

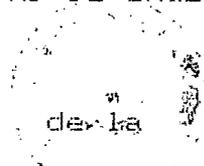
EVALUACION SIMPLIFICADA DE EDIFICIOS DE CONCRETO

CURVAS DE CORRECCION

HUGON JUAREZ GARCIA

Trabajo presentado a la División de Estudios de Posgrado de la

FACULTAD DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Como requisito para obtener el grado de

MAESTRIA EN INGENIERIA

(ESTRUCTURAS)

CIUDAD UNIVERSITARIA

México D.F. a 14 de Noviembre de 1990.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



DEPFI

T. UNAM
1 9 9 0
JUA



DEPFI

RESUMEN

Después de los sismos de septiembre de 1985 que afectaron a la Ciudad de México, en la Universidad Autónoma Metropolitana se desarrolló un método simplificado para la evaluación de la resistencia sísmica de edificios de concreto de mediana altura, que fué usado para elaborar la zonificación sísmica de la ciudad y para la evaluación generalizada de la capacidad sísmica de edificios de concreto. El método simplificado supone un comportamiento de cortante en los edificios, por lo que no resulta aplicable en aquellos que presenten rotaciones importantes en los nudos o acortamiento significativo en las columnas. Tampoco proporciona información sobre los desplazamientos, ni sobre el periodo natural de las estructuras, como sería necesario para poder evaluar el comportamiento total de un inmueble sujeto a sismo.

En este trabajo se estudia la posibilidad de complementar el método simplificado para que permita calcular las rigideces de entrepiso para obtener los desplazamientos y el periodo de estructuras de concreto existentes, típicas de la Ciudad de México. Se presentan además curvas de corrección de los periodos, desplazamientos y resistencias que se calculen con los métodos simplificados propuestos, con el propósito de permitir que tales métodos aproximados puedan utilizarse para la evaluación de las estructuras cuyas características no sean de cortante exclusivamente, como podrían ser las estructuras que presentan rotación significativa de sus nudos o acortamientos importantes en las columnas, tal como sucede en los edificios con comportamiento de flexión.

INDICE

	Pág.
INDICE	1
INTRODUCCION	2
EVALUACION SIMPLIFICADA DE LA RESISTENCIA SISMICA	4
EVALUACION SIMPLIFICADA DE PERIODOS Y DESPLAZAMIENTOS	6
INDICE DE ROTACION	7
METODOLOGIA	9
ANALISIS	10
RESULTADOS	12
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
TABLAS Y FIGURAS	17
REFERENCIAS	28

INTRODUCCION

Después de los sismos que ocurrieron en la Ciudad de México en 1985, se reconoció la importancia de evaluar la capacidad sísmica de los edificios sobrevivientes, y de esta manera contar con la información necesaria para establecer planes de mitigación de los daños que pudieran sufrir las estructuras en futuros eventos sísmicos. Los recursos técnicos y humanos necesarios para realizar la evaluación detallada de un número tan grande de edificaciones eran excesivos, por lo que se buscó un método de evaluación simplificada que pudiera ser utilizado con los recursos disponibles.

Con base en las ideas originadas en otros países, como Japón entre otros (ref. 1), en la Universidad Autónoma Metropolitana se desarrolló un método de evaluación simplificada con la intención original de evaluar los edificios con daños graves, a fin de elaborar el mapa de intensidades del sismo del 19 de septiembre de 1985 de la Ciudad de México. Este método simplificado permite estimar la resistencia sísmica de las estructuras, con base en la hipótesis de falla en los elementos verticales de estructuras regulares de mediana altura y de concreto reforzado, (refs. 2 y 3). Considerando las limitaciones propias de los métodos simplificados fué posible evaluar una gran cantidad de edificios que resultaron dañados en 1985. Con esta información se procedió a realizar un mapa de intensidades del sismo del 19 de septiembre de 1985, que sirvió como base para proponer la zonificación sísmica de la Ciudad de México que se incluye en el actual Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, (ref. 4). Sin embargo, el método utilizado por la UAM tiene varias limitaciones, en primer

término, no puede ser usado en todo tipo de edificios ya que sólo resulta aplicable en estructuras con comportamiento de cortante, además, no proporciona información del periodo fundamental, ni de los desplazamientos que se presentan en las estructuras, como sería necesario para conocer el comportamiento global de las mismas. A fin de complementar el método de evaluación simplificada y evitar algunas de las limitaciones que se presentan al usarlo, en este trabajo se definen los siguientes objetivos:

El primero consiste en complementar el método de evaluación simplificada, revisando varias opciones para calcular, también de forma aproximada, las rigideces de entrepiso, a fin de proponer una de estas opciones para calcular periodos y desplazamientos de manera simplificada.

El segundo es aplicar estos métodos en marcos típicos de la Ciudad de México para analizar los resultados que se obtienen con ellos.

Finalmente, el tercer objetivo es proponer mecanismos de corrección de los resultados del método de evaluación simplificada para que pueda ser usado en estructuras cuyo comportamiento sea de flexión, es decir, estructuras regulares de concreto de todo tipo. Para lograr lo anterior, fué necesario revisar el estudio desarrollado por John A. Blume en 1968, (ref. 5). Las curvas de corrección de periodos, propuestas en dicho trabajo, sirvieron como idea base para desarrollar curvas de corrección para resistencias, periodos y desplazamientos obtenidos con los métodos simplificados para estructuras típicas de la Ciudad de México.

EVALUACION SIMPLIFICADA DE LA RESISTENCIA SISMICA

El método de evaluación simplificada de la capacidad sísmica de una estructura, en su concepción original, sólo permite evaluar la resistencia de inmuebles de concreto, regulares y de mediana altura. El método, en términos generales, considera los siguientes aspectos para calcular la resistencia:

En el estado límite de falla es posible establecer la relación de igualdad entre la cortante resistente de un entrepiso con la cortante asociada a las fuerzas sísmicas en ese mismo entrepiso, esta relación se expresa en la siguiente ecuación:

$$V_{rj} = V_{actj} \quad \text{entrepiso } j$$

donde:

V_{rj} , es la cortante resistente del entrepiso j . Se calcula multiplicando las áreas transversales de los elementos estructurales en dicho entrepiso por el esfuerzo cortante resistente promedio. Este esfuerzo promedio se obtuvo del análisis de estructuras típicas de la Ciudad de México, (ref. 2), considerando la posibilidad de falla por flexocompresión o por cortante en los elementos estructurales verticales.

V_{actj} , se calcula utilizando el método estático convencional.

$$V_{actj} = c/\theta \frac{W_{total \ j}}{\sum_{i=1} W_i h_i} \sum_{i=1} W_i h_i$$

donde:

W_i , es el peso del entrepiso i

h_i , es la altura del entrepiso i

W_{total} , es el peso total de la estructura

c/Q , es el cociente del coeficiente sísmico entre el factor de comportamiento sísmico.

Al establecer estas ecuaciones, y conociendo los datos del problema, es posible despejar el valor de c/Q relacionado a la falla del entrepiso. A este cociente se le denomina coeficiente de resistencia k . El coeficiente de resistencia se calcula para todos los entrepisos y finalmente se escoge el valor menor como aquel que define la resistencia de la estructura.

Además, el valor del coeficiente de resistencia k se corrige para tomar en cuenta la edad de la estructura, las irregularidades en planta y en elevación, los hundimientos y el golpeteo con las estructuras vecinas. La corrección se hace multiplicando por un factor de corrección S que se obtiene como el producto de cinco subfactores q , asociados a los conceptos antes mencionados:

$$S = q_1 q_2 q_3 q_4 q_5$$

donde q_1 , q_2 , q_3 , q_4 y q_5 son los parámetros correctivos, cuyo valor oscila entre 0.8 y 1.0, (tabla 1).

Con estos conceptos generales se desarrolló el método simplificado, y a pesar de sus limitaciones fué posible usarlo en cientos de edificios que resultaron dañados. Sin embargo, el comportamiento de un edificio no queda expresado totalmente al encontrar su coeficiente de resistencia, sino que también es necesario calcular sus características dinámicas como son el periodo fundamental y los desplazamientos relativos de entrepiso.

EVALUACION SIMPLIFICADA DE PERIODOS Y DESPLAZAMIENTOS

Para calcular el periodo fundamental y los desplazamientos de una estructura es necesario conocer las características de rigidez que ésta tenga. Los métodos simplificados tradicionales para el cálculo de rigideces de entrepiso suponen que las estructuras se van a deformar lateralmente siguiendo un comportamiento de cortante, esta misma hipótesis se utiliza en el método de Holzer o Newmark para calcular periodos. Por lo que no son aplicables a estructuras que tengan acortamientos significativos en las columnas o rotaciones importantes en los nudos.

En este trabajo se propone la consideración de doble empotramiento para el cálculo de la rigidez de entrepiso. A continuación se hace una descripción de este método:

Doble empotramiento. Este método sólo considera columnas doblemente empotradas, suponiendo la deformación del entrepiso por cortante ideal, de esta manera considera a las vigas infinitamente rígidas. Para calcular las rigideces de entrepiso se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Rigidez del entrepiso } j = \sum_{i=1}^{n \text{ col}} 12 E \left[I / L \right]^3$$

donde:

- I, momento de inercia de la columna i
- L, longitud de la columna i
- E, módulo de elasticidad de la columna i

Una vez que se conoce el valor de la rigidez de entrepiso es posible, utilizando el método de Holzer o Newmark, encontrar el valor del periodo fundamental de las estructuras y, al utilizar las fuerzas cortantes obtenidos con el método estático de análisis, también es posible calcular el desplazamiento relativo de los entrepisos de los edificios.

INDICE DE ROTACION

Para distinguir entre el comportamiento de flexión o de cortante de los marcos, John A. Blume (ref. 5), propone utilizar el índice de rotación de nudos (p), que es el cociente de las rigideces relativas de las vigas entre las de las columnas; este concepto se expresa en la ecuación siguiente:

$$p = \frac{\Sigma (I / L) \text{ vigas}}{\Sigma (I / L) \text{ columnas}}$$

donde:

p , es el índice de rotación propuesto en la referencia 5.

$\Sigma (I/L)$ vigas, es la suma de los cocientes de los momentos de inercia entre las longitudes de las vigas de un sólo entrepiso.

$\Sigma (I/L)$ columnas, es la suma de los cocientes de los momentos de inercia entre las longitudes de las columnas de un sólo entrepiso.

En el estudio presentado por Blume, se calcula el índice de rotación p para un sólo entrepiso, el que debe estar situado a la mitad de la altura de la estructura, y se considera representativo de la misma. Con este índice, que permite conocer hasta qué punto

un marco es de flexión o de cortante, se entra en una curva de corrección que se presenta en el mismo estudio (fig. 1). La lectura de esta curva permite corregir los periodos calculados utilizando métodos que consideren a los marcos como estructuras con comportamiento de cortante para calcular rigideces de entrepiso, y los métodos de Holzer o Newmark para calcular el periodo fundamental.

Las curvas de corrección que propone Blume se generan utilizando diferentes marcos de acero, con índices de rotación distintos, muchos de los cuales se modelaron teóricamente. Se calcularon para cada uno de estos marcos dos periodos fundamentales; el primero de ellos considerando solamente desplazamientos por cortante y métodos simplificados, y el segundo periodo utilizando métodos analíticos rigurosos. En la curva propuesta se grafica el valor del índice de rotación de cada marco contra el cociente del periodo "exacto" T_e entre el "aproximado" T_a . De esta manera, si se conoce el valor del índice de rotación p , y el periodo calculado con las suposiciones simplificadas T_a , utilizando la gráfica es posible obtener el valor T_e/T_a que multiplicado por T_a permite obtener una mejor aproximación para la estimación del periodo fundamental.

En este trabajo se utilizó esta misma idea para generar tres tipos de curvas correctivas; una para resistencias, otra para periodos y otra para desplazamientos, utilizando para ello estructuras de concreto típicas de la Ciudad de México. Se consideró también que el índice de rotación representativo de la estructura sería el promedio de los valores de los entrepisos.

METODOLOGIA

En este trabajo se utilizaron cuatro marcos distintos. Dos de ellos corresponden a edificios reales de la Ciudad de México, que sufrieron daños estructurales durante los sismos de 1985, representativos de casos extremos de los tipos de falla que se presentaron. El marco 1 representa el comportamiento de flexión de una estructura, y el marco 2 representa el comportamiento de cortante. Estas diferencias se usaron para poder generar curvas de dos marcos con características extremas de comportamiento y configuración.

A fin de considerar también el conjunto de la población de edificios; se utilizaron dos marcos adicionales, los cuales se escogieron haciendo un promedio de secciones transversales de los elementos estructurales, de claros, alturas de entrepiso y masas, para marcos de entre 10 y 12 niveles por una parte (marco 3), y para marcos de entre 4 y 6 niveles por otra (marco 4). Así se generaron los marcos que en este trabajo se denominan marcos típicos, utilizando los datos del archivo de la UAM para edificios de entre 4 y 12 niveles.

A continuación se presentan los datos geométricos de los marcos considerados.

Marco 1.- Es un marco de 12 niveles. Forma parte de una estructura cuyo sistema de piso es de losa reticular. La relación altura-ancho del marco es $H/B = 16/11.8 = 3.00$ y el índice de rotación promedio es $p = 0.282$ (figura 2).

Marco 2.- Es un marco de cinco niveles de vigas y columnas.

La relación de altura-ancho es $H/B = 13/17.70 = 0.8$ y el valor promedio del índice de rotación del marco es $p = 0.385$ (figura 3).

Marco 3.- Es un marco de 12 niveles de vigas y columnas. Su relación altura-ancho es $H/B = 37/24 = 1.54$ y el índice de rotación promedio es $p = 0.112$ (figura 4).

Marco 4.- Es un marco de seis niveles de vigas y columnas. La relación altura-ancho del marco es $H/B = 18.50/18 = 1.0$ y el índice de rotación promedio es $p = 0.31$ (figura 5).

ANALISIS

El proceso para la generación de las curvas de corrección y el análisis de los cuatro marcos se describe, en forma general, a continuación:

De acuerdo con la idea de Blume, las curvas de corrección se calculan relacionando el índice de rotación con el cociente del valor "exacto" entre el "aproximado", para cada uno de los parámetros en estudio: resistencia, periodo y desplazamiento. Así, para cada índice de rotación representativo de un marco, será necesario calcular los valores aproximados de resistencia k_{mes} , periodos T_{mes} y desplazamientos d_{mes} con los métodos simplificados, además de los valores exactos de resistencia k , periodo T y desplazamientos d con métodos convencionales. Los cocientes de estos valores definirán un punto en la curva de corrección correspondiente. Después, tomando como base los marcos originales, se modificará el valor del índice de rotación de cada uno, variando la inercia de las vigas y manteniendo constante su porcentaje de refuerzo, para así generar más puntos de las curvas.

Para cada marco se calcula primero el índice de rotación promedio (ρ), que como ya se dijo, en este trabajo se considera que el índice de rotación representativo.

Para poder calcular la resistencia del marco con métodos exactos, se obtiene primero la resistencia de los elementos estructurales del marco. El reglamento que se utilizó para hacer este cálculo fue el RDF-87 (ref. 7), usando factores de reducción y especificaciones correspondientes a un factor de comportamiento sísmico de $Q = 2$, lo que para fines de estimar la resistencia coincide bastante con las disposiciones de diseño comúnmente usadas para estructuras anteriores a 1985; es decir, utilizando el RDF-76 (ref. 8). El proceso de análisis para obtener, en forma exacta, el periodo fundamental T , el desplazamiento relativo máximo d y el índice de resistencia k , se hizo con base en el programa Super-Etabs (ref. 9), trabajando iterativamente. Primero, se elige un coeficiente de resistencia ($K=c/Q$) para iniciar un análisis estático y se verifica si las fuerzas calculadas con este parámetro son las que originan la falla del marco. Si no es así, se itera hasta encontrar el valor de k que ocasiona la falla. Una vez que se conoce el valor del coeficiente de resistencia asociado a la falla ($K=c/Q$), se determina el mayor valor del desplazamiento relativo de entrepiso d , y el periodo fundamental T .

Los valores simplificados de la resistencia, el periodo y los desplazamientos se obtienen con los métodos mencionados en los títulos anteriores. Para calcular las rigideces de entrepiso del marco, se utilizó la consideración de doble empotramiento.

Con los datos obtenidos anteriormente se calculan los cocientes T/T_{mes} , k/k_{mes} , d/d_{mes} , y con el índice de rotación promedio (p), se determinan los puntos de las gráficas de corrección de resistencias, periodos y desplazamientos.

En este trabajo se estudia la influencia del parámetro p en la relación entre los métodos exactos y los simplificados, para este fin, con los marcos antes descritos como punto de partida, se procede a modificar las secciones de sus vigas para encontrar varios puntos correspondientes a distintos valores del índice de rotación p . De la definición del índice de rotación (p), se puede apreciar que su valor se modifica si se varían las inercias de las vigas, en este caso, los valores simplificados T_{mes} , k_{mes} y d_{mes} , que sólo consideran comportamiento de cortante, no se alteran porque las modificaciones sólo involucran a las vigas, pero los valores exactos T , k y d sí cambian. En este trabajo se optó por modificar la inercia de las vigas manteniendo constante la proporción de sus secciones y su porcentaje de refuerzo, y de esta forma se obtuvieron los siguientes valores del índice de rotación: 0.10, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 1.50, con los cuales fué posible obtener varios puntos para construir las curvas de corrección.

RESULTADOS

Los resultados que se calcularon utilizando los procedimientos anteriores, dan origen a las gráficas correctivas de las resistencias, los periodos y los desplazamientos que se presentan en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6.

La solución de doble empotramiento se seleccionó para calcular las rigideces de entrepiso, a fin de obtener los desplazamientos y

el periodo fundamental de las estructuras de manera simplificada. Aunque los valores de las rigideces pueden estar sobrevaluadas con la propuesta de doble empotramiento, ésta presenta la ventaja de usar únicamente las columnas para el cálculo de las rigideces de entrepiso. Para evaluar estructuras reales, en ocasiones es difícil obtener datos de las dimensiones de los elementos estructurales, sobre todo en el caso de las vigas en que puede dificultarse demasiado. Esta opción propone encontrar la rigidez de entrepiso tomando en cuenta sólo las columnas, considerando de esta forma, al igual que en el estudio desarrollado por Blume, que las vigas son infinitamente rígidas.

En este trabajo se presentan tres tipos de gráficas, originadas por los resultados anteriores, y en las cuales se observan algunos aspectos importantes:

Las figuras 7 y 9, que representan los resultados de los marcos 2 y 4, tienen una clara tendencia a definir marcos de cortante. Los índices de rotación reales de estos dos marcos fueron los mayores, son marcos de 5 y 6 niveles respectivamente y con relación de altura-ancho muy similares. Las curvas de resistencia, de periodos y de desplazamientos presentan valores de corrección pequeños para un amplio rango de valores del índice de rotación p . Por el contrario, las figuras 6 y 8, que representan a los marcos 1 y 3, definen, por sus características de esbeltez y sus índices de rotación, a marcos de flexión. En las gráficas de estos dos marcos se aprecian diferencias importantes tanto en periodos como en desplazamientos prácticamente para todos los valores de p . Estos dos marcos son los que presentan los menores

valores del índice de rotación, y los mayores valores de la relación altura-ancho, y aún entre estos existen marcadas diferencias en el comportamiento, ya que como puede apreciarse, la mayor relación altura-ancho del marco 3 da lugar a las curvas correctivas mayores.

El índice de rotación que define el comportamiento entre cortante y flexión es $p = 0.3$, aproximadamente. El intervalo del índice de rotación en las estructuras reales oscila entre 0.11 y 0.70. Este rango fué el observado en los marcos que se analizaron en este trabajo.

Por otra parte, al observar las gráficas de desplazamientos (figura 12), se advierte un cambio en el comportamiento de las curvas en valores de $p = 0.3$. Esto ocurre cuando el marco presenta un comportamiento de flexión, la falla asociada ocasiona desplazamientos menores que aquellos que se presentan cuando el marco se comporta como una estructura de cortante, y por lo tanto los valores de los cocientes d/d_{mes} son menores cuando el índice de rotación es menor de 0.3.

Las figuras 10, 11 y 12 se generaron condensando los resultados de desplazamientos, resistencias y periodos en tres gráficas distintas, a fin de observar las diferencias en estos resultados entre cada uno de los marcos analizados.

En la gráfica de resistencia, figura 10, se observa que las curvas correctivas son muy parecidas para los marcos 1, 2 y 4, mientras la curva definida por el marco 3 se aparta un poco hacia la derecha.

En la gráfica de periodos, figura 11, se observa que la curva de los marcos 1 y 2, elegidos por sus características extremas, definen límites extremos dentro de los cuales se ubican los resultados de los marcos típicos 3 y 4. La curva del extremo izquierdo es la de menor relación altura-ancho, y la del extremo derecho es la de mayor relación altura-ancho, lo que hace evidente la influencia de la relación de esbeltez de la estructura en la definición de su comportamiento.

En la gráfica de desplazamientos, figura 12, se observa una gran dispersión en los resultados. En desplazamientos es en donde mayor diferencia se aprecia entre las curvas.

En las figuras 13, 14 y 15 se grafican las envolventes de la izquierda y de la derecha, de las curvas de las figuras 10, 11 y 12, así como el promedio de estas curvas envolventes. En este trabajo se propone que para el cálculo aproximado de resistencias y periodos se sugiere que se utilicen las curvas promedio, ya que estas proporcionan valores con porcentajes de error aceptables. En los desplazamientos, se sugiere que se utilice la curva promedio para estimar los desplazamientos, y las curvas extremas para acotar los errores en el cálculo aproximado de los desplazamientos. En la figura 14, correspondiente a los periodos, podemos apreciar que los resultados obtenidos en este trabajo y la curva de corrección de Blume son muy similares.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos, y con las reservas del caso por el número tan limitado de estructuras analizadas, se presentan las siguientes recomendaciones y conclusiones:

En la figura 13 se observa que el rango de error, respecto a las envolventes consideradas si se utiliza para corregir la curva promedio, resulta menor a 15 % lo que permite proponer esta gráfica como alternativa para complementar el método simplificado utilizado. Algo similar ocurre con los periodos, donde se observan errores hasta de un 40 % (figura 14). Para desplazamientos en cambio, aunque se pueda pensar en utilizar las curvas, se observan errores considerables, superiores al 100 %, por lo que se sugiere utilizar las curvas extremas para estimar posibles errores en el cálculo (figura 15).

Una conclusión importante es, que la relación altura-ancho influye, al igual que el índice de rotación, en el comportamiento de los marcos. El trabajo define rangos extremos de comportamiento, los que al no considerar los efectos de la relación altura-ancho, resultan muy grandes. De los resultados obtenidos en este trabajo se reconoce la importancia de considerar a la relación altura-ancho como parte de los parámetros que definen el comportamiento de las estructuras. Las curvas presentadas en este estudio tienen limitaciones, en primer término los marcos analizados fueron muy pocos, por lo que se sugiere analizar mas estructuras, además se sugiere estudiar la relación entre los índices de rotación con las resistencias, los periodos y los desplazamientos, para diferentes rangos de la relación altura-ancho de los marcos, a fin de verificar cómo afectarían estos resultados a las curvas presentadas en este trabajo.

Tabla_1. Factores correctivos.

Concepto	qi		
	0.80	0.90	1.0
I Estructuración en planta, q1	e/B > 20% DA > 30%	10% < e/B < 20% 10% < DA < 30% L/l > 3	e/B < 10% DA < 10% L/l < 3
II Estructuración en elevación, q2	DA > 30%	10% < DA < 30% PB flexible	DA < 10%
III Cimentación, q3	d > 2% h > 40 hD/l > .008	1% < d < 2% 20 < h < 40 .004 < hD/l < .008	d < 1% h < 20 hD/l < .004
IV Choque con colindancias, q4	Daño grave	Daño fuerte	Daño ligero
V Deterioro; q5	> 30 años Reparación menor previa	10 a 30 años Reparación mayor previa	< 10 años Sin daño previo

- I e/B es la relación entre la excentricidad y la dimensión de la planta en dirección de la excentricidad.
DA es el área de entrantes o salientes como % del total.
L/l es la relación de lado largo a corto.
- II DA representa los cambios en % del área de la planta o del área de elementos estructurales (columnas y muros).
- III d es la pendiente del desplome.
h es el hundimiento en cm.
hD/l es el hundimiento diferencial entre columnas vecinas
- IV El criterio de clasificación del daño asociado al choque es el de la tabla 3.
- V Reparación mayor es la que pretende la rigidización y re-estructuración del edificio original.

Tabla 2. Resultados. Marco 1.
Relaciones "exactas" entre
"aproximadas".

							Dob.Em.
P	k	d	T	k/k	T/T	d/d	
0.100	0.050	1.32	2.289	0.36	2.86	2.70	
0.282	0.118	1.49	1.585	0.85	1.98	3.05	
0.500	0.120	1.08	1.342	0.85	1.68	2.21	
0.750	0.125	0.94	1.216	0.89	1.52	1.92	
1.000	0.130	0.88	1.146	0.93	1.43	1.80	
1.500	0.140	0.82	1.068	1.00	1.34	1.68	
2.000	0.150	0.81	1.025	1.07	1.28	1.66	
∞	0.160	0.62	0.861	1.14	1.08	1.27	

Tabla 3. Resultados. Marco 2.
Relaciones "exactas" entre
"aproximadas".

							Dob.Em.
P	k	d	T	k/k	T/T	d/d	
0.100	0.020	0.420	1.065	0.09	1.78	0.60	
0.250	0.110	1.240	0.770	0.52	1.28	1.77	
0.385	0.170	1.420	0.664	0.80	1.11	2.03	
0.500	0.180	1.260	0.609	0.85	1.02	1.80	
0.750	0.190	1.010	0.540	0.90	0.90	1.44	
1.000	0.200	0.880	0.498	0.94	0.83	1.26	
1.500	0.210	0.750	0.452	0.99	0.75	1.07	
2.000	0.220	0.674	0.426	1.04	0.71	0.96	
∞	0.250	0.600	0.384	1.18	0.64	0.86	

Tabla 4. Resultados. Marco 3.
Relaciones "exactas" entre
"aproximadas".

(p)	k	d	T	k/k	Dob. Em.	
					T/T	d/d
0.112	0.07	0.671	1.455	0.407	2.580	4.802
0.250	0.15	0.746	1.075	0.872	1.906	5.000
0.500	0.18	0.531	0.854	1.047	1.514	3.800
0.750	0.18	0.406	0.763	1.047	1.353	2.906
1.000	0.18	0.344	0.712	1.047	1.262	2.462
1.500	0.18	0.281	0.656	1.047	1.163	2.011
2.000	0.18	0.250	0.626	1.047	1.110	1.790

Tabla 5. Resultados. Marco 4.
Relaciones "exactas" entre
"aproximadas".

(p)	k	d	T	k/k	Dob. Em.	
					T/T	d/d
0.100	0.030	0.470	1.351	0.199	2.345	1.320
0.250	0.110	0.857	0.969	0.731	1.682	2.421
0.310	0.130	0.870	0.902	0.864	1.566	2.458
0.500	0.132	0.634	0.776	0.877	1.347	1.791
0.750	0.135	0.507	0.693	0.897	1.203	1.432
1.000	0.137	0.446	0.646	0.910	1.122	1.243
1.500	0.138	0.369	0.595	0.917	1.033	1.042
2.000	0.140	0.350	0.567	0.930	0.984	0.989

Tabla 6. Valores de kmes, Tmes y dmes de cada marco.

	Marco 1	Marco 2	Marco 3	Marco 4
kmes	0.1404	0.2121	0.1720	0.1505
Tmes	0.8000	0.6000	0.5640	0.5760
dmes	0.4880	0.7000	0.1397	0.3540



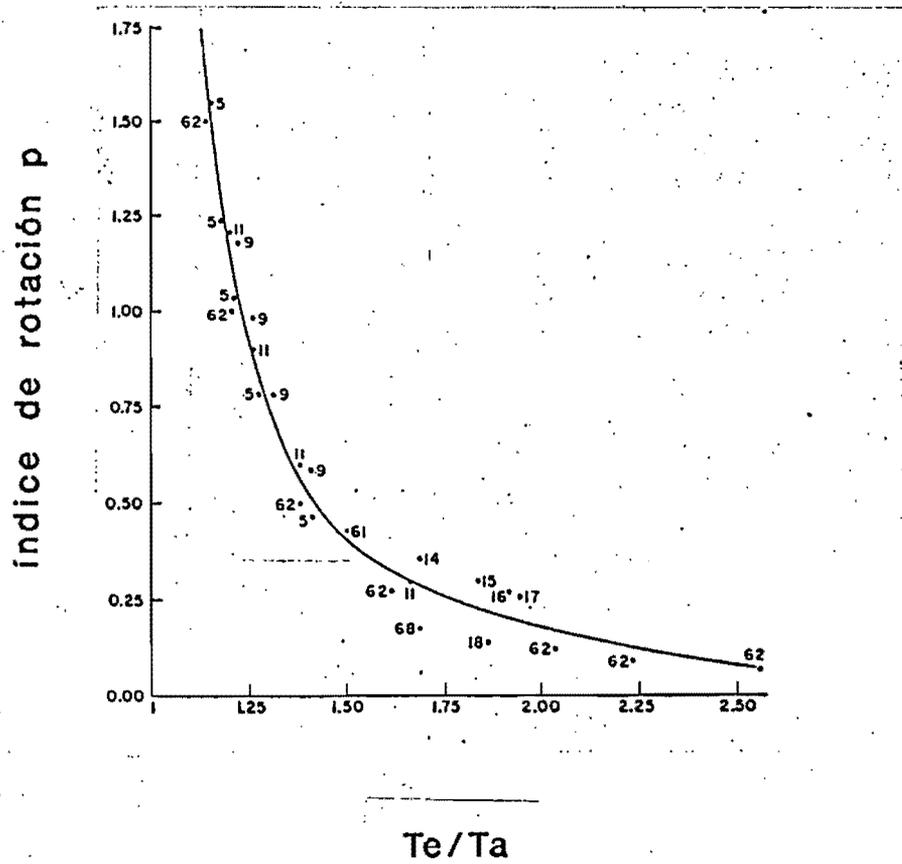
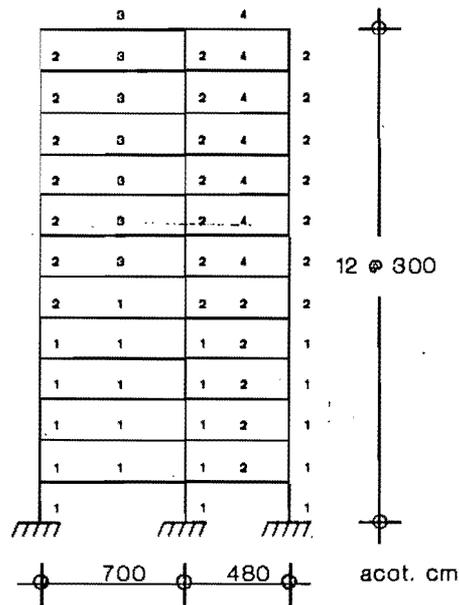
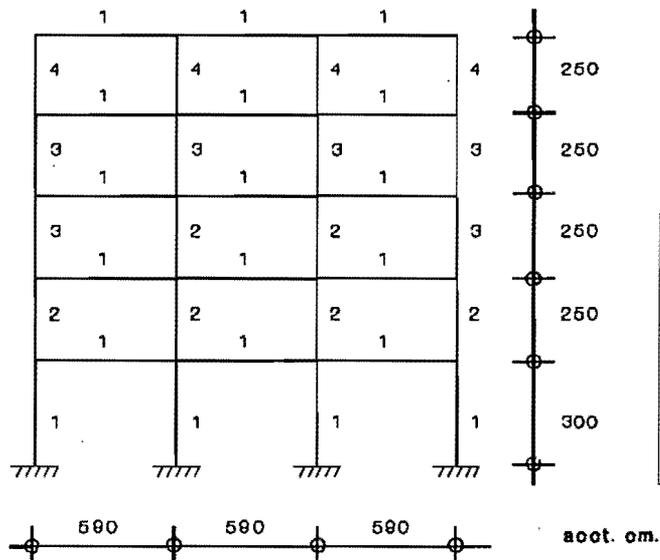


Figura 1. Curva de corrección. Referencia 5.



Inercia cm ⁴		
tipo	vigas	columnas
1	490000	720000
2	530000	485000
3	430000	--
4	470000	--

Figura 2. Marco 1. Propiedades geométricas.



Inercia cm ⁴		
tipo	vigas	columnas
1	208838	841718
2	--	218888
3	--	125882
4	--	87500

Figura 3. Marco 2. Propiedades geométricas.

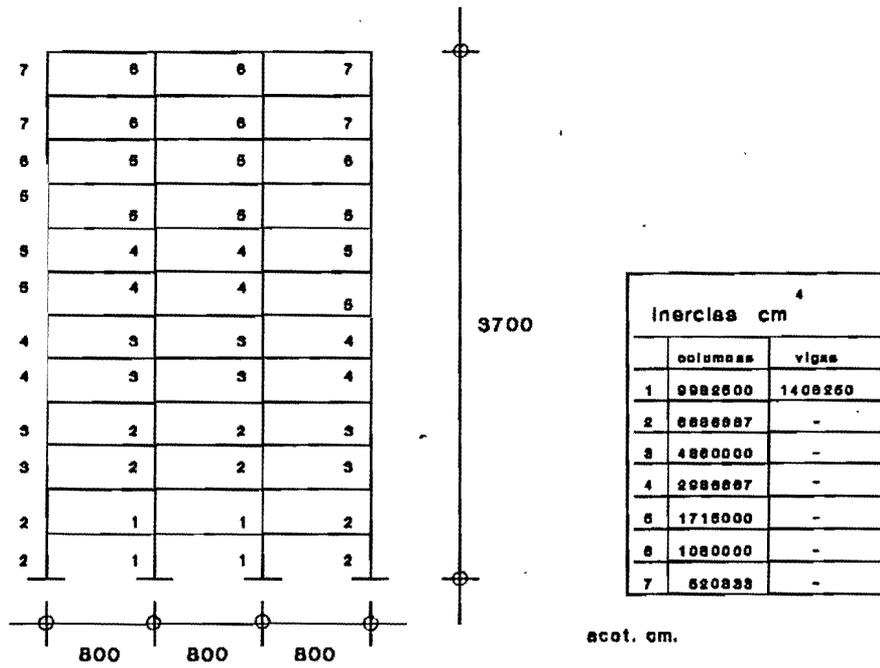


Figura 4. Marco 3. Propiedades geométricas.

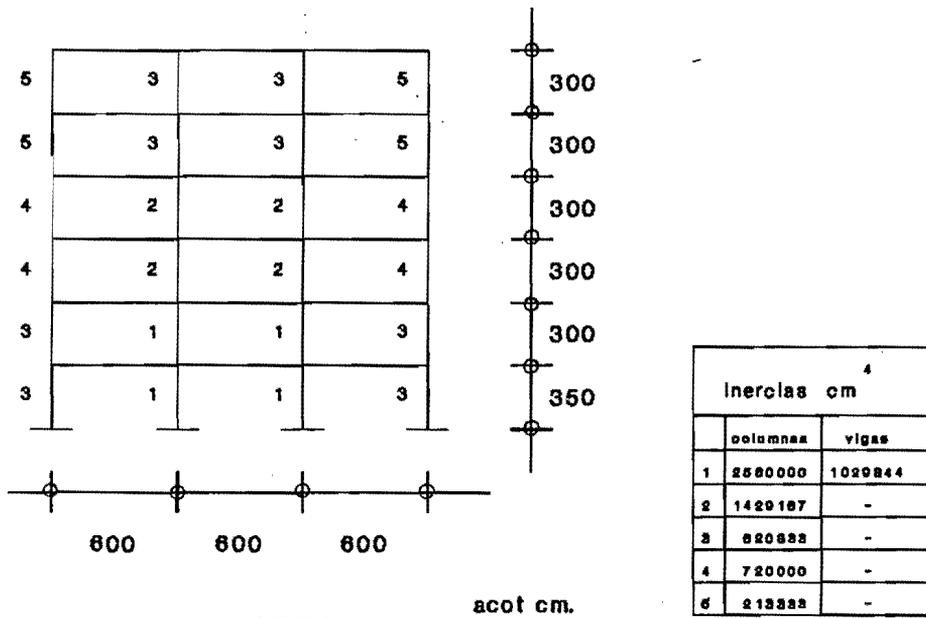


Figura 5. Marco 4. Propiedades geométricas.

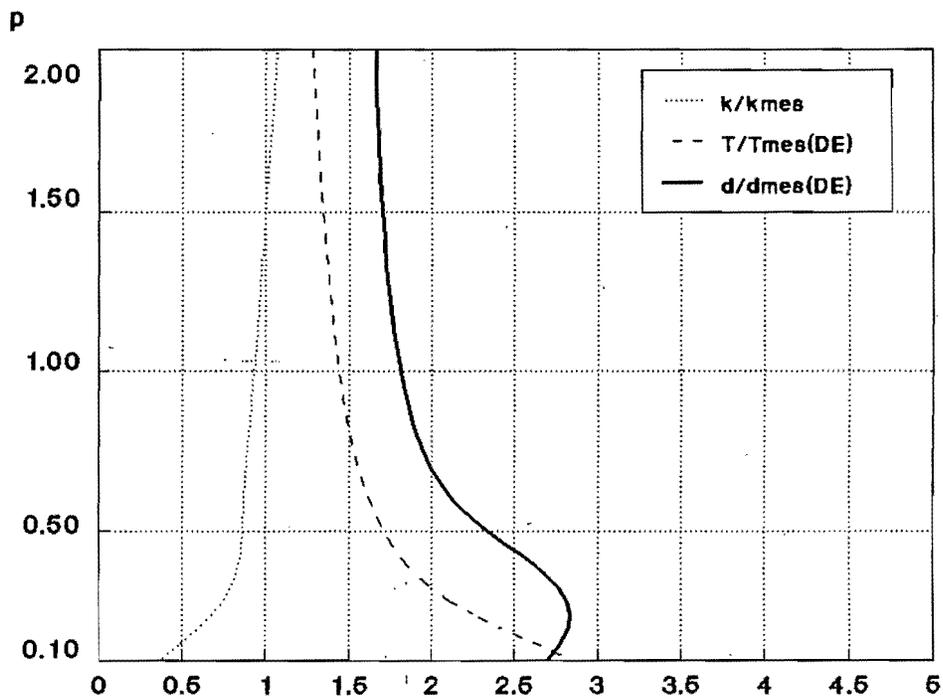


Figura 6. Marco 1

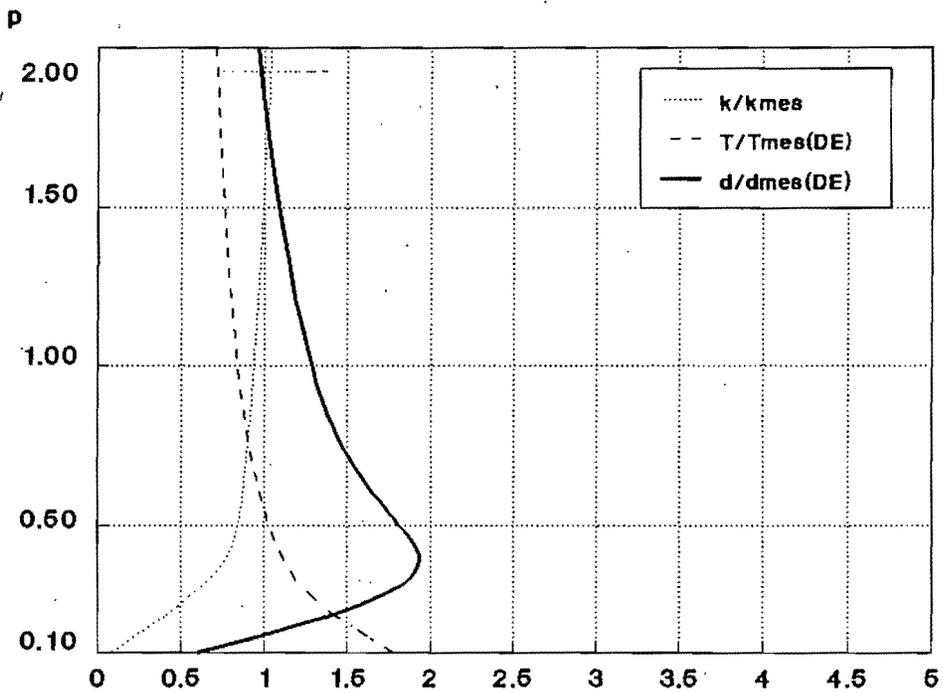


Figura 7. Marco 2

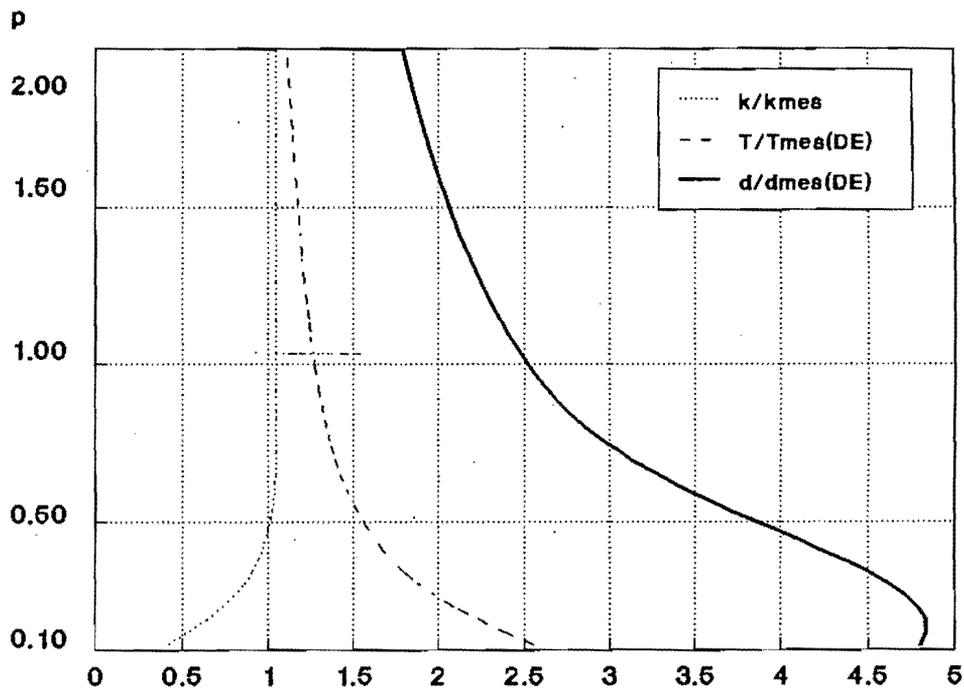


Figura 8. Marco 3

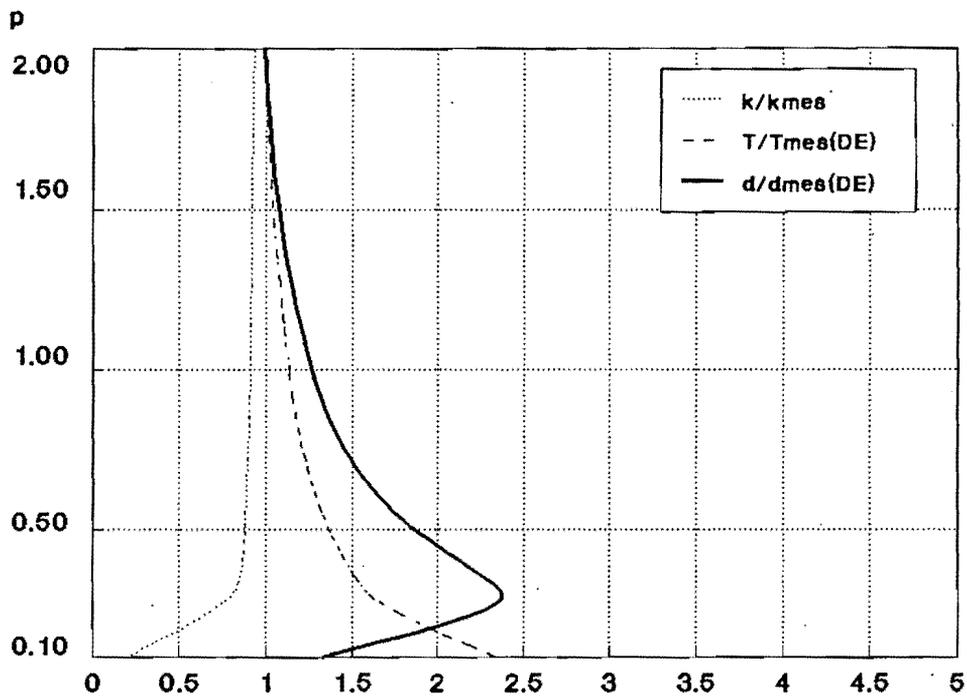


Figura 9. Marco 4

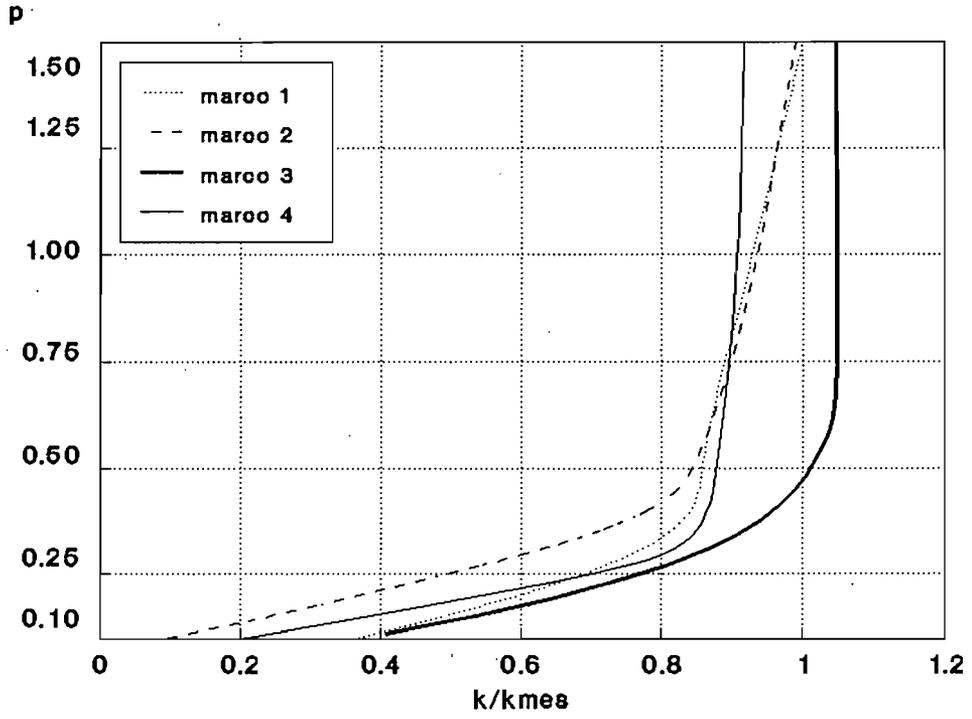


Figura 10. Resistencias

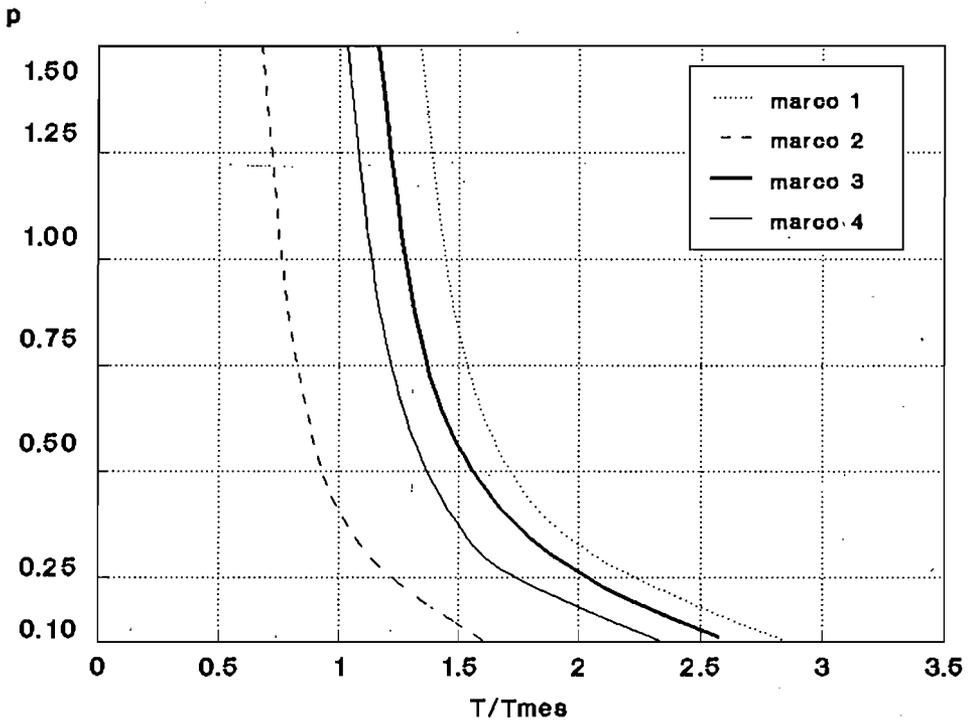


Figura 11. Periodos

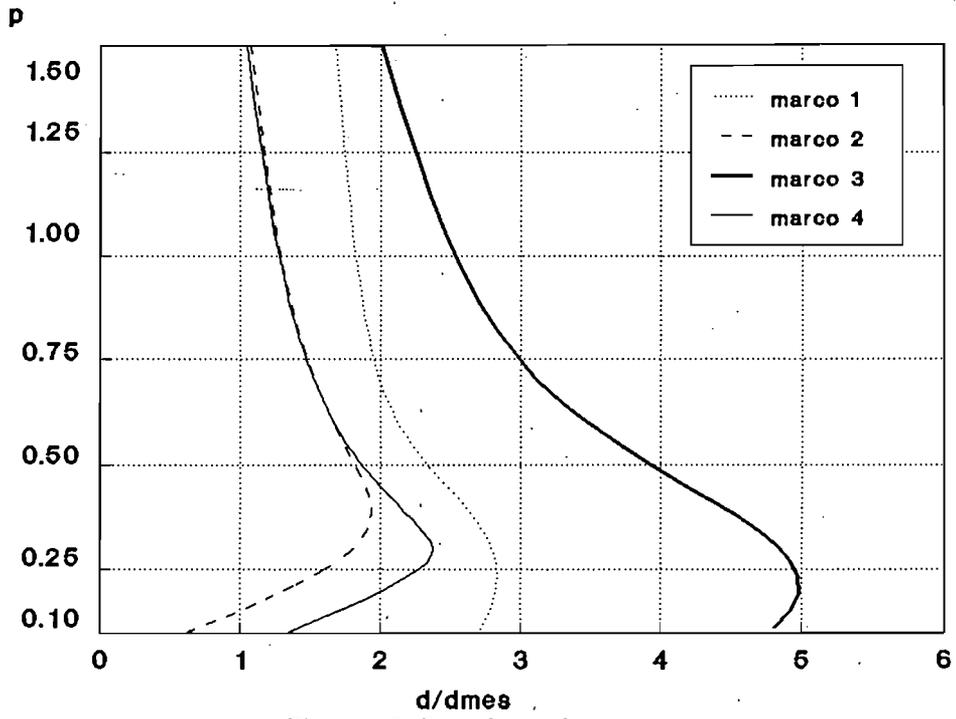


Figura 12. Desplazamientos

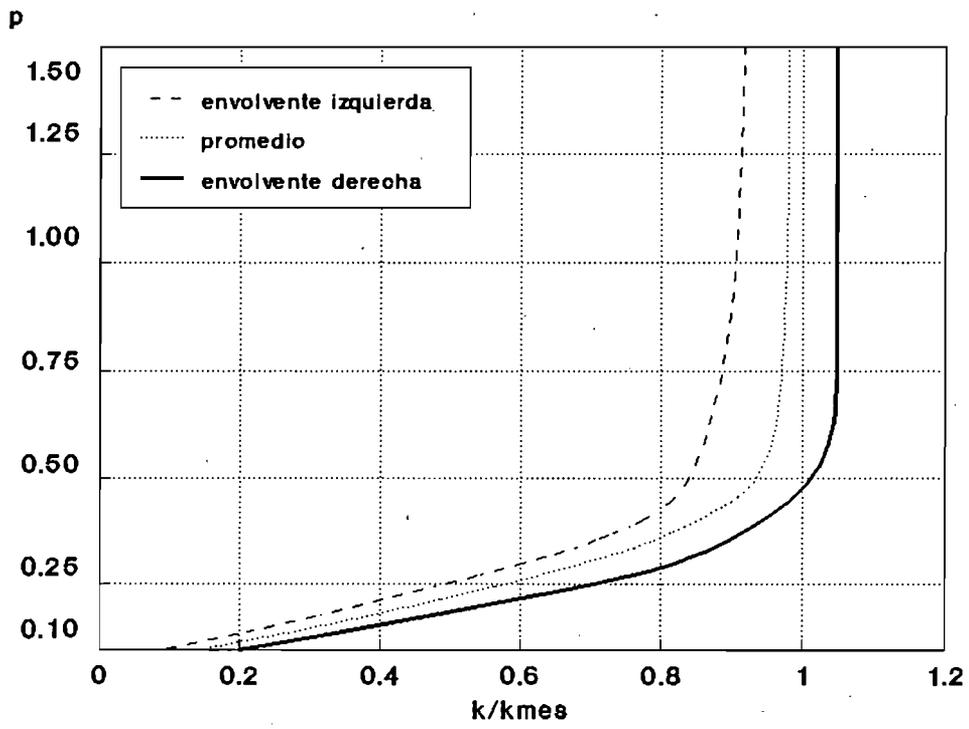


Figura 13. Resistencias

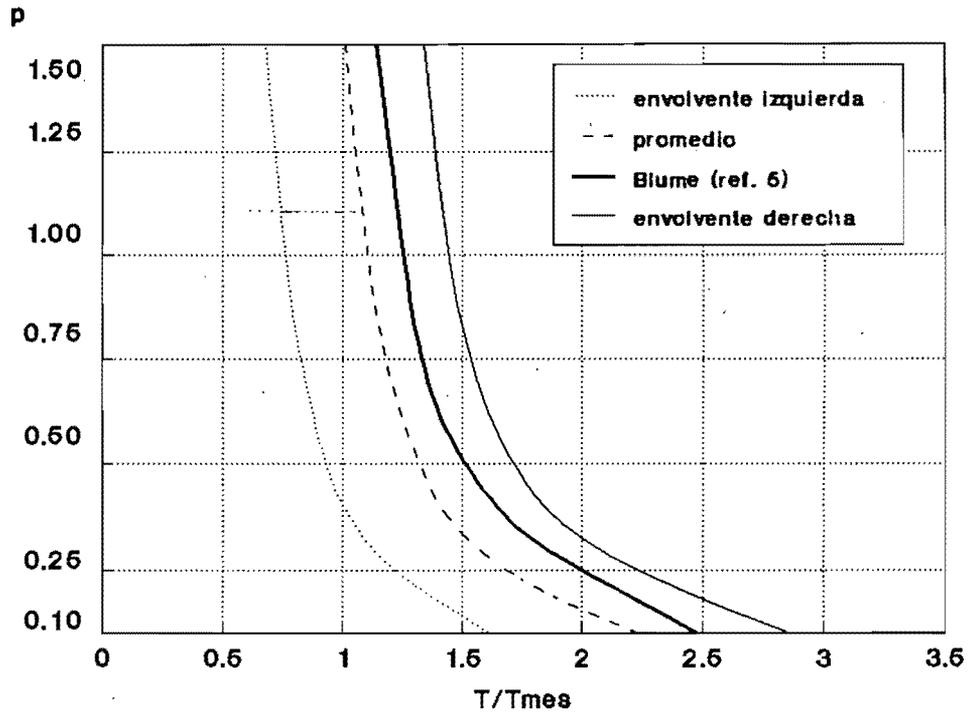


Figura 14. Periodos

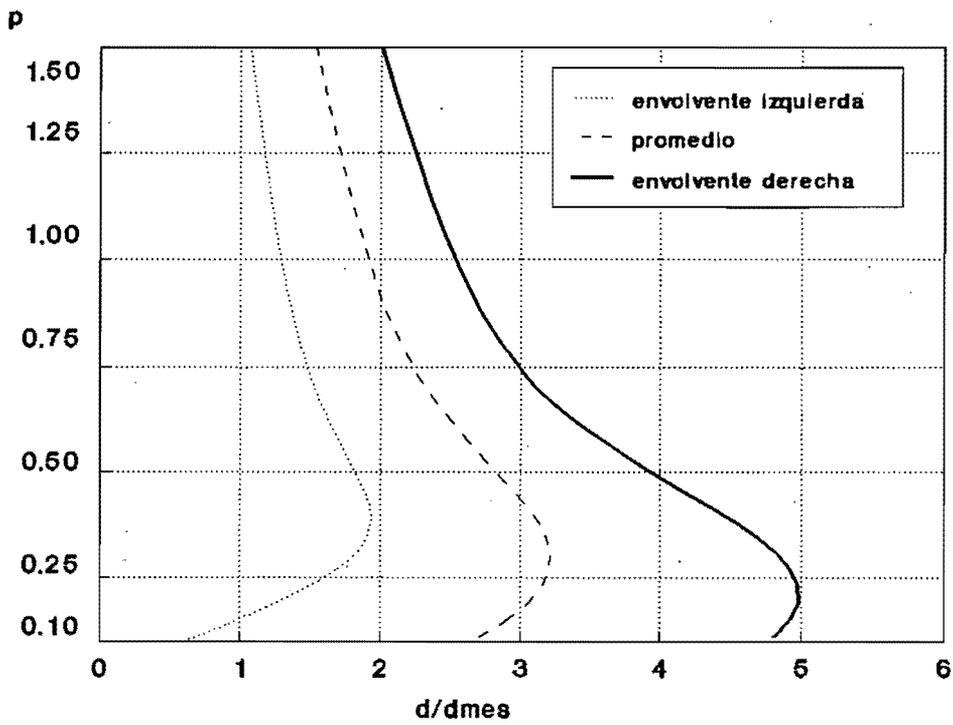


Figura 15. Desplazamientos

REFERENCIAS

- 1.- Ramírez de H. M. "Estudio sobre las metodologías para evaluación de edificaciones.", Noviembre de 1990.
2. Iglesias J. et al. " Estudio de las intensidades del sismo del 19 de septiembre en la Ciudad de México ". Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco. Junio, 1987
3. Noreña C.F. y Castañeda N.C. " Evaluación de la capacidad sísmica de edificios en la Ciudad de México ". Puebla 1988
4. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, Gaceta oficial de la Federación, México 1987.
5. Blume J. A. " Dynamic characteristics of multistory buildings ". Journal of the Structural Division. February, 1968.
6. Bazán Z. E. y Meli F. R. " Manual de diseño sísmico de edificios ". Editorial LIMUSA, México 1981.
7. Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, Gaceta oficial de la Federación, México 1987.
8. Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, Gaceta oficial de la Federación, México 1976.
9. Maison B.F. y Neuss C.F. " Super-Etabs An enhanced version of the Etabs program ". University of California, Berkeley, February 1985.