

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

207  
79

"APLICACION DE LA MICROCOMPUTADORA AL  
ANALISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS"

T E S I S

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

LEON HASS LEWI

MEXICO, D. F.

AGOSTO DE 1989



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-369

Señor LEON HASS LEWIS,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Oscar de Buen y López de Heredia, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de Ingeniería CIVIL.

"APLICACION DE LA MICROCOMPUTADORA AL ANALISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS"

1. Introducción.
2. Fundamentos teóricos.
3. Sistemas operativos.
4. Ejemplos.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 13 de agosto de 1982  
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRÍU

JJE/DAH/ser

APLICACION DE LA MICROCOMPUTADORA AL  
ANALISIS ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS

1.- INTRODUCCION

2.- FUNDAMENTOS TEORICOS

- 2.1. Hipótesis.
- 2.2. Análisis Estático.
- 2.3. Obtención de Rigideces de Entrepiso.
- 2.4. Obtención de Centros de Torsión.
- 2.5. Obtención de Cortantes Producidas por Torsión.
- 2.6. Determinación de Elementos Mecánicos en Marcos.

3.- SISTEMA OPERATIVO

- 3.1. Generalidades.
- 3.2. Organización Operacional.
- 3.3. Archivo de Datos.
- 3.4. Capacidad en Hardware.
- 3.5. Codificación.
- 3.6. Interpretación de Resultados.
- 3.7. Diagrama de Operación.

4.- EJEMPLOS

- 4.1. Ejemplo # 1.
  - 4.1.1. Planteamiento.
  - 4.1.2. Codificación.
  - 4.1.3. Resultados
- 4.2. Ejemplo # 2.
  - 4.2.1. Planteamiento.
  - 4.2.2. Codificación.
  - 4.2.3. Resultados.
- 4.3. Ejemplo # 3.
  - 4.3.1. Planteamiento.
  - 4.3.2. Codificación.
  - 4.3.3. Resultados.

## 1.- INTRODUCCION

Como consecuencia de la constante transformación de las distintas ramas de la Ingeniería en los últimos años, resultado de la complejidad, magnitud e incremento en sus alcances y necesidades, se planteó una reubicación en la función del hombre como parte de los procesos creativos y directivos.

El ingeniero en la actualidad enfrenta situaciones que lo obligan a modificar sus enfoques al afrontar el presente campo de acción.

Acontecimientos tales como el surgimiento de la rueda, el descubrimiento del papel, la invención de la imprenta y - el surgimiento de la era nuclear se encadenan con los nuevos alcances que las computadoras han iniciado en las ciencias.

La Ingeniería Estructural como factor integrante en - - este avance, se ha proyectado hacia metas más ambiciosas en las últimas dos décadas gracias a los métodos sintetizados - de análisis los cuales interactuando con la computadora - - hicieron de ésta una poderosa herramienta.

Sin embargo existía un distanciamiento entre los sistemas de computación y los mercados con menor rango de operabilidad debido a los altos costos y sofisticación de los sistemas. La microcomputadora vino a hacer posibles estos dos factores creando sistemas más versátiles y económicamente accesibles a campos de trabajo de menor alcance.

El programa presentado en este trabajo está enfocado a introducir a las microcomputadoras como una opción auxiliar en el análisis de edificios que en el caso de ser procesados manualmente obligarían al calculista a invertir mayor tiempo y recursos.

La secuencia de análisis del programa fué elaborada de tal manera que en la etapa final del mismo se proporcionan los datos necesarios para efectuar el diseño de la estructura.

Sin embargo, cabe señalar que aún dentro de las posibilidades que ofrece el presente programa, sus alcances en cuanto a confiabilidad se encuentran restringidos a limitantes que lo definen como una ayuda cualitativa que contribuye a objetivizar el criterio del ingeniero estructurista. Estas limitantes, que se definen posteriormente fueron necesarias con el fin de mantener el rango de operación del sistema dentro de los alcances del equipo utilizado en la elaboración del programa.

Tanto los alcances como las limitaciones de este trabajo son expuestos en los capítulos correspondientes y es importante mencionar que la correcta aplicación de las conclusiones en los resultados serán debidas únicamente a la aplicación juiciosa del criterio del estructurista y a la adecuada idealización del modelo de análisis.

Por último, es justo aclarar la influencia de los trabajos del Ingeniero Herberto Castillo en la modificación al método de distribución de momentos de Kani para marcos planos y a la orientación recibida por parte del Ingeniero Alberto Muñoz en relación a los antecedentes que facilitaron al autor los logros en este trabajo.

Tengo fé en que este ensayo forme parte de una serie de esfuerzos tendientes a fomentar la actualización del conocimiento y a obtener un mayor provecho del instante que nos ha tocado vivir.

## 2.- FUNDAMENTOS TEORICOS

### Generalidades

El principal objetivo de este trabajo fue, como ya se ha mencionado, la elaboración de un programa accesible a los - - equipos de microcomputación con el fin de poder analizar edificios con las características delimitadas en este ensayo.

Para esto, y tratando de seguir un lineamiento práctico en la conclusión de resultados, el autor eligió el Folleto - Complementario de Diseño Sísmico de Edificios elaborado por - el Instituto de Ingeniería como referencia en la secuencia de las etapas de análisis del programa.

El análisis se inicia con la determinación de los cortantes sísmicos obtenidos por el método estático. Los coeficientes sísmicos se eligen en base a los propuestos por el Reglamento del Distrito Federal. El cálculo de las rigideces de - entrepiso se basa en el método de Maney-Wilbur para marcos - ortogonales.

La distribución de los cortantes sísmicos por nivel y - por marco se efectúa tomando en cuenta las especificaciones - de excentricidad en el Reglamento del Departamento del D. F. y por último la obtención de elementos mecánicos en marcos se realiza por el método de Kani, modificada para poder obtener una mayor versatilidad en un manejo numérico en la computadora.

Con el análisis de marcos se componen los nudos con posibilidad de desplazamiento en dirección horizontal y vertical como función únicamente de los elementos mecánicos que actúan en cada nudo y de las secciones geométricas de los elementos estructurales que forman el marco, suponiendo sus secciones y rigideces constantes antes y después de la aplicación de las cargas.

Se excluyen los efectos en los marcos debidos a la deformación por cortante, efectos de rigidez infinita en vigas. -



cambios de rigidez en columnas por efecto de compresiones - en éstos, efectos de segundo orden y cualquier otro tipo de efecto que se excluya de las hipótesis de análisis del programa.

El método modificado de Kani permite, para los propósitos de este trabajo una rápida convergencia en los resultados, cumpliéndose la compatibilidad y el equilibrio en la estructura.

Al mismo tiempo, el método permite una mayor condensación en las variables que integran las ecuaciones de rigidez de los elementos, logrando con ésto una considerable -- optimización en la utilización del espacio de memoria disponible de la máquina.

Consecuentemente no se está tratando de sugerir que el método empleado en el programa sea el de mayor eficacia o - el de mayores ventajas en el análisis, únicamente se justifica su empleo por lo mencionado anteriormente quedando restringido su alcance a las condiciones que se especifican a continuación.

## 2.1 Hipótesis

Al diseñar las etapas de análisis del programa se partió de las siguientes hipótesis adaptadas al modelo estructural-- en cuestión:

- a) Se supone el análisis plano de los marcos excluyendo los efectos debidos a la interacción tridimensional.
- b) Se supone la acción de los cortantes sísmicos en el centro de gravedad de los entrepisos y en dirección paralela a los marcos analizados.
- c) Se consideran únicamente como efectos de acciones externas a los giros y desplazamientos en ambas direcciones en los nudos.
- d) Se suponen secciones homogéneas y constantes en trabes y columnas.
- e) Se aceptan 5 casos de carga:  
4 casos en el análisis vertical (una carga repartida y hasta 3 puntuales en una misma viga).  
1 caso en el análisis horizontal (una carga puntual horizontal actuando en los entrepisos ).
- f) No se consideran efectos de segundo orden en la estructura.
- g) Se suponen los marcos formados por una retícula a base de columnas alineadas en todos los niveles y crujeas continuas constituidas por trabes consecutivas en todos los claros.
- h) Se admite el análisis de interacción marco-muro y marco-diagonales de rigidez.

Cualquier ejemplificación que no cumpla con las hipótesis del modelo planteado quedará fuera del alcance de este programa.

Queda a criterio y experiencia del usuario analista el empleo de suposiciones para simular condiciones no especificadas en los alcances del programa, así como la interpretación de sus resultados.

El autor de este trabajo continúa la investigación para ampliar el campo de aplicación del programa incluyendo en él los siguientes aspectos:

- a) Posibilidad de análisis de marcos no ortogonales.
- b) Análisis de efecto de zona de rigidez infinita en conexiones trabe-muro de concreto.
- c) Análisis sísmico dinámico.
- d) Deformaciones por cortante.

Por último cabe recalcar que los resultados obtenidos por cualquier método de análisis únicamente tratan de simular el comportamiento de una estructura en condiciones reales. Por ello, es sumamente valiosa la idealización del modelo estructural elegida por el ingeniero, más aún que la precisión de los resultados proporcionados por una computadora. Si el modelo estructural propuesto no asemeja las condiciones reales de comportamiento, ningún resultado obtenido será reflejo en forma cuantitativa o cualitativa de la respuesta de una estructura.

Es por esto que un programa de esta índole puede representar una falsa herramienta si no es utilizado con un previo criterio y sentido analítico.

## 2.2 Análisis Estático

La primera etapa para obtención de resultados se inicia con el análisis estático de la estructura sometida a fuerzas sísmicas.

Este método supone una distribución lineal de las fuerzas en función de los pesos y las alturas de los entrepisos.

Respecto a las recomendaciones del Reglamento del D. F. en relación a la elección del tipo de análisis, se especifica que para estructuras con altura superior a 60 metros se emplee los métodos de análisis dinámico en vista que la importancia de tales estructuras justifica el desarrollo de estudios que puedan predecir fenómenos especiales fuera del alcance de los métodos estáticos. (Manual de Diseño por Sismo art. 238).

Los cortantes sísmicos obtenidos a través del método dinámico reflejan resultados más reales al modelo en análisis aunque en el caso de estructuras regulares y de poca altura, los resultados obtenidos a través del método estático son aceptables.

Las fuerzas equivalentes consideradas en el análisis estático no tienen relación directa con el comportamiento de la estructura ante un sismo. El objeto que se persigue, es el obtener una estructura con determinada resistencia lateral capaz de resistir un movimiento sísmico sin sufrir daños estructurales importantes. Es un diseño conservador para edificios regulares sin cambios bruscos en la distribución de masas, rigideces, etc.

Se obtiene una distribución adecuada de cortantes en el caso de estructuras en que la contribución del modo fundamental de vibración representa un porcentaje elevado de la respuesta máxima de todos los pisos.

En el análisis estático, para efectuar el cálculo de las fuerzas cortantes de diseño a diferentes niveles de un edificio se supondrá un conjunto de fuerzas horizontales que actúan en los puntos en los que se supone concentradas las masas de la estructura. Cada una de las fuerzas se obtiene con el producto del peso de la masa correspondiente, por un coeficiente que varía linealmente desde un valor nulo en la base o nivel a partir del cual las deformaciones de la estructura puedan ser apreciables hasta un máximo en el extremo superior de tal modo que la relación V/W en la base sea igual a C/Q pero no menor a 0.

La fuerza horizontal que se supone actuante en el centro de gravedad del nivel i se obtendrá como se indica a continuación:

$$F_i = \frac{w_i h_i}{\sum_{j=1}^n w_j h_j} = C_s \times \sum_{i=1}^n w_i \quad \text{en donde:}$$

n = número total de niveles del edificio.

w<sub>i</sub> = peso del nivel i

h<sub>i</sub> = altura del nivel i sobre la base del edificio.

c<sub>s</sub> = coeficiente de diseño sísmico especificado por el Reglamento del D. F.

Siendo lineal la configuración de distribuciones de las fuerzas sísmicas en los entrepisos, se tendrá que el cortante en la base de la estructura sea igual a la suma de las fuerzas sísmicas que obran en todos los niveles.

El cortante en la base será:

$$V_b = C_s \times \sum_{i=1}^n w_i \quad \text{Por lo tanto se deberá verificar.}$$

$$C_s \times \sum_{i=1}^n w_i = \sum_{i=1}^n F_i$$

### 2.3 Obtención de Rigideces de Entrepiso

La obtención de las rigideces de entrepiso se lleva a cabo mediante el método de Wilbur.

El método está basado en las hipótesis que se exponen a continuación, por lo que sólo es aplicable a estructuras cuyo comportamiento se acerca al descrito por esas hipótesis, siendo éstas las siguientes:

- a) Los giros en todos los nudos de un nivel y de los niveles-adyacentes inferior y superior de éste son iguales, excluyendo la cimentación donde se podrá suponer empotramiento o articulación según el caso.
- b) Las fuerzas cortantes en los dos entrepisos adyacentes al-de análisis son iguales o similares al entrepiso en cues--tión.
- c) Los marcos en cuestión se encuentran formados por elemen--tos de momentos de inercia constantes.

Las fórmulas propuestas por Wilbur para la obtención de rigideces de entrepiso son las siguientes:

Para el primer entrepiso:

En columnas empotradas en la cimentación:

$$R_1 = \frac{48E}{h_1 \left[ \frac{4h_1}{\sum K_{c1}} + \frac{h_1 + h_2}{\sum K_{c1} + \frac{\sum K_{c1}}{12}} \right]}$$

En columnas articuladas en la cimentación:

$$R_1 = \frac{24E}{h_1 \left[ \frac{8h_1}{\sum K_{c1}} + \frac{2h_1 + h_2}{\sum K_{t1}} \right]}$$

Para el segundo entrepiso:

En columnas empotradas en la cimentación:

$$R_2 = \frac{48E}{h_2 \left[ \frac{4h_2}{\sum K_{c2}} + \frac{h_1 + h_2}{\sum K_{t1} + \frac{\sum K_{c1}}{12}} + \frac{h_2 + h_3}{\sum K_{t2}} \right]}$$

En columnas articuladas en la cimentación:

$$R_2 = \frac{48E}{h_2 \left[ \frac{4h_2}{\sum K_{c2}} + \frac{h_2 + h_3}{\sum K_{t2}} + \frac{2h_1 + h_2}{\sum K_{t1}} \right]}$$

Para entrepisos intermedios:

$$R_n = \frac{48E}{h_n \left[ \frac{4h_n}{\sum K_{cn}} + \frac{h_m + h_n}{\sum K_{tm}} + \frac{h_n + h_o}{\sum K_{tn}} \right]}$$

En donde:

$R_n$  = rigidez del entrepiso en cuestión.

$K_{tn}$  = suma de las relaciones del momento de inercia de la sección de las trabes entre sus respectivas longitudes del nivel en el entrepiso n.

$K_{cn}$  = suma de las relaciones del momento de inercia de las secciones de las columnas entre sus respectivas longitudes correspondientes al entrepiso en cuestión.

$h_n$  = altura del entrepiso n

$E$  = módulo de elasticidad.

La secuencia referente a la nomenclatura referente a la nomenclatura en el orden de los niveles se ilustra en la fig. No. 1

En estructuras de dos niveles el programa procede a calcular la rigidez del segundo entrepiso y no utiliza la fórmula para el último entrepiso excluyendo la fórmula para entrepisos intermedios.

El calculo de las rigideces se efectua en cada uno de los marcos que forman el entrepiso correspondiente de la base del edificio a la parte superior.

Para el caso de interacción entre muros de carga y marcos, se emplean los siguientes criterios:

- a) Cuando la función del muro es exclusivamente divisoria (muros de relleno), se supone que la rigidez total del conjunto del marco esta dada únicamente por el marco si constructivamente se toman las precauciones para desligar el muro del marco.



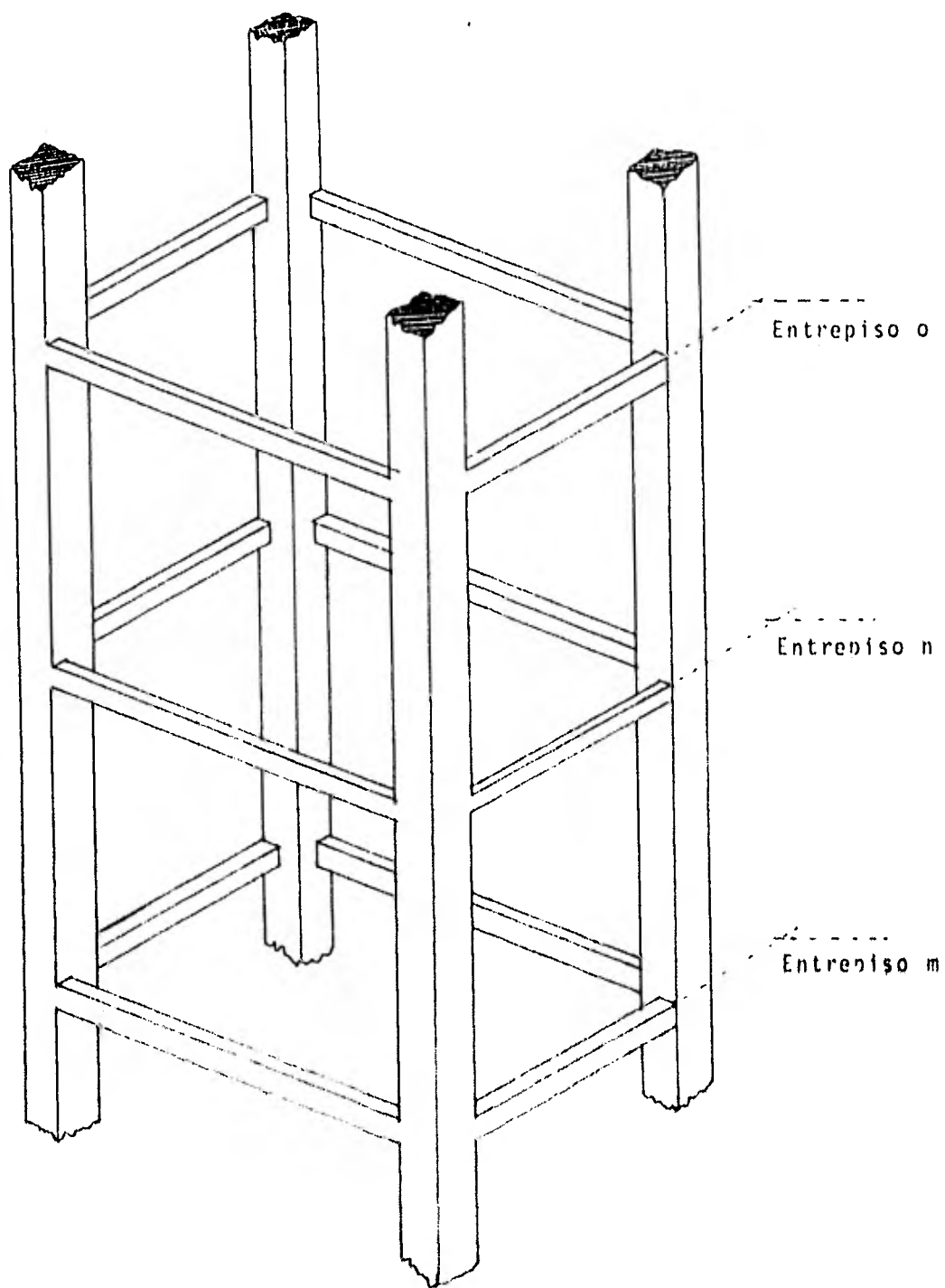


Fig. 1 Nomenclatura de entrepisos tipo

b) Cuando los muros contribuyen a la rigidez del marco, el programa llama una subrutina la cual adiciona dos crujeas al marco en cuestión asignandole a la primera trabe de la crujea adicional una inercia igual a 0 y a la siguiente una rigidez infinita.

La rigidez de las dos columnas que forman las crujeas adicionales se obtiene como se muestra en la figura No. 2 en función de las dimensiones y características del muro que interactúa en el marco.

Esta simplificación permite en forma aproximada interpretar la rigidez adicional aportada por el muro en el marco.

En forma aproximada se puede suponer que los cortantes generados en las dos crujeas adicionales son los cortantes actuantes en el muro interactuando con el marco ante las diversas sollicitaciones externas.

De acuerdo con la nomenclatura en la figura No. 2 se tiene:

$$r = \frac{G \times A}{H}$$

$$I_c = \frac{r \times H^3}{24E}$$

en donde:

$I_c$  = momento de inercia de las dos columnas adicionadas.

$r$  = contribución de la rigidez del muro al marco,

$H$  = altura del muro.

Para las diagonales de rigidez se tendrá:

$$r = \frac{E}{L} \times A \cos^2 \alpha$$

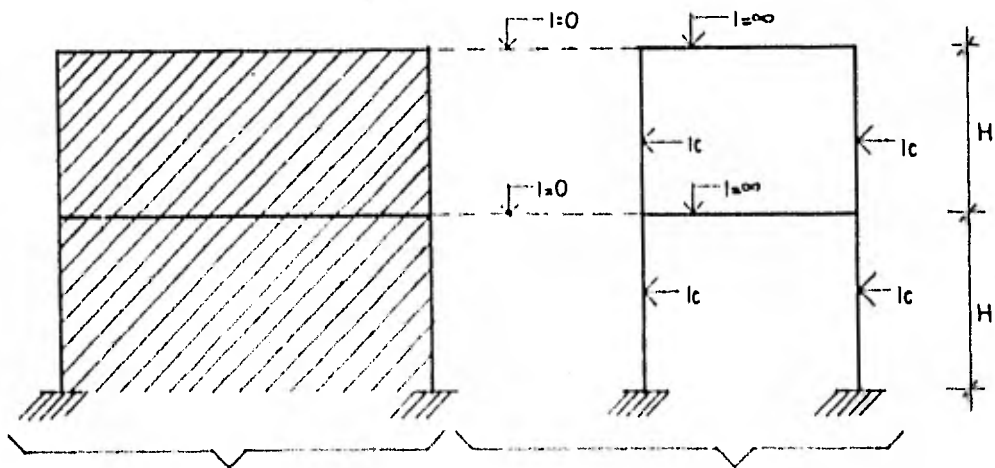
Como se ilustra en la fig. No. 3

en donde:

$E$  = Módulo de elasticidad del material de la diagonal.

$A$  = Area de la sección transversal de la diagonal.

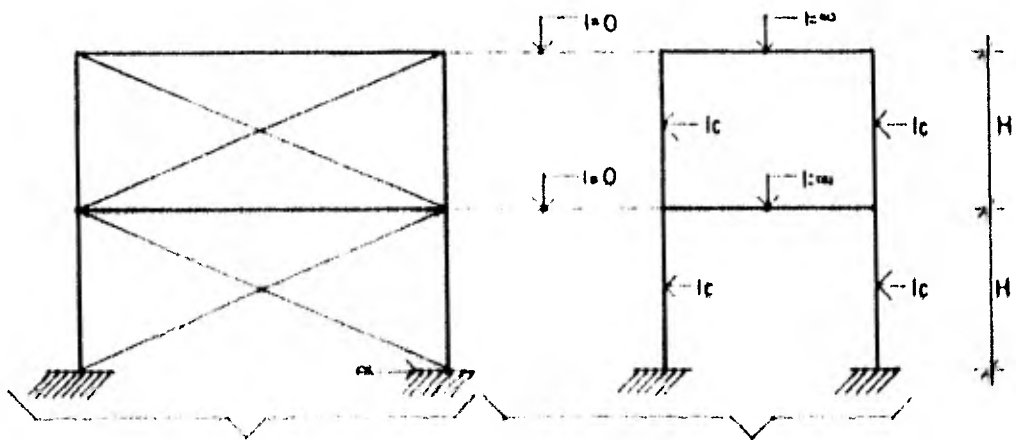
$\alpha$  = ángulo formado por la diagonal y la trabe que forma -  
el marco



Marco con muro de carga.

Crujías adicionales

Fig. 2 Idealización de Marco con Muro de Carga.



Marco rigidizado con dadas cruzadas

Crujías adicionales

Fig. 3 Idealización de Marco con Dadas Cruzadas.

## 2.4 Obtención de Centros de Torsión.

Una vez obtenidas las rigideces de entrepiso por marco y por nivel correspondiente, el programa procede a la obtención de los centros de torsión por planta.

El centro de torsión se define como el punto por el cual debe pasar la línea de acción de la fuerza cortante sísmica - para que el movimiento relativo de los dos niveles consecutivos que limitan el entrepiso sea exclusivamente de translación.

Al existir una excentricidad entre la línea de acción - de la fuerza sísmica y éste punto, se genera un momento torsionante que ocasiona una rotación relativa entre dos pisos - consecutivos como se ilustra en las figs. 4 y 4' en donde:

$C_r$  = centro de rigideces.

$C_g$  = centro de gravedad.

$e$  = excentricidad geométrica definida como la distancia - entre los centros de rigidez y gravedad.

Al contar con los valores de las rigideces de los marcos la posición del centro de torsión se determina de la siguiente forma:

La posición de la coordenada en X medida a partir de un punto fijo de referencia en la planta será:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^m R_{iy} \times X_i}{R_{iy}}$$

La posición de la coordenada en Y medida a partir de un punto fijo de referencia en la planta será:

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^m R_{ix} \times Y_i}{R_{ix}}$$

en donde:

$m$  = número de marcos en planta en la dirección X ó Y.

$Y_i$  = distancia perpendicular al marco en el sentido X del marco al centro de gravedad.

$X_i$  = distancia perpendicular al marco en el sentido Y del marco al centro de gravedad.

La figura No. 5 ilustra la posición de los marcos respecto al centro de gravedad en planta en cada nivel:

en donde:

$X_1, X_2, X_3$  = distancia de los marcos en el sentido y al centro de gravedad del nivel correspondiente.

$Y_a, Y_b, Y_c$  = distancia de los marcos en el sentido X al centro de gravedad del nivel correspondiente.

La posición de los centros de torsión son independientes para cada planta siendo éstos función de las rigideces de los marcos y de las propiedades geométricas de los elementos estructurales que conjuntan los marcos.

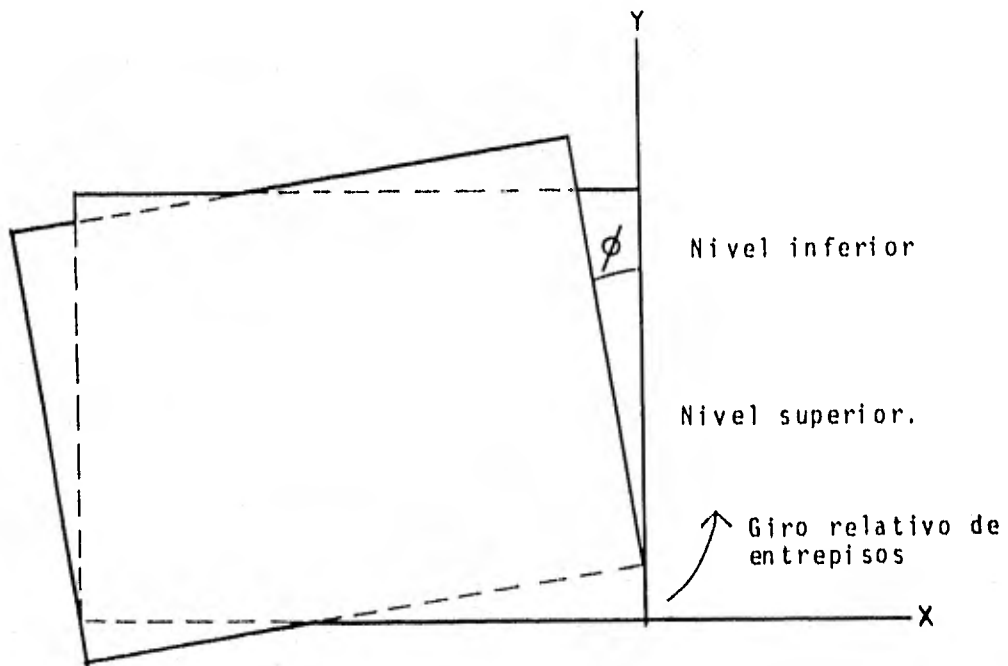


Fig. 4 Efecto de Torsión en Entrepisos

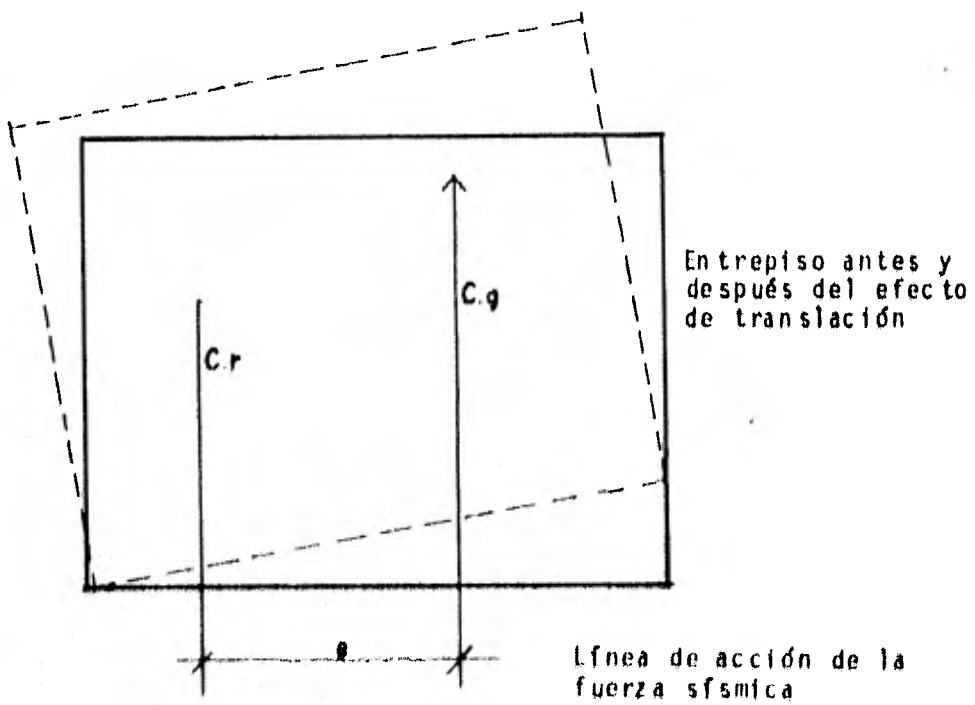


Fig. 4' Acción de la Fuerza Sísmica

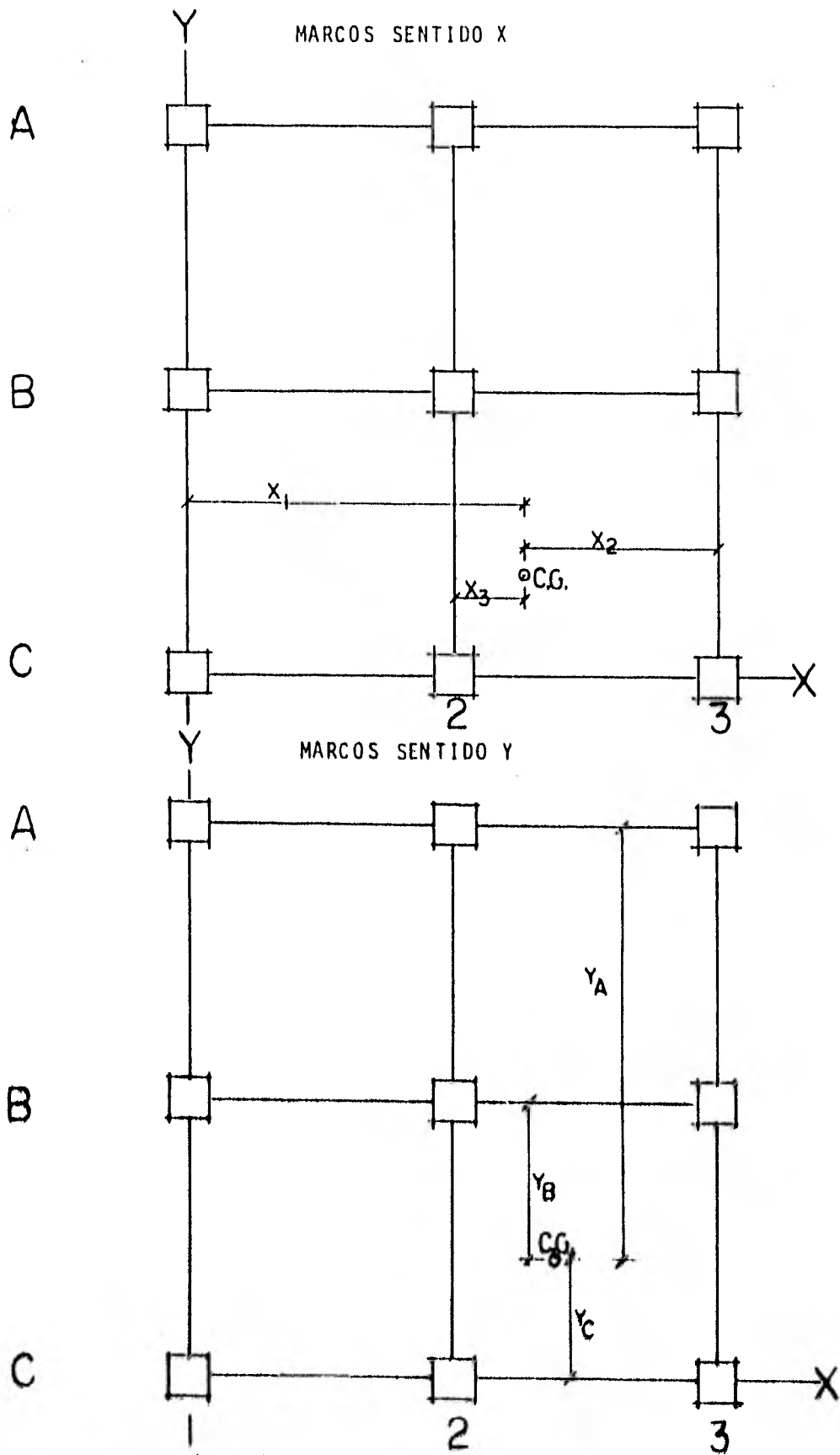


Fig. 5



## 2.5 Obtención de los Cortantes Producidos por Torsión.

Una vez obtenidos los cortantes sísmicos en los marcos situados en la dirección del sismo se procede a considerar los cortantes generados por los efectos de torsión.

Al analizar la planta del entrepiso en cuestión se supone la resultante de las fuerzas cortantes sísmicas actuando en el centro de gravedad del entrepiso.

Si como consecuencia de la distribución de los elementos estructurales y las cargas en la estructura no coincidieran los centros de torsión y gravedad, se genera una excentricidad que ocasiona un momento torsionante al ser aplicado el cortante sísmico, y como consecuencia directa obrará en los marcos del entrepiso como se ilustra en la fig. No. 6.

La fuerza sísmica directa que toma cada marco es función de su rigidez, siendo el cortante sísmico correspondiente para cada marco:

$$\begin{array}{ll} \text{En la dirección X:} & \text{En la dirección Y:} \\ V_{ix} = V \times \frac{R_{ix}}{R_{ix}} & V_{iy} = V \times \frac{R_{iy}}{R_{iy}} \end{array}$$

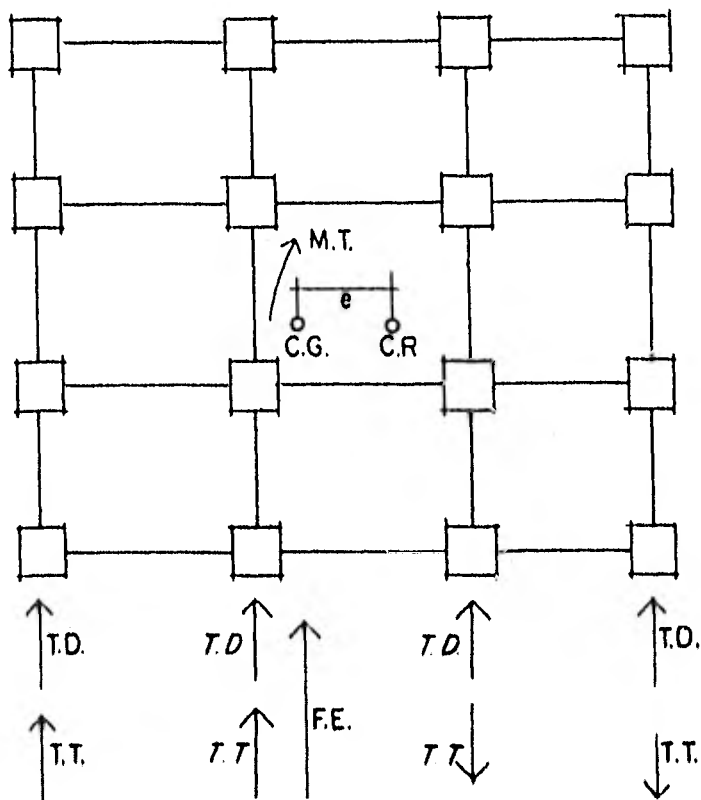
en donde:

$V_{ix}$  = cortante sísmico correspondiente al marco  $i$  orientado en la dirección X.

$V_{iy}$  = cortante sísmico correspondiente al marco  $i$  orientado en la dirección Y.

$R_{ix}$  = rigidez del marco  $i$  orientado en la dirección X

El reglamento del Departamento del D.F. señala para la obtención de los cortantes debidos a la torsión, una excentrici



T. D.- Fuerza cortante sísmica directa

T. T.- Fuerza cortante sísmica torsionante

F. E.- Resultante de la fuerza sísmica en el entrepiso

Fig. 6 Sentido de Acción de los Cortantes según el Sentido de Giro del Entrepiso.

cidad que está dada por la expresión:

$$e_{acc.} = 1.5 \times e + 0.1 \times L \quad \text{en donde:}$$

$e$  = excentricidad calculada como la distancia entre la línea de acción de la fuerza cortante en el entrepiso considerado y el centro de torsión.

$L$  = longitud de la mayor dimensión de la planta en dirección perpendicular a la línea de acción del sismo.

Como resultado de la acción del cortante sísmico con la excentricidad total, se produce un momento torsionante en el entrepiso igual a:

$$M_t = V_{ti} \times e_d$$

en donde:

$V_{ti}$  = cortante actuante en el entrepiso en cuestión.

$e_d$  = excentricidad de diseño igual a la excentricidad calculada más la excentricidad accidental.

La fuerza cortante producida por la torsión se calcula como sigue:

en la dirección X:

$$V_{x \text{ tor.}} = \frac{M_t \times R_{ix} \times Y_{it}}{(R_{ix} \times Y_{it}^2 + R_{iy} \times X_{it}^2)}$$

en la dirección Y:

$$V_{y \text{ tor.}} = \frac{M_t \times R_{iy} \times X_{it}}{(R_{ix} \times Y_{it}^2 + R_{iy} \times X_{it}^2)}$$

en donde:

$X_{it}, Y_{it}$  = distancias de los elementos resistentes con respecto al centro de torsión del entrepiso en cuestión.

$M_i$  = momento torsionante del entrepiso en cuestión.

$R_{ix}$  = rigideces de los marcos orientados en la dirección X.

$R_{iy}$  = Rigideces de los marcos orientados en la dirección Y.

En la fig. No. 7 se ilustran las distancias de referencia a los centros de torsión.

El Reglamento del Departamento del D.F., prevee cubrir la condición más desfavorable en cuanto a los efectos de torsión de la siguiente forma:

Si el resultado del análisis demostrara que debido a la posición del marco respecto al sentido de giro de la planta-hubiere que adicionar el efecto del cortante correspondiente al marco la magnitud más desfavorable del diseño sería igual a:

$$E_d = 1.5 \times e + 0.1 \times L$$

En caso de restarse la magnitud más desfavorable sería:

$$E_d = e + 0.1 \times L$$

De esta manera, se pretende incluir la incertidumbre de las posiciones de los centros teóricos de gravedad y rigidez.

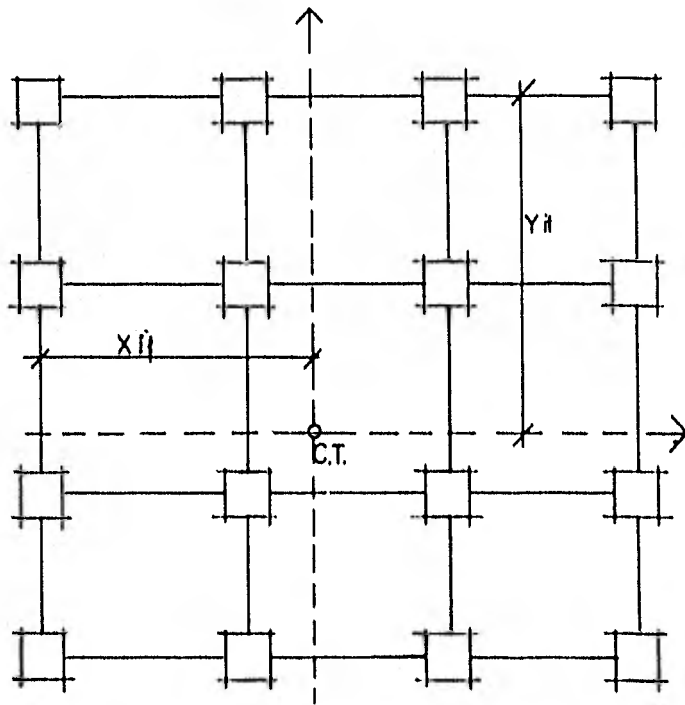


Fig. 7 Posición de los marcos en un entre piso respecto al centro de gravedad

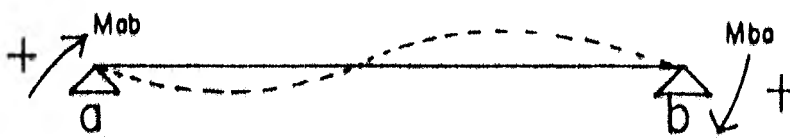


Fig. 8 Convención adoptada en el sentido de giro en los extremos de las barras

## 2.6 Determinación de Elementos Mecánicos en Marcos.

Una vez conocidos los momentos flexionantes en los extremos de cada una de las barras, quedan determinados los valores de los elementos mecánicos restantes, por lo cual la parte esencial del análisis consistirá en la determinación de los momentos en los extremos de cada barra.

Los momentos flexionantes se distribuirán tanto en trabes como en columnas proporcionalmente a su rigidez, definiendo la rigidez de los elementos como el cociente de su momento de inercia en la sección transversal entre su longitud.

Para establecer un sentido de orientación, se considerará como positivo el momento flexionante en el extremo de una barra, cuando su sentido de giro sea igual al sentido de giro de las manecillas del reloj, como se ilustra en la figura No. 8, en donde ambos momentos en los extremos a y b son positivos.

Si se supone una barra con cualquier tipo de carga la reacción de ésta en la barra provocará los siguientes efectos:

- a) Un efecto debido al momento de empotramiento de las cargas externas directamente en el nudo en cuestión.
- b) Un efecto debido a la relajación de nudo provocado en el nudo en cuestión.
- c) Un efecto por relajación provocado en el nudo del extremo opuesto y transmitido al nudo en cuestión por continuidad en la barra.
- d) Un efecto debido al desplazamiento lineal del nudo.

Una vez obtenidas las rigideces angulares y lineales en las barras, el momento total en un extremo quedará determinado por la expresión:

$$M_{ij} = M_{ij} \text{ emp. } + \frac{4EI}{L_{ij}} \beta_i + \frac{2EI}{L_{ij}} \beta_j + \frac{6EI}{L_{ij}^2} \Delta_{ij}$$

Como consecuencia del equilibrio y la compatibilidad en la estructura, se verificará el equilibrio en cada nudo  $i$  - expresado como:

$$\begin{aligned}
 & M_{i1} \text{ emp.} + M_{i2} \text{ emp.} + M_{i3} \text{ emp.} + M_{i4} \text{ emp.} \\
 & + 4K_{i1} \theta_1 + 4K_{i2} \theta_2 + 4K_{i3} \theta_3 + 4K_{i4} \theta_4 \\
 & + 2K_{i1} \theta_1 + 2K_{i2} \theta_2 + 2K_{i3} \theta_3 + 2K_{i4} \theta_4 \\
 & + 6K_{i1} \Delta_{i1} + 6K_{i2} \Delta_{i2} + 6K_{i3} \Delta_{i3} + 6K_{i4} \Delta_{i4}
 \end{aligned}
 = 0$$

Y el equilibrio en cada entrepiso expresado como:

$$\begin{aligned}
 & 4K_{12} \theta_1 + K_{21} \theta_2 + 4K_{34} \theta_3 + \dots + K_{n \ n-1} \theta_n \\
 & + K_{12} \theta_1 + 4K_{21} \theta_2 + K_{34} \theta_3 + \dots + 4K_{n \ n-1} \theta_n \\
 & + \frac{6K_{12} \Delta_{12}}{L_{12}} + \frac{6K_{21} \Delta_{21}}{L_{12}} + \frac{6K_{34} \Delta_{34}}{L_{12}} + \dots + \frac{6K_{34} \Delta_{n \ n-1}}{L_{n \ n-1}}
 \end{aligned}
 = Q_n h_n$$

en donde:

$$K_{ij} = \left( \frac{EI}{L} \right)_{ij} = K_{ji}$$

$Q_n$  = cortante en el entrepiso  $n$ .

$h_n$  = altura del entrepiso  $n$ .

El proceso iterativo de solución se inicia suponiendo - los valores de los giros y los desplazamientos y verificando que se cumpla la compatibilidad y el equilibrio. Los valores obtenidos se comparan con los valores supuestos y si se excede determinada tolerancia especificada se repite el ciclo - iterativo hasta que los últimos valores obtenidos no exceda la tolerancia especificada con respecto a los valores previos correspondientes.

En el método tradicional de Kani se consideran como incógnita los momentos flexionantes. Esto facilita la presentación de solución sobre la gráfica de la estructura, de manera semejante como se hizo en el método de Cross. Sin embargo se aumenta el trabajo porque en cada nudo hay que escribir - tantos momentos como barras concurren a ese nudo, en lugar - de que la incógnita sea sólo el giro del nudo.

La modificación presentada al método consiste en considerar como incógnita a los giros y a los desplazamientos, - pudiéndose presentar la solución de manera que se reducen - las operaciones aritméticas.

Una vez que se han determinado las incógnitas, o sean - los giros y desplazamientos angulares y lineales, se sustituyen sus valores en ecuación correspondiente al momento en el nudo.

Conocidos los momentos finales en los extremos de las - vigas, se pueden calcular los elementos mecánicos restantes y trazar los diagramas correspondientes.

Tanto en el análisis por carga vertical como horizontal una vez obtenidos los momentos finales actuantes y cumpliéndose las condiciones de continuidad y equilibrio en cada nudo, se procede a la obtención de los cortantes hiperestáticos y cortantes finales.

Las fuerzas axiales en las columnas se obtienen con el cortante acumulado de los extremos de cada trabe que converge en cada columna.



### 3.- SISTEMA OPERATIVO.

#### 3.1 Generalidades.

La microcomputadora para la cual se elaboró este programa es del tipo Apple II Plus con 48 Kbytes de memoria con un microprocesador Z-80 y una tarjeta de memoria estática adicional de 16 Kbytes.

El lenguaje en que se elaboró el programa es del tipo Basic orientado al equipo mencionado, aunque con las debidas modificaciones el programa puede ser operado en cualquier otro tipo de equipo que cuente con un intérprete Basic.

Dado que la primera versión del programa se corrió en un equipo sin ampliación de memoria y únicamente con dos archivos de disco, se logró compilar en memoria máquina únicamente 364 nudos en una estructura reticular.

Actualmente y por un espacio corto de tiempo serán pocos los obstáculos que separen el campo de las microcomputadoras del de los sistemas operativos tradicionales.

Hasta el momento de escribir este trabajo, es posible ampliar la memoria-máquina hasta 256 Kbytes y una cantidad ilimitada en memoria-disco quedando restringido aún el tiempo de procesamiento.

Finalmente, el equipo utilizado quedó ampliado a 64 Kbytes de los cuales 4 Kbytes se utilizan en compilación del lenguaje y 12 Kbytes se adicionan a memoria a la vez que lo fueron aumentados dos archivos de memoria-disco sumando un total de 4 discos con 1960 sectores y se ha logrado analizar un sistema con 800 nudos equivalentes a una combinación de 15 pisos con 4 crujeas en cada dirección.

### 3.2 Organización Operacional.

A manera de lograr un mayor rendimiento en la capacidad de memoria, se hizo interactuar la memoria-máquina con la memoria-disco optimizando la carga de compilación del programa con el volumen de datos de información.

Para ésto, fué necesario dividir el programa en secciones denominadas "subprograma", clasificados de la siguiente forma:

- 1.- Captura de datos generales y datos referentes a - -  
geometría de elementos.
- 2.- Captura de cargas.
- 3.- Impresión preliminar de datos.
- 4.- Opción de modificación en datos incorrectos o datos  
variables.
- 5.- Análisis estático.
- 6.- Obtención de rigideces de entrepiso y centros de -  
torsión.
- 7.- Obtención de cortantes debidos a la torsión.
- 8.- Obtención de resultados generales de la estructura.
- 9.- Obtención de elementos mecánicos en marcos.

Cada uno de estos subprogramas es compilado y cargado - de memoria-disco a memoria-máquina, una vez obtenidos sus resultados, éstos se almacenan y se carga el subprograma si - siguiente.

Procesada la información de captura de datos, el programa edita un listado de datos previo al análisis de la estructura, cuyo objeto es el de revisar si se ha alimentado correctamente al programa. En caso de que así sea, el programa procede con el análisis; en caso contrario, se encadena un subprograma que permite corregir errores cometidos al codificar los datos o modificar información para distintas condiciones de análisis.

Los últimos resultados obtenidos (elementos mecánicos - en marcos) no son almacenados en disco sino impresos directamente con lo cual se logra un considerable ahorro en los sectores de almacenamiento en memoria-disco. Los programas se encuentran automáticamente encadenados por medio de comandos que operan a través del programa por lo que basta con dar el acceso al inicio del proceso de análisis para que la máquina automáticamente realice todos los encadenamientos en los subprogramas en la clasificación de resultados en los registros correspondientes.

Una de las principales ventajas en este sistema escalonado de cálculo es la de poder ampliar la capacidad de análisis en el número de nudo de una estructura ampliando únicamente el Hardware sin necesidad de modificar el programa.

### 3.3 Archivo de Datos.

La forma estructurada de encadenamiento de los diferentes subprogramas que integran el programa central, clasifica los datos en dos grupos:

- a) Datos fuente.
- b) Datos resultados.

Los primeros son los datos iniciales necesarios para la información general de la estructura tales como módulos de elasticidad, geometrías, longitudes, datos descriptivos, etc.

Los segundos son los resultados obtenidos en cada proceso de cálculo conforme al desarrollo del análisis, de tal manera que los resultados del subprograma anterior automáticamente pasan a ser los datos de la etapa posterior en la secuencia de cálculo.

Intrínsecamente, la capacidad de memoria-máquina es función del número de variables ya sea en forma de datos fuente o en forma de datos resultado.

La siguiente tabla permite apreciar cuantitativamente el volumen promedio de almacenamiento de datos al inicio del programa así como las referencias a los tipos de variables y la precisión en el redondeo de sus cifras para almacenamiento.

DATOS DE INICIACION

VARIABLE	NOMBRE	T I P O	CAMPO DE PRE CISION EN ME MORIA.
N2	# niveles del edif.	escalar	3 enteros
C2	coef. sísmico	escalar	2 decimales
I7	# marco may. altura	escalar	2 enteros
N9	# mayor de crujeas cualquier sentido	escalar	2 enteros
R1	# de marcos en X	escalar	2 enteros
R2	# de marcos en Y	escalar	2 enteros
N5	# de crujeas en X	escalar	2 enteros
N6	# de crujeas en Y	escalar	2 enteros
T	tolerancia de pre- cisión	escalar	4 decimales
N3	# máximo de iterac.	escalar	4 enteros
D (n)	peso entrepiso	unidimensional	9 reales
N1 (n)	# de marco	unidimensional	2 enteros
X2 (n)	coord.centro tors. X	unidimensional	9 reales
Y2 (n)	coord.centro tors. Y	unidimensional	9 reales
E7 (n)	módulo de elasticidad	unidimensional	9 reales
L1 (n)	long. máxima planta sentido X	unidimensional	9 reales
L2 (n)	long. máxima planta sentido Y	unidimensional	9 reales
I9 (x + y)	inerencia de menor va- lor por marco	unidimensional	15 reales
N5 (x)	indicador de muros de carga sent. X	unidimensional	1 entero
N6 (y)	indicador de muros de carga sent. Y	unidimensional	1 entero
E (x,n,z <sub>1</sub> + 1)	inerencia de columnas sentido X	tridimensional	15 reales
M (x,n,z <sub>1</sub> + 1)	inerencia de trabes sentido X	tridimensional	15 reales

VARIABLE	NOMBRE	T I P O	CAMPO DE PRE CISION EN ME MORIA
$E (y, n, z_2 + 1)$	inercia de columnas sentido Y	tridimensional	15 reales
$M (y, n, z_2)$	inercia de trabes sentido Y	tridimensional	15 reales
$F (x, l, z_1)$	long. cruja sent. X	tridimensional	9 reales
$G (y, l, z_2)$	long. cruja sent. Y	tridimensional	9 reales
* P1 $[(z_1 + 1) (n + 1)]$	mom. de empot. nudo der. marcos sent. X	bidimensional	9 reales
* P2 $[(z_1 + 1) (n + 1)]$	mom. de empot. nudo izq. marcos sent. X	bidimensional	9 reales
* S1 $[(z_1 + 1) (n + 1)]$	ctte. empot. nudo der. marcos sent. X	bidimensional	9 reales
* S2 $[(z_1 + 1) (n + 1)]$	ctte. empot. nudo der. marcos sent. Y	bidimensional	9 reales
* P3 $[(z_2 + 1) (n + 1)]$	mom. empot. nudo der. marcos sent. Y	bidimensional	9 reales
* P4 $[(z_2 + 1) (n + 1)]$	mom. empot. nudo izq. marcos sent. Y	bidimensional	9 reales
* S3 $[(z_2 + 1) (n + 1)]$	ctte. empot. nudo der. marcos sent. Y	bidimensional	9 reales
* S4 $[(z_2 + 1) (n + 1)]$	ctte. empot. nudo izq. marcos sent. Y	bidimensional	9 reales

NOTA. Con el propósito de almacenar en la computadora el menor número de - - variables de carga, el programa mantiene en memoria-máquina los datos de las distintas cargas por viga únicamente hasta calcular los elementos mecánicos en cada nudo, desapareciendo los datos de cargas en la memoria y únicamente quedan registrados en disco los momentos y cortantes debidos a las cargas sin necesidad de almacenar durante todo el análisis las fuerzas actuantes.

### 3.4 Capacidad en Hardware.

Como se mencionó con anterioridad, la limitación en cuanto a nivel de operación en el equipo está superditada a dos factores:

- a) Memoria-máquina
- b) Memoria-disco

La limitante en memoria-máquina en este tipo específico de programa juega un papel menos crítico que la saturación de memoria-disco. Al estar diseñado el programa para ser cargado en forma escalonada por medio de subprogramas, la memoria máquina únicamente es cargada con el número de datos y variables necesarios en el momento pico de retención de datos por subprograma, importando únicamente la máxima cantidad de datos cargados por subprograma y no en forma total, como sucede en memoria-disco.

En relación a esto, el subprograma en que se tiene el pico de compilación-memoria y memoria-dato es el programa editor de datos de revisión.

Es incierto generalizar la capacidad de memoria-máquina-utilizada puesto que los bytes-memoria de ésta se encuentran en función de las longitudes de los campos de las variables, los que dependen del tipo de variable y de la combinación de la altura y las dimensiones X y Y de la estructura.

En forma aproximada se puede suponer que dado que dos campos reales constituyen un byte-memoria, la cantidad de memoria-máquina consumida será de aproximadamente 5 bytes por variable, de donde el máximo de saturación en memoria-máquina se tendrá en el subprograma editor de datos, multiplicando el número total de constantes-dato por 5 y aumentando 6000 bytes debidos al cargador del programa.

El número total de variables con que se trabaja durante todo el proceso de análisis puede ser calculado con la fórmula:

el número total de datos por cargar es igual a:

$$10 + 7H + 2(x + y) + N(x(2z_1 + 1) + y(2z_2 + 1) + xz_1 + yz_2 + 4(N + 1)(z_1 + z_2 + 2))$$

en donde:

$H$  = número total de niveles.

$x$  = número total de marcos en el sentido  $x$ .

$y$  = número total de marcos en el sentido  $y$ .

$z_1$  = número total de crujeas en el sentido  $x$ .

$z_2$  = número total de crujeas en el sentido  $y$ .

El criterio general para agrupar datos se definió en función del campo vectorial al que fué asignado cada uno. Los datos generales fueron referidos a un archivo de acceso general tomando en cuenta que sólo representan constantes que se pueden agrupar como escalares dentro de un conjunto de constantes, tales como el número de niveles de la estructura, el número de marcos, etc.

El segundo grupo de datos se refirió a un campo de almacenamiento vectorial unidimensional el cual es función del número de niveles.

A este grupo corresponden datos tales como el peso de los entrepisos, las longitudes de plantas, etc.

El tercer grupo de datos se refirió a un campo bidimensional que es función del número de marcos y del número de niveles, tales como las variables referentes a rigideces de entrepiso, cortantes torsionantes etc.

El cuarto grupo de datos se refirió a un campo tridimensional en el espacio de localización dentro de la estructura, el cual es función del número de marco, número de nivel y



número de cruja. A este grupo de variables pertenecen las -  
inercias de columnas y trabes.

De esta forma, es posible localizar espacial, bidimensio-  
nal o unidimensionalmente cualquier variable dentro de los ar-  
chivos, quedando agrupado éstos en un acceso específico a dis-  
co (Random Acces File), mientras que los datos escalares son  
referidos a un sistema secuencial de localización en disco -  
(Sequential File).

En función de obtener una longitud óptima de archivo en  
disco y máquina, se optó por definir los campos reales de las  
variables a fin de no almacenar números reales innecesarios -  
que alarguen los registros y a la vez conservar la precisión  
necesaria en los cálculos.

A continuación se anexa una tabla que resume las reduc-  
ciones de campos hechas en las variables en función de sus -  
respectivos archivos de almacenamiento.

NOMBRE DEL ARCHIVO: VECT  
LONGITUD: 170 registros  
CAMPO EN BANDA: 10 reales  
DATOS ALMACENADOS: datos unidimensionales

NOMBRE DEL ARCHIVO: MAT 0  
LONGITUD: 40 registros  
CAMPO EN BANDA: 10 reales  
DATOS ALMACENADOS: datos bidimensionales

NOMBRE DEL ARCHIVO: MAT 1  
LONGITUD: 40 registros  
CAMPO EN BANDA: 10 reales  
DATOS ALMACENADOS: datos bidimensionales

NOMBRE DEL ARCHIVO: MAT 2  
LONGITUD: 110 registros  
CAMPO EN BANDA: 10 reales  
DATOS ALMACENADOS: datos bidimensionales

NOMBRE DEL ARCHIVO: MAT 3  
LONGITUD: 30 registros  
CAMPO EN BANDA: 10 enteros  
DATOS ALMACENADOS: datos tridimensionales.

descrita previamente.

El número pico de variables manejadas en el programa editor de datos es aproximadamente el 60% del total de variables de tal forma que el número aproximado de bytes-memoria consumido por la máquina es:

$$M = (0.6N \times 5) + 6000; \quad \text{por lo que se tendrá:}$$

$$M = 3N + 6000 \quad \text{en donde:}$$

M= número de bytes consumidos.

N= número de variables de entrada.

### 3.5 Codificación.

La primera etapa del programa se inicia con la captura de datos de alimentación.

El programa parte en su inicio con matrices de datos que se almacenan en distintos archivos según su utilización secuencial en el cálculo y según su campo dimensional. La captura de datos se divide en dos subprogramas:

- a) el primer subprograma, llamado CAPT. INERCIA, captura los datos generales descriptivos del edificio y los referentes a las geometrías de los distintos elementos estructurales que lo constituyen.
- b) el segundo subprograma de captura, denominado CAPT. CARGAS, se encarga de traducir los efectos de las distintas cargas verticales sobre las trabes en momentos de empotramientos y cortantes, de clasificarlos por nudo y registrándolos en el espacio de memoria correspondiente.

Para evitar que se procesen datos mal codificados el programa edita un listado con los datos clasificados por planta y por marco, según una convención previa de unidades de manera que sea posible hacer una revisión visual. El programa cuenta con una opción de corrección de datos que consiste en un subprograma que pregunta si se desea cambiar algún dato, ya sea por error o con el objeto de analizar la misma estructura con diferente geometría u otras cargas sin tener por esto que volver a efectuar toda la codificación nuevamente.

Al especificarle a la máquina cual es el dato que se desea cambiar, se localiza éste por su posición en el archivo correspondiente y la modificación se efectúa borrando el dato original y substituyéndolo por el nuevo valor.

Una vez asegurada la correcta codificación, se inicia el acceso al análisis en sí, y se obtienen resultados finales en función de los datos de inicialización.

A continuación se presenta la forma en que se piden los datos iniciales, a través de un monitor.

Unidades de datos iniciales de alimentación.

Longitudes	mts.
Pesos	tons.
Inercias	cm <sup>4</sup>
Fuerzas	tons.
Mod. Elast	kg/m <sup>2</sup>

Subprograma CAPT. INERCIAS.

1.- Datos Generales del Edificio.

- a) Número de niveles del edificio y coeficiente sísmico.
- b) Número correspondiente al marco de mayor altura y número mayor de crujeas en cualquier sentido.
- c) Número de marcos en el sentido X y número de marcos - en el sentido Y.
- d) Número de crujeas en el sentido X y número de crujeas en el sentido Y.
- e) Precisión deseada y número máximo permitido de iteraciones.

2.- Datos Referentes a Cada Planta del Edificio.

- a) Coordenada del centro de gravedad en dirección X y Y.
- b) Módulo de elasticidad.
- c) Longitud proyección planta en sentido X y Y.
- d) Altura de entrepiso y peso de entrepiso.

3.- Datos Referentes a Cada Marco.

- a) Número de niveles y ubicación de muros de carga en el marco.
- b) Longitud de las crujeas.
- c) Inercia de traveses por nivel.
- d) Inercia de columnas por nivel.

\* Nota.- El programa cuenta con una opción para los casos - en que todas las columnas o trabes de un nivel - - cuenten con la misma sección, para este caso única mente se proporciona la sección y automáticamente se asigna su momento de inercia a todos los elemen tos (columnas o trabes) del nivel.

### Subprograma CAP. CARGAS.

Con el fin de optimizar el número de variables, esta -- sección de captura desempeña una doble función:

La primera es la de preguntar el tipo de fuerzas que - obran verticalmente en cada trabe de la estructura (acepta - una carga uniformemente distribuida y hasta 3 cargas puntua- les con sus respectivas localizaciones), y la segunda trans- formar las solicitaciones en dos momentos de empotramiento - por nudo (uno correspondiente a la barra izquierda y otro a la derecha) y dos cortantes.

De ésta manera, las variables que representan las soli- citaciones se transforman en variables temporales en la memo- ria RAM sin ocupar espacio en memoria-disco y traduciéndose en 4 variables por nudo.

#### 1.- Datos de Cargas Verticales por Marco.

- a) Número de vigas cargadas.
- b) Nudo extremo izquierdo y extremo derecho de la barra.
- c) Carga repartida.
- d) Fuerza concentrada y distancia del extremo izquierdo del nudo de la barra a su punto de aplicación.

El programa establece un orden secuencial en la numera- ción de nudos en cada marco y éstos deberán ser introducidos en orden progresivo.

En caso de no hacerlo en el orden establecido, la infor- mación de la barra en cuestión es rechazada asegurando de - esta manera el hecho:

- a) Omitir la codificación de una barra previamente registra- da como cargada.
- b) La falta de continuidad en la secuencia de los nudos.

### 3.6 Interpretación de Resultados.

Como etapa final del programa la obtención de los resultados de la estructura se realiza en las siguientes dos - - etapas:

- a) Edición de resultados-planta.
- b) Edición de resultados-marco.

La primera se realiza al contar la computadora con los - resultados sísmicos del análisis sísmico, de rigideces en marcos y con la obtención de cortantes torsionantes.

Estos datos son almacenados en memoria-disco y cargados a memoria-máquina al concluir la obtención de cortantes torsionantes.

El subprograma que realiza ésta operación se denomina - IMPRE. RES y su función es la de localizar los resultados - referentes a cortantes sísmicos, cortantes torsionantes y - excentricidades de entrepiso, clasificarlos por resultados - planta y ordenar su formato y edición.

Una vez editados, estos resultados se siguen conservando en memoria-disco con el fin de tener la opción de formar, - - para usos posteriores de referencia, un archivo de memoria de cálculo registrado en discos magnéticos flexibles de 5/4".

La segunda edición de resultados se obtiene una vez analizado cada marco, con lo cual no es necesario su retención en memoria-disco únicamente en memoria-máquina (RAM) mientras son impresos.

Una vez editados en el listado de resultados se regenera la memoria-máquina limpiando sus archivos y cargando los datos necesarios para correr el siguiente marco y, al igual con el anterior, editar los resultados referentes a los elementos mecánicos.



Este sistema de edición alternada permite optimizar de manera considerable la flexibilidad de interacción entre memoria-máquina y memoria-disco liberando al programa editor y al sistema operativo del riesgo de saturar los archivos en un instante dado.

Tomando en cuenta la tediosa operación de rescatar y clasificar los elementos mecánicos según el elemento estructural en que actúan, se eligió un formato de impresión que "traza" el marco en la hoja de resultados, formando los nudos con el formato de los valores reales de los momentos, como se ilustra en breve, al igual que los cortantes en traveses y las fuerzas axiales en columnas.

De esta manera, para la interpretación de los resultados de momentos flexionantes en columnas y traveses, basta con localizar el nudo donde convergen estos elementos y se puede visualizar objetivamente el valor del momento flexionante correspondiente. Cada par de cortantes traza el formato de la cruja de la viga en que actúa y la columna queda representada por una diagonal.

Las fuerzas axiales se acumulan directamente en la línea de acción correspondiente al eje de columnas sobre las que actúan. Los resultados se editan en cada marco, primero por carga vertical y posteriormente por carga horizontal.

Los desplazamientos se imprimen por nivel y finalmente se informa sobre cuantas iteraciones requirió cada convergencia, respetando el máximo autorizado en los datos de inicialización en el intervalo de tolerancia permitido.

#### Formato de Impresión.

A continuación se presenta un ejemplo indicando la interpretación de resultados; corresponden al ejemplo No. 1 del marco No. 5.

Interpretación de Resultados.

Ejemplo No. 1

Marco No. 5

Solución por Cargas Verticales

a) Acciones de la barra sobre nudo (momentos).

00.0		00.0		00.0
00.0	-1.4	-1	-1	-1.4
	1.4		1.9	
				1.4
1.2		1.8		1.2
00.0	-2.9	-2.2	-2.2	-2.9
	1.7		2.6	
				1.7
2.4		2.9		2.4
00.0	00.0	00.0	00.0	00.0
	-2.4		-2.9	
				-2.4

La convención de signos se ilustra en la figura No. 9

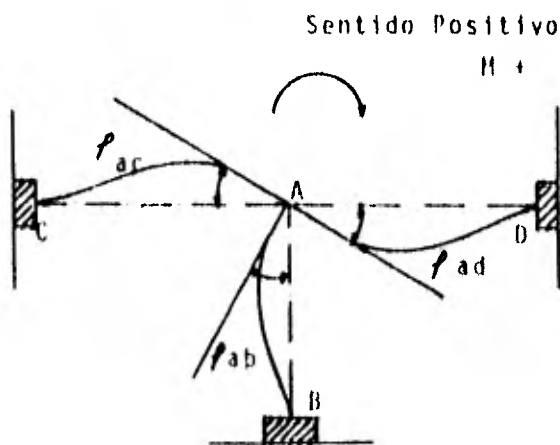


Fig. # 9

b) Cortantes en Trabes

/.5                      -.5/-.5                      -.5

/-1                      -1/-1                      -1

c) Fuerza Axial Acumulada en Columnas

-.5                      0                      .5

-1.5                      0                      1.5

Aislando los resultados para cada elemento estructural se tiene:

Primer nivel, segunda crujfa

Momento en trabe extremo izquierdo                      -2.2

Momento en trabe extremo derecho                      -2.9

Cortante en trabe extremo izquierdo                      1.4

Cortante en trabe extremo derecho                      -1.1

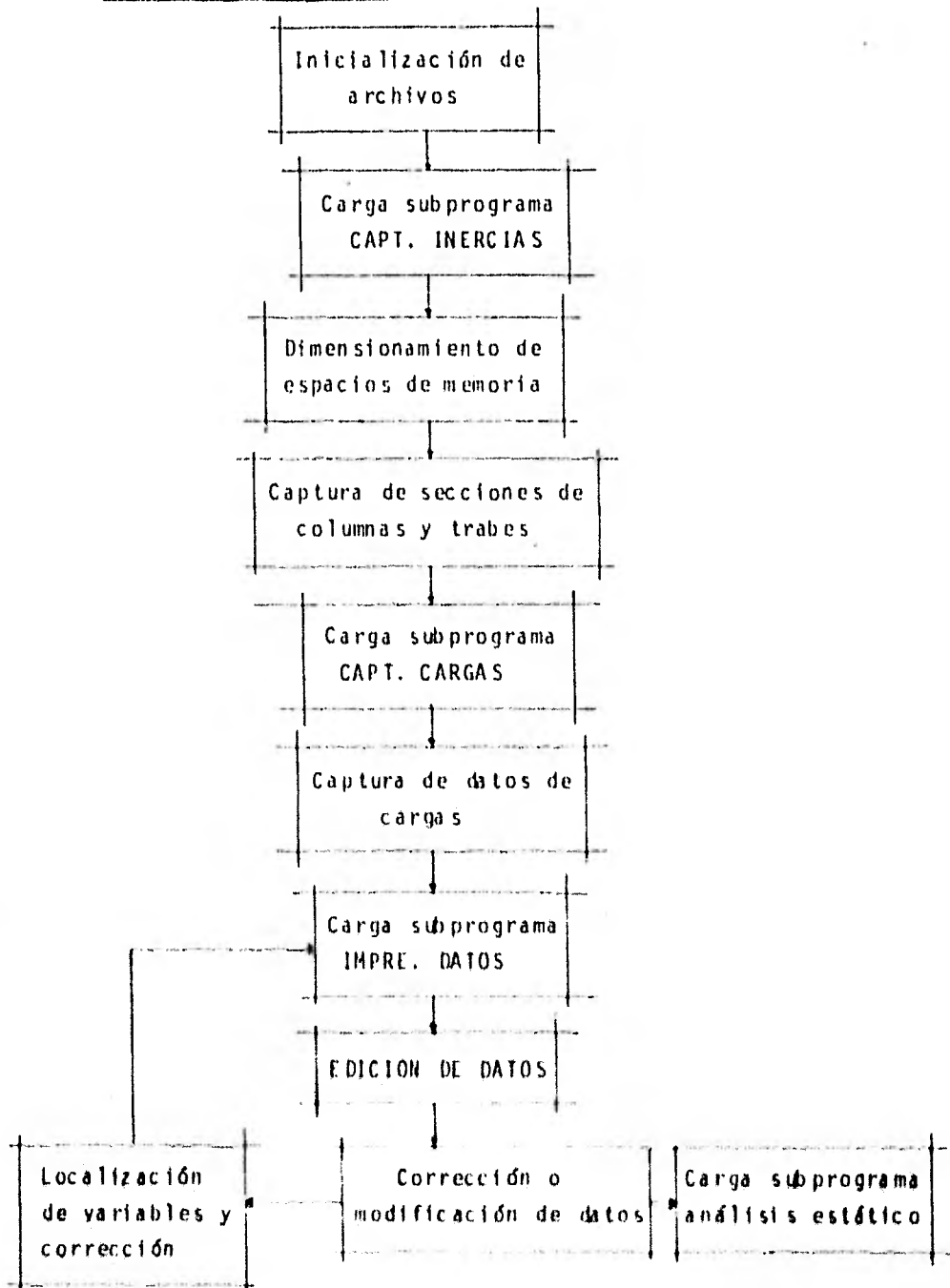
Segundo nivel, segunda crujfa, segunda columna

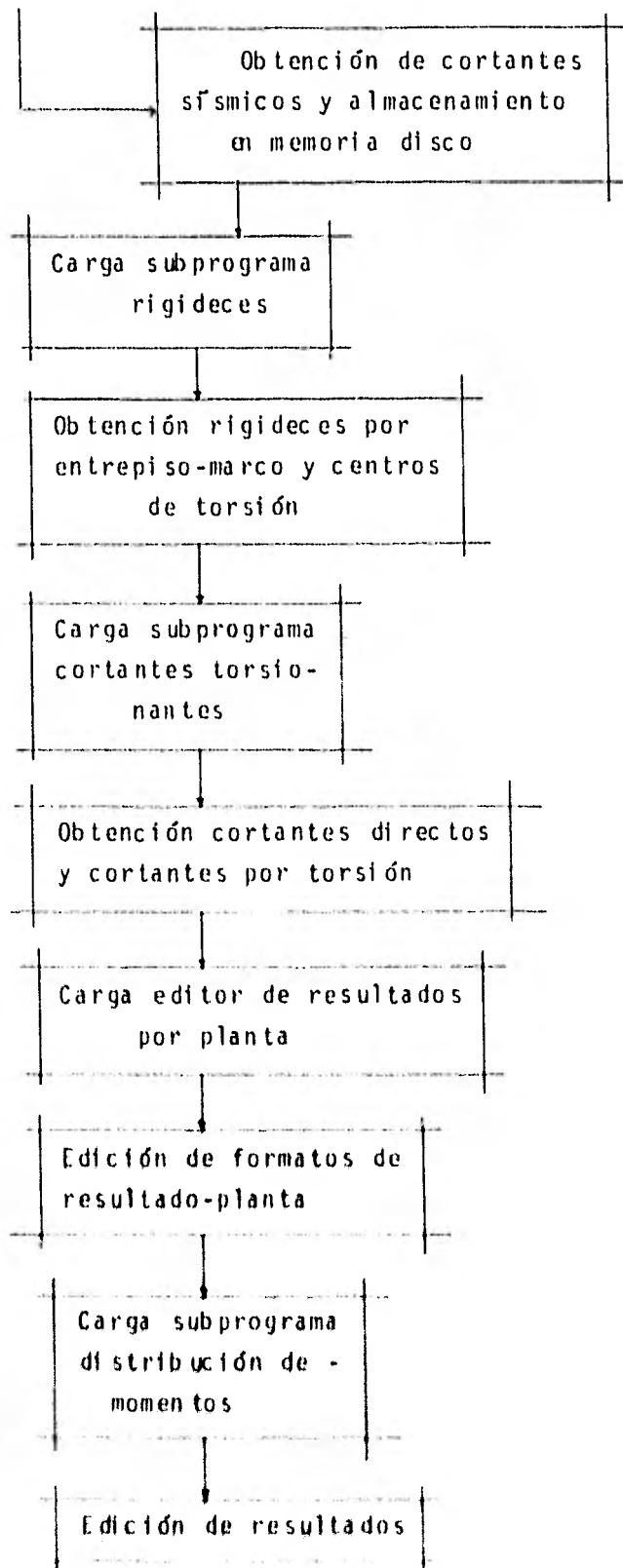
Momento superior                      1.4

Momento inferior                      1.2

Fuerza axial acumulada                      .5

### 3.7 Diagrama Operacional.





#### 4.- EJEMPLOS.

Para presentar con mayor objetividad los conceptos expuestos en este trabajo, se propone una estructura a base de marcos reticulares de concreto de dos niveles la cual ha sido sometida a 3 diferentes modificaciones. Cada una de estas modificaciones ha sido ejemplificada y en cada una se ilustran distintas opciones del programa.

En el ejemplo No. 1 se pretende generalizar el planteamiento y codificación de la estructura así como la interpretación cuantitativa y cualitativa de los resultados.

Las dimensiones de los elementos que la integran son meramente los representativos y tratan de resaltar la influencia de la geometría de éstos en la ubicación de los centros de torsión y la consiguiente variación en la obtención de los elementos mecánicos en cada marco.

En el ejemplo No. 2 se efectúa el análisis sísmico de una estructura que tiene las mismas dimensiones generales que la del ejemplo No. 1 pero en ella se han uniformizado la geometría de las columnas en todos los marcos, con el fin de apreciar la influencia de la excentricidad accidental generada según las estipulaciones del Reglamento de Construcciones del Departamento del D. F., la que es función exclusiva de la longitud de la planta perpendicular a la dirección del sismo. Se omite en éste ejemplo el análisis por carga vertical por considerarlo análogo al efectuado en el ejemplo No. 1.

El ejemplo No. 3 plantea la posibilidad de análisis de marcos con diferentes alturas.

Se presenta el mismo sistema en donde dos de los marcos de la planta superior son distintos a los de la planta inferior. En éste caso se suponen las inercias de los elementos faltantes como nulas, no contribuyendo éstos ni a la rigidez ni a la distribución de los elementos mecánicos, pero siendo necesaria su inclusión en la codificación.

Se incluye un muro de carga en uno de los marcos. Para idealizar la interacción de éste con el marco, se adopta la opción de generar dos crujeas ficticias como se ha expuesto anteriormente. En éste caso, la inercia de los elementos - que forman las crujeas adicionales se obtiene en la sección correspondiente al dimensionamiento.

También es importante notar como consecuencia de la - influencia del muro, la restricción en la magnitud del desplazamiento de éste.

Los resultados correspondientes a cada uno de los ejemplos se anexan a éstos al igual que las hojas de revisión de datos de codificación.

EJEMPLO No. 1



SECCIONES DE COLUMNAS Y TRABES

EJEMPLOS 1, 2 y 3

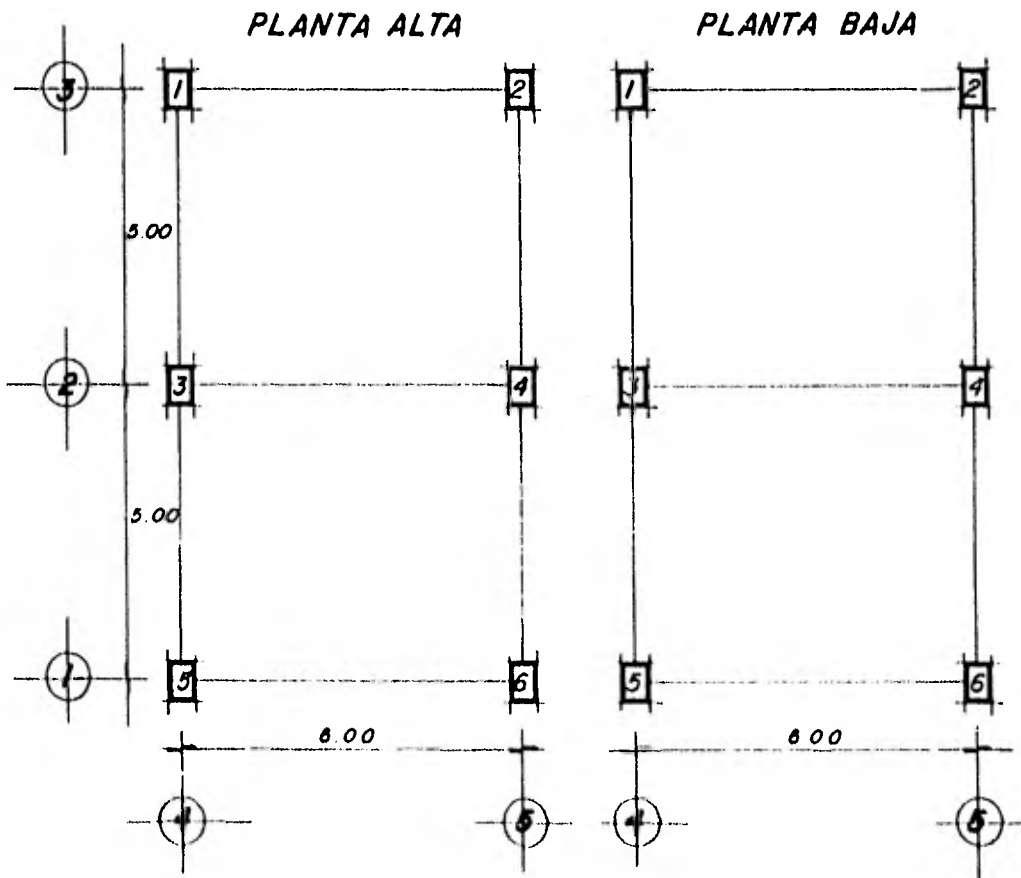
Planta Baja				1 Planta Tipo			
Col. Núm.	Sección			Col. Núm.	Sección		
	Ej # 1	Ej # 2	Ej # 3		Ej # 1	Ej # 2	Ej # 3
1	50X50	40X40	50X50	1	45X45	40X40	45X45
2	30X30	40X40	30X30	2	25X25	40X40	25X25
3	40X40	40X40	40X40	3	30X30	40X40	30X30
4	30X30	40X40	30X30	4	30X30	40X40	30X30
5	45X45	40X40	45X45	5	30X30	40X40	---
6	30X30	40X40	30X30	6	25X25	40X40	---

SECCION DE TRABES EN  
 TODOS LOS MARCOS.- 20 X 50

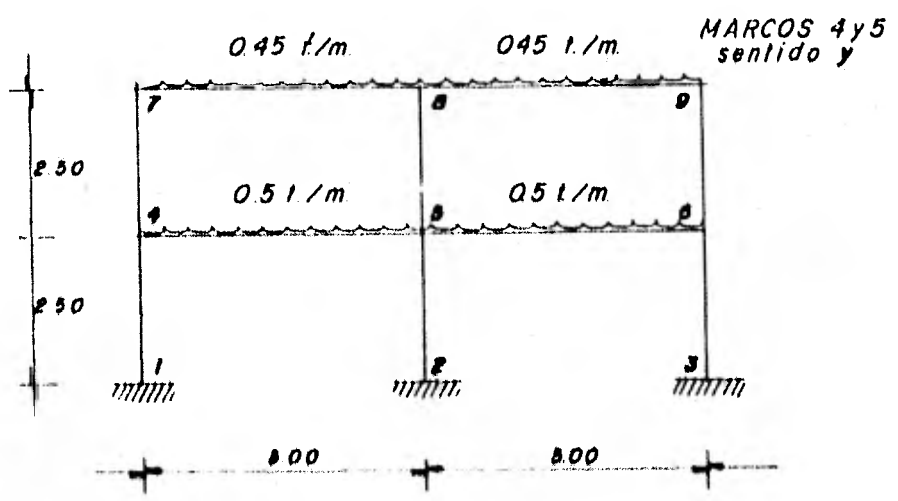
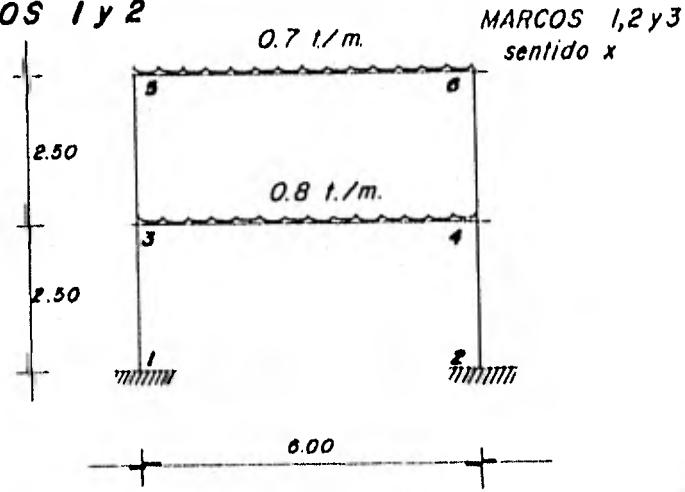
En el ejemplo # 3 las trabes que  
 forman el marco con las columnas  
 5 y 6 en el marco N. 4 y 5 tienen  
 inercia = 0.

**EJEMPLOS 1 y 2**

**PLANTAS**



**EJEMPLOS 1 y 2**



• • • • U N I D A D E S • • • •

D A T O S   A L I M E N T A C I O N

LONGITUDES	MTS
PESOS	TONS
INERCIAS	CM4
FUERZAS	TONS
MOD ELAST	10/CM2

D A T O S   R E V I S I O N

LONGITUDES	MTS
PESOS	TONS
INERCIAS	CM4 IE-5
MOMENTOS	TON M4 IE-2

R E S U L T A D O S

FUERZAS	TONS
RIGIDECES	10/CM
DEPLAZAMIENTOS	CM
CORTANTES	TONS
FIZAS AXIALES	TONS

• • • C A P T U R A   D E   D A T O S • • •



\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRAPES \*\*\*

AR 2 08 AR  
 2 11 2 08 63

\*\*\* MOMENTOS DE ENTUBAMIENTO \*\*\*

02 - 02  
 02 - 02  
 --- ---

MARCO N 3

SENTIDO Y	N DE ENTUBADO	N CUBIERTAS	MEDIO DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR (cm <sup>4</sup> )
--------------	---------------	-------------	----------------	---

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRAPES \*\*\*

AR 2 08 AR  
 2 11 2 08 63

\*\*\* MOMENTOS DE ENTUBAMIENTO \*\*\*

02 - 02  
 02 - 02  
 --- ---

MARCO N 4

SENTIDO Y	N DE ENTUBADO	N CUBIERTAS	MEDIO DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR (cm <sup>4</sup> )
--------------	---------------	-------------	----------------	---

\*\*\* ENERGIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

62	2 08	67	2 08	1 42
63	2 08	68	2 08	1 42

\*\*\* MOMENTOS DE EMPUJAMIENTO \*\*\*

01	- 01	01	- 01
01	- 01	01	- 01

M A T R I Z

SENTIDO Y	N DE ENTRESO 1	N DE SALIDA 2	MURTO DE CARGA M1	ENERGIA MENOR VALOR 10002
--------------	-------------------	------------------	----------------------	------------------------------

\*\*\* ENERGIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

65	2 08	67	2 08	1 42
66	2 08	68	2 08	1 42

\*\*\* MOMENTOS DE EMPUJAMIENTO \*\*\*

01	- 01	01	- 01
01	- 01	01	- 01

\*\*\* OBTENCION DE CORTANTES FISICOS, ESTATICOS, CENTROS DE TORSION Y EXCENTRICIDADES DE DISEÑO \*\*\*

ENTREPISO	CORTANTE FISICO	C TORSION X	C TORSION Y	EXC GEOM X	EXC GEOM Y
2	9.25	1.75	5.95	1.25	- 85
1	17.7	1.72	5.17	1.21	- 37

\*\*\* OBTENCION DE RIGIDCEDES DE ENTREPISO Y CORTANTES TORSIONANTES \*\*\*

S E N T I D O X-----Y

M A R C O N 1

ENTREPISO	RIGIDCZ	CYTE DIRECTO	CYTE TORSION	X TORSION	CYTE TOTAL
2	5769.84	2.17	1.12	95	3.29
1	14742.49	4.75	1.4	33	6.25

M A R C O N 2

ENTREPISO	RIGIDCZ	CYTE DIRECTO	CYTE TORSION	X TORSION	CYTE TOTAL
2	6700.14	2.52	19	08	2.7
1	12277.84	3.93	04	02	3.61

M A R C O N 3

ENTREPISO	RIGIDCZ	CYTE DIRECTO	CYTE TORSION	X TORSION	CYTE TOTAL
2	9808.06	3.57	09	05	3.66
1	19981.87	5.32	6	11	6.92

S E N T I D O Y-----X

M A R C O N 4

ENTREPISO	RIGIDCZ	CYTE DIRECTO	CYTE TORSION	X TORSION	CYTE TOTAL
-----------	---------	--------------	--------------	-----------	------------



2	19470 85	5 34	- 31	05	5 53
1	17175 85	2 41	- 45	05	9 96

M A R C O N 2

ENTREPISO	RIGIDEZ	CTTE DIRECTO	CTTE TORSION	% TORSION	CTTE TOTAL
2	7748 77	2 41	1 2		3 61
1	15070 03	2 72	1 64	44	5 45

\*\*\* OBTENCION DE ELEMENTOS MECANICOS EN MARCOS \*\*\*

PROCESADO M A R C O N 2

\*\*\*\*\* DETERMINACION POR PARRAS VERTICALES M 1 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 02001 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 04114

\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

30 0 00 0  
 30 0 1 2 -1 1 00 0  
 21 3

30 0 1 1 -1 1 00 0  
 21 3

30 0 1 1 -1 1 00 0  
 21 3

\*\*\* MOMENTOS EN TRABES \*\*\*

30 0 1 1 -1 1 00 0  
 21 3

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 1 \*\*\*\*

7.1      7.1  
4.4      4.4

SE REQUIERIO 11 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 1 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 32296    ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 44409

\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRAVES \*\*\*\*

00.0      00.0  
00.0    1.8    -1.8 00.0  
1.8      1.2

1.8      1.8  
00.0 -4.1    -3.1 00.0  
1.1      1.4

0.8      2.1  
00.0 00.0    00.0 00.0  
-3.8      -1.1

\*\*\*\* CORTANTES EN TRAVES M 1 \*\*\*\*

1.7      1.7  
1.1 2      -1.2

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 1 \*\*\*\*

- 7        7  
-1 9      1 9

SE REQUIRIÓ 11 ITERACIONES

\*\*\*\*\* M A R C O N 2 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 2 \*\*\*\*\*

ENTRERISO 1 DESPLAZAMIENTO (CM)    ENTRERISO 2 DESPLAZAMIENTO (CM)

\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y RADES \*\*\*\*

00 0        00 0  
00 0 1 4    -1 4 00 0  
-1 4        1 4

-1 1        1 1  
00 0 2 1    -1 1 00 0  
-1        1

-1 1        1 1  
00 0 00 0    00 0 00 0  
-1        1

\*\*\*\* REACTANTES EN RADES M \*\*\*\*

00 0        00 0  
00 0 00 0    00 0 00 0  
-1        1

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL AUMENTADA EN COLUMNAS M 1 \*\*\*\*\*

1 1  
A 2 A 2

SE REPETIO 2 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR ELEMENTOS HORIZONTALES M 2 \*\*\*\*\*

ENERGIA Y DESPLAZAMIENTOS POR ELEMENTOS HORIZONTALES

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0 00 0  
00 0 -1 8 -1 3 00 0  
1 8 1 3

1 3 1 7  
00 0 -3 1 -2 3 00 0  
1 8 1

4 2 1 7  
00 0 00 0 00 0 00 0  
-4 2 -1 7

\*\*\*\*\* PORTANTES EN TRABES M 2 \*\*\*\*\*

1 1

1 1

1 1

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNA: M 2 \*\*\*\*

- 6        6  
-1.5      1.5

SE REQUIRIO 10 ITERACIONES

\*\*\*\*\* M A R T I N \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* SOLUCION POR LARGA VERTICAL: M 2 \*\*\*\*\*

ENTRE 150 1 DEFLAZAMIENTO 02941    ENTRE 150 2 DEFLAZAMIENTO 01451

\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABELOS \*\*\*\*

10 0        00 0  
00 0 1 7    -1 1 00 0  
-1 7        1 1

- 4        1  
00 0 2 2    1 2 00 0  
-1 7        1 2

1        1  
00 0 0 0    00 0 00 0  
0 0        0 0

\*\*\*\* MARTIN \*\*\*\*

17 4 -2 4

--- ---

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 3 \*\*\*\*

2 2 2

4 6 4 4

SE REQUIRO 20 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 3 \*\*\*\*\*

ENTREFISO 1 DESPLAZAMIENTO NODOS ENTREFISO 2 DESPLAZAMIENTO NODOS

\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABE \*\*\*\*

00 0 00 0  
00 0 -2 1 -1 7 00 0  
2 1 1 7

2 7 1 5  
00 0 1 4 -2 2 00 0  
1 1 1 4

10 3 2  
00 0 00 0 00 0 00 0  
10 3 2

\*\*\*\* DEFORMACION EN TRABE M 3 \*\*\*\*

1 1 2

1 1 1

1 1 1

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 3 \*\*\*\*\*

- 8            8  
-1 2          1 2

SE REQUIRIO 20 ITERACIONES

\*\*\*\*\* M A R Z O N 4 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 4 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO -7 6E-04    ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO - 0144

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0	00 0
00 0	-1 1 1 2	- 6 00 0
- 8	00 0	8
- 4	- 1	4
00 0	-1 1 1 1	- 9 00 0
- 8	00 0	8
- 3	00 0	3
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
3	00 0	- 3

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M 4 \*\*\*\*\*

81            -1 2/1 2            -1  
-1 2          -1 2/1 3            -1 2

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 4 \*\*\*\*

1	2 5	1
2 2	5 1	2 2

SE REQUIRIO 13 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 4 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 25033 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 38128

\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*

00 0	00 0	00 0
00 0 -1 A	-1 2 -1 9	-1 00 0
1 A	3	3

1 1	2	2 1
00 0 -1 2	-1 9 -2 1	-3 5 00 0
2 1	1	1 5

7	1 1	0 0
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
-7	-1 1	-9 8

\*\*\*\* CONSTANTES EN TRABES M 4 \*\*\*\*

7- 6	- 6/-1	-1
7-1	-1/-1 1	-1 1

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN TRABES M 4 \*\*\*\*



```

-4      -4      1      2
-1.6    -5      2.1

```

SE REQUIRIO 16 ITERACIONES

XXXXXXXXXX M A R C O N X XXXXXXXXXXXX

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 0 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 0

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

```

00 0      00 0      00 0
00 0 7    -1 7 1 7    -1 00 0
-3        00 0        3

-7        00 0        3
00 0 6    -1 3 1 3    -6 00 0
-7        00 0        3

-2        00 0        2
00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0
2        00 0        -2

```

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M \*\*\*\*\*

```

7 9      -1 7 1 7      - 0
7 1 1     -1 0 1 0     -1 1

```

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M \*\*\*\*\*

1 2 3  
 4 5 6

SE REQUIRIO 14 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 5 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 3534 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 42615

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0	00 0
00 0 -1 4	-1 -1	-1 4 00 0
1 4	1 0	1 4
1 2	1 8	1 2
00 0 -2 9	-2 2 -2 2	-2 9 00 0
1 7	2 8	1 7
2 8	2 0	2 8
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
-2 8	-2 0	-2 8

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M 5 \*\*\*\*\*

1 5	- 0 / - 5	- 5
1 5	-1 / -1	-1

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 5 \*\*\*\*\*

- 5	0	5
-1 5	0	1 5

SE REQUIRIO 6 ITERACIONES

EJEMPLO No. 2

\*\*\* CAPTURA DE DATOS \*\*\*

\*\*\* DATOS GENERALES \*\*\*

N TOTAL NIVELES	N MARCOS X	N MARCOS Y	N CRUJ X	N CRUJ Y	COEF SISMICO	N MAYOR CRUJ	TOLERANCIA	N MAX ITER
2	2	2	1	2	06	2	05	100

\*\*\* DATOS DE PLANTA \*\*\*

NIVEL	ALTIMA ENTR	PESO ENTR	LONG PLANTA X	LONG PLANTA Y	CO X	CO Y	MOD FIAT
2	2 5	100	6	10	3	5	140000
1	2 5	120	6	10	3	5	140000

\*\*\* DATOS DE MARCO \*\*\*

MARCO N 1

SENTIDO X	N DE ENTREPISO	N CRUJIAS	MURUS DE CARGA NO	INERCIA MENOR VALOR
X	2	1		208333

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

2 13	2 08	2 13
2 13	2 08	2 13

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

0	0
0	0

MARCO N 2

SENTIDO	N DE ENTREPISO	N CRUJIAS	MUROS DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR
X	2	1	NO	208333

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

2 13	2 08	2 13
2 13	2 08	2 13

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

0 0
0 0

MARCO N 3

SENTIDO	N DE ENTREPISO	N CRUJIAS	MUROS DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR
X	2	1	NO	208333

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

2 13	2 08	2 13
2 13	2 08	2 13

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

0 0
0 0

MARCO N 4

SENTIDO	N DE ENTREPISO	N CRUJIAS	MUROS DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR
Y	2	2	NO	208332

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

2 13	2 08	2 13	2 08	2 13
2 13	2 08	2 13	2 08	2 13

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

0 0 0 0

0 0 0 0

--- --- ---

MARCO N 5

SENTIDO  
Y

N. DE ENTREPIED.  
2

N. CRUZIA  
2

MEMBROS DE CARGA  
N3

INERCIA MENOR VALOR  
209333

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

2 13	2 08	2 13	2 08	5 13
2 13	2 08	2 13	2 08	2 13

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

0 0 0 0

0 0 0 0

--- --- ---

\*\*\* OBTENCION DE CORTANTES SISMICOS ESTATICOS, CENTROS DE TORSION Y EXCENTRICIDADES DE DISEÑO \*\*\*

ENTREPISO	CORTANTE SISMICO	C TORSION X	C TORSION Y	EXC GEOM X	EXC GEOM Y
2	8.25	1	3	0	0
1	13.2	3	2	0	0

\*\*\* OBTENCION DE RIGIDEZES DE ENTREPISO Y CORTANTES TORSIONANTES \*\*\*

S E N T I D O X

M A R C O N 1

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	% TORSION	CITE TOTAL
2	9788.99	2.75	47	17	3.22
1	16721.99	4.4	79	18	6.19

M A R C O N 2

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	% TORSION	CITE TOTAL
2	9788.99	2.75	0	0	2.75
1	16721.99	4.4	0	0	4.4

M A R C O N 3

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	% TORSION	CITE TOTAL
2	9788.99	2.75	47	17	3.22
1	16721.99	4.4	79	18	6.19

S E N T I D O Y

M A R C O N 4

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	% TORSION	CITE TOTAL
-----------	---------	--------------	--------------	-----------	------------

2	20827 09	4 13	36	09	4 48
1	30955 85	6 6	53	08	7 13

M A R C O N 5

ENTRADA	RIGIDEZ	CTTE DIRECTO	CTTE TORSION	% TORSION	CTTE TOTAL
2	20827 09	4 13	36	09	4 48
1	30955 85	6 6	53	08	7 13

\*\*\* OBTENCION DE ELEMENTOS MECANICOS EN MARCOS \*\*\*

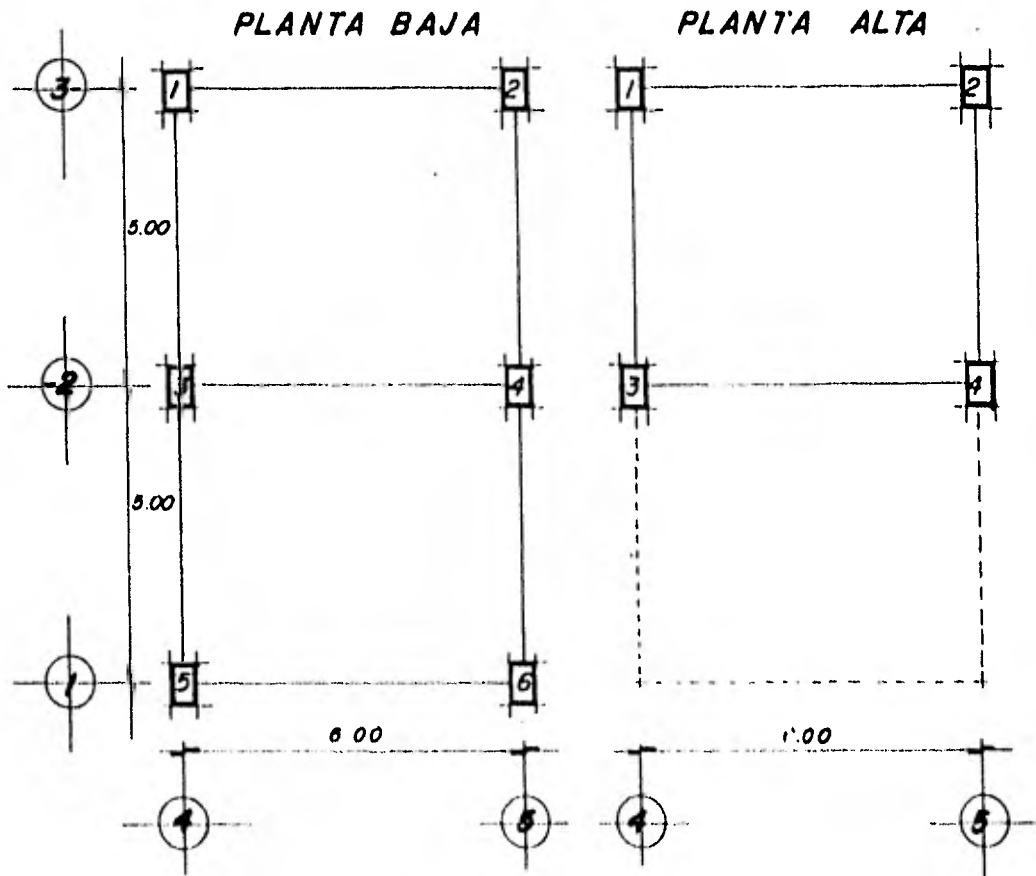
SE OMITIÓ LA IMPRESION DE ELEMENTOS MECANICOS EN ESTE EJEMPLO



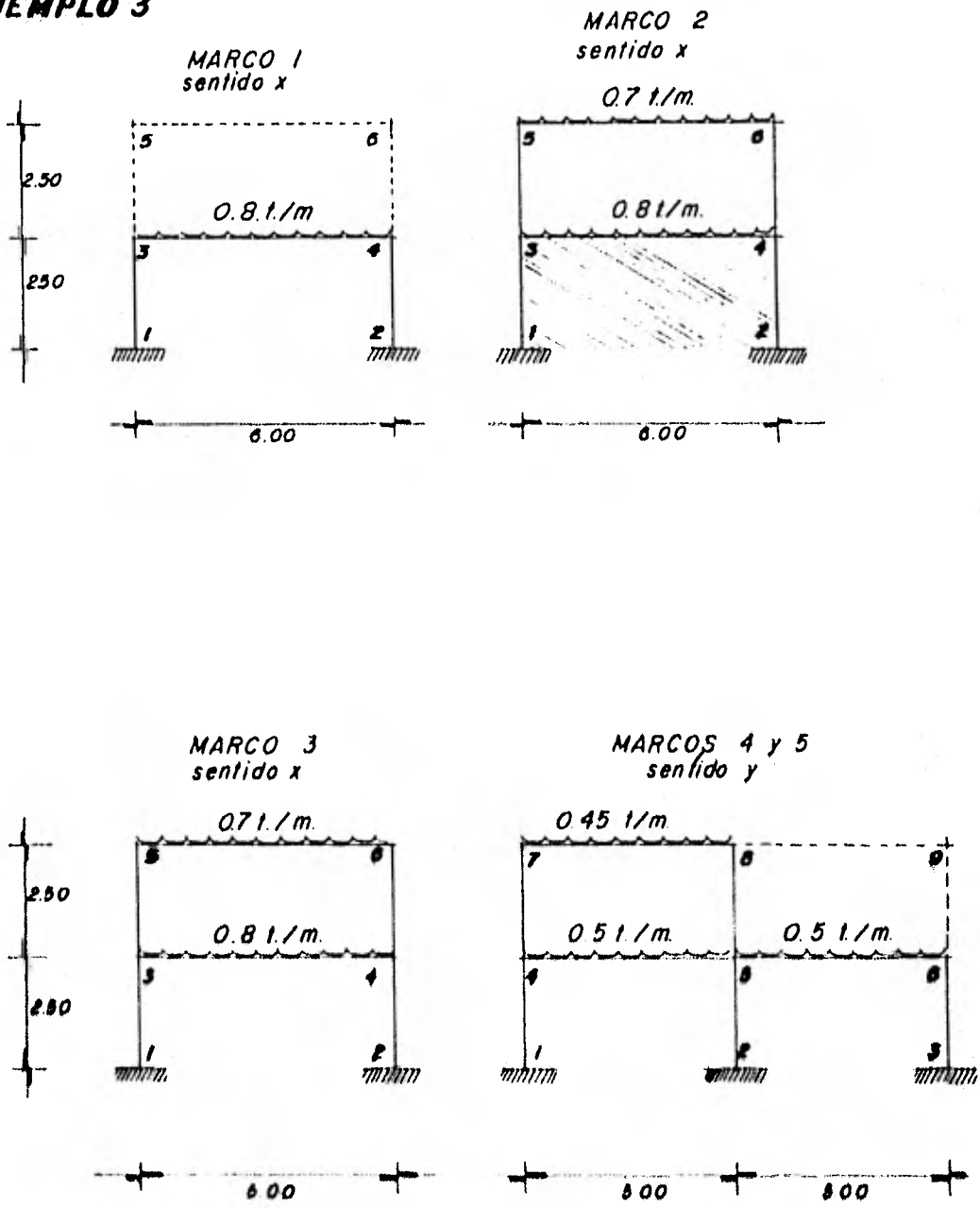
EJEMPLO No. 3

**EJEMPLO 3**

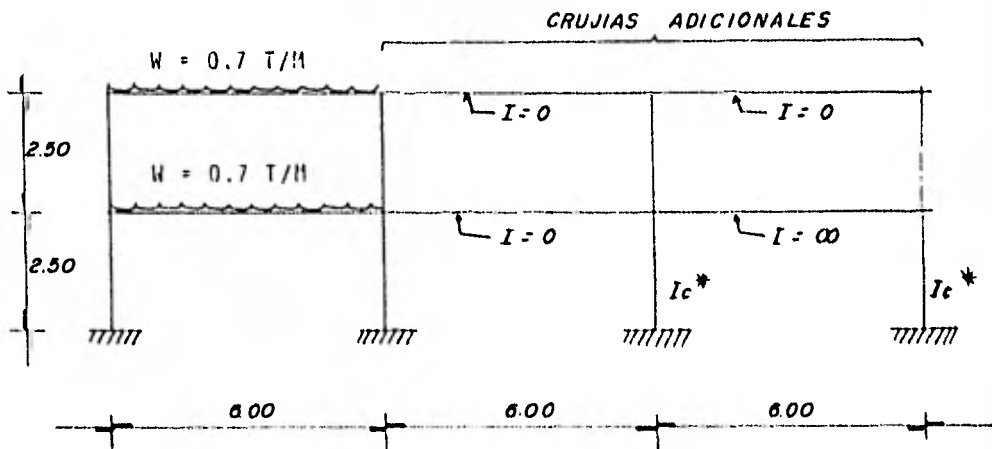
**PLANTAS**



**EJEMPLO 3**



## IDEALIZACION MARCO 2



\* Obtención de las inercias de las columnas de las crujiyas adicionales del marco N-2

El módulo a cortante de la mampostería en el reglamento del Distrito Federal se toma como:

$$G = 0.3E$$

Para mampostería en cargas de corta duración:

$$E = 6000 \text{ kg/cm}^2$$

$$AR = \frac{1800 \times 15 \times 250}{250} = 27,000$$

$$I_{col} = \frac{27,000 \times (250)^3}{24 \times 140,000} = 125,553 \text{ cm}^4$$



X

31

47500

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

68	2 08	0	0	0
2 13	2 08	68	0	10
		68	1 26	1 26

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

02	- 02 0	0 0	0
02	- 02 0	0 0	0

MARCO N 3

SENTIDO	N DE ENTREPISO	N CRUJIAS	MUROS DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR
Y	?	1	NO	32552

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

3 42	2 08	33
5 21	2 08	AR

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

02	- 02
02	- 02

MARCO N 4

SENTIDO	N DE ENTREPISO	N CRUJIAS	MUROS DE CARGA	INERCIA MENOR VALOR
Y	?	2	NO	32882

\*\*\* INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES \*\*\*

68	2 08	68	0	0
3 42	2 08	33	2 08	5 21

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

01 - 01 0 0  
 01 - 01 01 - 01  
 --- --- ---

MARCO N 5

	SENTIDO Y	N DE ENTREPISO 2	N CRUJIAS 2	MUROS DE CARGA NO	INERCIA MENOR VALOR 32552
*** INERCIA DE COLUMNAS Y TRABES ***					
33	2 08	0			
		68	0		
68	2 08	33	2 08	5 21	

\*\*\* MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO \*\*\*

01 - 01 0 0  
 01 - 01 01 - 01  
 --- --- ---

\*\*\* OBTENCION DE CORTANTES SISMICOS ESTATICOS, CENTROS DE TORSION Y EXCENTRICIDADES DE DISEÑO \*\*\*

ENTREPISO	CORTANTE SISMICO	C. TORSION X	C. TORSION Y	EYC DEOM X	EYC DEOM Y
2	8.25	2.71	7.9	29	-2.5
1	13.2	2.7	5.24	3	-24

\*\*\* OBTENCION DE RIGIDEZES DE ENTREPISO Y CORTANTES TORSIONANTES \*\*\*

S E N T I D O X-----

M A R C O N 1

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	X TORSION	CITE TOTAL
2	1	0	0	0	0
1	12742.69	2.88	1.02	35	3.9

M A R C O N 2

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	X TORSION	CITE TOTAL
2	9531.6	4.13	3.56	84	7.69
1	30901.8	6.79	11	02	6.9

M A R C O N 3

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	X TORSION	CITE TOTAL
2	9908.06	6.12	-1.12	27	3
1	19982.82	2.83	63	18	8.18

S E N T I D O Y-----

M A R C O N 4

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	X TORSION	CITE TOTAL
-----------	---------	--------------	--------------	-----------	------------



	8807.81	4.52	23	05	4.78
1	37278.85	7.27	26	04	7.83

M A R C O N 5

ENTREPISO	RIGIDEZ	CITE DIRECTO	CITE TORSION	X TORSION	CITE TOTAL
2	7267.47	1.71	78	21	4.91
1	30431.87	5.93	92	14	6.86

\*\*\* OBTENCION DE ELEMENTOS MECANICOS EN MARCOS \*\*\*

000000000 M A R C O N 1 000000000

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 1 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 03731 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO - 0189

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0
00 0 00 0	00 0 00 0
00 0	00 0

00 0	00 0
00 0 2 1	-1 5 00 0
-2 1	1 5

- 2	9
00 0 00 0	00 0 00 0
2	- 9

\*\*\*\*\* CONSTANTES EN TRABES M 1 \*\*\*\*\*

10 00	00 0
-17.8	-7.2

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 1 \*\*\*\*\*

0 0  
2 5 2 3

SE REQUIRIO 12 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 1 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 10105 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 08714

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0
00 0 00 0	00 0 00 0
00 0	00 0
00 0	00 0
00 0 -1 9	-1 3 00 0
1 9	1 3
8 1	1 8
00 0 00 0	00 0 00 0
-8 1	-1 8

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M 1 \*\*\*\*\*

/0 00 / 00 0  
/- 8 - 8  
--- ---

\*\*\*\*\* FUERZA AYTAI ACUMULADA EN COLUMNAS M 1 \*\*\*\*\*

0 0  
- 5 5

SE REQUIRIO 13 ITERACIONES

000000000 M A R C O N 2 000000000

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 2 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 8 45E-03 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO -9 4E-03

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0	00 0	00 0
00 0 1 4	-1 4 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
-1 4	1 4	00 0	00 0

-1 1	1 1	00 0	00 0
00 0 2 2	-1 9 00 0	00 0 - 1	- 1 00 0
-1 2	7	1	1

- 8	4	1	1
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
8	- 4	- 1	- 1

\*\*\*\*\* REACTANTES EN TRABES M 1 \*\*\*\*\*

/2 1	-2 1/0 00	00 0/0 00	00 0
/2 8	-2 3/0 00	00 0/0 00	00 0

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 2 \*\*\*\*\*

21	21	0	0
46	44	0	0

SE REQUIRIO 9 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 2 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 23477 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 92657

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0	00 0	00 0
00 0 -4 8	-4 8 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
4 8	4 8	00 0	00 0

8 9	8 8	00 0	00 0
00 0 -4 8	-4 8 00 0	00 0 -3 3	-3 3 00 0
-4	-3	3 3	3 3

3 1	9	3 6	3 6
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
-3 1	-9	-3 6	-3 6

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN TRABES M 2 \*\*\*\*\*

7-1 A	-1 6/0 00	00 0/0 00	00 0
7-1 B	-1 8/0 00	00 0/1 1	-1 1

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 2 \*\*\*\*\*

-1 A	1 A	0	0
-1 1	1 1	-1 1	1 1

SE REQUIRIO 8 ITERACIONES

\*\*\*\*\* M A R T I N \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 2 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 02961 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 09478

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0
00 0 1 7	-1 1 00 0
-1 7	1 2

- 5	1
00 0 7 2	-1 9 00 0
-1 7	9

7	6
00 0 00 0	00 0 00 0
- 2	- 6

\*\*\*\*\* CONSTANTES EN TRABES M 2 \*\*\*\*\*

12 2	-2
12 6	-2 A

\*\*\* ---

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 1 \*\*\*\*\*

2 2        2  
4 4        4 4

SE REQUIRIO 20 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 3 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 20818    ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 36069

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRAPES \*\*\*\*\*

00 0        00 0  
00 0 -2 8    -1 3 00 0  
2 8        1 3

2 8        1 2  
00 0 -2 9    -2 2 00 0  
8        1 1

7 8        1 8  
00 0 00 0    00 0 00 0  
-7 8        -1 8

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRAPES M 1 \*\*\*\*\*

7 8        - 8  
7 8        - 8

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 3 \*\*\*\*\*

- 6	6
-1 5	1 5

SE REQUIRIO 20 ITERACIONES

\*\*\*\*\* M A R C O N 4 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 4 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO -5 12E-03 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 4 07E-03

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0	00 0	00 0
00 0 5	- 5 00 0	00 0 00 0
- 5	5	00 0
- 3	3	00 0
00 0 9	-1 2 1	- 9 00 0
- 6	- 1	9
- 4	00 0	3
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
8	00 0	- 3

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M 4 \*\*\*\*\*

/1 1	-1 1/0 00	00 0
/1 2	-1 3/1 3	-1 2
***	***	***

..... FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 4 .....

1 1	1 1	0
2 3	3 7	1 2

SE REQUIRIO 12 ITERACIONES

..... SOLUCION POR FARGAS HORIZONTALES M 4 .....

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 20974 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 53724

..... MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES .....

00 0	00 0	00 0
00 0 -2 8	-3 1 00 0	00 0 00 0
2 8	3 1	00 0

2 5	3 5	00 0
00 0 -3 1	-2 2 -2	-2 8 00 0
7	7	2 8

5 2	8	8 7
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
-8 7	-8	-8 7

..... COEFICIENTES EN TRABES M 4 .....

7-1 2	-1 2/0 00	00 0
7-1 1	-1 1/-1	-1

..... FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 8 .....



-1 2      1 2      0  
 -2 3      1 3      1

SE REQUIRIO 13 ITERACIONES

0000000000 M A R C O N 5 0000000000

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS VERTICALES M 5 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO - 01201 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO -7 8E-03

\*\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*\*

00 0		00 0		00 0
00 0	4	- 5 00 0	00 0	00 0
- 4		5	00 0	00 0
- 3		2		00 0
00 0	7	-1 3 1 1	- 7 00 0	
- 3		- 1	7	
- 2		- 1		00 0
00 0	00 0	00 0	00 0	00 0
2		1	00 0	

\*\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M 5 \*\*\*\*\*

/1 1		-1 1/0 00		00 0
/1 1		-1 8/1 3		-1 2
---		---		---

\*\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 5 \*\*\*\*\*

1 1		1 1		0
1 1		1 1		1

SE REQUIRIO 12 ITERACIONES

\*\*\*\*\* SOLUCION POR CARGAS HORIZONTALES M 5 \*\*\*\*\*

ENTREPISO 1 DESPLAZAMIENTO 27996 ENTREPISO 2 DESPLAZAMIENTO 61519

\*\*\*\* MOMENTOS EN COLUMNAS Y TRABES \*\*\*\*

00 0	00 0	00 0
00 0 -2 1	-3 3 00 0	00 0 00 0
2 1	3 3	00 0

1 9	3 9	00 0
00 0 -2 7	-2 2 -2 4	-3 3 00 0
8	7	3 3

1 5	9	10
00 0 00 0	00 0 00 0	00 0 00 0
-1 5	- 9	-10

\*\*\*\* CORTANTES EN TRABES M 5 \*\*\*\*

7-1 1	-1 1/0 00	00 0
-------	-----------	------

7-1	-1/-1 1	-1 1
-----	---------	------

\*\*\*\* FUERZA AXIAL ACUMULADA EN COLUMNAS M 5 \*\*\*\*

-1 1	1 1	0
------	-----	---

-2 1	1	1 1
------	---	-----

SE REQUIRIO 12 ITERACIONES

## REFERENCIAS

- 1.- Weaver, William and Gere, M. James., "Matrix Analysis - of Framed Structures".  
D. Van Nostrand Company, New York 1980
- 2.- Seximith G. Robert, Gergely Peter and White Richard., - "Structural Engineering, vol. 2 Indeterminated Estructu- res"  
John Wiley and Son, Inc. New York 1972
- 3.- A. Ghali, A. M. Neville "Structural Analysis"  
Chapman and Hall, London 1977
- 4.- Williams D., "Analysis of Statically Indeterminated - - Structures", International, New York 1965
- 5.- Huang T. C., "Engineering Mechanics, Statics"  
Addison-Welsy., Massachusets 1977
- 6.- Popov, Egor., "Introduction to Mechanics of Solids", Pre nitence-Hall Inc. 1968
- 7.- Amercian Concrete Institute "Impact of Computers on the Practice of Structural Engineering in Concrete"  
Detroit, Michigan 1970
- 8.- Phillips, B. "Calculus", John Wiley and Sons, Inc. 1978
- 9.- Wilson E. L., and Dovey H. M. "Three Dimensional Analy-- sis of Building System"-TABS  
University of Berkeley 1972
- 10.- Apple Computer Inc. "The Applesoft Tutorial"  
Cupertino, California 1979
- 11.- Apple Computer Inc. "Basic Programing Reference Manual",  
Cupertino, California 1978
- 12.- Apple Computer Inc. "Apple II Reference Manual",  
Cupertino, California 1979

- 13.- Apple Computer Inc. "Disk Operating System Manual",  
Cupertino California 1980
- 14.- Luthe, Rodolfo., "Análisis Estructural",  
Representaciones y Servicios de Ingeniería 1971
- 15.- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal  
Volumen 401 1977
- 16.- Manual de Diseño por Sismo  
Reglamento de Construcciones del Distrito Federal 1977