95.8	I
I 11	I	570	534	493	93.7	86.5	I	414	414	390	100.0	94.2	I
I 10	I	593	492	416	83.0	70.5	I	461	461	504	100.0	109.3	I
I 9	I	620	495	357	79.8	57.6	I	521	521	547	100.0	105.0	I
I 8	I	652	515	404	79.0	62.0	I	609	609	557	100.0	91.5	I
I 7	I	958	864	785	90.2	81.9	I	984	934	922	100.0	93.7	I
I 6	I	1095	1062	1042	97.0	95.2	I	1122	1122	1016	100.0	90.6	I
I 5	I	1150	1137	1129	98.9	98.2	I	1368	1368	1239	100.0	90.6	I
I 4	I	1158	997	990	86.1	85.5	I	1621	1621	1456	100.0	89.8	I
I 3	I	1188	1048	1028	88.2	86.5	I	1805	1805	1712	100.0	94.8	I
I 2	I	2431	2431	2431	100.0	100.0	I	1912	1912	1750	100.0	91.5	I
I 1	I	3147	3147	3147	100.0	100.0	I	1950	1950	2098	100.0	107.6	I
‡	100.0			95.1	91.7	100.0				100.0	95.8		

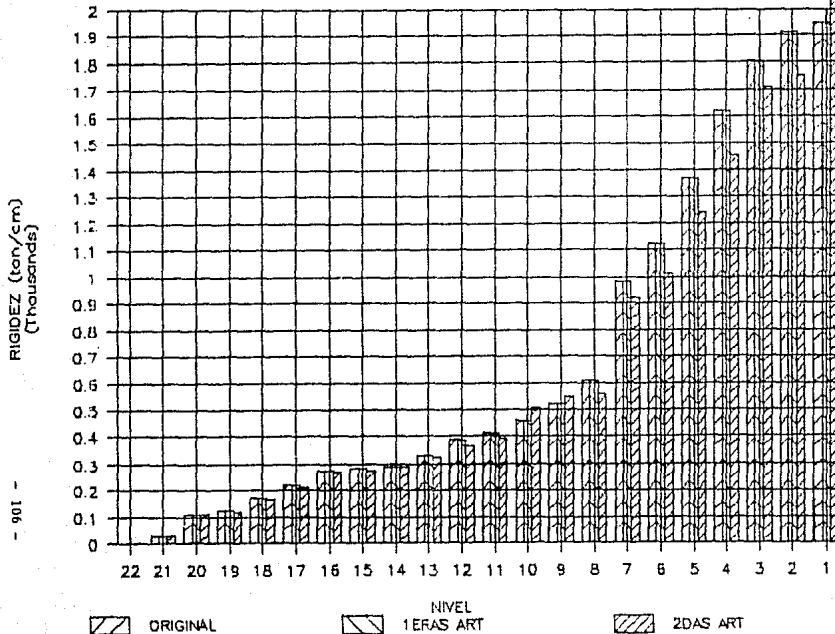
# COMPARACION DE RIGIDECES

MARCO 1



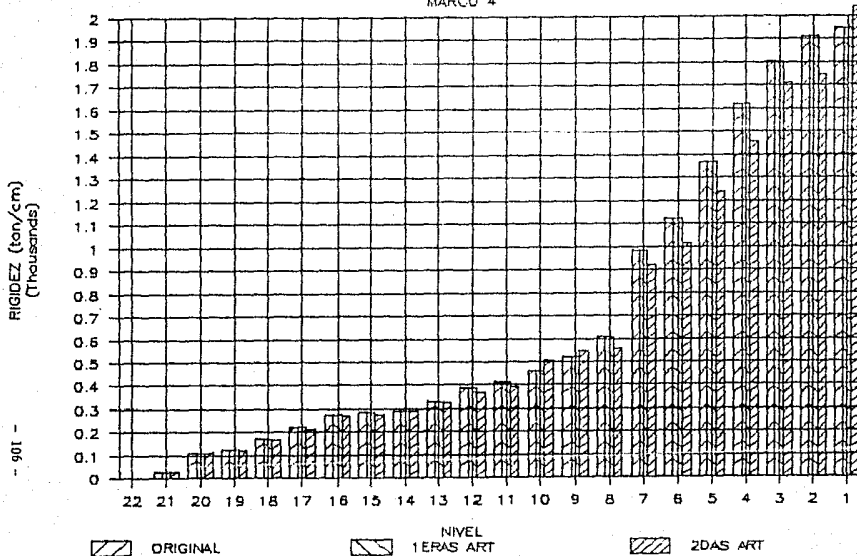
# COMPARACION DE RIGIDECES

MARCO 4



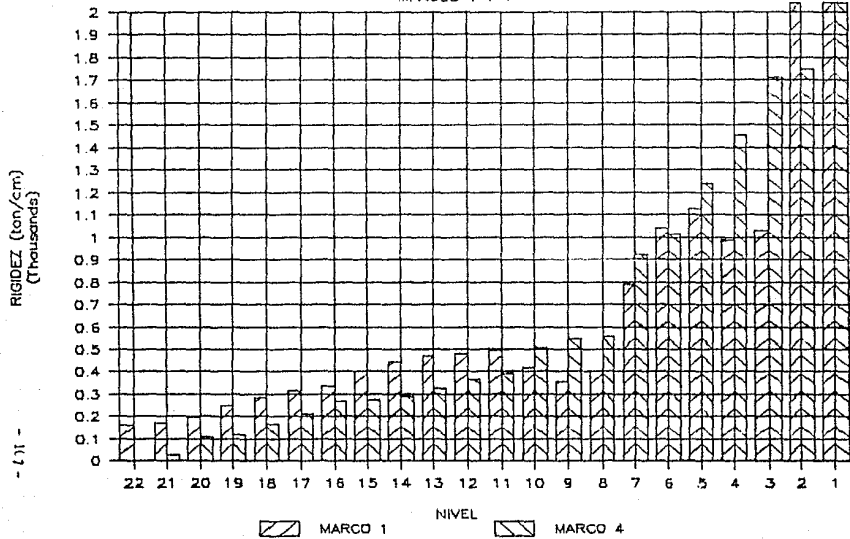
# COMPARACION DE RIGIDECES

MARCO 4



# COMPARACION DE RIGIDECES

MARCOS 1 Y 4



RIGIDEZ (ton/cm)  
(Thousands)

- 17 -

FIGURA 24

Para continuar con el estudio del edificio, ya habiendo obtenido las rigideces de los marcos 1 y 4 se procede a repetir el estudio de la torsión del edificio, tomando como datos las nuevas rigideces de los marcos 1 y 4.

Para simplificar la presentación, solo se muestran los resultados del estudio en el sentido "xx" y al final, a manera de resumen, la tabla 23-A con estos resultados.

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 1 (EJE 1)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 58.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 54.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 46.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 47.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 46.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 45.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 45.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 45.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 46.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 46.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 45.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 44.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 40.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 36.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 38.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 43.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 45.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 49.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 46.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 46.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 58.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 50.8 (TON)

MARCO HORIZONTAL 2 (EJE 2)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 27.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 19.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 14.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 15.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 14.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 13.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 12.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 13.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 13.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 12.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 12.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 13.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 13.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 14.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 13.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 10.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 9.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 8.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 8.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 9.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 5.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 9.3 (TON)



=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 3 (EJE 3)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 44.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 25.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 16.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 17.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 16.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 14.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 13.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 14.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 14.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 14.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 13.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 14.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 13.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 13.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 12.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 10.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 8.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 7.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 7.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 7.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 4.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 7.2 (TON)

MARCO HORIZONTAL 4 (EJE 4)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 1.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 14.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 31.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 28.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 32.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 35.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 38.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 35.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 34.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 36.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 37.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 37.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 42.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 44.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 44.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 45.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 40.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 42.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 46.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 46.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 23.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 20.7 (TON)

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 5 (EJE 5)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 3.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 3.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 3.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 3.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 2.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 3.4 (TON)

MARCO HORIZONTAL 6 (EJE 6)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 0.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 4.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 4.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 4.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 7.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 33.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 31.1 (TON)

( T A B L A 23-A )

RESULTADOS ANALISIS DE TORSION  
 CON SEGUNDAS ARTICULACIONES  
 =====

SENTIDO "XX"								
NIVEL	MARCO	1	2	3	4	5	6	TOTAL
22		58.5	27.1	44.3	1.0	0.0	0.0	130.9
21		54.8	19.4	25.4	14.8	0.0	0.0	114.4
20		46.9	14.2	16.3	31.8	0.0	0.0	109.2
19		47.2	15.2	17.9	28.9	0.0	0.0	109.2
18		46.0	14.4	16.3	32.5	0.0	0.0	109.2
17		45.6	13.4	14.7	35.3	0.0	0.0	109.0
16		45.1	12.3	13.1	38.2	0.0	0.0	108.7
15		45.6	13.4	14.8	35.2	0.0	0.0	109.0
14		46.1	13.4	14.9	34.9	0.0	0.0	109.3
13		46.2	12.8	14.1	36.1	0.0	0.0	109.2
12		45.6	12.3	13.2	37.9	0.0	0.0	109.0
11		44.2	13.2	14.0	37.0	0.0	0.0	108.4
10		40.1	13.4	13.0	42.4	0.0	0.0	108.9
9		36.7	14.3	13.1	44.8	0.0	0.0	108.9
8		38.5	13.6	12.7	44.1	0.0	0.0	108.9
7		43.8	10.6	10.3	45.3	0.0	0.0	110.0
6		49.4	9.1	8.6	40.6	3.6	4.0	115.3
5		49.2	8.3	7.6	42.3	3.2	4.5	115.8
4		46.3	8.9	7.4	46.0	3.7	4.3	116.6
3		46.3	9.3	7.1	46.7	3.4	7.9	120.7
2		58.4	5.5	4.1	23.9	2.1	33.2	127.2
1		50.8	9.3	7.2	20.7	3.4	31.1	122.5
		46.9	12.9	14.1	34.6	3.4	14.2	125.9

### C) TERCERAS ARTICULACIONES

Habiendo obtenido los resultados anteriores se continúa con el procedimiento señalado para el cálculo, descrito en las conclusiones del capítulo 4. Se le aplican a los marcos 1 y 4 las fuerzas que les corresponden según el análisis de la torsión y análisis dinámico de la estructura.

De igual forma a como se ha venido presentando este trabajo se muestran las tablas de resultados, omitiendo las tablas de momentos resistentes en traveses y cargas verticales en columnas, estas corresponden a las tablas 6 y 8 ya presentadas anteriormente.

Como resultado de este análisis se presentan las siguientes tablas:

- 1) Momentos actuantes en traveses. ( tabla 24 )
- 2) Carga en columnas. Suma de cargas verticales mas incremento de carga debido a sismo. ( tabla 25 )
- 3) Carga en columnas. Suma de cargas verticales menos incremento de carga debido a sismo. ( tabla 26 )
- 4) Momentos actuantes en columnas. Suma de los momentos por carga vertical mas carga horizontal. ( tabla 27 )
- 5) Momentos resistentes en columnas. ( tabla 28 )

Y las tablas más importantes de comparación de momentos actuantes entre resistentes, en donde se subraya los nudos en los que se presentan articulaciones. El subíndice al lado de estos valores indica el orden en el que se van presentando las terceras articulaciones. Cabe el señalar que este subíndice inicia con el número 18, ya que los números 1 al 17 corresponden a las primeras y segundas articulaciones. Dentro de estas comparaciones aparecen valores de cero, para los nudos que están articulados y en donde ya no existe un elemento que pueda absorber el momento que se presenta en el nudo.

6) Comparación de momentos actuantes / momentos resistentes en traveses ( tabla 29 ).

7) Comparación de momentos actuantes / momentos resistentes en columnas ( tabla 30 ).

( T A B L A 24 )

## MOMENTOS ACTUANTES EN TRABES (TON\*M)

M A R C O 1							M A R C O 4						
N U D O							N U D O						
INIVELI	1	2	3	4	5	6	7 I	1	2	3	4	5	I
I 22 I	19	19	9	9	10	24	28 I	28	36	28	51	38	I
I 21 I	38	35	24	25	26	41	49 I	36	45	39	53	40	I
I 20 I	51	45	37	38	38	54	65 I	38	47	44	56	42	I
I 19 I	61	55	49	49	49	64	76 I	40	50	55	58	45	I
I 18 I	81	72	64	63	64	82	99 I	51	65	82	80	61	I
I 17 I	94	83	76	75	76	94	114 I	54	75	95	85	65	I
I 16 I	107	95	89	86	88	106	129 I	55	87	108	88	68	I
I 15 I	119	105	101	98	100	116	139 I	58	109	127	92	71	I
I 14 I	250	125	117	113	116	139	164 I	60	127	142	94	72	I
I 13 I	154	126	130	125	131	153	180 I	60	137	152	96	74	I
I 12 I	167	148	143	137	148	165	192 I	60	148	164	97	75	I
I 11 I	178	160	160	167	186	180	193 I	60	166	179	98	76	I
I 10 I	188	174	187	213	236	151	0 I	61	182	190	97	76	I
I 9 I	0	294	274	343	307	241	0 I	60	190	200	96	75	I
I 8 I	0	262	0	359	281	268	0 I	50	193	200	93	72	I
I 7 I	220	216	262	219	265	219	0 I	54	198	202	89	68	I
I 6 I	223	201	202	222	253	237	242 I	51	195	197	82	64	I
I 5 I	218	190	206	200	223	205	226 I	46	184	186	76	59	I
I 4 I	212	183	215	208	228	204	225 I	42	175	174	68	54	I
I 3 I	210	241	246	241	248	277	0 I	46	192	191	73	59	I
I 2 I	*	*	*	*	*	*	* I	31	144	142	50	41	I
I 1 I	*	*	*	*	*	*	* I	19	98	95	32	26	I

( T A B L A 25 )

## CARGAS EN COLUMNAS SUMANDO INCREMENTO DE CARGA (TON)

M A R C O 1

M A R C O 4

C O L U M N A							C O L U M N A							
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX
I	22	I	12	28	18	18	18	30	I	16	19	27	32	18
I	21	I	27	52	35	34	34	55	I	33	42	56	64	16
I	20	I	42	76	53	51	51	79	I	50	65	83	89	54
I	19	I	64	104	70	68	66	100	I	67	92	112	114	73
I	18	I	89	136	94	89	88	128	I	88	126	147	140	96
I	17	I	115	169	112	104	104	158	I	110	164	182	162	120
I	16	I	143	204	133	122	124	189	I	130	206	217	178	144
I	15	I	174	240	155	139	145	220	I	152	254	254	202	169
I	14	I	210	279	181	158	171	251	I	175	312	300	242	199
I	13	I	247	317	207	177	199	278	I	197	375	350	284	220
I	12	I	289	356	236	199	235	303	I	219	444	404	328	248
I	11	I	334	398	268	220	264	369	I	242	524	459	377	274
I	10	I	380	445	306	244	301	435	I	264	553	460	450	301
I	9	I	397	530	336	268	342	501	I	287	582	456	530	329
I	8	I	451	575	386	298	383	570	I	310	590	425	624	356
I	7	I	481	634	357	322	362	678	I	331	598	384	743	382
I	6	I	505	716	401	329	407	742	I	362	622	484	856	420
I	5	I	554	757	450	340	447	809	I	391	648	579	961	447
I	4	I	594	819	484	355	494	844	I	419	692	657	1066	477
I	3	I	639	888	510	371	514	938	I	448	736	741	1182	509
I	2	I	644	1015	496	388	496	1016	I	478	821	790	1279	601
I	1	I	699	1091	529	411	529	1091	I	505	889	950	1526	625

## ( T A B L A 26 )

## CARGAS EN COLUMNAS RESTANDO EL INCREMENTO DE CARGA (TON)

M A R C O 1

M A R C O 4

C O L U M N A								C O L U M N A							
I	NIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	4E	4FX	
I	22	I	6	24	16	16	16	22	12	I	4	13	17	16	0
I	21	I	9	48	31	32	32	45	25	I	7	22	30	32	0
I	20	I	12	74	47	49	49	71	24	I	10	31	45	53	-2
I	19	I	8	94	62	64	66	98	26	I	11	36	56	74	-3
I	18	I	3	116	80	85	86	124	28	I	12	36	67	100	-8
I	17	I	-3	137	90	98	98	148	21	I	12	32	78	130	-12
I	16	I	-13	156	105	116	114	171	14	I	12	24	89	164	-18
I	15	I	-24	172	119	135	129	192	6	I	12	10	98	192	-23
I	14	I	-38	193	133	156	143	221	-6	I	13	-10	102	208	-23
I	13	I	-55	213	145	175	153	252	-21	I	13	-35	102	222	-34
I	12	I	-75	232	156	193	157	285	-37	I	15	-66	98	234	-40
I	11	I	-98	250	162	210	166	279	-30	I	16	-108	93	241	-46
I	10	I	-124	261	164	226	169	271	-23	I	16	-99	142	224	-53
I	9	I	-129	234	172	240	166	263	-18	I	17	-92	196	200	-59
I	8	I	-151	247	162	250	155	252	-13	I	18	-62	277	162	-66
I	7	I	-161	248	229	264	224	204	-8	I	19	-32	368	99	-72
I	6	I	-165	220	221	293	215	194	-9	I	30	10	360	86	-62
I	5	I	-194	233	208	318	211	181	-6	I	43	52	359	81	-63
I	4	I	-214	227	210	339	200	202	-31	I	57	74	373	74	-55
I	3	I	-239	212	222	361	218	162	-24	I	68	98	383	58	-49
I	2	I	-220	153	280	388	280	152	-42	I	90	97	450	87	29
I	1	I	-249	145	293	411	293	145	-63	I	115	113	406	-36	43



( T A B L A 27 )

MOMENTOS ACTUANTES EN COLUMNAS (TON\*M)

M A R C O 1													M A R C O 4				
C O L U M N A													C O L U M N A				
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I		
I	22	I	19	22	16	17	19	26	28	I	30	42	250	2	38	I	
I	21	I	26	36	32	33	34	40	38	I	18	35	380	1	25	I	
I	20	I	29	44	41	43	43	48	40	I	22	39	585	3	29	I	
I	19	I	36	57	54	56	56	62	43	I	23	59	574	5	25	I	
I	18	I	45	68	66	69	67	74	56	I	29	69	721	8	37	I	
I	17	I	52	80	78	81	79	85	64	I	28	76	800	12	38	I	
I	16	I	58	90	89	92	89	95	71	I	30	81	780	15	40	I	
I	15	I	66	105	102	107	101	109	77	I	30	107	613	24	35	I	
I	14	I	74	116	113	119	110	118	87	I	31	105	516	26	38	I	
I	13	I	81	127	125	131	118	126	97	I	30	111	729	30	38	I	
I	12	I	90	137	135	145	122	125	109	I	32	113	1015	34	43	I	
I	11	I	92	148	151	176	150	138	84	I	29	134	1190	54	36	I	
I	10	I	96	181	190	207	187	175	32	I	32	136	1584	66	41	I	
I	9	I	22	180	136	205	179	219	32	I	32	140	2037	75	44	I	
I	8	I	143	247	146	246	181	215	46	I	30	129	2487	80	43	I	
I	7	I	115	186	172	210	164	182	127	I	32	151	2567	128	48	I	
I	6	I	115	176	190	197	163	154	120	I	26	135	2855	125	40	I	
I	5	I	112	179	186	200	173	161	113	I	25	127	3265	135	37	I	
I	4	I	110	179	203	218	214	195	112	I	24	141	3800	152	30	I	
I	3	I	99	297	299	297	291	270	215	I	38	151	4834	138	65	I	
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	8	76	4663	172	24	I	
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	37	126	2262	198	89	I	

## ( T A B L A 28 )

## MOMENTOS RESISTENTES EN COLUMNAS (TON\*M)

M A R C O 1

M A R C O 4

		C O L U M N A						C O L U M N A							
INIVEL	I	1AX	1B	1BC	1C	1D	1E	1FX	I	4AX	4B	M	4E	4FX	I
I	22	I 88	94	91	92	91	94	309	I	60	88	4210	84	308	I
I	21	I 94	98	92	92	92	98	313	I	60	90	4245	90	312	I
I	20	I 102	105	98	98	98	105	312	I	69	93	4294	104	310	I
I	19	I 153	140	146	146	146	140	308	I	70	112	4620	120	310	I
I	18	I 150	148	152	152	152	148	309	I	70	112	4650	116	311	I
I	17	I 146	146	152	152	152	146	309	I	70	110	4800	118	311	I
I	16	I 150	152	152	159	152	152	276	I	70	110	4810	120	310	I
I	15	I 146	152	182	186	182	152	286	I	96	154	4850	156	312	I
I	14	I 136	166	154	192	154	166	289	I	93	164	2350	156	296	I
I	13	I 126	168	160	153	160	168	298	I	96	150	5350	164	277	I
I	12	I 122	170	164	159	164	170	302	I	96	148	5515	170	286	I
I	11	I 146	211	205	192	205	211	305	I	102	136	9650	294	272	I
I	10	I 138	236	210	200	210	236	306	I	102	140	9700	300	272	I
I	9	I 124	210	219	204	219	210	287	I	102	140	9700	306	273	I
I	8	I 118	222	211	208	211	222	282	I	102	154	9720	302	278	I
I	7	I 108	228	210	222	210	220	268	I	112	210	16426	340	300	I
I	6	I 105	222	202	228	202	222	257	I	112	232	17106	340	306	I
I	5	I 101	222	204	235	204	222	252	I	114	244	17267	376	306	I
I	4	I 95	212	208	235	208	212	247	I	126	250	17506	340	307	I
I	3	I 90	196	212	235	212	196	231	I	126	254	17506	307	303	I
I	2	I *	*	*	*	*	*	*	I	128	260	17506	286	305	I
I	1	I *	*	*	*	*	*	*	I	122	249	17202	267	307	I

( T A B L A 29)

MOMENTOS ACTUANTES/RESISTENTES EN TRABES

		M A R C O 1						M A R C O 4								
		N U D O						N U D O								
NIVELI		1	2	3	4	5	6	7	I	1	2	3	4	5	I	
I	22	I	0.26	0.26	0.12	0.12	0.13	0.33	0.38	I	0.8	0.41	0.32	0.58	0.62	I
I	21	I	0.38	0.35	0.24	0.25	0.26	0.41	0.49	I	1.02	0.51	0.44	0.60	0.65	I
I	20	I	0.51	0.45	0.37	0.38	0.38	0.54	0.65	I	1.08	0.54	0.50	0.64	0.68	I
I	19	I	0.61	0.55	0.49	0.49	0.49	0.64	0.76	I	1.14	0.57	0.63	0.66	0.73	I
I	18	I	0.75	0.67	0.59	0.58	0.59	0.76	0.70	I	1.08	0.49	0.62	0.60	0.77	I
I	17	I	0.87	0.77	0.71	0.79	0.71	0.87	0.81	I	1.14	0.56	0.71	0.64	0.82	I
I	16	I	1.00	0.88	0.83	0.80	0.82	0.99	0.92	I	1.17	0.65	0.81	0.66	0.86	I
I	15	I	1.11	0.98	0.94	0.91	0.93	1.08	0.95	I	1.23	0.82	0.96	0.69	0.89	I
I	14	I	1.05	0.88	0.82	0.79	0.81	0.97	1.15	I	1.27	0.96	1.07	0.71	0.91	I
I	13	I	1.08	0.95	0.91	0.88	0.92	1.07	1.26	I	1.27	1.03	1.15	0.72	0.93	I
I	12	I	1.17	1.04	1.00	0.96	1.04	1.16	1.35	I	1.27	1.12	1.24	0.73	0.94	I
I	11	I	1.25	1.12	1.12	1.17	1.30	1.26	1.35	I	1.27	1.25	1.35	0.74	0.96	I
I	10	I	1.32	1.22	1.31	1.5	1.66	1.06	0	I	1.29	1.37	1.43	0.73	0.94	I
I	9	I	0	2.07	1.92	2.41	2.16	1.69	0	I	1.27	1.43	1.5	0.72	0.94	I
I	8	I	0	1.84	0	2.52	1.97	1.88	0	I	1.19	1.46	1.51	0.70	0.91	I
I	7	I	1.54	1.52	1.28	1.54	1.52	1.54	0	I	1.14	1.5	1.53	0.66	0.86	I
I	6	I	1.21	1.09	1.09	1.20	1.37	1.28	1.31	I	1.08	1.63	1.65	0.78	1.14	I
I	5	I	1.18	1.03	1.11	1.08	1.21	1.11	1.22	I	0.97	1.54	1.56	0.72	1.05	I
I	4	I	1.15	0.99	1.16	1.13	1.23	1.10	1.22	I	0.89	1.47	1.46	0.64	0.96	I
I	3	I	1.14	1.30	1.33	1.30	1.34	1.50	0	I	0.59	1.56	1.55	0.69	1.01	I
I	2	I	*	*	*	*	*	*	*	I	0.40	1.17	1.15	0.47	0.70	I
I	1	I	*	*	*	*	*	*	*	I	0.24	0.79	0.77	0.30	0.44	I

## ( T A B L A 30 )

## MOMENTOS ACTUANTES ENTRE RESISTENTES EN COLUMNAS

-----													
M A R C O 1													
-----													
C O L U M N A													
-----													
INIVELI	1AX	1B	1Bc	1C	1D	1E	1FX I	4AX	4B	M	4E	4FX I	
I 22 I	0.21	0.23	0.17	0.18	0.20	0.27	0.09	I 0.50	0.47	0.05	0.02	0.12	I
I 21 I	0.27	0.36	0.34	0.35	0.36	0.40	0.12	I 0.30	0.38	0.08	0.01	0.08	I
I 20 I	0.28	0.41	0.41	0.43	0.43	0.45	0.12	I 0.31	0.41	0.13	0.02	0.09	I
I 19 I	0.23	0.40	0.36	0.38	0.38	0.44	0.13	I 0.32	0.52	0.12	0.04	0.08	I
I 18 I	0.30	0.45	0.43	0.45	0.44	0.50	0.18	I 0.41	0.61	0.15	0.06	0.11	I
I 17 I	0.35	0.54	0.51	0.53	0.51	0.58	0.20	I 0.40	0.69	0.16	0.10	0.12	I
I 16 I	0.38	0.59	0.58	0.57	0.58	0.62	0.25	I 0.42	0.73	0.16	0.12	0.12	I
I 15 I	0.45	0.69	0.56	0.57	0.55	0.71	0.26	I 0.31	0.69	0.12	0.15	0.11	I
I 14 I	0.54	0.69	0.73	0.61	0.71	0.71	0.30	I 0.33	0.64	0.21	0.16	0.12	I
I 13 I	0.64	0.75	0.78	0.85	0.73	0.75	0.32	I 0.31	0.74	0.13	0.18	0.13	I
I 12 I	0.73	0.80	0.82	0.91	0.74	0.73	0.36	I 0.33	0.76	0.18	0.20	0.15	I
I 11 I	0.63	0.70	0.73	0.91	0.73	0.65	0.27	I 0.28	0.98	0.12	0.18	0.13	I
I 10 I	0.69	0.76	0.90	1.03	0.89	0.74	0.10	I 0.31	0.97	0.16	0.22	0.15	I
I 9 I	0.17	0.85	0.62	1.00	0.81	1.04	0.11	I 0.31	1.00	0.21	0.24	0.16	I
I 8 I	1.21	1.11	0.69	1.18	0.85	0.96	0.16	I 0.29	0.83	0.25	0.26	0.15	I
I 7 I	1.06	0.81	0.81	0.94	0.78	0.82	0.47	I 0.28	0.71	0.15	0.37	0.16	I
I 6 I	1.09	0.79	0.89	0.86	0.80	0.69	0.46	I 0.23	0.58	0.16	0.36	0.13	I
I 5 I	1.10	0.80	0.91	0.85	0.84	0.72	0.44	I 0.21	0.52	0.18	0.35	0.12	I
I 4 I	1.15	0.84	0.97	0.92	1.02	0.91	0.45	I 0.19	0.56	0.21	0.44	0.09	I
I 3 I	1.10	1.51	1.41	1.26	1.37	1.37	0.93	I 0.30	0.59	0.27	0.44	0.21	I
I 2 I	*	*	*	*	*	*	*	I 0.06	0.29	0.26	0.60	0.07	I
I 1 I	*	*	*	*	*	*	*	I 0.30	0.50	0.13	0.74	0.28	I

Después de haber obtenido los resultados anteriores , se conocen las terceras articulaciones plasticas que se formaran en forma simultanea en los marcos 1 y 4.

Para ilustrar estos resultados se presentan a continuación las figuras 25 y 26 en donde se marcan las primeras y segundas ( mediante un rectángulo ) y terceras ( mediante un circulo ) articulaciones para el marco 1 y 4 respectivamente.

El subindice indicado al lado de cada figura ( circulo o rectángulo ) indica el orden en el que se van presentando las articulaciones.

FIGURA 25

MARCO EJE I

- PRIMERAS ; SEGUNDAS Y
- TERCERAS

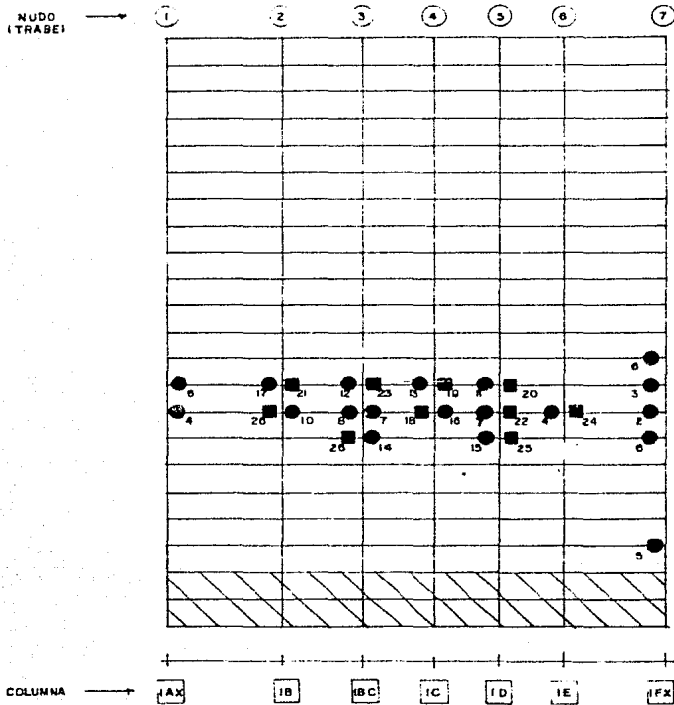
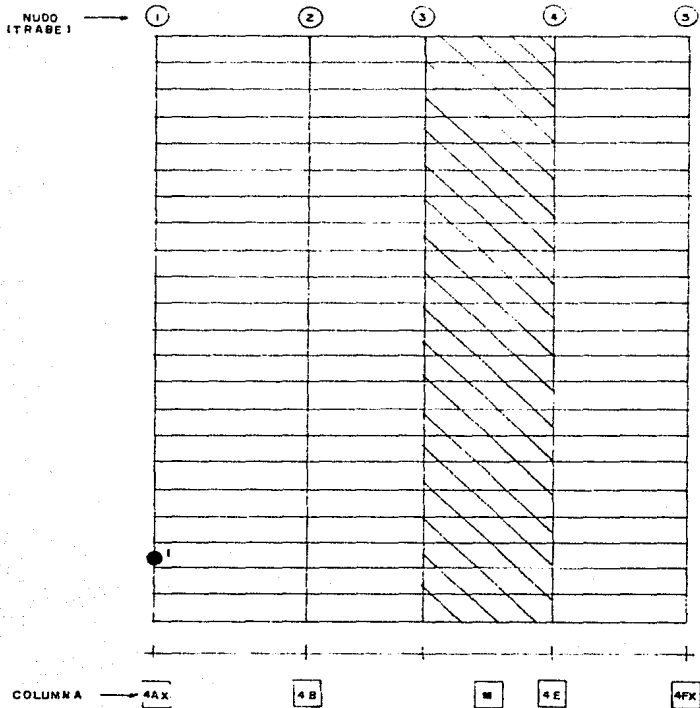


FIGURA 26  
MARCO EJE 4  
PRIMERAS, SEGUNDAS y  
TERCERAS ARTICULACIONES



Observando las 2 figuras anteriores se puede apreciar que las terceras articulaciones son 10 para el marco 1 y cero en el marco 4. Todas ellas se presentan en trabes.

El marco 1 presenta nuevamente la concentración de las articulaciones principalmente en los niveles 7, 8 y 9 con lo cual podemos afirmar que se presentaría un mecanismo de falla total en estos niveles.

También observando la formación de articulaciones en este marco se puede deducir que en su comportamiento continuarán presentandose articulaciones concentradas por niveles lo que podría provocar el colapso total del marco.

En cambio en el marco 4 no se ha presentado articulación alguna. Los efectos de la formación de articulaciones en el marco 1 se han traducido en una disminución de rigidez en el marco 4, por la variación en la fuerza cortante que toma el marco 4, que es una de las variables que interviene en el cálculo de la rigidez de piso.

De los comentarios anteriores se puede concluir que en el marco 1 se presentan todas las articulaciones. En terminos prácticos esto significa que un sismo de gran magnitud se podría esperar que se presenten serios daños en el marco 1 antes de que el marco 4 sufra daño alguno.



Habiendo obtenido ya las terceras articulaciones, se ha llegado al final del estudio propuesto. Se considera que las articulaciones obtenidas son ya suficientes para dar una idea del comportamiento de la estructura en el intervalo inelástico.

Sin embargo, para complementar aún más el estudio se obtuvieron las rigideces de los marcos 1 y 4 ya con las terceras articulaciones. Ya se ha explicado como se obtienen estas rigideces. Los resultados se muestran en las tablas 32 y 33 para los marcos 1 y 4 respectivamente. Con estos datos se realizó nuevamente el análisis dinámico para obtener el periodo de vibración que fue de  $T_x = 2.02$  s vs. el periodo original de 1.85 s .

Dentro de estas tablas se presentan las rigideces originales, con primeras, segundas y terceras articulaciones y los porcentajes que representan con respecto a las rigideces originales de los marcos 1 y 4. Estos valores se pueden apreciar graficados en las figuras 27 y 28 respectivamente.

Para complementar los resultados anteriores se presenta la figura 29 en donde se ha graficado una comparación entre las rigideces de los marcos 1 y 4 ya con terceras articulaciones. En esta figura se puede apreciar que de los niveles 3 al 10 el marco 4 es más rígido que el marco 1. Por lo cual es de esperarse que, por efecto de torsión, el marco 4 absorba mayor cortante sísmico.

( T A B L A 3 2 )

RIGIDEZES MARCO 1

ARTICULACIONES												
INIVEL	I	OR	I	1	%	I	2	%	I	3	%	I
I 22	I	168	I	168	100.0	I	168	100.0	I	162	96.4	I
I 21	I	177	I	177	100.0	I	177	100.0	I	173	97.7	I
I 20	I	200	I	200	100.0	I	200	100.0	I	196	98.0	I
I 19	I	256	I	256	100.0	I	256	100.0	I	251	98.0	I
I 18	I	293	I	293	100.0	I	293	100.0	I	287	98.0	I
I 17	I	320	I	320	100.0	I	320	100.0	I	314	98.1	I
I 16	I	341	I	341	100.0	I	341	100.0	I	336	98.5	I
I 15	I	412	I	412	100.0	I	412	100.0	I	402	97.6	I
I 14	I	450	I	450	100.0	I	450	100.0	I	442	98.2	I
I 13	I	476	I	476	100.0	I	476	100.0	I	470	98.7	I
I 12	I	501	I	501	100.0	I	482	96.2	I	482	96.2	I
I 11	I	570	I	534	93.7	I	493	86.5	I	420	73.7	I
I 10	I	593	I	492	83.0	I	418	70.5	I	229	38.6	I
I 9	I	620	I	495	79.8	I	357	57.6	I	152	24.5	I
I 8	I	652	I	515	79.0	I	404	62.0	I	187	28.7	I
I 7	I	958	I	864	90.2	I	785	81.9	I	508	53.0	I
I 6	I	1095	I	1062	97.0	I	1042	95.2	I	1044	95.3	I
I 5	I	1150	I	1137	98.9	I	1129	98.2	I	1129	98.2	I
I 4	I	1158	I	997	86.1	I	990	85.5	I	990	85.5	I
I 3	I	1188	I	1048	88.2	I	1028	86.5	I	1010	85.0	I
I 2	I	2431	I	2431	100.0	I	2431	100.0	I	2431	100.0	I
I 1	I	3147	I	3147	100.0	I	3147	100.0	I	3147	100.0	I
%		100.0		95.1			92.1			86.0		

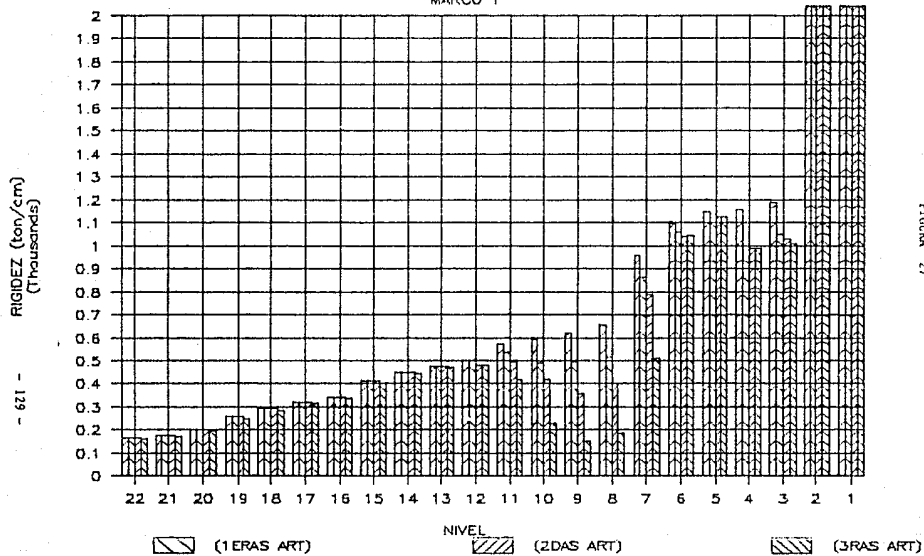
## ( T A B L A 33 )

## RIGIDECES MARCO 4

ARTICULACIONES												
INIVEL	I	OR	I	1	%	I	2	%	I	3	%	I
I 22	I	1	I	1	100.0	I	1	100.0	I	1	100.0	I
I 21	I	29	I	29	100.0	I	29	100.0	I	24	82.8	I
I 20	I	109	I	109	100.0	I	108	99.1	I	95	87.2	I
I 19	I	126	I	126	100.0	I	119	94.4	I	107	84.9	I
I 18	I	172	I	172	100.0	I	169	98.3	I	146	84.9	I
I 17	I	224	I	224	100.0	I	215	96.0	I	191	85.3	I
I 16	I	275	I	275	100.0	I	268	97.5	I	232	84.4	I
I 15	I	283	I	283	100.0	I	274	96.8	I	233	82.3	I
I 14	I	290	I	290	100.0	I	290	100.0	I	235	81.0	I
I 13	I	333	I	333	100.0	I	324	97.3	I	268	80.5	I
I 12	I	385	I	385	100.0	I	369	95.8	I	311	80.8	I
I 11	I	414	I	414	100.0	I	390	94.2	I	331	80.0	I
I 10	I	461	I	461	100.0	I	504	109.3	I	490	106.3	I
I 9	I	521	I	521	100.0	I	547	105.0	I	534	102.5	I
I 8	I	609	I	609	100.0	I	557	91.5	I	547	89.0	I
I 7	I	984	I	984	100.0	I	922	93.7	I	861	87.5	I
I 6	I	1122	I	1122	100.0	I	1016	90.6	I	953	84.9	I
I 5	I	1368	I	1368	100.0	I	1239	90.6	I	1148	83.9	I
I 4	I	1621	I	1621	100.0	I	1456	89.8	I	1266	78.1	I
I 3	I	1805	I	1805	100.0	I	1712	94.8	I	1578	87.4	I
I 2	I	1912	I	1912	100.0	I	1750	91.5	I	1609	84.2	I
I 1	I	1950	I	1950	100.0	I	2098	107.6	I	2058	105.5	I
%	100.0	100.0				95.8			88.2			

# COMPARACION RIGIDEZES

MARCO 1



# COMPARACION RIGIDECES

MARCO 4

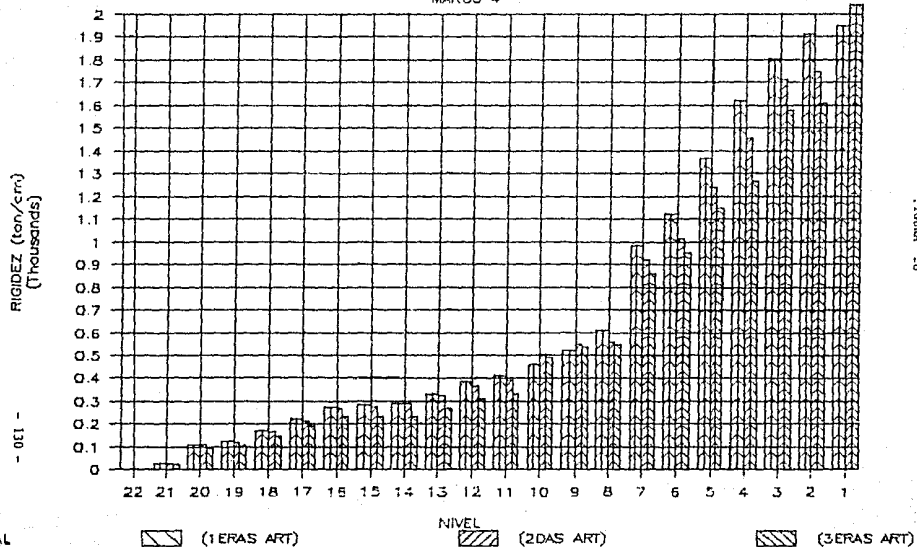
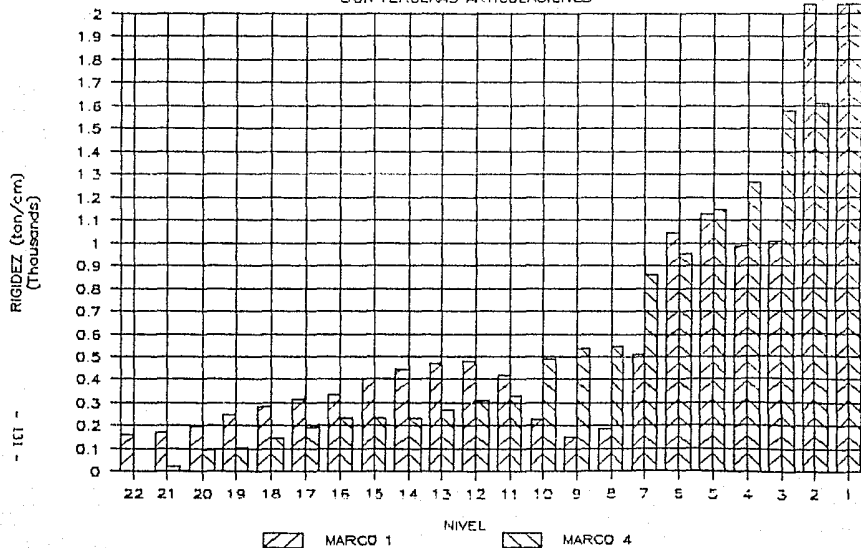


FIGURA 28

AL

# COMPARACION DE RIGIDEZES

CON TERCERAS ARTICULACIONES



## E) CONCLUSIONES

Se han presentado dentro de este capítulo una gran cantidad de datos y resultados del análisis del edificio en sentido horizontal "xx", en el intervalo inelástico, de los cuales se pueden concluir los siguientes puntos:

- 1) Los esfuerzos que se presentan en el edificio debido a sollicitaciones sísmicas son absorbidos principalmente por los marcos 1 y 4 ( sentido "xx" ).
- 2) Los elementos mecánicos de mayor consideración son los debidos a las sollicitaciones sísmicas.
- 3) Se presentan en el marco 1 un total de 30 articulaciones, al tiempo que en el marco 4 no se presentan. De el total de 30 articulaciones solo 1 se presenta en columnas, por lo cual el comportamiento de la estructura sigue el lineamiento de "trabe-débil" "columna-fuerte", que es recomendable.
- 4) El marco 1 llega a quedar, en promedio, con un 86% de su rigidez original al formarse las articulaciones, mientras que el marco 4 queda con un 88% a pesar de no tener articulaciones. La degradación en la rigidez de los marcos es muy similar, sin embargo los daños son graves en el marco 1 mientras que el marco 4 no ha sufrido daño alguno.
- 5) La localización de las articulaciones en el marco 1 se concentran de manera muy significativa en los niveles 7,8 y 9 en donde se han articulado la mayoría, sino es que todas las trabes.

6) El marco 4 se comporta satisfactoriamente en el intervalo inelástico, pierde rigidez sin sufrir danos.

7) Es muy probable que el comportamiento de los marcos 1 y 4, descrito en los puntos 5 y 6 respectivamente, siga los lineamientos antes indicados.

Esto quiere decir que en el marco 1 se irian concentrando las articulaciones por niveles, al grado de presentarse una falla total y que el marco 4 no empiece a sufrir danos sino hasta el momento en que el marco 1 haya fallado.

8) Finalmente se puede afirmar que el comportamiento de los marcos 1 y 4 en el intervalo inelástico, propósito original de este trabajo, es muy distinto. El haber complementado el "tubo" para soportar las sollicitaciones sísmicas mediante un muro de rigidez introdujo en la estructura un elemento que hace que esta se comporte de manera muy diferente, mientras que el marco 1 sufre severos danos, con poca pérdida de rigidez global, el marco 4 ( en donde se tiene el muro ) no sufre danos pero pierde aproximadamente igual porcentaje de rigidez. Este mecanismo provocaría que a pesar de sufrir grandes danos el marco 1 va a continuar tomando la mayor parte de las sollicitaciones sísmicas, con el consecuente colapso de este marco, con lo cual se perdería el comportamiento de "tubo" de la estructura.



9) Se concluye que el comportamiento en el intervalo inelástico de un marco a base de columnas y traveses y de un marco a base de columnas, traveses y un muro, es muy distinto.

El comportamiento ideal en este caso sería que no sólo ambos marcos pierdan la misma proporción de rigidez en su intervalo inelástico, sino que también presenten la misma proporción en cuanto a los daños que sufran.

Evidentemente es mejor que los dos marcos sufran "daños menores" a que uno de ellos sufra "daños mayores" y el otro ninguno.

Por otra parte el periodo natural de vibración del edificio en el sentido "xx" se modificó de un  $T_x = 1.85$  s original a  $T_x = 2.02$  s con terceras articulaciones, es decir el edificio es más flexible conforme se van presentando las articulaciones.

En cuanto a la torsión del edificio, si se comparan con detenimiento las tablas 2 ( resultados de la torsión original sentido "xx" ) y 23-A ( resultados de la torsión con segundas articulaciones ) se observa que las únicas variaciones que se pueden considerar de importancia se presentan en los niveles 8 a 10 para el marco 1, ya que el porcentaje del cortante que toma dicho marco se redujo en promedio alrededor de 15%, y a su vez el marco 4 presenta un aumento de alrededor de 10% en estos mismo niveles.

Como complemento final de este capítulo y para tener un punto de referencia con los lineamientos marcados por el Reglamento de construcciones del Distrito Federal de 1987, se elaboraron dos tipos de gráficas: unas con las fuerzas cortantes máximas que resisten los marcos y otras con el porcentaje que representan estas fuerzas resistentes comparadas con las fuerzas marcadas por el Reglamento de 1987.

Se habla de gráficas en plural ya que éstas se obtuvieron para el comportamiento original, con primeras y con segundas articulaciones de los marcos 1 y 4.

El procedimiento para obtener estas gráficas fue el siguiente:

- 1) En una tabla se indica el cortante y fuerza correspondiente que toma el marco en cada nivel, según el análisis dinámico y de torsión de la estructura también indicados, según el Reglamento de 1987. ( 5 primeras columnas )
- 2) Se indica el máximo valor de momento actuante / momento resistente obtenido para cada nivel, ya sea en columnas o trabes. ( columna 6 )
- 3) Para obtener la fuerza máxima resistente se divide el cortante marcado por el RDF-87 entre el valor "más crítico" de momento actuante / momento resistente. ( columnas 7 y 8 ) .

En este punto ya se puede obtener la gráfica de máximos cortantes resistentes.

4) Finalmente se divide el valor de cortante resistente obtenido en el punto 3) entre el cortante actuante mostrado en la segunda columna. Este valor se presenta en la última columna y representa que porcentaje del cortante que tomaría según el RDF-87 resiste el marco.

Las tablas y gráficas que a continuación se presentan son:

- 1) Las tablas 34, 35 y 36 con los datos marcados en el procedimiento anterior para el marco 1 para el comportamiento original, con primeras y con segundas articulaciones respectivamente.
- 2) Las tablas 37, 38 y 39 con los datos del marco 4, para comportamiento original, con primeras y con segundas articulaciones respectivamente.
- 3) La figura 30 presenta la gráfica de cortantes resistentes del marco 1 en su comportamiento original, con primeras y con segundas articulaciones. La figura 31 presenta la gráfica equivalente para el marco 4.
- 4) La figura 32 es la gráfica de porcentajes de cortantes resistentes para el RDF-87 del marco 1 para su comportamiento original, con primeras y con segundas articulaciones. La figura 33 es la gráfica equivalente para el marco 4.

( T A B L A 34 )

=====

GRAFICAS DE CORTANTE RESISTENTE  
Y COMPARACION CON REGLAMENTO 1987

=====

-----

MARCO 1 (COMPORTAMIENTO ORIGINAL)

-----

INIVELI I	VDINAMICO I (RDF87) (TOR)	CALCULADO		MAX ACT/RES	RESISTENTE		(RDF-87) I (%)	I	
		V	F		V	F			
I 22	I 126	59.4	74.8	74.8	0.38	197.0	197.0	2.63	I
I 21	I 237	55.3	131.1	56.2	0.49	267.5	70.5	2.04	I
I 20	I 341	47.2	161.0	29.9	0.69	233.3	-34.2	1.45	I
I 19	I 442	47.2	208.6	47.7	0.83	251.4	18.1	1.20	I
I 18	I 548	46.3	253.7	45.1	0.83	305.7	54.3	1.20	I
I 17	I 647	45.7	295.7	42.0	0.96	308.0	2.3	1.04	I
I 16	I 741	45.2	334.9	39.3	1.09	307.3	-0.7	0.92	I
I 15	I 828	45.8	379.2	44.3	1.2	316.0	8.7	0.83	I
I 14	I 917	46.4	425.5	46.3	1.14	373.2	57.2	0.88	I
I 13	I 999	46.2	461.5	36.1	1.23	375.2	2.0	0.81	I
I 12	I 1075	46.0	494.5	33.0	1.3	380.4	5.2	0.77	I
I 11	I 1144	46.4	530.8	16.3	1.32	402.1	21.7	0.76	I
I 10	I 1206	46.2	557.2	26.4	1.35	412.7	10.6	0.74	I
I 9	I 1262	45.8	578.0	20.8	1.4	412.9	0.1	0.71	I
I 8	I 1311	45.4	595.2	17.2	1.44	413.3	0.5	0.69	I
I 7	I 1354	46.2	625.5	30.4	1.35	463.4	50.0	0.74	I
I 6	I 1401	49.8	697.7	72.1	1.15	606.7	143.3	0.87	I
I 5	I 1440	49.1	707.0	9.3	1.14	620.2	13.5	0.88	I
I 4	I 1472	48.9	719.8	12.8	1.16	620.5	0.3	0.86	I
I 3	I 1497	43.6	652.7	-67.1	2.24	291.4	-329.1	0.45	I
I 2	I 1517	52.7	799.5	146.8	*	*	*	*	I
I 1	I 1527	59.6	910.1	110.6	*	*	*	*	I

## ( T A B L A 35 )

 GRAFICAS DE CORTANTE RESISTENTE  
 Y COMPARACION CON REGLAMENTO 1987

## MARCO 1 (PRIMERAS ARTICULACIONES)

I	NIVELI I	VDINAMICO		CALCULADO		MAX ACT/RES	RESISTENTE		(RDF-87) (%)	I	
		I (RDF87)	(%TOR)	V	F		V	F			
I	22	I	126	59.4	74.8	74.8	0.43	174.1	174.1	2.33	I
I	21	I	237	55.3	131.1	56.2	0.56	234.0	60.0	1.79	I
I	20	I	341	47.2	161.0	29.9	0.76	211.8	-22.3	1.32	I
I	19	I	442	47.2	208.6	47.7	0.9	231.8	20.0	1.11	I
I	18	I	548	46.3	253.7	45.1	0.89	285.1	53.3	1.12	I
I	17	I	647	45.7	295.7	42.0	1.01	292.8	7.7	0.99	I
I	16	I	741	45.2	334.9	39.3	1.13	296.4	3.6	0.88	I
I	15	I	828	45.8	379.2	44.3	1.23	308.3	11.9	0.81	I
I	14	I	917	46.4	425.5	46.3	1.29	329.8	21.5	0.78	I
I	13	I	999	46.2	461.5	36.1	1.41	327.3	-2.5	0.71	I
I	12	I	1075	46.0	494.5	33.0	1.51	327.5	0.2	0.66	I
I	11	I	1144	45.3	518.2	23.7	1.42	365.0	37.5	0.70	I
I	10	I	1206	42.9	517.4	-0.9	1.54	336.0	-29.0	0.65	I
I	9	I	1262	42.1	533.8	16.5	1.82	293.3	-42.6	0.55	I
I	8	I	1311	42.0	550.6	16.8	2.35	234.3	-59.0	0.43	I
I	7	I	1354	44.9	607.9	57.3	1.63	373.0	138.7	0.61	I
I	6	I	1401	49.4	692.1	84.1	1.33	520.4	147.4	0.75	I
I	5	I	1440	49.0	705.6	13.5	1.25	564.5	44.1	0.80	I
I	4	I	1472	46.6	686.0	-19.6	1.15	596.5	32.0	0.87	I
I	3	I	1497	46.5	696.1	10.2	1.45	480.1	-116.4	0.69	I
I	2	I	1517	52.3	793.4	97.3	*	*	*	*	I
I	1	I	1527	65.9	1006.3	212.9	*	*	*	*	I

## ( T A B L A 36 )

GRAFICAS DE CORTANTE RESISTENTE  
Y COMPARACION CON REGLAMENTO 1987

MARCO 1 (SEGUNDAS ARTICULACIONES)

INIVELI I	VDINAMICO I (RDF87) (TOR)	CALCULADO V	I	MAX ACT/RES	RESISTENTE V	F	(RDF-87) (%)	I
I 22	I 126	58.5	73.7	73.7	0.38	194.0	194.0	2.63 I
I 21	I 237	54.8	129.9	56.2	0.49	265.1	71.1	2.04 I
I 20	I 341	46.9	159.9	30.1	0.65	246.0	-19.0	1.54 I
I 19	I 442	47.2	208.6	48.7	0.76	274.5	28.5	1.32 I
I 18	I 548	46.0	252.1	43.5	0.76	331.7	57.2	1.32 I
I 17	I 647	45.6	295.0	43.0	0.87	339.1	7.4	1.15 I
I 16	I 741	45.1	334.2	39.2	1.00	334.2	-4.9	1.00 I
I 15	I 828	45.6	377.6	43.4	1.11	340.2	6.0	0.90 I
I 14	I 917	46.1	422.7	45.2	1.15	367.6	27.4	0.87 I
I 13	I 999	46.2	461.5	38.8	1.26	366.3	-1.3	0.79 I
I 12	I 1075	45.6	490.2	28.7	1.35	363.1	-3.2	0.74 I
I 11	I 1144	44.2	505.6	15.4	1.35	374.6	11.4	0.74 I
I 10	I 1206	40.1	483.6	-22.0	1.66	291.3	-83.2	0.60 I
I 9	I 1262	36.9	465.7	-17.9	2.41	193.2	-98.1	0.41 I
I 8	I 1311	38.5	504.7	39.1	2.52	200.3	7.1	0.40 I
I 7	I 1354	43.8	593.1	88.3	1.86	318.8	118.6	0.54 I
I 6	I 1401	49.4	692.1	99.0	1.37	505.2	186.3	0.73 I
I 5	I 1440	49.2	708.5	16.4	1.22	580.7	75.5	0.82 I
I 4	I 1472	46.3	681.5	-26.9	1.22	558.6	-22.1	0.82 I
I 3	I 1497	46.3	693.1	11.6	1.51	459.0	-99.6	0.66 I
I 2	I 1517	58.4	885.9	192.8	*	*	*	I
I 1	I 1527	50.9	777.2	-108.7	*	*	*	I

( T A B L A 37 )

GRAFICAS DE CORTANTE RESISTENTE  
Y COMPARACION CON REGLAMENTO 1987

MARCO 4 (COMPORTAMIENTO ORIGINAL)

INIVELI I	VDINAMICO I (RDFB7) (%TOR)	CALCULADO		MAX ACT/RES	RESISTENTE		(RDF-87) I (%)	I	
		V	F		V	F			
I 22	I 126	1.0	1.3	1.3	0.57	2.2	2.2	1.75	I
I 21	I 237	14.8	35.1	33.8	0.74	47.4	45.2	1.35	I
I 20	I 341	31.9	108.8	73.7	0.74	147.0	99.6	1.35	I
I 19	I 442	29.7	131.3	22.5	0.80	164.1	17.1	1.25	I
I 18	I 548	32.7	179.2	47.9	0.77	232.7	68.6	1.30	I
I 17	I 647	35.9	232.3	53.1	0.81	286.8	54.0	1.23	I
I 16	I 741	38.6	286.0	53.8	0.83	344.6	57.9	1.20	I
I 15	I 828	35.7	295.6	9.6	0.89	332.1	-12.5	1.12	I
I 14	I 917	34.8	319.1	23.5	0.94	339.5	7.4	1.06	I
I 13	I 999	36.5	364.6	45.5	0.94	387.9	48.4	1.06	I
I 12	I 1075	38.4	412.8	48.2	0.94	439.1	51.2	1.06	I
I 11	I 1144	37.6	430.1	17.3	1.00	430.1	-9.0	1.00	I
I 10	I 1206	38.8	467.9	37.8	1.05	445.6	15.5	0.95	I
I 9	I 1262	40.2	507.3	39.4	1.08	469.7	24.1	0.93	I
I 8	I 1311	42.1	551.9	44.6	1.10	501.8	32.0	0.91	I
I 7	I 1354	44.9	607.9	56.0	1.11	547.7	45.9	0.90	I
I 6	I 1401	42.2	591.2	-16.7	1.22	484.6	-63.1	0.82	I
I 5	I 1440	44.1	635.0	43.8	1.17	542.8	58.2	0.85	I
I 4	I 1472	43.4	638.8	3.8	1.09	586.1	43.3	0.92	I
I 3	I 1497	49.8	745.5	106.7	1.16	642.7	56.6	0.86	I
I 2	I 1517	16.5	250.3	-495.2	0.94	266.3	-376.4	1.06	I
I 1	I 1527	10.6	161.9	-88.4	0.78	207.5	-58.8	1.28	I

( T A B L A 3 B )

 GRAFICAS DE CORTANTE RESISTENTE  
 Y COMPARACION CON REGLAMENTO 1987

## MARCO 4 (PRIMERAS ARTICULACIONES)

I	NIVELI	VDINAMICO		CALCULADO		MAX		RESISTENTE		(RDF-87)	I
		I (RDF87)	(%TOR)	V	F	ACT/RES	V	F	(%)		
I	22	I	126	1.0	1.3	1.3	0.57	2.2	2.2	1.75	I
I	21	I	237	14.8	35.1	33.8	0.74	47.4	45.2	1.35	I
I	20	I	341	31.9	108.8	73.7	0.74	147.0	99.6	1.35	I
I	19	I	442	29.7	131.3	22.5	0.80	164.1	17.1	1.25	I
I	18	I	548	32.7	179.2	47.9	0.77	232.7	68.6	1.30	I
I	17	I	647	35.9	232.3	53.1	0.81	286.8	54.0	1.23	I
I	16	I	741	38.6	286.0	53.8	0.83	344.6	57.9	1.20	I
I	15	I	828	35.7	295.6	9.6	0.89	332.1	-12.5	1.12	I
I	14	I	917	34.8	319.1	23.5	0.94	339.5	7.4	1.06	I
I	13	I	999	36.5	364.6	45.5	0.94	387.9	48.4	1.06	I
I	12	I	1075	38.4	412.8	48.2	0.94	439.1	51.2	1.06	I
I	11	I	1144	37.7	431.3	18.5	1.00	431.3	-7.9	1.00	I
I	10	I	1206	39.5	476.4	45.1	1.05	453.7	22.4	0.95	I
I	9	I	1262	41.5	523.7	47.4	1.08	484.9	31.2	0.93	I
I	8	I	1311	43.9	575.5	51.8	1.10	523.2	38.3	0.91	I
I	7	I	1354	45.7	618.8	43.2	1.11	557.5	34.2	0.90	I
I	6	I	1401	42.4	594.0	-24.8	1.22	486.9	-70.6	0.82	I
I	5	I	1440	44.2	636.5	42.5	1.17	544.0	57.1	0.85	I
I	4	I	1472	44.7	658.0	21.5	1.09	603.7	59.7	0.92	I
I	3	I	1497	47.7	714.1	56.1	1.16	615.6	11.9	0.86	I
I	2	I	1517	22.2	336.8	-377.3	0.94	358.3	-257.3	1.06	I
I	1	I	1527	8.2	125.2	-211.6	0.78	160.5	-197.7	1.28	I



( T A B L A 39 )

-----  
 GRAFICAS DE CORTANTE RESISTENTE  
 Y COMPARACION CON REGLAMENTO 1987  
 -----

-----  
 MARCO 4 (SEGUNDAS ARTICULACIONES)  
 -----

INIVELI I	VDINAMICO I (RDFB7) (%TOR)	CALCULADO		MAX ACT/RES	RESISTENTE		(RDF-87) I (%)
		V	F		V	F	
I 22	I 126	1.0	1.3	0.8	1.6	1.6	1.25
I 21	I 237	14.8	35.1	1.02	34.4	32.8	0.98
I 20	I 341	31.8	108.4	1.08	100.4	66.0	0.93
I 19	I 442	28.8	127.3	1.14	111.7	11.3	0.88
I 18	I 548	32.5	178.1	1.08	164.9	53.2	0.93
I 17	I 647	35.3	228.4	1.14	200.3	35.4	0.88
I 16	I 741	38.2	283.1	1.17	241.9	41.6	0.85
I 15	I 828	35.2	291.5	1.23	237.0	-5.0	0.81
I 14	I 917	34.9	320.0	1.27	252.0	15.0	0.79
I 13	I 999	36.1	360.6	1.27	284.0	32.0	0.79
I 12	I 1075	37.9	407.4	1.27	320.8	36.8	0.79
I 11	I 1144	37.0	423.3	1.35	313.5	-7.3	0.74
I 10	I 1206	42.4	511.3	1.43	357.6	44.0	0.70
I 9	I 1262	44.8	565.4	1.50	376.9	19.3	0.67
I 8	I 1311	44.1	578.2	1.51	382.9	6.0	0.66
I 7	I 1354	45.3	613.4	1.53	400.9	18.0	0.65
I 6	I 1401	40.6	568.8	-44.6	1.65	344.7	-56.2
I 5	I 1440	42.3	609.1	40.3	1.56	390.5	45.7
I 4	I 1472	46.0	677.1	68.0	1.47	460.6	70.2
I 3	I 1497	46.7	699.1	72.0	1.56	448.1	-12.5
I 2	I 1517	23.9	362.6	-336.5	1.17	309.9	-138.3
I 1	I 1527	20.7	316.1	-46.5	0.79	400.1	90.2

# MAXIMOS CORTANTES RESISTENTES

MARCO 1

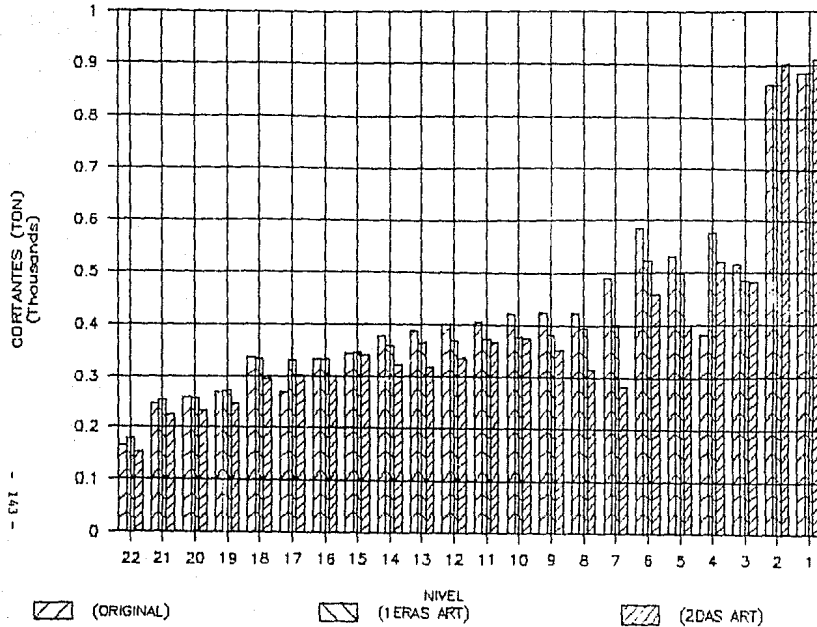


FIGURA 5/

# MAXIMOS CORTANTES RESISTENTES

MARCO 4

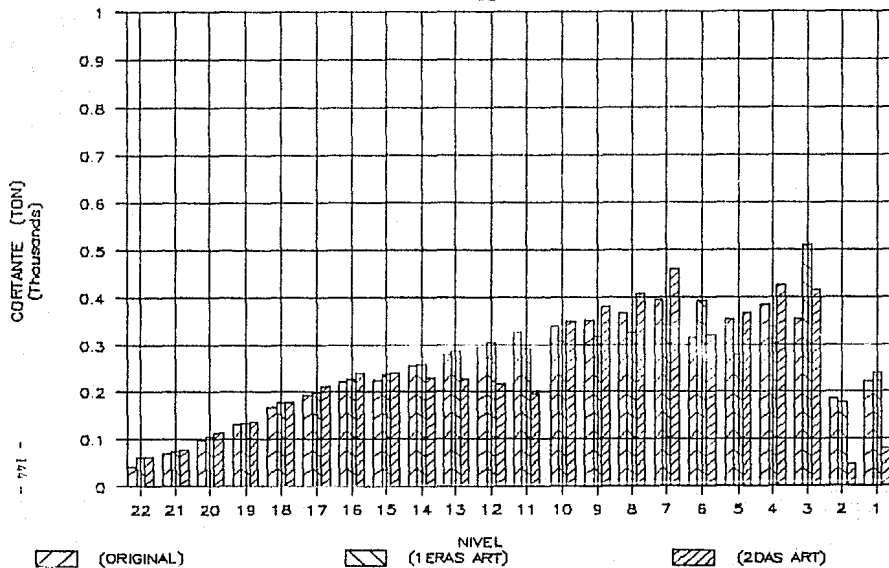


FIGURA 31

# PORCENTAJES RDF-87

MARCO 1

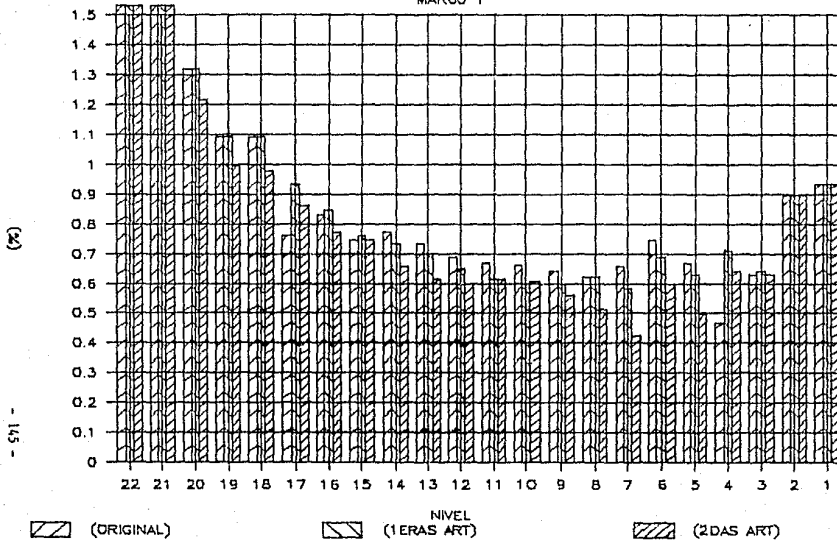
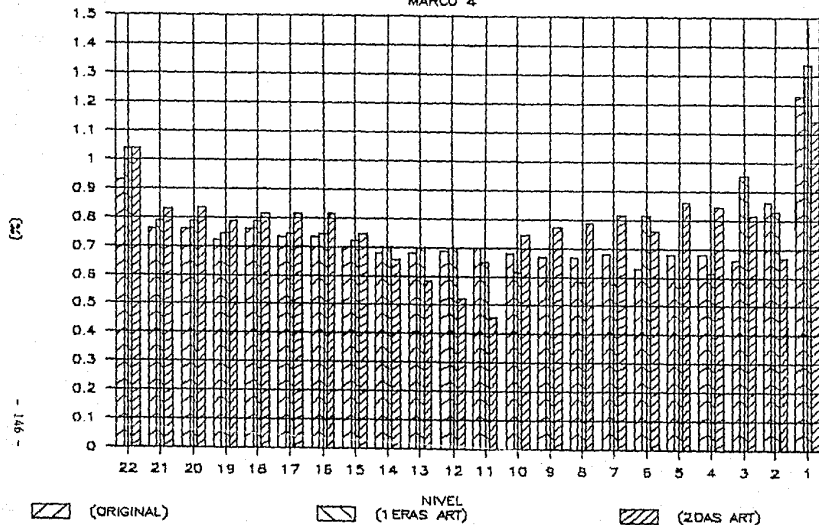


FIGURA 32

# PORCENTAJE RDF-87

MARCO 4



## 6) PROPUESTA DE SOLUCION

Existe una gran variedad de posibilidades para realizar los cambios estructurales que mejoren el comportamiento del edificio.

Se ha analizado la alternativa de "rigidizar" el marco 4 para lograr una distribución más uniforme de los esfuerzos debidos a sismo entre los marcos 1 y 4 ( la distribución ideal sería de 50% a cada uno de los marcos ).

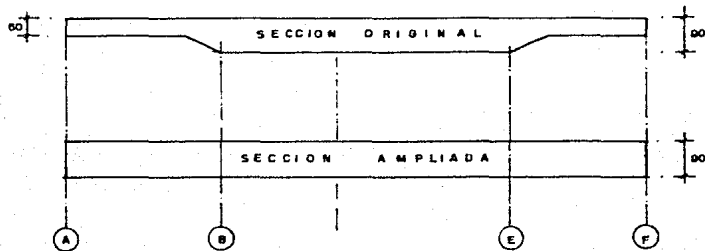
A pesar de que con esta solución no se logra un comportamiento igual en el intervalo inelástico de los marcos 1 y 4, se pretende que la pérdida de rigidez y resistencia debido a la posible formación de articulaciones plásticas en los marcos sea muy similar.

La opción analizada es factible de realizarse en obra, se trata de aumentar la sección de las trabes del marco 4 entre los ejes A y B y E y F, ( trabe originalmente con sección acartelada ) y aumentar la sección de una de las columnas colocadas al extremo del muro ( marcada como columna tipo A ).

Los cambios antes propuestos se pueden apreciar en las figuras 34 y 35.

FIGURA - 34  
 (RIGIDIZACION MARCO 4)

AMPLIACION TRABE



AMPLIACION COLUMNA

(DE SECCION TIPO "A" A SECCION TIPO "B" SEGUN TABLA I)

SECCION ORIGINAL



MURO

SECCION AMPLIADA

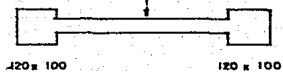
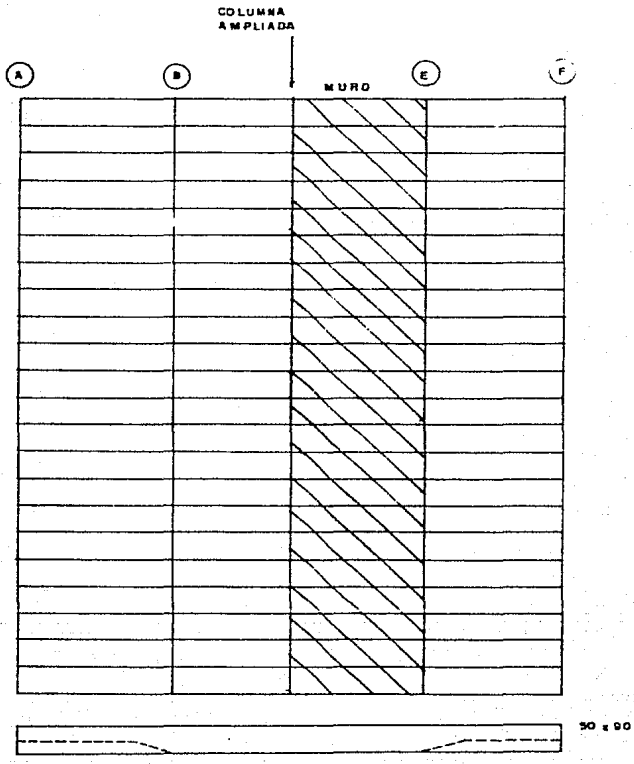


FIGURA - 35  
MARCO EJE 4  
(RIGIDIZADO)





Utilizando nuevamente el método de Khan y Sabarounis se cálculo la nueva rigidez para el marco 4 ya con las secciones ampliadas, estos resultados se pueden ver en la tabla 40. La rigidez aumento desde un 13% en el nivel 1 hasta un 55% en el nivel 11. ( Datos de la última columna ).

También variaron las rigideces de los demás marcos al aplicar el método de Khan y Sbarounis, sin embargo la variación fue minima por lo cual para los calculos subsecuentes se seguiran tomando como válidas las rigideces calculdas originalmete para todos los marcos excepto el 4.

Es importante señalar que esta propuesta de solución se limita a proponer nuevas secciones para uno de los marcos y analizar el comportamiento general de la estructura ante este cambio de rigidez.

De igual forma se estudiaría el refuerzo necesario tanto en las trabes y columnas del marco como en la cimentación del edificio. Pero se puede concluir que no existiría problema alguno para llevar a cabo la rigidización que aqui se propone.

## ( T A B L A 40 )

## RIGIDECES MARCO 4

INIVEL	I	OR	I	1	I	2	I	3	I	MOD	(4)	I
I 22	I	1	I	1	I	1	I	1	I	1	1.00	I
I 21	I	29	I	29	I	29	I	24	I	44	1.52	I
I 20	I	109	I	109	I	108	I	95	I	168	1.54	I
I 19	I	126	I	126	I	119	I	107	I	193	1.53	I
I 18	I	172	I	172	I	169	I	146	I	265	1.54	I
I 17	I	224	I	224	I	215	I	191	I	346	1.54	I
I 16	I	275	I	275	I	268	I	232	I	424	1.54	I
I 15	I	283	I	283	I	274	I	233	I	436	1.54	I
I 14	I	290	I	290	I	290	I	235	I	446	1.54	I
I 13	I	333	I	333	I	324	I	268	I	514	1.54	I
I 12	I	385	I	385	I	369	I	311	I	593	1.54	I
I 11	I	414	I	414	I	390	I	331	I	643	1.55	I
I 10	I	461	I	461	I	504	I	490	I	694	1.51	I
I 9	I	521	I	521	I	547	I	534	I	802	1.54	I
I 8	I	609	I	609	I	557	I	547	I	936	1.54	I
I 7	I	984	I	984	I	922	I	861	I	1357	1.38	I
I 6	I	1122	I	1122	I	1016	I	953	I	1430	1.27	I
I 5	I	1368	I	1368	I	1239	I	1148	I	1570	1.15	I
I 4	I	1621	I	1621	I	1456	I	1266	I	1817	1.12	I
I 3	I	1805	I	1805	I	1712	I	1578	I	2022	1.12	I
I 2	I	1912	I	1912	I	1750	I	1609	I	2142	1.12	I
I 1	I	1950	I	1950	I	2098	I	2058	I	2196	1.13	I

Para complementar esta propuesta de solución se analizó la torsión del edificio tomando en cuenta la rigidización del marco 4.

Las hojas de resultados se presentan a continuación y en la tabla 41 un resumen de estos, donde se puede apreciar que se ha logrado prácticamente igualar los porcentajes de la fuerza sísmica que tomarían los marcos 1 y 4, excepto en los dos niveles superiores e inferiores.

El siguiente paso sería volver a analizar los marcos 1 y 4 y calcular las articulaciones plásticas que se formarían para poder asegurar que la solución propuesta es satisfactoria. Este análisis se deja como una posibilidad para ampliar este trabajo mediante el método que aquí se ha propuesto.

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 1 (EJE 1)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 59.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 52.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 44.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 44.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 43.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 43.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 43.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 43.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 14.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 44.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 44.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 44.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 44.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 44.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 44.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 45.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 49.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 48.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 48.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 48.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 57.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 50.7 (TON)

MARCO HORIZONTAL 2 (EJE 2)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 26.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 17.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 12.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 13.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 12.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 11.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 10.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 11.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 11.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 11.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 10.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 10.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 10.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 9.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 9.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 8.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 8.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 7.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 7.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 8.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 5.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 9.2 (TON)

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 3 (EJE 3)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 43.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 22.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 13.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 14.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 13.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 11.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 10.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 11.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 12.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 11.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 10.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 10.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 10.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 9.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 8.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 8.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 7.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 6.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 6.4 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 5.3 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 3.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 7.1 (TON)

MARCO HORIZONTAL 4 (EJE 4)

RESULTADOS EN EL PISO 22 : 1.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 21 : 20.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 20 : 38.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 19 : 36.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 18 : 39.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 17 : 43.1 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 16 : 45.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 15 : 42.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 14 : 41.7 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 13 : 43.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 12 : 45.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 11 : 44.8 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 10 : 45.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 9 : 47.5 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 8 : 49.6 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 7 : 49.0 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 6 : 46.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 5 : 46.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 4 : 49.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 3 : 48.9 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 2 : 27.2 (TON)

RESULTADOS EN EL PISO 1 : 21.5 (TON)

=====

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE TORSION

=====

-----

MARCOS HORIZONTALES

-----

MARCO HORIZONTAL 5 (EJE 5)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	2.9 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	3.3 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	3.1 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	3.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	2.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	3.4 (TON)

MARCO HORIZONTAL 6 (EJE 6)

RESULTADOS EN EL PISO 22 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 21 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 20 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 19 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 18 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 17 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 16 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 15 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 14 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 13 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 12 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 11 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 10 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 9 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 8 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 7 :	0.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 6 :	3.2 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 5 :	3.8 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 4 :	3.7 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 3 :	7.0 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 2 :	11.5 (TON)
RESULTADOS EN EL PISO 1 :	30.8 (TON)

( T A B L A 41 )

RESULTADOS ANALISIS DE TORSION  
 CON MARCO 4 MODIFICADO  
 =====

SENTIDO "XX"

NIVEL	MARCO	1	2	3	4	5	6	TOTAL
22	59.2	26.7	43.7	1.9	0.0	0.0	0.0	131.5
21	52.8	17.8	22.9	20.1	0.0	0.0	0.0	113.6
20	44.5	12.5	13.2	38.8	0.0	0.0	0.0	109.0
19	44.7	13.4	14.4	36.6	0.0	0.0	0.0	109.1
18	43.7	12.7	13.1	39.5	0.0	0.0	0.0	109.0
17	43.6	11.7	11.6	43.1	0.0	0.0	0.0	110.0
16	43.6	10.8	10.3	45.9	0.0	0.0	0.0	110.6
15	43.7	11.7	11.7	42.7	0.0	0.0	0.0	109.8
14	44.0	11.8	12.0	41.7	0.0	0.0	0.0	109.5
13	44.1	11.2	11.1	43.6	0.0	0.0	0.0	110.0
12	44.2	10.6	10.2	45.6	0.0	0.0	0.0	110.6
11	44.3	10.7	10.5	44.8	0.0	0.0	0.0	110.3
10	44.3	10.4	10.1	45.6	0.0	0.0	0.0	110.4
9	44.2	9.9	9.3	47.5	0.0	0.0	0.0	110.9
8	44.2	9.3	8.5	49.6	0.0	0.0	0.0	111.6
7	45.7	8.8	8.3	49.0	0.0	0.0	0.0	111.8
6	49.2	8.2	7.2	46.9	2.9	3.2	3.2	117.6
5	48.7	7.8	6.8	46.9	3.2	3.3	3.3	117.3
4	48.1	7.8	6.4	49.2	3.1	3.7	3.7	118.3
3	48.2	8.3	6.3	48.9	3.0	7.0	7.0	121.7
2	57.5	5.4	3.9	27.6	2.0	31.5	31.5	128.1
1	50.7	9.3	7.1	21.5	3.4	30.8	30.8	122.8
	47.0	11.2	11.8	39.9	3.0	13.3	13.3	126.1

BIBLIOGRAFIA

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL  
GACETA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
México, D.F. Julio de 1987

7 NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCION  
PARA EL DISTRITO FEDERAL  
Centro de Actualización Profesional (CICM)  
México, D.F. 1988

Enrique Bazán Zurita y Roberto Meli Piralla  
MANUAL DE DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS  
México, D.F. Enero de 1987

Roberto Meli Piralla  
DISEÑO ESTRUCTURAL  
México, D.F. Febrero de 1987

R. Park y T. Paulay  
ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO  
México, D.F. Febrero de 1986

C. Arnold y R. Reitherman  
MANUAL DE DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS  
México, D.F. 1989

O. Gonzalez Cuevas y F. Robles  
ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO  
México, D.F. Agosto de 1985



MANUAL PARA LA ESTRUCTURACION DE EDIFICIOS  
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL  
México, D.F. 1988

Columbia Data Products Inc  
BASICA 2.0  
Columbia, MD. 1984

DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO  
Series del Instituto de Ingenieria No. 401  
Mexico, D.F. Julio de 1977

BASES EN LAS QUE SE APOYAN LAS NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS  
SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA SISMICA  
México, D.F. Mayo de 1988