



UPAEP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
REFERENCIA  
USO ÚNICAMENTE EN SALA



# Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

TM  
IC  
LOZ  
1990

División de Estudios de Postgrado

ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL  
DE EDIFICIOS POR  
SUBESTRUCTURAS

Trabajo de Investigación

Que para obtener el Grado de :

Maestro en Ingeniería  
( Estructuras )

Presenta:

Joaquín Lozano Mercado

Puebla, Pue.

Noviembre de 1990



**UPAEP – Secretaría General**

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

**Tesis Digitales Restricciones de uso:**

**DERECHOS RESERVADOS ©**

**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

El uso de textos, imágenes, gráficas, 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 de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**A N A L I S I S T R I D I M E N S I O N A L**

**D E E D I F I C I O S**

**P O R**

**S U B E S T R U C T U R A S**

46621



De tus altas moradas abrevas las montañas,  
del fruto de tus obras se satura la tierra,  
la hierba haces brotar para el ganado,  
y las plantas para el uso del hombre,

Sal 104.

Un agradecimiento a la coordinación de la Maestría en Estructuras de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, así como al M. en I. Fernando Vera Badillo, quien fue el asesor del trabajo.

Un agradecimiento a mi esposa y a mis hijos por la comprensión y apoyo que siempre me han brindado.

## INDICE.

1. Introducción.	
1.1. Generalidades.	1
1.2. Objetivos.	4
2. Formulación del modelo matemático.	
2.1. Equilibrio de la barra plana.	6
2.1.1. Características de la barra plana.	6
2.1.2. Hipótesis.	7
2.1.3. Modelo discreto estándar.	8
2.2. Equilibrio de la subestructura.	13
2.2.1. Características de la subestructura.	13
2.2.2. Hipótesis.	13
2.2.3. Ecuaciones de equilibrio de la subestructura en el sistema de referencia local.	14
2.2.4. Matriz de rigideces laterales de la subestructura.	15
2.2.5. Vector de cargas laterales de la subestructura.	16
2.2.6. Vector de desplazamientos laterales de la subestructura.	17
2.3. Equilibrio de la estructura.	17
2.3.1. Características de la estructura.	17
2.3.2. Hipótesis.	18
2.3.3. Ecuaciones de equilibrio de la subestructura en el sistema de referencia global.	18
2.3.4. Ecuaciones de equilibrio de la estructura.	22

3. Proceso de solución del modelo matemático.	
3.1. Ecuación de equilibrio de la barra.	24
3.1.1. Sistema de referencia local.	24
3.1.2. Sistema de referencia de la subestructura.	26
3.2. Ecuación de equilibrio de la subestructura.	26
3.2.1. Ensamble de las ecuaciones de equilibrio.	26
3.2.2. Barra articulada.	28
3.2.3. Matriz de rigideces y vector de cargas laterales.	29
3.2.3. Condensación estática.	30
3.3. Ecuación de equilibrio de la estructura.	31
3.3.1. Transformación de coordenadas.	32
3.3.2. Ensamble de las subestructuras.	32
3.3.3. Solución del sistema de ecuaciones.	32
3.3.4. Elementos cinemáticos del edificio.	33
3.4. Elementos mecánicos y cinemáticos.	33
3.4.1. Elementos cinemáticos de las subestructuras.	33
3.4.2. Elementos mecánicos de las barras.	34
4. Solución de ecuaciones lineales.	
4.1. Métodos directos.	36
4.2. Método de Cholesky.	38
4.3. Desarrollo de algoritmos.	39
4.3.1. Triangulación.	40
4.3.2. Sustitución hacia adelante.	42
4.3.3. Sustitución hacia atrás.	43

5. Programa de computadora.	
5.1. Introducción.	45
5.2. Organización numérica del programa.	47
5.3. Instructivo del programa.	51
5.4. Manual del usuario.	58
6. Ejemplos de aplicación.	
6.1. Introducción.	65
6.2. Estructuras analizadas.	65
6.2.1. Estructura Ejemplo 1.	65
6.2.2. Estructura Ejemplo 2.	67.
6.2.3. Estructura Ejemplo 3.	69
6.3. Equilibrio de las subestructuras.	70
6.4. Elementos mecánicos empleados en el diseño.	71
7. Conclusiones y recomendaciones.	
7.1. Conclusiones.	72
7.2. Recomendaciones.	74
8. Referencias.	76
9. Tablas y figuras.	79
Apéndice A. Listado del programa.	147

## 1. INTRODUCCION.

### 1.1. Generalidades.

Al analizar el comportamiento de una estructura es necesario emplear un modelo que represente en forma adecuada las características de geometría y material que la conforman y las solicitaciones a las que estará sometida la estructura durante su vida útil.

Una clasificación de los modelos empleados en el análisis estructural es la siguiente:

- a) Estructuras esqueléticas.
- b) Estructuras continuas.

Los modelos de estructuras esqueléticas se pueden agrupar en la siguiente forma:

- a) Vigas.

- b) Armaduras planas.
- c) Armaduras espaciales.
- d) Emparrillados.
- e) Marcos planos.
- f) Marcos tridimensionales.

Las estructuras continuas pueden clasificarse en la siguiente forma:

- a) Placas.
- b) Cascarones.
- c) Membranas.

En el caso de edificios pueden emplearse modelos combinados como los descritos a continuación:

- a) Muro-marco.
- b) Muro de cortante con aberturas.
- c) Muro de cortante apoyado en columnas.
- d) Marcos con juntas finitas.
  - \* De columnas anchas.
  - \* De vigas de gran peralte.

El marco tridimensional es el modelo más general de estructura

esqueletal y por consiguiente el que mejor representa las características de un edificio, sin embargo su empleo se ve limitado ya que presenta los siguientes problemas aún usando un programa de computadora; el número de datos de entrada y salida es mucho mayor que para el caso de marcos planos, en igual forma se incrementa el proceso de solución del modelo matemático y esto implica por consecuencia un aumento considerable en tiempos y capacidad de memoria de la computadora, (fig. 1.1).

El modelo marco plano en el que se supone que el edificio está formado por un conjunto de estructuras esqueléticas planas e independientes, es más simple, ya que en este caso se reduce el vector de desplazamientos en cada nudo de seis componentes a tres únicamente, esto simplifica la magnitud del problema numérico y por consiguiente el tiempo de ejecución del programa y la capacidad de memoria requerida; tiene la desventaja de no satisfacer la compatibilidad de los desplazamientos en los puntos comunes a varios marcos, su empleo ha sido frecuente en la práctica profesional, (figs. 1.2 y 1.3).

En algunos casos no se puede despreciar la torsión y se requiere de un análisis que tome en cuenta la interacción de elementos resistentes ubicados en direcciones perpendiculares, a continuación se señalan algunas opciones (ref. 3):

- a) Modelo tridimensional formado con subestructuras.
- b) Modelo tridimensional formado con las rigideces de entrepiso de marcos planos.
- c) Modelo unidimensional formado con las rigideces de entrepiso de marcos planos.

## 1.2. Objetivos.

En este trabajo se presenta el estudio del modelo matemático para el análisis tridimensional de edificios por subestructuras, así como el correspondiente proceso de solución del modelo y un programa de computadora en lenguaje Fortran 77 para el análisis de edificios con este modelo, empleando computadoras IBM PC'S y compatibles, con una configuración mínima de memoria (512 kbytes).

En el capítulo 2 se presentan los conceptos básicos del método de las rigideces aplicados a la barra plana, se plantea el equilibrio de la subestructura en la referencia propia, se definen los grados de libertad externos e internos de la subestructura y finalmente se plantea el equilibrio del edificio.

En el capítulo 3 se muestra el proceso de solución del modelo adoptado, se indica la manera de utilizar los diferentes sistemas de referencia y la correspondiente transformación de coordenadas, se trabaja con el vector indicador de ecuación que permite realizar el ensamble de la matriz de rigideces de la subestructura y del vector de cargas correspondiente, se describe la técnica de condensación estática y finalmente se indica la forma en que se realiza el ensamble para obtener el equilibrio del edificio.

El capítulo 4 presenta la solución de ecuaciones lineales; se describen las etapas de triangulación, sustitución hacia adelante y sustitución hacia atrás, en el método de Cholesky.

La descripción y organización del programa de computadora se presentan en el capítulo 5, también se presenta en este capítulo el instructivo del programa con el correspondiente manual del usuario y finalmente se explican los formatos que se emplean en la preparación de los datos de entrada al programa.

Se presentan tres ejemplos de aplicación realizados con el programa de computadora en el capítulo 6, uno irregular de dos niveles, y dos de ocho niveles, de los cuales uno es irregular en elevación.

En el capítulo 7 se indican las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

En el capítulo 8 se presentan las tablas y figuras a los que se hace referencia en los capítulos precedentes.

El listado del programa se presenta en el apéndice A.

## 2. Formulación del modelo matemático.

### 2.1. Equilibrio de la barra plana.

#### 2.1.1. Características de la barra plana.

Una barra es un cuerpo alargado en el que se puede definir un eje, que para simplificar el modelo geométrico se considera recto, quedando determinado con solo dos puntos.

La sección transversal de la barra se considera constante a lo largo de todo el desarrollo del eje, lo que permite definir con una sola sección al conjunto de secciones transversales que forman la barra, (fig. 2.1).

La sección transversal es simétrica respecto al plano de la barra, por lo que el modelo se conoce como modelo de la barra plana.

Para el estudio de la barra plana se utiliza un sistema de referencia centroidal y principal.

## 2.1.2. Hipótesis.

### a) Hipótesis del material.

La barra es de un material elástico, lineal e isótropo, entendiéndose por material elástico aquel que recupera su configuración original una vez retirada la carga que lo deforma; la linealidad indica que la relación entre esfuerzo y deformación es constante y la isotropía indica que en cualquier punto del sólido, sus propiedades elasto-mecánicas, son iguales en todas direcciones.

### b) Hipótesis cinemáticas.

Los desplazamientos experimentados en cualquier punto de la barra son pequeños.

El tensor de deformaciones que permite medir el cambio geométrico que experimentan los puntos de la barra, es infinitesimal.

### c) Hipótesis respecto a las cargas actuantes.

Todas las cargas actúan en el plano de la barra, que es el plano de simetría de la sección transversal.

Las cargas pueden ser de cualquier tipo y actuar en cualquier punto de la barra, pero siempre perpendicularmente al eje, no obstante este trabajo se limita al caso de cargas uniformemente repartidas.

Las cargas axiales actúan en los extremos de las barras únicamente.

d) Hipótesis respecto a la distribución de esfuerzos.

La distribución de esfuerzos en la sección transversal se lleva a cabo considerando la hipótesis de Navier o de las secciones planas.

Los componentes normales del tensor de esfuerzos son independientes entre si.

Los componentes del esfuerzo cortante son uniformes a lo largo de líneas paralelas a los ejes del sistema de referencia.

### 2.1.3. Modelo discreto estándar.

El equilibrio de la barra se establece en función de las fuerzas y desplazamientos generalizados asociados con sus puntos nodales.

De acuerdo con el método de las rigideces se requiere integrar las condiciones de equilibrio punto a punto de la barra plana, con las condiciones de frontera correspondientes a siete configuraciones cinemáticas determinadas, una con desplazamientos nulos, sometida a la carga externa, y seis asociadas a los desplazamientos generalizados de los dos puntos nodales (ref. 1).

La notación para referirse a las cantidades de las diversas configuraciones se hace con superíndices, para la configuración cinemáticamente determinada se empleará el superíndice cero, mientras que para las demás configuraciones se usarán dos símbolos, el primero indica el punto nodal donde se presenta y el segundo el tipo de desplazamiento considerado.

Las fuerzas equilibrantes asociadas con la configuración cinemática correspondiente a la barra con desplazamientos nulos, sometida a la carga externa, se denominan fuerzas de fijación o de empotramiento.



El vector  $\underline{f}^\bullet$  es el vector de fuerzas equilibrantes, formado por las acciones del nudo sobre la barra y que se puede ordenar de la manera siguiente:

$$\underline{f}^\bullet = \begin{bmatrix} \underline{f}_i^\bullet \\ \underline{f}_j^\bullet \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{ix}^\bullet \\ F_{iy}^\bullet \\ M_{iz}^\bullet \\ F_{jx}^\bullet \\ F_{jy}^\bullet \\ M_{jz}^\bullet \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

los vectores  $\underline{f}_i^\bullet$  y  $\underline{f}_j^\bullet$  están formados con las fuerzas generalizadas externas de los puntos nodales i y j.

En caso de articulación en uno o en ambos puntos nodales es factible que algún componente del vector fuerzas equilibrantes sea nulo, (fig. 2.3).

Sustituyendo las ecuaciones que resultan de las siete configuraciones cinemáticas en la ecuación que establece la condición de equilibrio en los puntos nodales de la barra plana, se tiene :

$$\underline{f}^\bullet + \underline{f}^{iu} u_i + \underline{f}^{iv} v_i + \underline{f}^{i\bar{w}} \bar{w}_i + \underline{f}^{ju} u_j + \underline{f}^{jv} v_j + \underline{f}^{j\bar{w}} \bar{w}_j = \underline{f}^\bullet \quad (2.4)$$

en donde  $\underline{f}^{iu}$ ,  $\underline{f}^{iv}$  y  $\underline{f}^{i\bar{w}}$  son los vectores de fuerzas correspondientes a desplazamientos unitarios en el nudo i,  $\underline{f}^{ju}$ ,  $\underline{f}^{jv}$ ,  $\underline{f}^{j\bar{w}}$  son los vectores de fuerzas correspondientes a desplazamientos unitarios en el nudo j y  $u_i, v_i, \bar{w}_i, u_j, v_j, \bar{w}_j$  los desplazamientos paralelos a las direcciones x, y, z en ambos nudos.

La expresión de modo compacto de esta ecuación es:

$$\underline{f}^o + \underline{k} \underline{u} = \underline{f}^e \quad (2.5)$$

donde  $\underline{k}$  es un arreglo simétrico de  $6 \times 6$  conocido como matriz de rigideces de la barra y cuyos componentes dependen únicamente de la geometría y del material, como a continuación se indica.

$$\underline{k} = \frac{E I_z}{(1+\phi_y)} \begin{bmatrix} \frac{A}{I_z} (1+\phi_y) & 0 & 0 & -\frac{A}{I_z} (1+\phi_y) & 0 & 0 \\ \dots & \frac{12}{I^2} & \frac{6}{I} & 0 & -\frac{12}{I^2} & \frac{6}{I} \\ \dots & \dots & -4+\phi_y & 0 & \frac{6}{I} & 2-\phi_y \\ \dots & \dots & \dots & \frac{A}{I_z} (1+\phi_y) & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \frac{12}{I^2} & \frac{6}{I} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & -4+\phi_y \end{bmatrix}$$

SIMETRICA

(2.6)

$\underline{u}$  es el vector de desplazamientos de la barra.

$$\underline{u} = \begin{bmatrix} u_i \\ u_i \\ u_j \\ u_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

El modelo discreto estándar está asociado a un sistema centroidal y principal, es necesario establecer todos sus elementos en el sistema de referencia de la subestructura, puesto que el equilibrio de la subestructura se logra estableciendo el equilibrio de todas las barras que la componen.

La transformación requerida es una rotación de ejes ya que el equilibrio se asocia solo con los puntos nodales de la barra.

La ecuación de la barra plana, en la referencia local de la subestructura se puede indicar como:

$$\bar{f}^o + \bar{k} \bar{u} = \bar{f}^e \quad (2.8)$$

en donde a todos los elementos se les ha aplicado la ley de transformación de un vector que corresponde a una barra plana.

El vector de fuerzas de fijación de la barra, definido en una referencia local, se puede expresar en la referencia de la subestructura como a continuación se indica.

$$\bar{f}^o = \begin{bmatrix} \bar{f}_i^o \\ - \\ \bar{f}_j^o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{a}^T & \bar{f}_i^o \\ - & - \\ \bar{a}^T & \bar{f}_j^o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{a}^T & 0 \\ - & - \\ 0 & \bar{a}^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{f}_i^o \\ - \\ \bar{f}_j^o \end{bmatrix} = \bar{a}^T \bar{f}^o \quad (2.9)$$

siendo la matriz  $\bar{a}^T$  la transpuesta de la matriz de transformación de la barra.

Para cuantificar los elementos mecánicos de la barra en la referencia local es necesario transformar el vector de desplazamientos de la referencia de la subestructura a la referencia local de la barra, resultando:

$$\bar{u} = \begin{bmatrix} \bar{u}_i \\ - \\ \bar{u}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{a} & \bar{u}_i \\ - & - \\ \bar{a} & \bar{u}_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{a} & 0 \\ - & - \\ 0 & \bar{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{u}_i \\ - \\ \bar{u}_j \end{bmatrix} = \bar{a} \bar{u} \quad (2.10)$$

en donde  $\bar{a}$  es la matriz de transformación de la barra.

Para obtener la transformación de la matriz de rigideces  $\bar{k}$ , de la referencia local de la barra a la referencia de la

subestructura, se realiza la siguiente operación:

$$\bar{k} = \bar{a}^T k \bar{a} \quad (2.11)$$

## 2.2. Equilibrio de la subestructura.

### 2.2.1. Características de la subestructura.

Una subestructura es un sistema de barras planas conectadas en determinados puntos mediante conexiones rígidas continuas, que a su vez forma parte de un sistema más general, por lo que se pueden distinguir dos tipos de grados de libertad, (fig. 2.4).

a) Grados de libertad externos o componentes de desplazamiento comunes a varias subestructuras, con ellos se establece el equilibrio de toda la estructura.

b) Grados de libertad internos o componentes de desplazamiento asociados exclusivamente a una subestructura, no intervienen en las ecuaciones de equilibrio de toda la estructura. (ref. 2).

Para realizar el estudio de cada subestructura en forma independiente se utiliza un sistema de referencia particular asociado a la subestructura.

### 2.2.2 Hipótesis.

Hipótesis geométricas.

Todas las barras que integran la subestructura se encuentran en el mismo plano, por lo que el modelo forma parte de las estructuras esqueléticas planas.

La estructura esquelética satisface las siguientes hipótesis:

1). Las barras que forman la estructura son planas, lo que da por resultado que cada punto nodal de la barra posea tres grados de libertad.

2). Los desplazamientos generalizados de cada punto nodal de la estructura, considerados en planos diferentes, son independientes, por lo que no se considera la compatibilidad de los desplazamientos en los puntos nodales comunes y por consecuencia no se cuantifican los efectos torsionales en las barras.

Las hipótesis cinemáticas, del material, respecto a las cargas actuantes y a la distribución de esfuerzos son las mismas que se discutieron en el caso de la barra plana, ya que ésta es el elemento más simple de la subestructura.

2.2.3. Ecuaciones de equilibrio de la subestructura en el sistema de referencia local.

El equilibrio de la subestructura se establece al plantear el equilibrio de cada una de las barras que la componen, por lo que las ecuaciones de equilibrio de la subestructura se expresan en la referencia asociada a la subestructura, de la siguiente forma:

$$\sum_{NB=1}^{NBA} \bar{f}_{(NB)}^o + \bar{k}_{(NB)-(NB)} \bar{u}_{(NB)} = \sum_{NB=1}^{NBA} \bar{f}_{(NB)}^e \quad (2.12)$$

en donde **NBA** es el número de barras que componen la subestructura.

Las ecuaciones de equilibrio representadas en la ec. 2.12 se ordenan relacionando la numeración de los puntos nodales de la subestructura, con la numeración asociada a cada barra, ya que un punto nodal de la subestructura puede pertenecer a varias barras y por lo tanto estar asociado con varios puntos nodales de las barras.

Es necesario obtener un arreglo vectorial para cada punto nodal en donde se defina el orden que en la ecuación de equilibrio le corresponde a cada componente de desplazamiento, este arreglo vectorial se conoce como vector indicador de ecuación.

Con base en el ordenamiento anterior las ecuaciones de equilibrio de la subestructura pueden escribirse en la siguiente forma matricial:

$$\underline{F}^{\circ} + \underline{K} \underline{U} = \underline{F}^{\circ} \quad (2.13)$$

donde el vector de desplazamientos de la subestructura  $\underline{U}$  está formado con los componentes de desplazamiento en los puntos nodales de la subestructura.

La matriz  $\underline{K}$  es la matriz de rigideces de la subestructura y se construye con los componentes de las matrices de rigideces de las barras.

$\underline{F}^{\circ}$  y  $\underline{F}^{\circ}$  son los vectores de fuerzas de fijación y externas, respectivamente, de la subestructura.

La ecuación anterior se acostumbra expresar como:

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{P} \quad (2.14)$$

donde  $\underline{P}$  es el vector de cargas de la subestructura y está formado con las fuerzas actuantes sobre la misma, es decir:

$$\underline{P} = \underline{F}^{\circ} - \underline{F}^{\circ} \quad (2.15)$$

#### 2.2.4. Matriz de rigideces laterales de la subestructura.

Para formular la matriz de rigideces de toda la estructura es necesario eliminar los grados de libertad internos de la matriz de rigideces y del vector de cargas de cada subestructura.

Al proceso de obtener la matriz de rigideces y el vector de cargas de cada subestructura, solo en términos de los desplazamientos externos, que corresponden en número a los niveles de la estructura, se le denomina reducción parcial y la matriz de rigideces y el vector de cargas obtenidos se conocen como matriz de rigideces y vector de cargas laterales, respectivamente.

Con base en el concepto de subestructuración, la ecuación de equilibrio de la subestructura se puede escribir en forma particionada como:

$$\begin{bmatrix} \underline{K}_{-ii} & | & \underline{K}_{-ie} \\ \hline \underline{K}_{-ie}^T & | & \underline{K}_{-ee} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{U}_{-i} \\ - \\ \underline{U}_{-e} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{P}_{-i} \\ - \\ \underline{P}_{-e} \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

en donde los subíndices i y e representan los grados de libertad internos y externos, respectivamente.

Desarrollando la técnica de condensación estática la ecuación de la subestructura se puede escribir (ref 3).

$$\underline{K}^L \underline{U}_{-e} = \underline{P}^L \quad (2.17)$$

donde

$$\underline{K}^L = \underline{K}_{-ee} - \underline{K}_{-ie}^T \underline{K}_{-ii}^{-1} \underline{K}_{-ie} \quad (2.18)$$

matriz de  $N \times N$ , siendo N el número de niveles de la estructura.

#### 2.2.5. Vector de cargas laterales de la subestructura.

En forma similar se puede obtener:

$$\underline{P}^L = \underline{P}_{-e} - \underline{K}_{-ie}^T \underline{K}_{-ii}^{-1} \underline{P}_{-i} \quad (2.19)$$

en donde  $\underline{P}^L$  es el vector de cargas laterales de la subestructura de dimensión N.

La matriz de rigideces y el vector de cargas laterales de la subestructura se pueden obtener mediante un proceso de reducción parcial y de sustitución hacia adelante sin necesidad de invertir matrices (ref 2).

#### 2.2.6. Vector de desplazamientos laterales de la subestructura.

En la ec.2.16, el vector de desplazamientos externos  $\underline{U}_e$ , se denomina vector de desplazamientos laterales de la subestructura.

El vector de desplazamientos internos se cuantifica con la expresión:

$$\underline{U}_i = \underline{K}_{ii}^{-1} (\underline{P}_i - \underline{K}_{ie} \underline{U}_e) \quad (2.20)$$

### 2.3. Equilibrio de la estructura.

#### 2.3.1. Características de la estructura.

La estructura estudiada forma parte del modelo conocido como estructuras esqueléticas ya que está formada por un sistema de subestructuras que a su vez están integradas por barras planas.

Las subestructuras que conforman el sistema se relacionan entre sí en diferentes planos horizontales, lo que ocasiona que determinados desplazamientos sean comunes a varias subestructuras, dando origen a la clasificación de grados de libertad enunciada en el punto anterior.

Los planos de liga corresponden a los sistemas de piso de la estructura; debido a que estos sistemas de piso tienen una gran rigidez en la dirección de su plano, comparada con la rigidez en la dirección perpendicular a dicho plano, se considera que actúan como diafragmas rígidos provocando los componentes de desplazamiento denominados grados de libertad externos de las subestructuras.

El sistema de referencia de la estructura es arbitrario pero conviene tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

Un eje del sistema de referencia debe ser normal a los planos de los diafragmas.

Los otros dos ejes forman un plano paralelo a los planos formados por los diafragmas.

### 2.3.2. Hipótesis.

Hipótesis cinemáticas.

Existe compatibilidad en los desplazamientos angulares y lineales de cada punto nodal común de la estructura, por lo que en rigor el edificio debería modelarse como una estructura tridimensional considerando que las barras tridimensionales poseen seis grados de libertad por cada punto nodal, lo que incrementa considerablemente la magnitud del problema numérico.

La alternativa que se plantea en este método consiste en aprovechar los sistemas de piso como diafragmas rígidos debido a la gran rigidez en la dirección de su propio plano, reduciendo significativamente los grados de libertad del edificio ya que cada subestructura contribuye sólo con sus grados de libertad externos.

Las demás hipótesis planteadas en el caso de las subestructuras y de las barras planas, sistemas y subsistemas que conforman la estructura, siguen teniendo validez.

### 2.3.3. Ecuaciones de equilibrio de la subestructura en la referencia global.

Para establecer la contribución de cada subestructura en la ecuación de equilibrio del edificio, es necesario establecer el

equilibrio de la subestructura en una referencia común a todas las subestructuras que forman el sistema, este sistema se denomina sistema de referencia del edificio o sistema de referencia global.

Para lograr esto se relacionan los desplazamientos externos de la subestructura con los desplazamientos del edificio, que corresponden a los desplazamientos de los diafragmas, resultando dos desplazamientos lineales y uno angular por cada nivel, (fig. 2.6).

El desplazamiento en el nivel  $n$ , paralelo al eje  $x$  en la referencia global, se indica mediante el símbolo  $r_x^n$ , el cual provoca que la subestructura  $m$  tenga un desplazamiento horizontal que puede expresarse como:

$$r_{mx}^n = r_x^n \cos \alpha_m \quad (2.21)$$

donde  $\alpha_m$  es el ángulo que se forma entre la dirección positiva de  $r_x^n$  y la dirección positiva de  $r_{mx}^n$ , (figs. 2.5 y 2.6).

El desplazamiento en el nivel  $n$ , paralelo al eje  $y$ , en la referencia del edificio, se indica mediante el símbolo  $r_y^n$ , el cual provoca un desplazamiento horizontal en la subestructura  $m$  que se expresa como:

$$r_{my}^n = r_y^n \sen \alpha_m \quad (2.22)$$

El desplazamiento angular del nivel  $n$ , indicado como  $r_\theta^n$ , provoca un desplazamiento horizontal en la subestructura  $m$ , que de acuerdo con la hipótesis de desplazamientos pequeños, se expresa como:

$$r_{m\theta}^n = r_\theta^n d_m^n \quad (2.23)$$

donde  $d_m^n$  es la distancia perpendicular entre el centro de masas del nivel  $n$  y la subestructura  $m$ .

Establecido lo anterior se puede cuantificar el desplazamiento horizontal de la subestructura m en el nivel n,  $r_m^n$ , mediante la expresión siguiente:

$$r_m^n = r_{mx}^n + r_{my}^n + r_{m\theta}^n \quad (2.24)$$

o bien

$$r_m^n = r_x^n \cos \alpha_m + r_y^n \sin \alpha_m + r_\theta^n d_m^n \quad (2.25)$$

que en forma matricial se expresa como:

$$r_m^n = \begin{bmatrix} \cos \alpha_m & \sin \alpha_m & d_m^n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_x^n \\ r_y^n \\ r_\theta^n \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

Ordenando los desplazamientos de todos los niveles de la subestructura en un arreglo vectorial se tiene la siguiente ecuación matricial:

$$\begin{bmatrix} r_{m1}^1 \\ r_{m2}^1 \\ \vdots \\ r_{mN}^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_m & \sin \alpha_m & d_m^1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \alpha_m & \sin \alpha_m & d_m^2 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos \alpha_m & \sin \alpha_m & d_m^N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_x^1 \\ r_y^1 \\ r_\theta^1 \\ \vdots \\ r_x^N \\ r_y^N \\ r_\theta^N \end{bmatrix} \quad (2.27)$$

donde  $r_x^n$ ,  $r_y^n$ , y  $r_\theta^n$  representan los desplazamientos en el nivel n,

en las direcciones X, Y, y Z respectivamente.

o bien

$$\begin{bmatrix} r_m^1 \\ r_m^2 \\ \dots \\ r_m^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha_m & | & \sin \alpha_m & | & d_m \\ \dots & & \dots & & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_x^1 \\ r_x^2 \\ \dots \\ r_x^3 \\ | \\ r_y^1 \\ r_y^2 \\ \dots \\ r_y^3 \\ | \\ r_\theta^1 \\ r_\theta^2 \\ \dots \\ r_\theta^n \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

La expresión anterior puede escribirse de forma compacta como

$$\underline{U}_e^m = \underline{A}^m \underline{U} \quad (2.29)$$

donde  $\underline{U}_e^m$  es el vector de desplazamientos externos,  $\underline{A}^m$  es la matriz de transformación de coordenadas y  $\underline{U}$  es el vector de desplazamientos de los diafragmas o vector de desplazamientos del edificio.

Aplicando la ley de transformación se pueden escribir las expresiones siguientes:

$$\underline{K}_m^G = (\underline{A}^m)^T \underline{K}_m^L \underline{A}^m \quad (2.30)$$

$$\underline{P}_m^G = (\underline{A}^m)^T \underline{P}_m^L \quad (2.31)$$

en donde  $\underline{K}_m^L$  y  $\underline{P}_m^L$  son la matriz de rigideces y el vector de cargas laterales, en la referencia de la subestructura  $m$ , mientras que  $\underline{K}_m^G$  y  $\underline{P}_m^G$  representan los mismos conceptos pero medidos en la referencia del edificio.

#### 2.3.4. Ecuaciones de equilibrio de la estructura.

Si  $M$  es el número de subestructuras que componen el edificio, al ordenar las ecuaciones de equilibrio correspondientes a cada una de ellas, en la referencia del edificio, se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{F}^i + \underline{F}^e \quad (2.32)$$

$$\underline{K} = \sum_{m=1}^M \underline{K}_m^G \quad (2.33)$$

$$\underline{F}^i = \sum_{m=1}^M \underline{P}_m^G \quad (2.34)$$

en donde  $\underline{K}$  es la matriz de rigideces del edificio,  $\underline{F}^i$ , el correspondiente vector de cargas que actúa en las subestructuras y  $\underline{F}^e$  corresponde a los componentes de fuerzas externas que actúan en el centro de masas de cada nivel y  $\underline{U}$  es el vector de desplazamientos del edificio como se definió anteriormente.

La ecuación anterior también se puede escribir como:

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{F} \quad (2.35)$$

donde

$$\bar{F} = \bar{F}^i + \bar{F}^o$$

(2.36)

Los elementos mecánicos y cinemáticos de la estructura se definen al cuantificar los elementos mecánicos y cinemáticos de las barrass que componen cada subestructura, para lo cual es necesario resolver el sistema de ecuaciones lineales que representa la ecuación de equilibrio del edificio, ecuación 2.35 y así obtener el vector de desplazamientos del edificio.

### 3. Proceso de solución del modelo matemático.

La solución del modelo matemático de la estructura, requiere primero la identificación del sistema de subestructuras que lo forman, así como las condiciones de carga a que se encuentran sometidas cada una de ellas; se establece el sistema de referencia de toda la estructura, los sistemas de referencia de cada subestructura y los sistemas locales de cada barra.

#### 3.1. Ecuación de equilibrio de la barra plana.

##### 3.1.1. Sistema de referencia local.

Para establecer el modelo discreto estándar de la barra plana se requiere conocer la matriz de rigideces, el vector de fuerzas de fijación y el vector de fuerzas equilibrantes, los dos primeros se formulan en el sistema de referencia particular de cada barra y posteriormente aplicando la ley de transformación se obtienen estos arreglos en la referencia de la subestructura.

Para la obtención de los componentes de la matriz de

rigideces se requiere conocer el área de la sección transversal, el momento de inercia con respecto al eje Z de la sección, la longitud de la barra, el módulo de elasticidad del material con que está hecha la barra y el parámetro de cortante  $\phi_y$  que depende del factor de cortante de la sección transversal, como se indica en la siguiente expresión:

$$\phi_y = \frac{12 E I_z}{A G L^2} f_y \quad (3.1)$$

Al obtener los componentes de la matriz de rigideces de la barra plana debe tomarse en cuenta el tipo de conexión en los puntos nodales ya que en ocasiones algunas barras de la subestructura pueden tener articulaciones en uno o en ambos puntos nodales (ref. 1), lo que modifica la forma de obtención de algunos componentes de la matriz.

El vector de fuerzas de fijación se establece en función del tipo de cargas que actúan en las barras cargadas de la subestructura, sus seis componentes representan los elementos mecánicos en los puntos nodales de la barra.

Conviene establecer el arreglo ID con los vectores indicadores de ecuación de cada nudo que señalan a que ecuación del sistema de ecuaciones de equilibrio de la subestructura corresponde cada desplazamiento generalizado de los puntos nodales, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- a). Los desplazamientos conocidos no se numeran.
- b). Se numeran en forma secuencial los desplazamientos vertical y de rotación ( $v$  y  $\bar{w}$ ) de cada nudo.
- c). Se numeran los desplazamientos horizontales ( $u$ ), uno por nivel.

Con los vectores indicadores de ecuación de cada nudo se

forman los vectores indicadores de ecuación IE de cada barra.

### 3.1.2. Sistema de referencia de la subestructura.

De acuerdo al ángulo  $\alpha$  que forma la barra con respecto al sistema de referencia de la subestructura se realiza la transformación de la matriz de rigideces de la barra de su sistema de referencia local al sistema de referencia de la subestructura, ecuación 2.11.

El vector de fuerzas de fijación  $\underline{f}^0$  de las barras se transforma a la referencia de la subestructura usando la ecuación 2.9.

### 3.2. Ecuación de equilibrio de la subestructura.

#### 3.2.1. Ensamble de las ecuaciones de equilibrio.

Obtenidas las matrices de rigideces de cada barra y el vector de fuerzas de fijación en la referencia de la subestructura correspondiente, con la ayuda de los vectores indicadores de ecuación de la barra se realiza el ensamble de la matriz de rigideces y el vector de cargas de la subestructura, obteniéndose el sistema de ecuaciones de equilibrio de la misma.

El vector indicador de ecuación de la barra con la información correspondiente a sus puntos nodales permite establecer la localidad que corresponde a los valores de  $\underline{k}_{(NB)}$  y  $\underline{f}_{(NB)}^0$ .

Si los puntos nodales de la barra  $m$  son  $i$  y  $j$ , la matriz de rigideces se almacenará en  $\underline{K}$  como se indica a continuación:

$$\begin{matrix}
 - \\
 K_{(m)}
 \end{matrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} & K_{16} \\
 K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} & K_{26} \\
 K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} & K_{35} & K_{36} \\
 K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} & K_{45} & K_{46} \\
 K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} & K_{56} \\
 K_{61} & K_{62} & K_{63} & K_{64} & K_{65} & K_{66}
 \end{bmatrix}
 \begin{matrix}
 IE_1^i \\
 IE_2^i \\
 IE_3^i \\
 IE_1^j \\
 IE_2^j \\
 IE_3^j
 \end{matrix}
 \quad (3.2)$$

$IE_1^i \quad IE_2^i \quad IE_3^i \quad IE_1^j \quad IE_2^j \quad IE_3^j$

El vector de fuerzas de fijación se almacenará como a continuación se indica:

$$\begin{matrix}
 - \\
 f_{(m)}^0
 \end{matrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 f_1^0 \\
 f_2^0 \\
 f_3^0 \\
 f_4^0 \\
 f_5^0 \\
 f_6^0
 \end{bmatrix}
 \begin{matrix}
 IE_1^i \\
 IE_2^i \\
 IE_3^i \\
 IE_1^j \\
 IE_2^j \\
 IE_3^j
 \end{matrix}
 \quad (3.3)$$

donde los términos del vector  $IE^{NB}$  identifican la localidad donde se debe almacenar cada término en la matriz de rigideces y en el vector de cargas de la subestructura.

La construcción del vector de fuerzas externas de la subestructura se hace en forma directa, sus componentes resultan ser las concentraciones externas en los nudos.

Si en el nudo  $N_i$  existen los tres componentes de la fuerza generalizada,  $F_x^N$ ,  $F_y^N$  y  $M_z^N$ , su contribución al vector de fuerzas externas nodales de la subestructura se indica a continuación:

$$F^e ( IE_1^N ) = F_x^N \quad (3.4)$$

$$F^e (IE_N^N) = F_N^N \quad (3.5)$$

$$F^e (IE_9^N) = M_N^N \quad (3.6)$$

El vector de cargas de la subestructura se establece tomando en cuenta el vector de fuerzas de fijación y el vector de fuerzas externas de la subestructura una vez que ambos vectores están referidos al mismo sistema de referencia.

### 3.2.2. Barra articulada.

Para el caso de que alguna barra de la subestructura tenga articulaciones en alguno de los puntos nodales o en ambos se procede de la siguiente forma:

El vector de fuerzas  $f^u$  provocado por los desplazamientos en los puntos nodales, cuando se tiene articulación en el punto nodal  $i$ , debe satisfacer la condición de momento nulo en ese punto nodal, por lo que la matriz para la barra articulada en el punto nodal  $i$  queda definida por  $k^i$  cuyos elementos son (ref. 1).

$$k^i = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 & k_{14} & 0 & 0 \\ \frac{1+\phi}{4+\phi} k_{22} & 0 & 0 & \frac{1+\phi_y}{4+\phi_y} k_{25} & \frac{2(1+\phi_y)}{(4+\phi_y)} k_{26} & \\ \dots & \dots & 0 & 0 & 0 & \\ \dots & \dots & \dots & k_{44} & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \frac{1+\phi_y}{4+\phi_y} k_{55} & \frac{2(1+\phi_y)}{4+\phi_y} k_{56} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \frac{12(1+\phi_y)}{(4+\phi_y)} & \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

simétrica

En igual forma, cuando se tiene articulación en el nudo  $j$  se debe satisfacer la condición de momento nulo en ese punto nodal, por lo que la matriz para la barra articulada en el punto nodal  $j$  queda definida por  $k^j$  con los elementos siguientes (ref. 1).

donde el subíndice  $i$  representa los grados de libertad internos y el subíndice  $e$  representa los grados de libertad externos de la subestructura.

### 3.2.4. Condensación estática.

Al aplicar la condensación estática, se obtienen las expresiones de la matriz de rigideces y el vector de cargas laterales de la subestructura, ecuaciones 2.18 y 2.19. donde  $\underline{K}^L$  es la matriz de rigideces laterales de la subestructura y  $\underline{P}^L$  el correspondiente vector de cargas laterales.

Una forma más eficiente de obtener la matriz de rigideces y el vector de cargas laterales es el proceso de reducción parcial del sistema de ecuaciones utilizando el método de Cholesky, a fin de evitar la inversión de la matriz  $\underline{K}_{ii}$ .

La reducción parcial de la matriz de rigideces se lleva a cabo con base en la siguiente expresión:

$$\left[ \begin{array}{c|c} \underline{B} & \underline{C} \\ \hline \underline{C}^T & \underline{E} \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c|c} \underline{U}^T & \underline{D} \\ \hline \underline{H}^T & \underline{I} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c|c} \underline{U} & \underline{H} \\ \hline \underline{D} & \underline{W} \end{array} \right] \quad (3.11)$$

de donde pueden obtenerse las siguientes ecuaciones:

$$\underline{B}_{(m \times m)} = \underline{U}^T \underline{U} \quad (3.12)$$

$$\underline{C}_{[m \times (n-m)]} = \underline{U}^T \underline{H} \quad (3.13)$$

$$\underline{E}_{[(n-m) \times (n-m)]} = \underline{H}^T \underline{H} + \underline{W} \quad (3.14)$$

En estas expresiones  $m$  corresponde al número de grados de libertad internos y  $(n - m)$  el número de grados externos de cada subestructura.

Se puede observar que la primera ecuación (ecuación 3.12)

corresponde al proceso de triangulación y la segunda ecuación (ecuación 3.13) al proceso de sustitución hacia adelante en el método de Cholesky.

La reducción parcial del vector de cargas se rige por la siguiente expresión:

$$\left[ \begin{array}{c|c} \underline{U}^T & \underline{0} \\ \hline \underline{H}^T & \underline{I} \end{array} \right] \left[ \begin{array}{c} \underline{y}^i \\ \underline{y}^e \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{c} \underline{b}^i \\ \underline{b}^e \end{array} \right] \quad (3.15)$$

obteniendo las ecuaciones siguientes:

$$\underline{U}^T \underline{y}^i = \underline{b}^i \quad (3.16)$$

$$\underline{y}^e = \underline{b}^e - \underline{H}^T \underline{y}^i \quad (3.17)$$

donde la primera ecuación corresponde nuevamente al proceso de sustitución hacia adelante del método de Cholesky.

Al aplicar el proceso de reducción parcial a cada subestructura y obtener las dos matrices que multiplicadas entre sí sustituyen a la matriz de rigideces original se observa que en la parte inferior de la segunda matriz se encuentra almacenada la matriz de rigideces lateral y de igual manera, luego de aplicar el proceso de reducción parcial para el vector de cargas, en la parte inferior del vector se encuentra almacenado el vector de cargas laterales de la subestructura.

### 3.3. Ecuación de equilibrio de la estructura.

Para obtener las ecuaciones de equilibrio del edificio es necesario establecer la forma en que contribuye cada subestructura y por lo tanto se requiere establecer el equilibrio de la subestructura en una referencia común a todas las subestructuras que forman el edificio, conocida como sistema de referencia del edificio.

### 3.3.1. Transformación de coordenadas.

La aplicación de la ley de transformación de coordenadas requiere establecer primero la matriz de transformación de coordenadas de cada subestructura, considerando el ángulo  $\alpha$  que forma la subestructura correspondiente con el eje x del sistema de referencia del edificio y la distancia perpendicular entre el centro geométrico de cada nivel y la subestructura m.

A continuación se procede a efectuar la ley de transformación de coordenadas, que para el caso de la matriz de rigideces laterales representa un producto de tres matrices, ecuación 2.30 y para la obtención del vector de cargas laterales un producto de dos matrices, ecuación 2.31; en ambos casos deberá existir compatibilidad en el orden de las matrices para que los productos puedan realizarse.

Lo anterior implica que si una subestructura no estuviera conectada por el sistema de entrepiso en un nivel determinado, al establecer la matriz de transformación correspondiente, así como la matriz de rigideces y el vector de cargas de la subestructura deberá considerarse un nivel ficticio.

### 3.3.2. Ensamble de las subestructuras.

El ensamble de las matrices de rigideces y los vectores de cargas de las subestructuras se lleva a cabo en forma inmediata efectuando una suma ya que la matriz de rigideces y el vector de cargas de la estructura tienen el mismo orden que los correspondientes a cada subestructura, ecuación 2.12.

### 3.3.3. Solución del sistema de ecuaciones.

Las ecuaciones de equilibrio de la estructura sometida a cargas estáticas se puede escribir como:

$$\underline{K} \underline{U} = \underline{P}$$

(3.18)

Esta ecuación corresponde al modelo matemático asociado al sistema de ecuaciones algebraicas lineales que a continuación se indica:

$$\underline{A} \underline{x} = \underline{b}$$

(3.19)

donde  $\underline{A}$  es una matriz cuadrada con  $n$  renglones y columnas, en tanto que  $\underline{x}$  y  $\underline{b}$  son vectores de  $n$  renglones.

Existen varios métodos para resolver el sistema de ecuaciones, los métodos directos son los más adecuados para ser utilizados en computadoras, ya que reducen el número de operaciones involucradas. Los métodos directos tienen como base la eliminación de Gauss.

Los métodos compactos que transforman el problema original en dos sistemas de ecuaciones triangulares forman una rama de los métodos directos.

#### 3.3.4. Elementos cinemáticos del edificio.

Los elementos cinemáticos del edificio quedan definidos, una vez resuelto el sistema de ecuaciones lineales indicado por la ecuación 3.18 y de esa forma haber obtenido el vector de desplazamientos del edificio,  $\underline{U}$ .

#### 3.4. Elementos mecánicos y cinemáticos.

##### 3.4.1. Elementos cinemáticos de las subestructuras.

Para obtener el vector de desplazamientos  $\underline{U}$ , de cada subestructura, primero se cuantifica el vector de desplazamientos externos, con base en la ecuación siguiente:

$$\underline{U}_m^m = \underline{A}^m \underline{U} \quad (3.20)$$

conocido el vector  $\underline{U}_m^m$ , se trabaja con la ecuación de la subestructura de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} \underline{K}_{ii} & | & \underline{K}_{i\bullet} \\ \hline \underline{K}_{i\bullet}^T & | & \underline{K}_{\bullet\bullet} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{U}_i \\ \hline \underline{U}_\bullet \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{P}_i \\ \hline \underline{P}_\bullet \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

desarrollando:

$$\underline{K}_{ii} \underline{U}_i + \underline{K}_{i\bullet} \underline{U}_\bullet = \underline{P}_i \quad (3.22)$$

$$\underline{K}_{i\bullet}^T \underline{U}_i + \underline{K}_{\bullet\bullet} \underline{U}_\bullet = \underline{P}_\bullet \quad (3.23)$$

de la ecuación 3.10.

$$\underline{K}_{ii} \underline{U}_i = \underline{P}_i - \underline{K}_{i\bullet} \underline{U}_\bullet \quad (3.24)$$

Resolviendo el sistema indicado en la ecuación 3.24 se obtiene el vector  $\underline{U}_i$ , con lo que se tienen todos los desplazamientos de la subestructura.

De forma alterna, al tener los resultados de la reducción parcial de la matriz de rigideces y el vector de cargas de la subestructura y conocido el vector de desplazamientos  $\underline{U}_\bullet$  solo basta realizar la etapa de sustitución hacia atrás para obtener los desplazamientos internos  $\underline{U}_i$ .

#### 3.4.2. Elementos mecánicos de las barras.

Conocidos los desplazamientos de los nudos, con la ayuda de los vectores indicadores de ecuación de cada barra, se procede a calcular los elementos mecánicos de cada barra en la referencia de

la subestructura y a continuación en la referencia local de cada barra.

La expresión de los elementos mecánicos de la barra en referencia local es:

$$\underline{f}^{\circ} + \underline{k} \underline{u} = \underline{f}^{\circ} \quad (3.25)$$

Se puede construir el vector de desplazamientos de la barra  $j$ -ésima en la referencia de la subestructura, como a continuación se indica:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{j(i)} &= U (IE_{j(i)}) & i &= 1, \dots, 6 \\ & & j &= 1, \dots, NBA \end{aligned} \quad (3.26)$$

donde NBA es el número de barras de la subestructura.

El vector de desplazamientos de la barra, en referencia local, se cuantifica con la siguiente expresión.

$$\underline{u} = \underline{\bar{a}} \underline{\bar{u}} \quad (3.27)$$

Debido a que el vector  $\underline{f}^{\circ}$  representa el equilibrio de las fuerzas en los extremos de las barras, es necesario cuantificarlo para conocer los elementos mecánicos en cualquier punto de la barra.

#### 4. Solución de ecuaciones lineales.

##### 4.1. Métodos directos.

El modelo matemático empleado en el análisis de la estructura conduce finalmente a un sistema de ecuaciones algebraicas, por lo que se requiere el empleo de métodos de solución eficientes y el auxilio de la computadora como herramienta de trabajo.

Se ha demostrado que los métodos directos compactos son los más eficientes por lo que en el presente trabajo se utiliza el método de Choleski que forma parte de esta clasificación, (ref. 8).

Sea el sistema de ecuaciones lineales en notación compacta:

$$\underline{A} \underline{x} = \underline{b} \quad (4.1)$$

La matriz  $\underline{A}$  se puede sustituir por el producto de dos matrices  $\underline{L}$  y  $\underline{U}$  donde  $\underline{L}$  es una matriz triangular inferior y  $\underline{U}$  una matriz triangular superior, esto es posible siempre que  $\underline{A}$  sea una matriz cuadrada no singular y otra condición es que una de las dos

matrices que sustituyen a la matriz  $\underline{A}$  esté normalizada, por lo que se puede escribir lo siguiente: (ref. 9)

$$\underline{A} = \underline{L} \underline{U} \quad (4.2)$$

y

$$\underline{L} \underline{U} \underline{x} = \underline{b} \quad (4.3)$$

con base en la ecuación anterior se puede efectuar la transformación

$$\underline{U} \underline{x} = \underline{y} \quad (4.4)$$

en donde  $\underline{y}$  es un vector auxiliar.

La expresión 4.3 puede escribirse como:

$$\underline{L} \underline{y} = \underline{b} \quad (4.5)$$

El proceso para obtener los valores de  $\underline{L}$  y  $\underline{U}$  se conoce como triangulación y puede notarse que es independiente del vector  $\underline{b}$ .

En la ecuación 4.5 se conoce el vector  $\underline{b}$  y la matriz  $\underline{L}$  por lo que resolviendo el sistema de ecuaciones representado, se obtiene el vector  $\underline{y}$ .

Esta solución se conoce con el nombre de sustitución hacia adelante, por ser  $\underline{L}$  una matriz triangular inferior.

Una vez obtenido el vector  $\underline{y}$  se puede cuantificar el vector  $\underline{x}$  de la ecuación 4.4, a este proceso se le conoce con el nombre de sustitución hacia atrás, debido a que  $\underline{U}$  es una matriz triangular superior.

El proceso de solución del sistema de ecuaciones algebraicas lineales por los métodos compactos se puede esquematizar como:

a).- Obtención de las matrices triangulares  $\underline{L}$  y  $\underline{U}$  (triangulación), ecuación 4.2.

b).- Obtención del vector auxiliar  $\underline{y}$  (sustitución hacia adelante), ecuación 4.5.

c).- Obtención del vector  $\underline{x}$  (sustitución hacia atrás), ecuación 4.4.

Dependiendo de las características de la matriz  $\underline{A}$  se pueden emplear diferentes métodos en la solución del sistema de ecuaciones algebraicas, si la matriz  $\underline{A}$  es general se utiliza el método de Gauss o el método de Crout, si la matriz  $\underline{A}$  es simétrica se puede utilizar el método de Gauss-Crout, si la matriz  $\underline{A}$  es positiva definida se aplica el método de Cholesky.

#### 4.2. Método de Cholesky.

Este método también se conoce con el nombre de método de la raíz cuadrada. Es un caso particular de los métodos compactos, cuando la matriz de coeficientes  $\underline{A}$  es simétrica, positiva, definida, (ref. 2).

La característica de simetría de la matriz de coeficientes se expresa de la siguiente manera:

$$\underline{A} = \underline{A}^T \quad (4.6)$$

desarrollando la transpuesta de la matriz de coeficientes se tiene

$$\underline{A}^T = (\underline{L} \underline{U})^T \quad (4.7)$$

$$\underline{A}^T = \underline{U}^T \underline{L}^T \quad (4.8)$$

la ecuación 4.6 puede escribirse entonces como:

$$\underline{L} \underline{U} = \underline{U}^T \underline{L}^T \quad (4.9)$$

de esta ecuación se concluye que

$$\underline{L} = \underline{U}^T \quad (4.10)$$

en donde  $\underline{U}$  es una matriz triangular superior sin normalizar; sustituyendo la ecuación 4.10 en la ecuación 4.2 se obtiene:

$$\underline{A} = \underline{U}^T \underline{U} \quad (4.11)$$

sustituyendo la última ecuación en la ecuación 4.1, se tiene:

$$\underline{U}^T \underline{U} \underline{x} = \underline{b} \quad (4.12)$$

en esta ecuación la matriz de coeficientes se ha sustituido por el producto de dos matrices, la matriz triangular inferior  $\underline{U}$  y su transpuesta.

#### 4.3. Desarrollo de algoritmos.

##### a) Triangulación.

$$\underline{A} = \underline{U}^T \underline{U} \quad (4.13)$$

en este caso se conoce  $\underline{A}$  y se obtienen los valores de  $\underline{U}^T$  y  $\underline{U}$ .

##### b) Sustitución hacia adelante.

$$\underline{U}^T \underline{y} = \underline{b} \quad (4.14)$$

conocidos  $\underline{U}$  y  $\underline{b}$  se obtiene el valor de  $\underline{y}$ .

##### c) Sustitución hacia atrás.

$$\underline{U} \underline{x} = \underline{y} \quad (4.15)$$

conocidos  $\underline{U}$  e  $\underline{y}$  se obtiene el valor del vector  $\underline{x}$ , que es la solución del sistema.

A continuación se presenta el desarrollo de los algoritmos de triangulación, sustitución hacia adelante y sustitución hacia atrás de este método.

#### 4.3.1. Triangulación.

La forma desarrollada de la ecuación 4.13 es:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ u_{12} & u_{22} & 0 & & 0 \\ u_{13} & u_{23} & u_{33} & & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ u_{1n} & u_{2n} & u_{3n} & \dots & u_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} & \dots & u_{1n} \\ 0 & u_{22} & u_{23} & & u_{2n} \\ 0 & & u_{33} & & u_{3n} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & u_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

Al efectuar el producto de las matrices e igualar los elementos correspondientes con la matriz  $\underline{A}$ , se obtiene:

Para el primer renglón.

$$a_{11} = u_{11}^2 \quad (4.17)$$

$$a_{12} = u_{11} u_{12} \quad (4.18)$$

$$a_{13} = u_{11} u_{13} \quad (4.19)$$

$$a_{14} = u_{11} u_{14} \quad (4.20)$$

Para el segundo renglón.

$$a_{22} = u_{12}^2 + u_{22}^2 \quad (4.21)$$

$$a_{23} = u_{12} u_{13} + u_{22} u_{23} \quad (4.22)$$

$$a_{24} = u_{12} u_{14} + u_{22} u_{24} \quad (4.23)$$

Para el tercer renglón.

$$a_{33} = u_{13}^2 + u_{23}^2 + u_{33}^2 \quad (4.24)$$

$$a_{34} = u_{13} u_{14} + u_{23} u_{24} + u_{33} u_{34} \quad (4.25)$$

Para el n-ésimo renglón.

$$a_{nn} = u_{1n}^2 + u_{2n}^2 + u_{3n}^2 + u_{4n}^2 + \dots + u_{nn}^2 \quad (4.26)$$

En las ecuaciones 4.17 a 4.26 se despeja el término desconocido, obteniéndose:

Para el primer renglón.

$$u_{11} = (a_{11})^{1/2} \quad (4.27)$$

$$u_{12} = a_{12} / u_{11} \quad (4.28)$$

$$u_{13} = a_{13} / u_{11} \quad (4.29)$$

$$u_{14} = a_{14} / u_{11} \quad (4.30)$$

Para el segundo renglón.

$$u_{22} = (a_{22} - u_{12}^2)^{1/2} \quad (4.31)$$

$$u_{23} = (a_{23} - u_{12} u_{13}) / u_{22} \quad (4.32)$$

$$u_{24} = (a_{24} - u_{12} u_{14}) / u_{22} \quad (4.33)$$

Para el tercer renglón.

$$u_{33} = (a_{33} - u_{13}^2 - u_{23}^2)^{1/2} \quad (4.34)$$

$$u_{34} = (a_{34} - u_{13} u_{14} - u_{23} u_{24}) / u_{33} \quad (4.35)$$

Para el n-ésimo renglón.

$$u_{nn} = (a_{nn} - u_{1n}^2 - u_{2n}^2 - u_{3n}^2 - \dots - u_{n-1,n}^2)^{1/2} \quad (4.36)$$

Al generalizar se tiene:

$$u_{11} = (a_{11})^{1/2} \quad (4.37)$$

$$u_{1j} = a_{1j} / u_{11} \quad j = 2, \dots, n \quad (4.38)$$

$$u_{ii} = u_{jj} = a_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} u_{ki}^2 \quad i = 2, \dots, n \quad (4.39)$$

$$u_{ij} = (a_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} u_{ki} u_{kj}) / u_{ii} \quad i = 2, \dots, n-1 \quad (4.40)$$

$$j = i+1, \dots, n$$

#### 4.3.2. Sustitución hacia adelante.

La ecuación 4.14 en forma desarrollada es:

$$\begin{bmatrix} u_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ u_{12} & u_{22} & 0 & \dots & 0 \\ u_{13} & u_{23} & u_{33} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{1n} & u_{2n} & u_{3n} & \dots & u_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (4.41)$$

Efectuando el producto de cada renglón de la matriz  $\underline{U}^T$  por el vector  $\underline{y}$  e igualando con el valor correspondiente del vector  $\underline{b}$ , se tiene:

$$u_{11} y_1 = b_1 \quad (4.42)$$

$$u_{12} y_1 + u_{22} y_2 = b_2 \quad (4.43)$$

$$u_{11} y_1 + u_{21} y_2 + u_{31} y_3 = b_1 \quad (4.44)$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ u_{1n} y_1 + u_{2n} y_2 + u_{3n} y_3 + \dots + u_{nn} y_n = b_n \end{matrix} \quad (4.45)$$

despejando los valores del vector  $y$  en forma sucesiva se obtiene:

$$y_1 = b_1 / u_{11} \quad (4.46)$$

$$y_2 = (b_2 - u_{12} y_1) / u_{22} \quad (4.47)$$

$$y_3 = (b_3 - u_{13} y_1 - u_{23} y_2) / u_{33} \quad (4.48)$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ y_n = (b_n - u_{1n} y_1 - u_{2n} y_2 - \dots - u_{n-1n} y_{n-1}) / u_{nn} \end{matrix} \quad (4.49)$$

Al generalizar se tiene:

$$y_1 = b_1 / u_{11} \quad (4.50)$$

$$y_j = (b_j - \sum_{k=1}^{j-1} u_{kj} y_k) / u_{jj} \quad j = 2, \dots, n \quad (4.51)$$

### 4.3.3 Sustitución hacia atrás.

La ecuación 4.15 de manera explícita es:

$$\begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} & \dots & u_{1n} \\ 0 & u_{22} & u_{23} & \dots & u_{2n} \\ 0 & 0 & u_{33} & \dots & u_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & u_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} \quad (4.52)$$

efectuando el producto de la matriz  $\underline{U}$  por el vector  $\underline{x}$  e igualando con los valores correspondientes del vector  $\underline{y}$ , sólo que iniciando con el último renglón y terminando con el primero, se tiene:

$$u_{nn} x_n = y_n \quad (4.53)$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$u_{33} x_3 + u_{34} x_4 + \dots + u_{3n} x_n = y_3 \quad (4.54)$$

$$u_{22} x_2 + u_{23} x_3 + \dots + u_{2n} x_n = y_2 \quad (4.55)$$

$$u_{11} x_1 + u_{12} x_2 + u_{13} x_3 + \dots + u_{1n} x_n = y_1 \quad (4.56)$$

despejando los valores del vector  $\underline{x}$  se obtiene:

$$x_n = y_n / u_{nn} \quad (4.57)$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$\cdot$$

$$x_3 = y_3 - u_{34} x_4 - \dots - u_{3n} x_n / u_{33} \quad (4.58)$$

$$x_2 = y_2 - u_{23} x_3 - \dots - u_{2n} x_n / u_{22} \quad (4.59)$$

$$x_1 = y_1 - u_{12} x_2 - u_{13} x_3 - \dots - u_{1n} x_n / u_{11} \quad (4.60)$$

Generalizando se tiene:

$$x_n = y_n / u_{nn} \quad (4.61)$$

$$x_j = (y_j - \sum_{k=j+1}^n u_{jk} x_k) / u_{jj} \quad j = n-1, \dots, 1 \quad (4.62)$$

## 5. Programa de computadora.

### 5.1. Introducción.

En este capítulo se presenta la descripción de un programa de computadora para analizar edificios compuestos por estructuras esqueléticas (subestructuras), basado en el modelo matemático y en el proceso de solución descrito en los capítulos precedentes.

Para el desarrollo del programa se escogió el lenguaje compilador Fortran, que presenta algunas desventajas en el trabajo interactivo con el usuario al estar configurado para usarse con lectora de tarjetas, pero tiene las siguientes ventajas, permite trabajar con una memoria central mayor a los 64 kbytes, se puede utilizar un elevado número de subrutinas en el programa, el manejo de fórmulas y operaciones es eficiente y con la aproximación necesaria en los cálculos de ingeniería, por todo esto, se considera el lenguaje por excelencia en el desarrollo de programas de ingeniería.

Para la elaboración del programa se usó una microcomputadora

con una configuración de memoria central de 512 kbytes, un manejador de drive y discos de 5 1/4 con capacidad de 362,496 bytes; empleando el compilador FORTRAN 77 V3.2, 02/84 Microsoft.

Los edificios que se pueden analizar con el programa tienen las siguientes características:

- 1) Las subestructuras deben formar un plano normal al plano que forman los sistemas de piso. La orientación de la traza del plano con el diafragma es arbitraria.
- 2) Los sistemas de piso deben de ser rígidos y paralelos entre sí. Los niveles definidos por los diafragmas no necesariamente pueden aparecer en cada una de las subestructuras, lo que da lugar a modelar edificios irregulares.
- 3) Las subestructuras que componen el edificio pueden tener cualquier geometría, que sea factible de modelar con un conjunto de barras planas de eje recto y sección constante.
- 4) Cada barra debe construirse con un solo material, pero pueden considerarse diferentes materiales para diferentes barras.
- 5) En general las cargas intermedias, comprendidas entre los puntos nodales de las barras, pueden formarse con cualquier combinación de cargas, pero el presente trabajo se limita al caso de carga uniformemente repartida en todo el desarrollo de la barra.
- 6) Las condiciones de frontera de las barras que forman a las subestructuras pueden ser ambos extremos articulados, uno solo o ninguno.
- 7) Las condiciones de frontera de los nudos de las subestructuras pueden tener algún componente nulo o todos.

## 5.2. Organización numérica del programa.

El criterio seguido en la estructuración del paquete considera los siguientes factores:

a) Ocupar el mínimo de memoria central para tener mayor disponibilidad de memoria para los arreglos empleados.

b) El proceso de solución del modelo matemático se discretiza en pequeños módulos o subrutinas permitiendo que estos puedan utilizarse en la elaboración de otros programas o bien la posibilidad de que con un mínimo de cambios sea posible elaborar otras versiones del programa.

c) El manejo de datos en memoria periférica se realiza en archivos secuenciales debido a que en el proceso de solución, los datos por lo general se requieren en forma secuencial y la desventaja que tienen estos archivos con respecto a los archivos de acceso directo se redujo en gran parte, manejando diferentes archivos.

d) En lo posible se estructuró el programa o la subrutina de tal forma que la lectura e impresión de archivos esté separada respecto al algoritmo de solución para que la revisión sea más fácil y en caso de cambio del algoritmo, éste sea más sencillo.

e) Se utiliza el concepto de memoria dinámica, que permite trabajar con arreglos unidimensionales para el almacenamiento de los diferentes arreglos que se usan en el programa y que éste sea eficiente y también que al inicio de cada etapa del proceso se determine si existe capacidad para el manejo de los datos o la memoria disponible en ese momento es insuficiente.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados, el paquete consta de dos programas que se denominan LI y LD, en las figuras 5.1 y 5.2 se presenta esquemáticamente la organización de los programas que a continuación se describen.

## Programa LI

En la primera parte de este programa se dan todos los datos que se utilizan en el problema, está hecho en forma interactiva para facilidad del usuario. Los datos que se proporcionan son:

Datos generales de la estructura.

Datos generales de las subestructuras.

Datos de materiales.

Datos de coordenadas.

Datos de barras.

Datos de cargas en barras y nudos.

Datos de plantas.

Cada conjunto de datos leídos se guardan en memoria periférica. Los archivos que se generan son:

DATOS guarda datos iniciales.

MATER guarda datos de los diferentes materiales.

SECCION guarda datos de las secciones diferentes.

COORD guarda datos de las coordenadas de cada subestructura.

BARRA guarda datos de las barras.

CARBA guarda datos de cargas en barras.

CARNU guarda datos de cargas en nudos.

PLANTA guarda datos de los planos de sistemas de entrepiso.

ANGULO guarda datos de la traza de la subestructura.

En la segunda parte del programa, subrutina IU, se obtiene el vector indicador de ecuación, la matriz de rigideces en referencia local y de la subestructura y el vector de longitudes de cada barra, el número de ecuaciones de la subestructura, la matriz de rigideces de la subestructura, el vector de fuerzas de fijación para las barras que están cargadas y finalmente el vector de fuerzas externas y el vector de cargas de la subestructura.

Los archivos que se crean en esta parte son:

TRANS guarda indicador de ecuación de cada barra.

SUBES guarda matriz de rigideces y vector fuerzas de fijación de la barra.

SUBUNO guarda matriz de rigideces y vector de cargas de las subestructuras.

FIJA guarda número de ecuaciones, número de niveles de la subestructura y de la estructura general, el arreglo ID y el vector fuerzas de fijación de cada barra.

Programa LD.

En este programa se realiza la mayor parte del proceso de solución del modelo matemático, incluyendo la solución del sistema de ecuaciones algebraicas.

Se inicia con la lectura de los datos generados en el primer

programa referidos a las subestructuras.

Se efectúa el proceso de reducción parcial para la formación de la matriz de rigideces y el vector de cargas laterales de la subestructura en la referencia de la misma, subrutina RP, a continuación forma la matriz de transformación de coordenadas de cada subestructura para efectuar el cambio de coordenadas del sistema de referencia de la subestructura al sistema global del edificio y obtener en este último sistema la matriz de rigideces y el vector de cargas laterales de las subestructuras, subrutinas T, R, QG.

Se lleva a cabo el ensamble de las matrices de rigideces laterales de las subestructuras y de los correspondientes vectores de cargas laterales, trabajando en el sistema global del edificio, subrutinas E, FG, X. En la formación del vector de cargas de la estructura se toma en cuenta el vector de cargas en los centros de masa de cada nivel.

Se aplica el método de Cholesky para obtener la solución del sistema de ecuaciones algebraicas lineales, subrutinas CH, Y, UE, encontrando de esta forma los desplazamientos externos de la estructura.

Aplicando nuevamente la ley de transformación de coordenadas se obtienen los desplazamientos laterales de cada subestructura.

Se realiza la sustitución hacia atrás del método de Cholesky con los datos de la reducción parcial y los desplazamientos externos obtenidos en la solución del sistema de ecuaciones, para obtener los desplazamientos internos de las subestructuras, subrutina MO.

Finalmente se obtienen los elementos mecánicos de la barra en la referencia de la subestructura y en la referencia local de cada barra, subrutinas EL, QG.

Los archivos que se crean en este programa son:

LATERA guarda la matriz de rigideces y el vector de cargas laterales.

CHOLES guarda las submatrices del proceso de reducción parcial.

ENGLO guarda la matriz de rigideces y el vector de cargas de la estructura.

FORMA guarda la matriz de transformación de coordenadas.

DESE guarda los desplazamientos de la estructura.

El paquete de programas proporciona los resultados siguientes:

- a) Las propiedades de las secciones transversales.
- b) Los desplazamientos de los diafragmas de la estructura, dos lineales y uno angular.
- c) Los desplazamientos de los puntos nodales de las subestructuras.
- d) Las fuerzas equilibrantes de las barras de cada subestructura en referencia local.

### 5.3. Instructivo del programa.

Para efectuar un proceso de cálculo se requiere el sistema operativo MS-DOS en el cual se mandan ejecutar los programas, se necesita un disco flexible 5 1/4 formateado para guardar los archivos que contienen los datos y resultados.

Se dan los datos únicamente en el programa LI de forma

interactiva.

A continuación se enlistan los datos requeridos:

Datos generales de la estructura.

1. Identificación de la estructura. (1)
2. Número de subestructuras. (2)
3. Número de niveles. (3)
4. Número de materiales. (4)
5. Número de secciones. (5)

NOTA

(1) Se proporciona cualquier información alfanumérica que identifique al edificio a analizar.

(2) Se indica el número de subestructuras que componen el edificio. Este valor no debe ser nulo.

(3) Se indica el número de niveles que tiene el edificio. Este valor no puede ser nulo.

(4) Se indica el número de materiales diferentes empleados en la estructura. Este valor no puede ser nulo.

(5) Se indica el número de secciones transversales diferentes empleadas en las barras de la estructura. Este valor no puede ser nulo.

Datos generales de las subestructuras.

Los datos requeridos para cada subestructura son:

1. Identificación de la subestructura. (6)
2. Número de nudos. (7)
3. Número de barras. (8)
4. Número de ecuaciones. (9)
5. Angulo de traza. (10)

NOTA

(6) Se proporciona cualquier información alfanumérica que identifique la subestructura en cuestión.

(7) Se indica el número de puntos nodales de la subestructura. Este valor no puede ser nulo.

(8) Se indica el número de barras que integran la subestructura. Este valor no puede ser nulo.

(9) Se indica el número de ecuaciones de la subestructura. Este valor no puede ser nulo.

(10) Se indica el ángulo que forma el plano de la subestructura con el eje x del sistema de referencia global del edificio.

Datos de materiales.

Para cada material debe proporcionarse la información siguiente:

1. Módulo de Young. (11)

2. Coeficientes de Poisson. (12)

NOTA

(11) Se indica el valor del módulo de Young en (t/m<sup>2</sup>).

(12) Se indica el valor del coeficiente de Poisson que es adimensional.

Datos de secciones.

Para cada sección diferente se dará la siguiente información:

1. Ancho de sección transversal. (13)

2. Peralte de sección transversal. (14)

NOTA

(13) Se indica el ancho de la sección transversal en cm.

(14) Se indica el peralte de la sección transversal en cm.

El trabajo está limitado a secciones transversales rectangulares, pero puede modificarse para considerar otras secciones transversales.

Datos de coordenadas.

Para cada subestructura debe proporcionarse la siguiente información:

1. Coordenadas del nudo. (15)

2. Códigos de frontera. (16)

3. Indicador de nivel.

(17)

NOTA

(15) Se indican las coordenadas de cada nudo de la subestructura en forma secuencial, referidas a un sistema de referencia cartesiano de la subestructura, las unidades son metros.

(16) Se indican los códigos de frontera que señalan los grados de libertad de cada punto nodal. El orden debe ser secuencial. Se proporcionan tres valores, que corresponden a las direcciones X, Y, Z; 1 si existe grado de libertad, 0 si no existe grado de libertad.

(17) Se indica el nivel en que se encuentra cada punto nodal de la subestructura.

Datos de barras.

Debe proporcionarse la siguiente información para cada subestructura:

1. Número de barra. (18)
2. Número del punto nodal i. (19)
3. Número del punto nodal j. (20)
4. Indicador del número de material. (21)
5. Indicador del número de sección (22)
6. Indicador del tipo de apoyo en el punto nodal i. (23)
7. Indicador del tipo de apoyo en el punto nodal j. (24)

## NOTA

(18) Se indica el número que identifica a la barra en la subestructura.

(19) Se indica el número que identifica el punto nodal inicial de la barra, en la numeración de los puntos nodales de la subestructura.

(20) Se indica el número que identifica el punto nodal final de la barra, en la numeración de los puntos nodales de la subestructura.

(21) Se indica el identificador del tipo de material de la barra.

(22) Se indica el identificador del tipo de sección de la barra.

(23) Se indica el identificador del tipo de apoyo en el punto nodal i.

(24) Se indica el identificador del tipo de apoyo en el punto nodal j.

Los indicadores del tipo de apoyo son:

0 en el caso de apoyo continuo.

1 en el caso de apoyo articulado.

Datos de barras y nudos cargados.

Debe proporcionarse la información siguiente para cada subestructura:

1. Número de barras cargadas. (25)
2. Número de nudos cargados. (26)
3. Número de barra cargada. (27)
4. Número de cargas intermedias. (28)
5. Tipo de carga. (29)
6. Valor de carga. (30)
7. Nudo cargado. (31)
8. Valores de carga. (32)

NOTA

(25) Se indica el número de barras cargadas de la subestructura, puede ser un valor nulo.

(26) Se indica el número de nudos cargados de la subestructura, puede ser un valor nulo.

(27) Se indica el número de identificación de la barra cargada.

(28) Se indica el número de cargas intermedias en la barra.

(29) Se indica el tipo de carga, en la siguiente forma:

1. Carga uniformemente repartida.
2. Carga concentrada en cualquier punto.

(30) Se indica el valor de la carga en (t).

(31) Se indica el número del nudo cargado en la numeración de los puntos nodales de la subestructura.

(32) Se indica el valor de las cargas que actúan en cada nudo cargado, en las tres direcciones.

Datos de planta.

Debe proporcionarse la información siguiente por cada nivel de la subestructura.

1. Coordenadas de planta. (33)

2. Distancia de subestructura a centro geométrico. (34)

3. Cargas concentradas en el centro de masas. (35)

NOTA

(33) Se indican las coordenadas de la planta rectangular de cada nivel, en relación con un sistema de referencia cartesiano del plano del entrepiso.

(34) Se indica la distancia perpendicular de la subestructura al centro geométrico del entrepiso en forma secuencial, la distancia se indica en metros.

(35) Se indican las cargas concentradas en el centro de masas de cada entrepiso. Dos valores de carga en toneladas y un valor de momento en toneladas por metro.

5.4. Manual del Usuario.

Se describe la forma en que se preparan y organizan los datos necesarios para el análisis de edificios mediante subestructuración, con el programa de computadora empleado en este

trabajo.

Para iniciar la organización de los datos se elabora un croquis de la planta o plantas tipo con la ubicación de cada subestructura y su correspondiente identificación, también debe elaborarse un esquema en elevación con las alturas de entrepiso, la separación entre columnas y el nivel al que llega cada una de las crujiás. En estos croquis se representan las cargas que actúan en cada barra cargada y las cargas que actúan en cada nudo cargado de la subestructura correspondiente.

Se propone el vaciado de datos en los formatos que a continuación se describen para evitar cualquier omisión o error en el manejo de los datos; el orden en que se piden los datos en el programa es el mismo que el propuesto a través de los formatos.

#### FORMATO DE DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA. (fig. 5.1)

CUADRO DE IDENTIFICACION: tipo de obra, propietario, ubicación, fecha de contratación.

IDENTIFICACION ESTRUCTURA: Dejando un espacio en blanco se escribe cualquier información alfanumérica que identifique al edificio, con no más de veinte caracteres.

NUMERO DE SUBESTRUCTURAS Y NUMERO DE NIVELES: El número de subestructuras que forman el edificio no será mayor de veinte. El número de niveles que componen el edificio está limitado por la memoria disponible para la ejecución del programa. Los dos valores son constantes enteras.

NUMERO DE MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES DIFERENTES: En ambos casos esta información podría ser igual al número de barras que forman la estructura pero en el programa se limita a un valor de dos dígitos.

## FORMATO DE DATOS GENERALES DE SUBESTRUCTURAS. (fig. 5.2)

IDENTIFICACION SUBESTRUCTURAS. Cualquier información alfanumérica no mayor de ocho caracteres que identifique la subestructura.

NUMERO DE NUDOS Y NUMERO DE BARRAS. Con el auxilio de los esquemas de cada subestructura en los cuales se ha realizado la numeración tanto de los nudos como de las barras, se proporcionan estos dos valores, siempre que estén formados cuando más por tres dígitos.

NUMERO DE ECUACIONES. Se permiten dos grados de libertad por cada nudo no restringido y un grado de libertad por cada nivel, la suma de todos los grados de libertad proporciona el valor correspondiente, limitado a tres dígitos.

ANGULO QUE FORMA LA SUBESTRUCTURA CON EL EJE X DE LA REFERENCIA GLOBAL. Este valor en grados, se proporciona con el formato de una constante real.

FORMATO DE DATOS DE MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES. (fig 5.3),

En relación con el número de materiales indicado en el formato de datos generales de la estructura se proporciona para cada uno la siguiente información:

MODULO DE ELASTICIDAD (T/M<sup>2</sup>). Este valor se proporciona con el formato de una constante real.

COEFICIENTE DE POISSON (ADIM.). Este valor se proporciona con el formato de una constante real.

De acuerdo con el número de secciones transversales diferentes señalado en el formato de datos generales de la estructura se proporciona la siguiente información para cada

sección diferente.

ANCHO Y PERALTE DE LA SECCION TRANSVERSAL (CM.). Estos valores corresponden a una sección rectangular, se proporcionan con el formato de las constantes reales.

Los siguientes tres formatos deben llenarse para cada subestructura.

#### FORMATO DE COORDENADAS. (fig. 5.4)

COORDENADAS. Deben proporcionarse en forma secuencial los valores de x e y de cada nudo que integra la subestructura, de acuerdo a la numeración mencionada anteriormente en el formato de datos generales de la subestructura, su unidad correspondiente es el metro, por lo que se representan con el formato de las constantes reales.

CODIGOS DE FRONTERA. En forma secuencial se proporcionan tres valores con formato de constante entera para cada nudo, estos valores pueden ser cero o uno, dependiendo de que el nudo pueda desplazarse libremente o se encuentre restringido en las direcciones X, Y y Z de la referencia de la subestructura.

INDICADOR DE NIVEL. En forma secuencial para cada nudo usando una constante entera, se indica el nivel que éste ocupa dentro de la subestructura.

#### FORMATO DE BARRAS. (fig. 5.5)

De acuerdo con la numeración secuencial mencionada para las barras en el formato de datos generales de las subestructuras, se proporcionan primero cinco valores enteros que corresponden al número de barra, el número de nudo en el apoyo i de la barra, el número de nudo en el apoyo j de la barra, el número que identifica el material con que está hecha la barra y el número que

identifica la sección transversal correspondiente.

CONECTIVIDAD DE BARRAS. Para cada extremo de la barra debe indicarse si éste es continuo o articulado, empleando los indicadores enteros cero y uno respectivamente.

FORMATO DE CARGAS. (fig. 5.6)

NUMERO DE BARRAS Y NUDOS CARGADOS. Se proporcionan dos valores enteros que indican el número de barras y nudos cargados, su limitación es la misma que la señalada en relación con el número de nudos y barras que forman la subestructura.

NUMERO DE BARRA CARGADA Y NUMERO DE CARGAS. Se proporcionan dos valores enteros, el primero identifica la barra cargada y el segundo el nudo cargado, en ambos casos el valor está limitado a tres dígitos.

TIPO DE CARGA. Se asigna el valor de uno que corresponde al caso de carga uniforme, actuando en toda la longitud de la barra.

VALOR DE CARGA UNIFORME. (T/M) Se proporciona un valor con formato real que indica la carga que actúa sobre la viga, debe indicarse el sentido de la carga de acuerdo con el sistema de referencia local de cada barra.

CARGAS EN NUDOS. Se proporciona un valor de constante entera que corresponde al número del nudo cargado y que por consiguiente está limitado a tres dígitos; a continuación tres valores con formato de constante real, de acuerdo al valor de carga en el nudo indicado previamente, estos valores corresponden a las cargas que actúan en el nudo en las direcciones X, Y y Z, referidas al sistema global de la estructura. Las unidades correspondientes a los dos primeros valores son toneladas y toneladas-metro para el tercer valor.

## FORMATO DE PLANTAS. (fig. 5.7)

COORDENADAS X,Y. Se proporcionan dos valores con formato real que corresponden a las coordenadas de los vértices de cada planta en el orden indicado en la figura. 5.3. La planta está limitada en este trabajo a aquellas que tengan una geometría rectangular o cuadrada, lo que implica que las subestructuras localizadas en la periferia sean perpendiculares entre si.

DISTANCIAS PERPENDICULARES DE CADA SUBESTRUCTURA AL CENTRO GEOMETRICO. Este valor es una constante real positiva o negativa que representa la distancia perpendicular del centro geométrico de la planta a la traza de la subestructura. Se proporciona un valor por cada subestructura.

CODIGO PARA LA DISTANCIA. Se proporciona un valor de cero o uno, dependiendo de si la subestructura forma parte del nivel estudiado o no.

CARGAS CONCENTRADAS EN EL CENTRO DE MASA. Se proporcionan tres valores con formato real que representan los valores de las cargas generalizadas que actúan en los centros de masa de cada nivel, (dos cargas concentradas y un momento).

Este formato se termina, luego de vaciar en él la información correspondiente de cada uno de los niveles señalados en el formato de datos generales de la estructura.

Después de haber ingresado los datos el programa LI inicia el proceso con la formación de la matriz de rigideces de cada barra en la referencia local y global, así como del correspondiente vector indicador de ecuación.

Al terminar la ejecución del programa LI se puede ordenar la ejecución del programa LD, teniendo en cuenta que los archivos

requeridos para este programa son DATOS, PLANTA, ANGULO, TRANS,  
SUBES, SUBUNO y FIJA.

## 6. Ejemplo de aplicación.

### 6.1. Introducción.

Para mostrar los resultados obtenidos al utilizar el programa desarrollado en este trabajo, se presenta el análisis de tres estructuras, una de ellas regular y dos con irregularidad vertical; uno de los marcos que forman la estructura regular es analizado también empleando un programa de análisis lineal de marcos planos, con el objeto de comparar los resultados del análisis tridimensional por subestructuras con el análisis de marcos planos.

### 6.2. Estructuras analizadas.

#### 6.2.1. Estructura Ejemplo 1.

##### a) Geometría.

Las plantas del edificio se muestran en la figura 6.1.

En las figs. 6.2 a 6.4 se muestra la geometría y condiciones

frontera tanto de las barras como de cada subestructura, así como la numeración de las barras y nudos que componen a cada una de éstas. La estructura tiene dos niveles, pero no así todas las subestructuras que la forman, por lo que se considera irregular en elevación. Este ejemplo se utilizó para la comprobación por partes de los resultados obtenidos.

b) Material.

El material considerado en todas las subestructuras es concreto reforzado con las siguientes características:

Módulo de elasticidad: 1 500 000.00 T/M2

Coefficiente de Poisson: 0.00

c) Solicitaciones.

La estructura se analiza para una condición de carga que incluye cargas uniformemente repartidas actuando en las trabes y cargas horizontales actuando a nivel de los entrepisos en dirección positiva y paralela al eje Y del sistema de referencia del edificio, como se indica en las figs. 6.2 a 6.4.

d) Entrada de datos.

La entrada de datos se realizó utilizando los formatos descritos en el capítulo anterior y en la forma que a continuación se indica:

FORMATO DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA, (tabla 6.1).

FORMAATO DATOS GENERALES SUBESTRUCTURAS, (tabla 6.2).

FORMATO DATOS MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES,  
(tabla 6.3).

En las figs. 6.6 a 6.9 se muestran las características geométricas de las subestructuras que la componen, las condiciones frontera y la numeración de nudos y barras.

a) Geometría.

La figura 6.5 muestra la planta tipo y las secciones transversales empalmadas en el edificio.

#### 6.2.2. Estructura Ejemplo 2.

Los resultados obtenidos para esta estructura con el programa de computador realizado en este trabajo se muestran en la tabla 6.9; se imprimen primero los desplazamientos correspondientes a los dos niveles de la estructura en la referencia de la estructura; a continuación para cada subestructura se imprimen los desplazamientos externos, que son los componentes lineales paralelos al eje X y luego los desplazamientos internos o componente lineal paralelo al eje Y y el componente angular respecto al eje Z; de todos los puntos nodales que forman parte de la subestructura, finalmente se muestran los elementos mecánicos generalizados en los puntos nodales de cada barra.

e) Resultados obtenidos.

Ejemplo.

En la tabla 6.8 se presenta un listado con los datos de esta

FORMATO DE PLANTAS, (tabla 6.7).

FORMATO DE CARGAS, (tabla 6.6).

FORMATO DE BARRAS, (tabla 6.5).

FORMATO DE COORDENADAS, (tabla 6.4).

Esta estructura es regular en elevación ya que todas las subestructuras que la componen tienen igual número de niveles.

b) Material.

El material considerado en todas las subestructuras es concreto reforzado con las siguientes características:

Módulo de elasticidad: 1 900 900.00 T/M<sup>2</sup>

Coefficiente de Poisson: 0.25

c) Solicitaciones.

En las figs. 6.6 a 6.9 se muestra la condición de carga a que está sometida la estructura, carga uniformemente repartida en trabes y carga concentrada en los nudos a nivel de los diafragmas, en las subestructuras paralelas al eje Y.

d) Entrada de datos.

La entrada de datos se realizó empleando los formatos descritos para la estructura del ejemplo 1, en forma similar a como se describió anteriormente.

e) Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos para este ejemplo se muestran en la tabla 6.10, se imprimen primero los desplazamientos correspondientes a los 8 niveles de la estructura, a continuación para cada subestructura se imprimen los desplazamientos externos e internos y finalmente los elementos mecánicos en los puntos nodales de las barras de cada subestructura.

En la tabla 6.11 se presentan los resultados al analizar la subestructura 2Y de este ejemplo con un programa de análisis lineal de marcos planos.

### 6.2.3. Estructura Ejemplo 3.

#### a) Geometría.

En la figura 6.10 se muestran las plantas tipo del edificio.

En las figs. 6.11 a 6.14 se indica la geometría y las condiciones frontera de las barras y subestructuras que la componen, así como la numeración de nudos y barras.

La estructura tiene ocho niveles pero no todas las subestructuras que la componen tienen los ocho niveles, por lo que se considera que la estructura es irregular en elevación.

#### b) Material.

El material considerado en toda la estructura es concreto reforzado con las siguientes características:

Módulo de elasticidad: 1 900 000.00 T/M<sup>2</sup>

Coefficiente de Poisson: 0.25

#### c) Solicitaciones.

La estructura se analiza para una condición de carga que incluye cargas uniformemente repartidas en trabes y cargas horizontales actuando a nivel de los entrepisos en dirección paralela al eje Y del sistema de referencia del edificio, como se indica en las figs. 6.11 a 6.14.

#### d) Datos de entrada.

La entrada de datos se llevó a cabo de igual manera que se hizo para el ejemplo 1.

#### e) Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos con el programa de computadora realizado en este trabajo se presentan en la tabla 6.12.

Se imprimen los desplazamientos calculados de los diafragmas que componen al edificio, los cuales están referidos al sistema de referencia de la estructura.

Primero se presentan los desplazamientos externos de la subestructura, que son los componentes lineales paralelos al eje X y luego los desplazamientos internos o componente lineal paralelo al eje Y y el componente angular respecto al eje Z, de todos los puntos nodales en que se idealizó la subestructura en su referencia propia.

Finalmente se presentan los elementos mecánicos en los extremos de cada barra que conforma la subestructura.

#### 6.3. Equilibrio de las subestructuras.

El equilibrio de las subestructuras se comprueba verificando el equilibrio de las barras o de un conjunto de éstas.

El equilibrio de las barras se lleva a cabo en la referencia local y de acuerdo con la ecuación 2.5; el vector de fuerzas externas  $f^e$  deberá equilibrar todas las cargas intermedias actuantes en la barra, en la figura 6.15 se indica el criterio adoptado en el trabajo para los valores positivos de este vector.

El equilibrio del conjunto de barras se establece en la referencia de la subestructura, ya que en ese sistema se encuentran expresadas las cargas concentradas que actúan en los puntos nodales y por otro lado no todas las barras tienen el mismo sistema de referencia local.

#### 6.4. Elementos mecánicos empleados en el diseño.

El objetivo de la fase correspondiente al análisis se alcanza al obtener los elementos mecánicos, fuerza axial, fuerza cortante y momento flexionante en cada sección de la estructura para la condición de carga analizada.

Para hacer coincidir la convención utilizada en este trabajo con la tradicional, utilizada en el diseño de las estructuras, basta con cambiar de signo los componentes de la fuerza paralela al eje X y al momento con respecto al eje Z, del nudo i, así como la fuerza paralela al eje Y del nudo j.

En las tablas 6.8 a 6.10 se muestran los elementos mecánicos que actúan en los extremos de las barras de cada subestructura que conforma la estructura analizada, con la convención usada en este trabajo.

Con los resultados de la tabla 6.9 se construyeron los diagramas de fuerza axial, fuerza cortante y momento flexionante de las barras de la subestructura 2Y del ejemplo 2, figuras 6.16, 6.17 y 6.18, en la figura 6.19 se presenta el diagrama de momento flexionante de la barra 1 de la subestructura 2Y de este ejemplo.

El equilibrio de las barras 1, 4, 7 y 10 se comprueba en la figura 6.20, en la figura 6.21 se comprueba el equilibrio de las barras 13, 16, 19 y 22 y finalmente en la figura 6.22 se comprueba el equilibrio de las barras 2, 3, 11, 12, 23 y 24, que son algunas columnas de la subestructura 2Y del ejemplo 2.

## 7. Conclusiones y recomendaciones.

La aportación fundamental de este trabajo es el programa de computadora para el análisis tridimensional de edificios ante cargas estáticas, por lo que las conclusiones y recomendaciones se basan en él.

### 7.1 Conclusiones.

La memoria dinámica es importante ya que permite conocer en cada etapa del proceso la capacidad de memoria requerida por los arreglos empleados en esa fase del proceso.

El empleo de subrutinas en la organización del programa permite que éste pueda revisarse y modificarse en su caso con mayor facilidad, pero es importante señalar que la subdivisión del proceso en módulos, que corresponden a las subrutinas o a paquetes de éstas, en combinación con la memoria periférica permitió la corrida de los dos edificios de ocho niveles indicados en el capítulo anterior.

Debido a que se utilizó una computadora con memoria central de 512 kbytes y configuración mínima, se puede apreciar la eficiencia en la organización del programa, aunque también pudo observarse que para estructuras con un mayor número de niveles o de subestructuras, al empleado en los ejemplos de aplicación, se requiere una mayor capacidad de memoria central y periférica, porque la memoria usada en algunas partes del proceso se incrementa con una progresión geométrica, requiriéndose una configuración mayor.

El tiempo de ejecución de los tres ejemplos indica también un incremento en progresión geométrica que es función del número de barras que integran a cada subestructura, ya que en los tres casos se utilizó el mismo número de subestructuras.

La primera parte del proceso, en la que se genera la matriz de rigideces de las barras y de las subestructuras, así como el correspondiente vector de cargas, paquete de subrutinas ligadas por la subrutina IU, emplea alrededor de un 85 % del tiempo de ejecución de los programas.

En la etapa del programa en que se ingresan los datos, las operaciones numéricas para su obtención y manejo son prácticamente nulas, lo que permite reducir el tiempo que el usuario debe permanecer frente a la computadora.

La solución del sistema de ecuaciones para la obtención de los desplazamientos de la estructura no tiene la importancia que podría tener en el caso del análisis del marco plano, desde el punto de vista de empleo de memoria, ya que el número de ecuaciones disminuye considerablemente (tres veces el número de niveles), sin importar el número de nudos o barras que conforman la subestructura, claro que ésta y la siguiente conclusión son inherentes al método de subestructuración empleado.

Si se analiza la estructura del Ejemplo 2 de este trabajo con un modelo tridimensional se generaría una matriz de rigideces de

288 x 288 (82,944 localidades); al utilizar el modelo de subestructuras para el mismo ejemplo se generaron tres matrices de 24 x 24 (576 localidades por matriz) y dos matrices de 40 x 40 (1600 localidades por matriz), disminuyendo drásticamente el tiempo de computación y el empleo de memoria en los arreglos de las matrices de rigideces.

En la tabla 7.1 se presentan los desplazamientos horizontales de cada nivel, obtenidos en el análisis tridimensional por subestructuras y los desplazamientos correspondientes, obtenidos con el análisis lineal de marcos planos, para el marco 2Y de la estructura del ejemplo 2; como se indica en ella los desplazamientos no difieren en más de un 10 % en los niveles superiores, existiendo convergencia en los cuatro niveles inferiores; también se aprecia que los valores de los desplazamientos obtenidos en el análisis tridimensional son menores que en el análisis de marco plano, como era de suponerse.

Para el Ejemplo 1 el tiempo de ejecución del programa fue de 7 minutos, el Ejemplo 2 se ejecutó en un tiempo de 4 horas 43 minutos, el tiempo de ejecución del Ejemplo 3 fue de 3 horas, 10 minutos, estos tiempos son independientes del tiempo empleado en el ingreso de datos. (ver recomendación 4).

## 7.2. Recomendaciones.

1. La organización del programa es general pero pueden tomarse los resultados obtenidos en los ejemplos de aplicación para buscar la optimización del mismo.

2. Se deben incluir en el programa secciones transversales diferentes a la rectangular, condiciones de carga en la barra diferentes a la uniformemente repartida y la opción de analizar diferentes condiciones de carga con los mismos datos de entrada de la estructura.

3. Es deseable incluir el caso de barras planas con sección variable.

4. A fin de disminuir los tiempos de entrada de datos se deben incluir técnicas de generación de datos, en lo relacionado con las coordenadas de los puntos nodales, geometría de las barras, así como de las cargas en las barras y en los puntos nodales.

5. Es recomendable utilizar las propiedades de simetría y de banda que posee la matriz de rigideces de la estructura, guardando únicamente una parte de la matriz de rigideces, que puede ser un arreglo rectangular que depende del ancho de banda y acondicionar a dicho arreglo el algoritmo numérico para la solución de ecuaciones algebraicas, o incluso pensar en la posibilidad de un arreglo unidimensional, (ref. 14).

6. También puede estudiarse la posibilidad de evitar generar la matriz de rigideces y el vector de cargas correspondiente en el caso de subestructuras con características de geometría, material y cargas semejantes, lo que reduciría considerablemente los tiempos de ejecución del programa.

7. Debido a la utilización frecuente de medios continuos en las estructuras (muros), es deseable incluir la opción de que las subestructuras puedan estar constituidas por un muro, un marco o una combinación de ambos.

8. Para poder realizar el análisis de las estructuras ante cualquier tipo de cargas, es conveniente implementar en el programa la opción de analizar estructuras ante cargas sísmicas tanto con el criterio de respuesta espectral como el criterio de respuesta paso a paso.

## 8. Referencias.

1. R. Cervantes Beltrán. Notas preliminares para el curso de Teoría general de las estructuras I. Sección de estructuras. División de estudios de Pósgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM (1978).
2. E. Izurieta Villacreces. Análisis tridimensional de edificios mediante subestructuración. Tesis profesional. Universidad La Salle. (1980).
3. R. Cervantes Beltrán, V. Porras Silva y M. Ordaz Schroeder. Comparación de modelos estructurales utilizados en el análisis sísmico de edificios.
4. E. L. Wilson, J. P. Hollings y H. H. Dovey. Three dimensional analysis of building systems (extended version). Earthquake engineering research center, University of California, Berkeley, report no. EERC 75-13. april (1975).
5. E. L. Wilson, H. H. Dovey y A. Habibullah. Three diemensional analysis of building systems (february 1977 release).

Earthquake engineering research center, University of California, Berkeley, report no. UCB/EERC 72-8, revised april (1979).

6. O. C. Zienkiewicz. El método de los elementos finitos. Editorial Reverté S. A. (1982).

7. E. Alarcón Alvarez, R. Alvarez Cabal y Ma. S. Gómez Lera. Cálculo matricial de estructuras. Colección de matemática aplicada e informática. Editorial Reverté S. A. (1986).

8. J. L. Contreras Pissón y J. M. Cuatlayotl Sarmiento. Análisis con computadora de marcos planos. Tesis profesional. Universidad Autónoma del Estado de Puebla. (1978).

9. Fernando Vera B. Solución de ecuaciones algebraicas en el análisis estructural. Tesis profesional. Universidad La Salle. México, (1980).

10. Ben Noble y James W. Daniel. Algebra lineal aplicada. Tercera edición. Prentice Hall. (1989).

11. R. Meli Piralla. Diseño estructural. Limusa. (1985).

12. E. Bazán Zurita y R. Meli Piralla. Manual de diseño sísmico de edificios. Limusa. (1985).

13. L. M. Rivera, A. Salmonte y G. León. Implantación del método de las subestructuras en un programa de elementos finitos de uso general. Ponencia presentada en el primer simposium nacional sobre aplicaciones del método de los elementos finitos en ingeniería. Barcelona. (1982).

14. J. M. Cuatlayotl S. Formulación de arreglos unidimensionales con base en arreglos cuadrados. VI Congreso de Ingeniería Estructural, Puebla (1988).

15. H. Kardestuncer. Introducción al análisis estructural con matrices. Mac Graw-Hill. (1975).

16. A. Ghali y A. Neville. Análisis estructural. Un enfoque unificado clásico y por matrices. Editorial Diana. (1983).

17. J. M. Gere y W. Weaver Jr. Análisis de estructuras reticulares. Editorial CECSA. (1986).

18. M. Z. Smith. Fortran 77. A problem-solving approach. Houghton Mifflin. (1985).

19. R. H. Hammond, W. B. Rogers y J. B. Crittenden. Introducción al Fortran 77 y la PC. Mac Graw-Hill. (1989).

20. G. B. Davis y T. R. Hoffmann. Fortran 77, un estilo estructurado y disciplinado. Mac. Graw-Hill. (1988).

9. TABLAS Y FIGURAS.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b>	
	DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA.	
	OBRA: _____	
	PROPIETARIO: _____	
UBICACION: _____		HOJA DE
FECHA: _____		

Identificación estructura: Numero de subestructuras: Numero de niveles: Numero de materiales: Numero de secciones transversales:
--

TABLA 5.1 DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b>	
	DATOS GENERALES SUBESTRUCTURAS.	
	OBRA: _____	
	PROPIETARIO: _____	
UBICACION: _____		HOJA DE
FECHA: _____		

IDENTIFICACION SUBESTRUCTURAS	NUMERO DE NUDOS	NUMERO DE BARRAS	NUMERO DE ECUACIONES	ANGULO EJE X

TABLA 5.2 DATOS GENERALES SUBESTRUCTURAS.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b> DATOS MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES OBRA: _____ PROPIETARIO: _____ UBICACION: _____
FECHA: _____	HOJA DE

NUMERO DE MATERIAL	MODULO DE ELASTICIDAD (T/m <sup>2</sup> )	COEFICIENTE DE POISSON (Adim)

NUMERO DE SECCION	ANCHO (cm)	PERALTE (cm)

TABLA 5.3 DATOS MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b> DATOS COORDENADAS. OBRA: _____ PROPIETARIO: _____ UBICACION: _____
FECHA: _____	HOJA DE _____

NUDO NUM.	COORDENADAS		CODIGOS DE FRONTERA			NIVEL
	X(m)	Y(m)	X	Y	Z	

TABLA 5.4 FORMATO DE COORDENADAS.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b> DATOS BARRAS. OBRA: _____ PROPIETARIO: _____ UBICACION: _____
FECHA: _____	
HOJA DE	

BARRA NUM	PUNTO NODAL		INDICADORES			
	I	J	MATERIAL	SECCION	APOYO I	APOYO J

TABLA 5.5 FORMATO DE BARRAS.

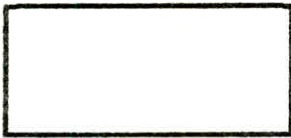
	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b>	
	DATOS CARGAS EN BARRAS Y NUDOS.	
	OBRA: _____	
PROPIETARIO: _____		
UBICACION: _____		
FECHA: _____	HOJA DE	

SUBESTRUCTURA	Marco 1x	Marco 2x	Marco 1y	Marco 2y	Marco 3y
BARRAS CARGADAS					
NUDOS CARGADOS					

NUM. BARRA CARGADA	NUM. DE CARGAS	TIPO	WCT/m

NUM. NUDO CARGADO	VALOR DE CARGA			Z(T-m)
	XCT)	YCT)	CARGA	

TABLA 5.6 FORMATO DE CARGAS.



**ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS**  
**DATOS DE PLANTAS.**

OBRA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

HOJA DE

NIVEL	SUBESTRUCTURA								
	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4		
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	

NIVEL	DISTANCIA SUBESTRUCTURAS A CENTRO GEOMETRICO (m)				
	SUBESTRUCTURA				
	Marco 1x	Marco 2x	Marco 1y	Marco 2y	Marco 3y

NIVEL	FUERZAS EN EL CENTRO DE MASAS		
	X(T)	Y(T)	Z(T-m)

TABLA 5.7 FORMATO DE PLANTAS.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b> DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA. OBRA: _____ PROPIETARIO: _____ UBICACION: _____
FECHA: _____	HOJA 1 DE 9

Identificación estructura:	Ejemplo 1
Numero de subestructuras:	5
Numero de niveles:	2
Numero de materiales:	1
Numero de secciones transversales:	4

TABLA 6.1 DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b> DATOS GENERALES SUBESTRUCTURAS. OBRA: _____ PROPIETARIO: _____ UBICACION: _____
FECHA: _____	HOJA 2 DE 9

IDENTIFICACION SUBESTRUCTURAS	NUMERO DE NUDOS	NUMERO DE BARRAS	NUMERO DE ECUACIONES	ANGULO EJE X
Marco 1	4	3	5	90.
Marco 2	6	6	10	90.
Marco 3	6	6	10	90.
Marco A	8	8	12	0.
Marco B	8	8	12	0.

TABLA 6.2 DATOS GENERALES SUBESTRUCTURAS.

	<b>ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS</b> DATOS MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES OBRA: _____ PROPIETARIO: _____ UBICACION: _____
FECHA: _____	HOJA 3 DE 9

NUMERO DE MATERIAL	MODULO DE ELASTICIDAD (T/m <sup>2</sup> )	COEFICIENTE DE POISSON (Adim)
1	1.5 E+06	0.00

NUMERO DE SECCION	ANCHO (cm)	PERALTE (cm)
1	30.	40.
2	20.	60.
3	20.	50.
4	40.	30.

TABLA 6.3 DATOS MATERIALES Y SECCIONES TRANSVERSALES.

**ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS**

DATOS COORDENADAS.

OBRA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

HOJA 4 DE 9

NUDO NUM.	COORDENADAS		CODIGOS DE FRONTERA			NIVEL
	X(m)	Y(m)	X	Y	Z	
1	0.	3.	0	0	0	1
2	6.	3.	0	0	0	1
3	0.	0.	0	0	0	0
4	6.	0.	0	0	0	0
1	0.	6.	0	0	0	2
2	6.	6.	0	0	0	2
3	0.	3.	0	0	0	1
4	6.	3.	0	0	0	1
5	0.	0.	0	0	0	0
6	6.	0.	0	0	0	0
1	0.	6.	0	0	0	2
2	6.	6.	0	0	0	2
3	0.	3.	0	0	0	1
4	6.	3.	0	0	0	1
5	0.	0.	0	0	0	0
6	6.	0.	0	0	0	0

TABLA 6.4 FORMATO DE COORDENADAS.

TABLA 6.5 FORMATO DE BARRAS.

BARRA NUM	PUNTO NODAL	INDICADORES
1	I	SECCION
2	J	MATERIAL
3	I	APoyo I
4	J	APoyo J

ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS

Datos BARRAS:

DIRA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

HORA 6 DE 9

**ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS**

DATOS CARGAS EN BARRAS Y NUDOS.

OBRA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

HOJA 8 DE 9

SUBESTRUCTURA	Marco 1	Marco 2	Marco 1	Marco A	Marco B
BARRAS CARGADAS	1	2	2	3	3
NUDOS CARGADOS	1	2	2	0	0

NUM. BARRA CARGADA	NUM. DE CARGAS	TIPO	WCT/m)
1	1	1	-1.33
1	1	1	-1.458
2	1	1	-3.521
1	1	1	-1.458
2	1	1	-2.188
1	1	1	-1.0
2	1	1	-1.25
3	1	1	-1.875

NUM. NUDO CARGADO	VALOR DE CARGA		
	XCT)	YCT)	ZCT-m)
1	0.85	0	0
1	1.417	0	0
3	1.913	0	0
1	1.417	0	0
3	1.063	0	0

TABLA 6.6 FORMATO DE CARGAS.

**ANALISIS TRIDIMENSIONAL MEDIANTE SUBESTRUCTURAS**

DATOS DE PLANTAS.

OBRA: \_\_\_\_\_

PROPIETARIO: \_\_\_\_\_

UBICACION: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

HOJA 9 DE 9

NIVEL	SUBESTRUCTURA							
	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4	
	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
1	0.0	0.0	0.0	6.0	9.0	0.0	9.0	6.0
2	0.0	0.0	4.0	6.0	9.0	0.0	9.0	6.0

NIVEL	DISTANCIA SUBESTRUCTURAS A CENTRO GEOMETRICO (m)				
	SUBESTRUCTURA				
	Marco 1	Marco 2	Marco 3	Marco A	Marco B
1	-4.5	-0.5	4.5	-3.0	3.0
2	0.	-2.5	2.5	-3.0	3.0

NIVEL	FUERZAS EN EL CENTRO DE MASAS		
	X(T)	Y(T)	Z(T-m)
1	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.

TABLA 6.7 FORMATO DE PLANTAS.

TABLA 6.8 ARCHIVO DE DATOS EJEMPLO 1

DATOS GENERALES EJEMPLO 1

NUM SUBESTRUCTURAS 5  
 NUM TOTAL DE NUDOS 32  
 NUM TOTAL DE BARRAS 31

DATOS SUBESTRUCTURAS				
SUBESTRUCTURA	NUMERO DE NUDOS	NUMERO DE BARRAS	NUMERO DE ECUACIONES	ANGULO EJE X
MARCO 1	4	3	5	90.00
MARCO 2	6	6	10	90.00
MARCO 3	6	6	10	90.00
MARCO A	8	8	12	.00
MARCO B	8	8	12	.00

NUM DE MATERIALES 1

NUM	MODULO DE ELASTICIDAD (T/M2)	COEFICIENTE DE POISSON (ADIM.)
1	1.5000E+06	.0000E+00

NUM DE SECCIONES 4

NUM	ANCHO CM	ALTO CM	AREA CM2	M. DE INERCIA CM4	F.CORTANTE ADIM
1	3.00E+01	4.00E+01	1.2000E+03	1.600000E+05	1.2000E+00
2	2.00E+01	6.00E+01	1.2000E+03	3.600000E+05	1.2000E+00
3	2.00E+01	5.00E+01	1.0000E+03	2.083333E+05	1.2000E+00
4	4.00E+01	3.00E+01	1.2000E+03	9.000000E+04	1.2000E+00

NUDO NUM	COORDENADAS		CODIGOS DE FRONTERA			NIVEL
	X(M)	Y(M)	X	Y	Z	
1	.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
2	6.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
3	.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
4	6.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
1	.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
2	6.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
3	.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
4	6.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
5	.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
6	6.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
1	.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
2	6.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
3	.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
4	6.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1

5	.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
6	6.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
1	4.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
2	9.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
3	.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
4	4.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
5	9.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
6	.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
7	4.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
8	9.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
1	4.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
2	9.000E+00	6.000E+00	0	0	0	2
3	.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
4	4.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
5	9.000E+00	3.000E+00	0	0	0	1
6	.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
7	4.000E+00	.000E+00	1	1	1	0
8	9.000E+00	.000E+00	1	1	1	0

BARRA NUM	PUNTO NODAL		INDICADORES		INDICADOR APOYO	
	I	J	MATERIAL	SECCION	I	J
1	1	2	1	2	0	0
2	3	1	1	1	0	0
3	4	2	1	1	0	0
1	1	2	1	2	0	0
2	3	4	1	2	0	0
3	3	1	1	1	0	0
4	4	2	1	1	0	0
5	5	3	1	1	0	0
6	6	4	1	1	0	0
1	1	2	1	2	0	0
2	3	4	1	2	0	0
3	3	1	1	1	0	0
4	4	2	1	1	0	0
5	5	3	1	1	0	0
6	6	4	1	1	0	0
1	3	4	1	3	0	0
2	1	2	1	3	0	0
3	4	5	1	3	0	0
4	4	1	1	4	0	0
5	5	2	1	4	0	0
6	6	3	1	4	0	0
7	7	4	1	4	0	0
8	8	5	1	4	0	0
1	3	4	1	3	0	0
2	1	2	1	3	0	0
3	4	5	1	3	0	0
4	4	1	1	4	0	0
5	5	2	1	4	0	0
6	6	3	1	4	0	0
7	7	4	1	4	0	0
8	8	5	1	4	0	0

CARGAS EN BARRAS Y NUDOS

SUBESTRUCTURA :	MARCO 1	MARCO 2	MARCO 3	MARCO A	MARCO B
NUM. BARRAS CARGADAS	1	2	2	3	3
NUM. NUDOS CARGADOS	1	2	2	0	0

TABLA 6.8 CONTINUACION.

NUM DE BARRA CARGADA	NUM DE CARGAS
1	1
1	1
2	1
1	1
2	1
1	1
2	1
3	1
1	1
2	1
3	1

TIPO DE CARGA	VALOR DE CARGA UNIFORME (T/M)
1	-1.33300E+00
1	-1.45800E+00
1	-3.52100E+00
1	-1.45800E+00
1	-2.18800E+00
1	-1.00000E+00
1	-1.25000E+00
1	-1.87500E+00
1	-1.00000E+00
1	-1.25000E+00
1	-1.87500E+00

DATOS DE NUDOS			
NUDO NUM	X(T)	Y(T)	Z(T-M)
1	8.50000E-01	.00000E+00	.00000E+00
1	1.41700E+00	.00000E+00	.00000E+00
3	1.91300E+00	.00000E+00	.00000E+00
1	1.41700E+00	.00000E+00	.00000E+00
3	1.06300E+00	.00000E+00	.00000E+00

DATOS DE NIVELES

NIVEL	COORDENADAS							
	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4	
	X(M)	Y(M)	X(M)	Y(M)	X(M)	Y(M)	X(M)	Y(M)
1	.00E+00	.00E+00	.00E+00	6.00E+00	9.00E+00	.00E+00	9.00E+00	6.00E+00
2	4.00E+00	.00E+00	4.00E+00	6.00E+00	9.00E+00	.00E+00	9.00E+00	6.00E+00

COORDENADAS CENTRO GEOMETRICO DE CADA NIVEL

NIVEL	X(M)	Y(M)
1	4.50E+00	3.00E+00
2	6.50E+00	3.00E+00

DISTANCIAS SUBESTRUCTURAS A CENTRO GEOMETRICO (M)

NIVEL	SUBESTRUCTURA				
	MARCO 1	MARCO 2	MARCO 3	MARCO A	MARCO B
1	-4.500E+00	-5.000E-01	4.500E+00	-3.000E+00	3.000E+00
2	.000E+00	-2.500E+00	2.500E+00	-3.000E+00	3.000E+00

TABLA 6.8 CONTINUACION

FUERZAS EN EL CENTRO DE MASAS			
NIVEL	X(T)	Y(T)	Z(T-M)
1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
2	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00

TABLA 6.8 CONTINUACION

TABLA 6.9 ARCHIVO DE RESULTADOS EJEMPLO 1

RESULTADOS DEL ANALISIS TRIDIMENSIONAL

DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA EJEMPLO 1

	Ux (M)	Uy (M)	Uz (RAD)
NIVEL 2	-4.704190E-04	3.589902E-03	1.186370E-04
NIVEL 1	-1.024720E-04	1.666278E-03	9.540700E-05

DESPLAZAMIENTOS DE LAS SUBESTRUCTURAS

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 1  
(M)

NIVEL 2	.000000E+00
NIVEL 1	1.236947E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 1  
V(M) W(RAD)

-6.005200E-05	-1.043867E-03
-7.325900E-05	5.878170E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	.000E+00	3.602E+00	1.340E+00	.000E+00	4.396E+00	-3.721E+00
BARRA 2	3.603E+00	-3.364E-01	3.305E-01	-3.603E+00	3.364E-01	-1.340E+00
BARRA 3	4.396E+00	2.167E+00	2.781E+00	-4.396E+00	-2.167E+00	3.721E+00

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 2  
(M)

NIVEL 2	3.293310E-03
NIVEL 1	1.618574E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 2  
V(M) W(RAD)

-2.965820E-04	-7.562590E-04
-3.472480E-04	2.795910E-04
-2.304000E-04	-1.634637E-03
-2.675870E-04	8.111230E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	.000E+00	3.970E+00	2.229E+00	.000E+00	4.778E+00	-4.654E+00
BARRA 2	.000E+00	9.850E+00	6.223E+00	.000E+00	1.128E+01	-1.050E+01
BARRA 3	3.971E+00	-1.956E+00	-3.636E+00	-3.971E+00	1.956E+00	-2.231E+00
BARRA 4	4.780E+00	3.387E+00	5.506E+00	-4.780E+00	-3.387E+00	4.655E+00
BARRA 5	1.382E+01	-8.526E-01	2.890E-02	-1.382E+01	8.526E-01	-2.586E+00
BARRA 6	1.606E+01	2.901E+00	3.702E+00	-1.606E+01	-2.901E+00	5.000E+00

TABLA 6.9 CONTINUACION  
DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 3  
(M)

NIVEL 2     3.886495E-03  
NIVEL 1     2.095609E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 3  
V(M)                      W(RAD)

-2.272600E-04     -9.263350E-04  
-2.832660E-04     4.341640E-04  
-1.612780E-04     -1.183145E-03  
-2.034160E-04     2.023400E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	.000E+00	3.958E+00	1.901E+00	.000E+00	4.790E+00	-4.398E+00
BARRA 2	.000E+00	5.714E+00	2.768E+00	.000E+00	7.414E+00	-7.866E+00
BARRA 3	3.959E+00	-1.405E+00	-2.313E+00	-3.959E+00	1.405E+00	-1.902E+00
BARRA 4	4.791E+00	2.809E+00	4.028E+00	-4.791E+00	-2.809E+00	4.399E+00
BARRA 5	9.677E+00	3.283E-01	1.439E+00	-9.677E+00	-3.283E-01	-4.541E-01
BARRA 6	1.220E+01	2.454E+00	3.520E+00	-1.220E+01	-2.454E+00	3.843E+00

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 4  
(M)

NIVEL 2     -8.263300E-04  
NIVEL 1     -3.886930E-04

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 4  
V(M)                      W(RAD)

-2.287010E-04     -6.902930E-04  
-1.752240E-04     7.675760E-04  
-2.735000E-05     -1.738390E-04  
-1.759340E-04     -2.190290E-04  
-1.237800E-04     7.122150E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	.000E+00	1.640E+00	6.486E-01	.000E+00	2.360E+00	-2.088E+00
BARRA 2	.000E+00	3.166E+00	1.795E+00	.000E+00	3.084E+00	-1.590E+00
BARRA 3	.000E+00	5.034E+00	4.189E+00	.000E+00	4.342E+00	-2.459E+00
BARRA 4	3.166E+00	-1.056E+00	-1.371E+00	-3.166E+00	1.056E+00	-1.796E+00
BARRA 5	3.087E+00	1.044E+00	1.541E+00	-3.087E+00	-1.044E+00	1.591E+00
BARRA 6	1.641E+00	-3.805E-01	-4.926E-01	-1.641E+00	3.805E-01	-6.490E-01
BARRA 7	1.056E+01	-4.203E-01	-5.318E-01	-1.056E+01	4.203E-01	-7.289E-01
BARRA 8	7.427E+00	3.982E-01	2.768E-01	-7.427E+00	-3.982E-01	9.178E-01

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 5  
(M)

NIVEL 2     -1.145080E-04

NIVEL 1 1.837490E-04

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 5

V(M)	W(RAD)
-2.289830E-04	-7.103210E-04
-1.774320E-04	7.636800E-04
-2.488200E-05	-2.669330E-04
-1.764980E-04	-2.588340E-04
-1.257100E-04	6.163160E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	.000E+00	1.492E+00	3.102E-01	.000E+00	2.508E+00	-2.343E+00
BARRA 2	.000E+00	3.149E+00	1.743E+00	.000E+00	3.101E+00	-1.623E+00
BARRA 3	.000E+00	4.935E+00	3.976E+00	.000E+00	4.441E+00	-2.742E+00
BARRA 4	3.149E+00	-1.027E+00	-1.337E+00	-3.149E+00	1.027E+00	-1.743E+00
BARRA 5	3.103E+00	1.038E+00	1.491E+00	-3.103E+00	-1.038E+00	1.623E+00
BARRA 6	1.493E+00	-1.269E-01	-7.030E-02	-1.493E+00	1.269E-01	-3.105E-01
BARRA 7	1.059E+01	-1.198E-01	-6.330E-02	-1.059E+01	1.198E-01	-2.962E-01
BARRA 8	7.543E+00	6.494E-01	6.967E-01	-7.543E+00	-6.494E-01	1.251E+00

TABLA. 6.9 CONTINUACION

TABLA 6.10 ARCHIVO DE RESULTADOS EJEMPLO 2

RESULTADOS DEL ANALISIS TRIDIMENSIONAL POR SUBESTRUCTURAS

DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA EJEMPLO 2

	Ux (M)	Uy (M)	Uz (RAD)
NIVEL 8	5.891900E-05	-8.875725E-02	-1.505514E-03
NIVEL 7	7.004400E-05	-8.435743E-02	-1.414396E-03
NIVEL 6	6.313300E-05	-7.606011E-02	-1.260677E-03
NIVEL 5	7.914600E-05	-6.368943E-02	-1.044480E-03
NIVEL 4	7.780400E-05	-4.699922E-02	-7.642720E-04
NIVEL 3	4.451500E-05	-3.412639E-02	-5.514650E-04
NIVEL 2	1.691800E-05	-2.025530E-02	-3.252190E-04
NIVEL 1	3.100000E-06	-7.082145E-03	-1.128860E-04

DESPLAZAMIENTOS DE LAS SUBESTRUCTURAS

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 1  
(M)

NIVEL 8	4.575461E-03
NIVEL 7	4.313232E-03
NIVEL 6	3.845164E-03
NIVEL 5	3.212586E-03
NIVEL 4	2.370620E-03
NIVEL 3	1.698910E-03
NIVEL 2	9.925750E-04
NIVEL 1	3.417580E-04

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 1  
V(M) W(RAD)

-5.901930E-04	-4.017980E-04
-1.467144E-03	-1.957180E-04
-8.277160E-04	5.168060E-04
-5.642310E-04	-3.273900E-04
-1.401448E-03	-1.778810E-04
-7.931740E-04	2.585090E-04
-5.042680E-04	-3.716840E-04
-1.256988E-03	-2.080670E-04
-7.132920E-04	2.392170E-04
-4.120460E-04	-4.222630E-04
-1.032544E-03	-2.360090E-04
-5.880880E-04	2.295980E-04
-2.890930E-04	-2.750920E-04
-7.260540E-04	-2.186640E-04
-4.173840E-04	-1.022770E-04
-2.334830E-04	-2.478280E-04
-5.874060E-04	-2.223240E-04
-3.387770E-04	-1.700110E-04
-1.665910E-04	-2.544970E-04
-4.203880E-04	-2.239360E-04
-2.428720E-04	-1.638480E-04
-8.881200E-05	-2.160210E-04
-2.247350E-04	-1.845930E-04
-1.297610E-04	-1.077010E-04

TABLA 6.10 CONTINUACION.

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	.000E+00	1.482E+00	7.265E-01	.000E+00	1.718E+00	-1.199E+00
BARRA 2	6.000E-06	2.031E+00	1.456E+00	-6.000E-06	1.969E+00	-1.300E+00
BARRA 3	1.480E+00	-4.629E-01	-6.625E-01	-1.480E+00	4.629E-01	-7.261E-01
BARRA 4	3.745E+00	-1.660E-01	-2.413E-01	-3.745E+00	1.660E-01	-2.566E-01
BARRA 5	1.969E+00	7.933E-01	1.080E+00	-1.969E+00	-7.933E-01	1.300E+00
BARRA 6	4.000E-06	1.936E+00	1.129E+00	-4.000E-06	2.064E+00	-1.386E+00
BARRA 7	3.000E-06	2.422E+00	1.711E+00	-3.000E-06	2.578E+00	-2.101E+00
BARRA 8	3.418E+00	-3.232E-01	-5.037E-01	-3.418E+00	3.232E-01	-4.658E-01
BARRA 9	8.234E+00	-6.171E-02	-1.055E-01	-8.234E+00	6.171E-02	-7.965E-02
BARRA10	4.553E+00	6.761E-01	1.006E+00	-4.553E+00	-6.761E-01	1.022E+00
BARRA11	6.000E-06	1.849E+00	9.482E-01	-6.000E-06	2.151E+00	-1.552E+00
BARRA12	2.000E-06	2.411E+00	1.679E+00	-2.000E-06	2.589E+00	-2.125E+00
BARRA13	5.257E+00	-3.108E-01	-4.878E-01	-5.257E+00	3.108E-01	-4.446E-01
BARRA14	1.279E+01	-1.867E-02	-3.995E-02	-1.279E+01	1.867E-02	-1.605E-02
BARRA15	7.137E+00	7.436E-01	1.111E+00	-7.137E+00	-7.436E-01	1.119E+00
BARRA16	.000E+00	1.742E+00	7.220E-01	.000E+00	2.258E+00	-1.755E+00
BARRA17	-3.000E-06	2.412E+00	1.674E+00	3.000E-06	2.588E+00	-2.115E+00
BARRA18	7.008E+00	-1.136E-01	-1.075E-01	-7.008E+00	1.136E-01	-2.333E-01
BARRA19	1.747E+01	8.904E-02	1.410E-01	-1.747E+01	-8.904E-02	1.261E-01
BARRA20	9.730E+00	5.750E-01	7.206E-01	-9.730E+00	-5.750E-01	1.004E+00
BARRA21	.000E+00	1.796E+00	8.958E-01	.000E+00	2.204E+00	-1.713E+00
BARRA22	3.000E-06	2.287E+00	1.504E+00	-3.000E-06	2.713E+00	-2.568E+00
BARRA23	8.805E+00	-4.646E-01	-6.069E-01	-8.805E+00	4.646E-01	-7.868E-01
BARRA24	2.195E+01	4.217E-02	5.119E-02	-2.195E+01	-4.217E-02	7.534E-02
BARRA25	1.245E+01	1.086E+00	1.405E+00	-1.245E+01	-1.086E+00	1.852E+00
BARRA26	-2.000E-06	1.782E+00	8.849E-01	2.000E-06	2.218E+00	-1.755E+00
BARRA27	1.000E-06	2.264E+00	1.473E+00	-1.000E-06	2.736E+00	-2.651E+00
BARRA28	1.059E+01	-1.944E-01	-3.136E-01	-1.059E+01	1.944E-01	-2.696E-01
BARRA29	2.644E+01	1.523E-01	2.232E-01	-2.644E+01	-1.523E-01	2.338E-01
BARRA30	1.518E+01	8.475E-01	1.292E+00	-1.518E+01	-8.475E-01	1.251E+00
BARRA31	1.000E-06	1.739E+00	7.957E-01	-1.000E-06	2.261E+00	-1.839E+00
BARRA32	.000E+00	2.280E+00	1.509E+00	.000E+00	2.720E+00	-2.608E+00
BARRA33	1.232E+01	-2.266E-01	-2.130E-01	-1.232E+01	2.266E-01	-4.668E-01
BARRA34	3.098E+01	1.568E-01	3.650E-01	-3.098E+01	-1.568E-01	1.054E-01
BARRA35	1.791E+01	1.004E+00	1.691E+00	-1.791E+01	-1.004E+00	1.321E+00
BARRA36	.000E+00	1.753E+00	8.233E-01	.000E+00	2.247E+00	-1.811E+00
BARRA37	.000E+00	2.342E+00	1.656E+00	.000E+00	2.658E+00	-2.447E+00
BARRA38	1.406E+01	7.309E-02	8.222E-01	-1.406E+01	-7.309E-02	-6.029E-01
BARRA39	3.558E+01	2.675E-01	1.010E+00	-3.558E+01	-2.675E-01	-2.077E-01
BARRA40	2.055E+01	7.430E-01	1.470E+00	-2.055E+01	-7.430E-01	7.593E-01

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 2  
(M)

NIVEL 8	-4.457623E-03
NIVEL 7	-4.173144E-03
NIVEL 6	-3.718898E-03
NIVEL 5	-3.054294E-03
NIVEL 4	-2.215012E-03
NIVEL 3	-1.609880E-03
NIVEL 2	-9.587390E-04
NIVEL 1	-3.355580E-04

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 2

V(M)	W(RAD)
-6.779770E-04	-3.080730E-04
-1.442634E-03	-1.388950E-04
-7.638700E-04	6.042140E-04
-6.507900E-04	-1.576900E-04
-1.377089E-03	-5.914100E-05
-7.303800E-04	4.322990E-04
-5.865850E-04	-1.209370E-04
-1.233466E-03	-3.380400E-05
-6.542020E-04	4.993770E-04
-4.849300E-04	-8.296200E-05
-1.011116E-03	-1.775300E-05
-5.358910E-04	5.899160E-04
-3.462800E-04	1.119720E-04
-7.088200E-04	1.261250E-04
-3.771260E-04	2.923970E-04
-2.817890E-04	1.617040E-04
-5.726430E-04	1.671570E-04
-3.050700E-04	2.438810E-04
-2.024190E-04	1.658150E-04
-4.093730E-04	1.707790E-04
-2.181480E-04	2.628840E-04
-1.082800E-04	1.247790E-04
-2.186200E-04	1.326270E-04
-1.165350E-04	2.385630E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	4.000E-06	1.552E+00	8.853E-01	-4.000E-06	1.648E+00	-1.077E+00
BARRA 2	-3.000E-06	2.093E+00	1.598E+00	3.000E-06	1.907E+00	-1.134E+00
BARRA 3	1.550E+00	-5.472E-01	-7.566E-01	-1.550E+00	5.472E-01	-8.852E-01
BARRA 4	3.736E+00	-3.237E-01	-4.515E-01	-3.736E+00	3.237E-01	-5.197E-01
BARRA 5	1.909E+00	7.071E-01	9.871E-01	-1.909E+00	-7.071E-01	1.134E+00
BARRA 6	-5.000E-06	2.109E+00	1.500E+00	5.000E-06	1.891E+00	-1.066E+00
BARRA 7	-1.000E-06	2.555E+00	2.021E+00	1.000E-06	2.445E+00	-1.747E+00
BARRA 8	3.660E+00	-4.855E-01	-7.125E-01	-3.660E+00	4.855E-01	-7.440E-01
BARRA 9	8.187E+00	-3.305E-01	-4.849E-01	-8.187E+00	3.305E-01	-5.065E-01
BARRA10	4.342E+00	5.251E-01	8.163E-01	-4.342E+00	-5.251E-01	7.589E-01
BARRA11	6.000E-06	2.125E+00	1.539E+00	-6.000E-06	1.875E+00	-1.038E+00
BARRA12	.000E+00	2.612E+00	2.147E+00	.000E+00	2.388E+00	-1.587E+00
BARRA13	5.794E+00	-5.402E-01	-7.941E-01	-5.794E+00	5.402E-01	-8.265E-01
BARRA14	1.267E+01	-4.130E-01	-6.126E-01	-1.267E+01	4.130E-01	-6.264E-01
BARRA15	6.744E+00	5.396E-01	8.481E-01	-6.744E+00	-5.396E-01	7.707E-01
BARRA16	2.000E-06	2.121E+00	1.541E+00	-2.000E-06	1.879E+00	-1.059E+00
BARRA17	-1.000E-06	2.683E+00	2.294E+00	1.000E-06	2.317E+00	-1.379E+00
BARRA18	7.903E+00	-4.430E-01	-5.811E-01	-7.903E+00	4.430E-01	-7.478E-01
BARRA19	1.723E+01	-3.767E-01	-5.035E-01	-1.723E+01	3.767E-01	-6.265E-01
BARRA20	9.050E+00	2.695E-01	2.771E-01	-9.050E+00	-2.695E-01	5.315E-01
BARRA21	-1.000E-06	2.311E+00	1.948E+00	1.000E-06	1.689E+00	-7.033E-01
BARRA22	-1.000E-06	2.637E+00	2.358E+00	1.000E-06	2.363E+00	-1.673E+00
BARRA23	1.021E+01	-8.025E-01	-1.040E+00	-1.021E+01	8.025E-01	-1.368E+00
BARRA24	2.156E+01	-6.812E-01	-8.865E-01	-2.156E+01	6.812E-01	-1.157E+00
BARRA25	1.141E+01	8.217E-01	1.073E+00	-1.141E+01	-8.217E-01	1.393E+00
BARRA26	-1.000E-06	2.352E+00	2.034E+00	1.000E-06	1.648E+00	-6.262E-01
BARRA27	-1.000E-06	2.646E+00	2.416E+00	1.000E-06	2.354E+00	-1.688E+00
BARRA28	1.257E+01	-6.592E-01	-9.752E-01	-1.257E+01	6.592E-01	-1.002E+00

TABLA 6.10 CONTINUACION.

BARRA29	2.585E+01	-5.947E-01	-8.801E-01	-2.585E+01	5.947E-01	-9.040E-01
BARRA30	1.376E+01	4.495E-01	7.369E-01	-1.376E+01	-4.495E-01	6.115E-01
BARRA31	.000E+00	2.327E+00	1.984E+00	.000E+00	1.673E+00	-6.773E-01
BARRA32	.000E+00	2.671E+00	2.473E+00	.000E+00	2.329E+00	-1.618E+00
BARRA33	1.491E+01	-7.722E-01	-1.294E+00	-1.491E+01	7.722E-01	-1.023E+00
BARRA34	3.020E+01	-6.930E-01	-1.165E+00	-3.020E+01	6.930E-01	-9.137E-01
BARRA35	1.609E+01	5.319E-01	7.176E-01	-1.609E+01	-5.319E-01	8.780E-01
BARRA36	.000E+00	2.232E+00	1.793E+00	.000E+00	1.768E+00	-8.650E-01
BARRA37	.000E+00	2.658E+00	2.436E+00	.000E+00	2.342E+00	-1.644E+00
BARRA38	1.714E+01	-6.118E-01	-1.329E+00	-1.714E+01	6.118E-01	-5.062E-01
BARRA39	3.461E+01	-5.633E-01	-1.282E+00	-3.461E+01	5.633E-01	-4.075E-01
BARRA40	1.845E+01	9.190E-02	-6.491E-01	-1.845E+01	-9.190E-02	9.248E-01

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 3  
(M)

NIVEL 8	-8.198243E-02
NIVEL 7	-7.799265E-02
NIVEL 6	-7.038707E-02
NIVEL 5	-5.898927E-02
NIVEL 4	-4.355999E-02
NIVEL 3	-3.164480E-02
NIVEL 2	-1.879181E-02
NIVEL 1	-6.574158E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 3  
V(M) W(RAD)

-1.778541E-03	-1.207220E-04
-3.861400E-04	1.293947E-03
-1.725717E-03	6.496060E-04
-3.493350E-04	1.686587E-03
-1.591056E-03	1.349388E-03
-2.768890E-04	2.405055E-03
-1.354847E-03	1.973823E-03
-1.808680E-04	3.194131E-03
-1.004005E-03	3.282543E-03
-8.142500E-05	3.598837E-03
-8.306130E-04	3.699373E-03
-4.690500E-05	3.846942E-03
-6.070100E-04	3.826126E-03
-2.116600E-05	3.998859E-03
-3.274700E-04	3.085250E-03
-8.744000E-06	3.308280E-03

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N	V	M	N	V	M
	(T)	(T)	(T-M)	(T)	(T)	(T-M)
BARRA 1	7.500E-05	3.010E+00	2.997E+00	-7.500E-05	2.090E+00	-2.363E-01
BARRA 2	3.011E+00	-1.779E+00	-2.340E+00	-3.011E+00	1.779E+00	-2.998E+00
BARRA 3	2.098E+00	2.678E-01	5.695E-01	-2.098E+00	-2.678E-01	2.338E-01
BARRA 4	1.030E-04	4.668E+00	6.421E+00	-1.030E-04	2.232E+00	8.889E-01
BARRA 5	7.676E+00	-2.564E+00	-3.548E+00	-7.676E+00	2.564E+00	-4.146E+00
BARRA 6	4.129E+00	-8.172E-01	-9.187E-01	-4.129E+00	8.172E-01	-1.533E+00
BARRA 7	-1.050E-04	5.602E+00	9.210E+00	1.050E-04	1.298E+00	3.703E+00
BARRA 8	1.346E+01	-3.570E+00	-5.088E+00	-1.346E+01	3.570E+00	-5.622E+00
BARRA 9	5.473E+00	-1.669E+00	-2.167E+00	-5.473E+00	1.669E+00	-2.841E+00
BARRA10	1.600E-05	6.550E+00	1.194E+01	-1.600E-05	3.504E-01	6.654E+00

TABLA 6.10 CONTINUACION.

BARRA11	2.000E+01	-4.200E+00	-5.740E+00	-2.000E+01	4.200E+00	-6.859E+00
BARRA12	5.668E+00	-2.917E+00	-4.202E+00	-5.668E+00	2.917E+00	-4.548E+00
BARRA13	-5.500E-05	7.716E+00	1.604E+01	5.500E-05	-8.158E-01	9.556E+00
BARRA14	2.745E+01	-5.947E+00	-7.546E+00	-2.745E+01	5.947E+00	-1.030E+01
BARRA15	5.466E+00	-3.078E+00	-3.799E+00	-5.466E+00	3.078E+00	-5.436E+00
BARRA16	1.100E-05	8.177E+00	1.753E+01	-1.100E-05	-1.277E+00	1.083E+01
BARRA17	3.540E+01	-6.452E+00	-9.260E+00	-3.540E+01	6.452E+00	-1.010E+01
BARRA18	4.075E+00	-4.471E+00	-6.205E+00	-4.075E+00	4.471E+00	-7.207E+00
BARRA19	-5.000E-06	8.401E+00	1.819E+01	5.000E-06	-1.501E+00	1.152E+01
BARRA20	4.426E+01	-7.630E+00	-1.389E+01	-4.426E+01	7.630E+00	-9.002E+00
BARRA21	1.967E+00	-5.183E+00	-1.005E+01	-1.967E+00	5.183E+00	-5.496E+00
BARRA22	-7.000E-06	7.530E+00	1.554E+01	7.000E-06	-6.299E-01	8.937E+00
BARRA23	5.185E+01	-8.025E+00	-2.221E+01	-5.185E+01	8.025E+00	-1.861E+00
BARRA24	1.384E+00	-6.646E+00	-2.088E+01	-1.384E+00	6.646E+00	9.443E-01

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 4

(M)

NIVEL 8	-8.800449E-02
NIVEL 7	-8.365023E-02
NIVEL 6	-7.542977E-02
NIVEL 5	-6.316719E-02
NIVEL 4	-4.661708E-02
NIVEL 3	-3.385066E-02
NIVEL 2	-2.009269E-02
NIVEL 1	-7.025702E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 4

V (M)                      W (RAD)

-3.076608E-03	-1.075782E-03
-1.577660E-03	2.353723E-03
-2.962469E-03	2.289720E-04
-1.481077E-03	2.304979E-03
-2.698894E-03	9.037610E-04
-1.285178E-03	3.142991E-03
-2.264759E-03	1.499348E-03
-1.002804E-03	4.051504E-03
-1.646224E-03	3.355162E-03
-6.554640E-04	4.020320E-03
-1.350955E-03	3.886663E-03
-5.096650E-04	4.195104E-03
-9.797870E-04	4.003536E-03
-3.511330E-04	4.368764E-03
-5.266050E-04	3.186010E-03
-1.846890E-04	3.648977E-03

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N	V	M	N	V	M
	(T)	(T)	(T-M)	(T)	(T)	(T-M)
BARRA 1	-1.190E-04	6.505E+00	5.253E+00	1.190E-04	5.495E+00	-2.222E+00
BARRA 2	6.506E+00	-3.131E+00	-4.138E+00	-6.506E+00	3.131E+00	-5.254E+00
BARRA 3	5.505E+00	1.466E+00	2.178E+00	-5.505E+00	-1.466E+00	2.220E+00
BARRA 4	-5.100E-05	8.524E+00	9.802E+00	5.100E-05	5.876E+00	-1.859E+00
BARRA 5	1.502E+01	-3.630E+00	-5.157E+00	-1.502E+01	3.630E+00	-5.734E+00
BARRA 6	1.117E+01	-2.700E-02	3.177E-01	-1.117E+01	2.700E-02	-3.988E-01
BARRA 7	-7.400E-05	9.520E+00	1.268E+01	7.400E-05	4.880E+00	1.238E+00
BARRA 8	2.475E+01	-4.819E+00	-6.974E+00	-2.475E+01	4.819E+00	-7.484E+00

BARRA 9	1.610E+01	-8.187E-01	-8.397E-01	-1.610E+01	8.187E-01	-1.616E+00
BARRA10	-5.700E-05	1.053E+01	1.550E+01	5.700E-05	3.871E+00	4.471E+00
BARRA11	3.526E+01	-5.159E+00	-6.945E+00	-3.526E+01	5.159E+00	-8.532E+00
BARRA12	1.980E+01	-2.473E+00	-3.723E+00	-1.980E+01	2.473E+00	-3.696E+00
BARRA13	2.400E-05	1.177E+01	2.048E+01	-2.400E-05	2.628E+00	6.954E+00
BARRA14	4.675E+01	-7.849E+00	-1.002E+01	-4.675E+01	7.849E+00	-1.353E+01
BARRA15	2.308E+01	-1.828E+00	-2.165E+00	-2.308E+01	1.828E+00	-3.318E+00
BARRA16	1.300E-05	1.226E+01	2.218E+01	-1.300E-05	2.138E+00	8.191E+00
BARRA17	5.877E+01	-7.928E+00	-1.151E+01	-5.877E+01	7.928E+00	-1.228E+01
BARRA18	2.510E+01	-3.761E+00	-5.069E+00	-2.510E+01	3.761E+00	-6.215E+00
BARRA19	-2.200E-05	1.250E+01	2.285E+01	2.200E-05	1.903E+00	8.932E+00
BARRA20	7.175E+01	-9.412E+00	-1.681E+01	-7.175E+01	9.412E+00	-1.142E+01
BARRA21	2.635E+01	-4.290E+00	-8.809E+00	-2.635E+01	4.290E+00	-4.060E+00
BARRA22	-7.000E-06	1.156E+01	1.998E+01	7.000E-06	2.839E+00	6.189E+00
BARRA23	8.338E+01	-9.264E+00	-2.440E+01	-8.338E+01	9.264E+00	-3.386E+00
BARRA24	2.924E+01	-6.400E+00	-2.164E+01	-2.924E+01	6.400E+00	2.436E+00

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 5  
(M)

NIVEL 8	-9.553206E-02
NIVEL 7	-9.072222E-02
NIVEL 6	-8.173315E-02
NIVEL 5	-6.838959E-02
NIVEL 4	-5.043845E-02
NIVEL 3	-3.660798E-02
NIVEL 2	-2.171879E-02
NIVEL 1	-7.590132E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 5  
V(M) W(RAD)

-2.181344E-03	-3.306770E-04
-5.489310E-04	1.739517E-03
-2.108329E-03	7.910460E-04
-4.954440E-04	1.990015E-03
-1.936160E-03	1.557136E-03
-3.979060E-04	2.854933E-03
-1.642121E-03	2.272641E-03
-2.701250E-04	3.756665E-03
-1.211284E-03	3.803807E-03
-1.352670E-04	4.189241E-03
-1.000282E-03	4.285717E-03
-8.698100E-05	4.465352E-03
-7.297960E-04	4.422933E-03
-4.760800E-05	4.633481E-03
-3.932590E-04	3.557723E-03
-2.235800E-05	3.829074E-03

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N	V	M	N	V	M
	(T)	(T)	(T-M)	(T)	(T)	(T-M)
BARRA 1	7.200E-05	4.161E+00	3.918E+00	-7.200E-05	3.039E+00	-5.509E-01
BARRA 2	4.162E+00	-2.293E+00	-2.960E+00	-4.162E+00	2.293E+00	-3.919E+00
BARRA 3	3.049E+00	4.367E-01	7.621E-01	-3.049E+00	-4.367E-01	5.479E-01
BARRA 4	-6.900E-05	5.656E+00	7.776E+00	6.900E-05	2.744E+00	9.583E-01
BARRA 5	9.814E+00	-3.043E+00	-4.237E+00	-9.814E+00	3.043E+00	-4.892E+00
BARRA 6	5.560E+00	-9.583E-01	-1.068E+00	-5.560E+00	9.583E-01	-1.807E+00

BARRA 7	-4.200E-05	6.730E+00	1.093E+01	4.200E-05	1.670E+00	4.247E+00
BARRA 8	1.676E+01	-4.230E+00	-6.039E+00	-1.676E+01	4.230E+00	-6.651E+00
BARRA 9	7.284E+00	-1.907E+00	-2.475E+00	-7.284E+00	1.907E+00	-3.246E+00
BARRA10	6.300E-05	7.816E+00	1.407E+01	-6.300E-05	5.843E-01	7.626E+00
BARRA11	2.456E+01	-4.919E+00	-6.724E+00	-2.456E+01	4.919E+00	-8.033E+00
BARRA12	7.687E+00	-3.358E+00	-4.852E+00	-7.687E+00	3.358E+00	-5.222E+00
BARRA13	-6.000E-05	9.154E+00	1.881E+01	6.000E-05	-7.540E-01	1.092E+01
BARRA14	3.341E+01	-6.994E+00	-8.901E+00	-3.341E+01	6.994E+00	-1.208E+01
BARRA15	7.645E+00	-3.499E+00	-4.338E+00	-7.645E+00	3.499E+00	-6.159E+00
BARRA16	3.500E-05	9.681E+00	2.052E+01	-3.500E-05	-1.281E+00	1.236E+01
BARRA17	4.283E+01	-7.530E+00	-1.084E+01	-4.283E+01	7.530E+00	-1.175E+01
BARRA18	6.234E+00	-5.117E+00	-7.121E+00	-6.234E+00	5.117E+00	-8.230E+00
BARRA19	4.000E-06	9.929E+00	2.125E+01	-4.000E-06	-1.529E+00	1.313E+01
BARRA20	5.329E+01	-8.897E+00	-1.620E+01	-5.329E+01	8.897E+00	-1.049E+01
BARRA21	3.998E+00	-5.916E+00	-1.153E+01	-3.998E+00	5.916E+00	-6.221E+00
BARRA22	-3.000E-06	8.913E+00	1.816E+01	3.000E-06	-5.131E-01	1.012E+01
BARRA23	6.227E+01	-9.292E+00	-2.567E+01	-6.227E+01	9.292E+00	-2.202E+00
BARRA24	3.540E+00	-7.614E+00	-2.405E+01	-3.540E+00	7.614E+00	1.210E+00

TABLA 6.10 CONTINUACION.

TABLA 6.11 ARCHIVO DE RESULTADOS MARCO 2Y

ANALISIS LINEAL DE ESTRUCTURAS MURO-MARCO

NOMBRE DE LOS ARCHIVOS DE LA ESTRUCTURA = subest

DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA

NUDO No.	DESPLAZAMIENTOS LINEALES		GIRO
	X (m)	Y (m)	Z (rad)
1	.000000	.000000	.000000
2	-.006928	-.000509	.003118
3	-.019659	-.000947	.003908
4	-.033439	-.001307	.004100
5	-.047069	-.001604	.003736
6	-.066865	-.002250	.002106
7	-.081941	-.002698	.001335
8	-.092013	-.002969	.000490
9	-.097184	-.003085	-.000988
10	.000000	.000000	.000000
11	-.006859	-.000173	.003567
12	-.019640	-.000328	.004305
13	-.033408	-.000469	.004328
14	-.047101	-.000599	.004415
15	-.066806	-.000921	.004660
16	-.081907	-.001189	.003604
17	-.091959	-.001381	.002580
18	-.097224	-.001476	.002472

ELEMENTOS MECANICOS DE LAS BARRAS REFERENCIA GLOBAL

FUERZAS EN TONELADAS Y MOMENTOS EN TONELADAS--METRO

BARRA No.	FXi	FYi	MZi	FXj	FYj	MZj
1	-2.19	11.45	19.67	2.19	2.95	5.86
2	-.62	12.38	22.49	.62	2.02	8.61
3	-.98	12.47	22.87	.98	1.93	8.77
4	1.02	12.26	21.93	-1.02	2.14	8.43
5	-1.88	11.29	17.79	1.88	3.11	6.76
6	-1.07	10.07	14.32	1.07	4.33	2.91
7	-1.71	8.84	10.76	1.71	5.56	-.89
8	1.28	6.61	5.56	-1.28	5.39	-1.88
9	9.20	80.63	-24.08	-9.20	-80.63	-3.52
10	8.96	69.26	-16.04	-8.96	-69.26	-10.83
11	7.22	57.08	-11.47	-7.22	-57.08	-10.20
12	7.66	47.01	-10.29	-7.66	-47.01	-12.69
13	6.12	36.82	-8.48	-6.12	-36.82	-9.88
14	5.50	25.53	-7.92	-5.50	-25.53	-8.58
15	4.07	15.46	-5.74	-4.07	-15.46	-6.46
16	3.28	6.61	-4.29	-3.28	-6.61	-5.56
17	6.16	27.41	-21.01	-6.16	-27.41	2.53
18	3.97	24.46	-8.39	-3.97	-24.46	-3.52
19	3.35	22.44	-5.09	-3.35	-22.44	-4.94
20	2.36	20.52	-3.83	-2.36	-20.52	-3.25
21	3.38	18.38	-5.17	-3.38	-18.38	-4.96
22	1.50	15.27	-1.80	-1.50	-15.27	-2.70
23	.43	10.94	-.21	-.43	-10.94	-1.08
24	-1.28	5.39	1.97	1.28	-5.39	1.88

TABLA 6.12 ARCHIVO DE RESULTADOS EJEMPLO 3

RESULTADOS DEL ANALISIS TRIDIMENSIONAL POR SUBESTRUCTURAS

DESPLAZAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA EJEMPLO 3

	Ux (M)	Uy (M)	Uz (RAD)
NIVEL 8	-6.309700E-05	-8.294038E-02	-2.750817E-03
NIVEL 7	4.231000E-06	-7.834724E-02	-2.739753E-03
NIVEL 6	7.120400E-05	-6.983957E-02	-2.725151E-03
NIVEL 5	1.355110E-04	-5.733511E-02	-2.679941E-03
NIVEL 4	1.798960E-04	-3.652936E-02	-2.366890E-03
NIVEL 3	1.029390E-04	-2.691521E-02	-1.651348E-03
NIVEL 2	4.312300E-05	-1.621767E-02	-9.390790E-04
NIVEL 1	9.678000E-06	-5.748213E-03	-3.148440E-04

DESPLAZAMIENTOS DE LAS SUBESTRUCTURAS

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 1  
(M)

NIVEL 8	8.189354E-03
NIVEL 7	8.223491E-03
NIVEL 6	8.246657E-03
NIVEL 5	8.175334E-03
NIVEL 4	7.280566E-03
NIVEL 3	5.056983E-03
NIVEL 2	2.860360E-03
NIVEL 1	9.542100E-04

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 1  
V(M)                      W(RAD)

-9.283690E-04	-5.491780E-04
-8.434720E-04	5.779390E-04
-8.933240E-04	-3.060800E-04
-8.083570E-04	3.320140E-04
-8.145230E-04	-3.463920E-04
-7.293050E-04	3.588380E-04
-6.920160E-04	-4.795430E-04
-6.058630E-04	3.700080E-04
-6.419000E-05	-7.008450E-04
-5.272030E-04	-5.701510E-04
-4.370160E-04	-5.180330E-04
-5.895000E-05	-7.354450E-04
-4.402320E-04	-6.919500E-04
-3.573360E-04	-6.708530E-04
-4.661800E-05	-6.887750E-04
-3.233620E-04	-6.301040E-04
-2.575220E-04	-6.031480E-04
-2.740800E-05	-5.353580E-04
-1.767180E-04	-4.834680E-04
-1.381030E-04	-4.331100E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

N            V            M            N            V            M

	(T)	(T)	(T-M)	(T)	(T)	(T-M)
BARRA 1	-5.000E-06	1.998E+00	1.204E+00	5.000E-06	2.002E+00	-1.216E+00
BARRA 2	1.998E+00	-7.331E-01	-9.957E-01	-1.998E+00	7.331E-01	-1.204E+00
BARRA 3	2.002E+00	7.408E-01	1.006E+00	-2.002E+00	-7.408E-01	1.216E+00
BARRA 4	5.000E-06	2.496E+00	1.815E+00	-5.000E-06	2.504E+00	-1.834E+00
BARRA 5	4.492E+00	-5.577E-01	-8.538E-01	-4.492E+00	5.577E-01	-8.193E-01
BARRA 6	4.506E+00	5.639E-01	8.574E-01	-4.506E+00	-5.639E-01	8.344E-01
BARRA 7	6.000E-06	2.490E+00	1.771E+00	-6.000E-06	2.510E+00	-1.823E+00
BARRA 8	6.983E+00	-6.499E-01	-1.032E+00	-6.983E+00	6.499E-01	-9.180E-01
BARRA 9	7.036E+00	6.483E-01	9.772E-01	-7.036E+00	-6.483E-01	9.676E-01
BARRA10	-1.000E-06	2.431E+00	1.566E+00	1.000E-06	2.569E+00	-1.911E+00
BARRA11	9.394E+00	-3.784E-01	-6.063E-01	-9.394E+00	3.784E-01	-5.288E-01
BARRA12	9.624E+00	3.745E-01	1.821E-01	-9.624E+00	-3.745E-01	9.413E-01
BARRA13	-1.000E-06	8.285E-01	-5.422E-01	1.000E-06	2.372E+00	-2.544E+00
BARRA14	-7.000E-06	1.961E+00	7.155E-01	7.000E-06	3.039E+00	-3.408E+00
BARRA15	8.297E-01	2.851E-01	3.136E-01	-8.297E-01	-2.851E-01	5.418E-01
BARRA16	1.377E+01	1.362E+00	1.642E+00	-1.377E+01	-1.362E+00	2.445E+00
BARRA17	1.262E+01	1.815E+00	2.219E+00	-1.262E+01	-1.815E+00	3.227E+00
BARRA18	-4.000E-06	1.082E+00	-5.248E-01	4.000E-06	2.918E+00	-3.147E+00
BARRA19	6.000E-06	1.831E+00	4.026E-01	-6.000E-06	3.169E+00	-3.746E+00
BARRA20	1.953E+00	2.486E-01	5.269E-01	-1.953E+00	-2.486E-01	2.190E-01
BARRA21	1.850E+01	8.805E-01	1.525E+00	-1.850E+01	-8.805E-01	1.117E+00
BARRA22	1.580E+01	1.178E+00	1.990E+00	-1.580E+01	-1.178E+00	1.543E+00
BARRA23	-2.000E-06	1.124E+00	-4.490E-01	2.000E-06	2.876E+00	-3.056E+00
BARRA24	1.000E-06	1.897E+00	5.636E-01	-1.000E-06	3.103E+00	-3.581E+00
BARRA25	3.042E+00	2.884E-01	9.387E-01	-3.042E+00	-2.884E-01	-7.341E-02
BARRA26	2.322E+01	9.722E-01	1.942E+00	-2.322E+01	-9.722E-01	9.747E-01
BARRA27	1.891E+01	1.450E+00	2.737E+00	-1.891E+01	-1.450E+00	1.615E+00
BARRA28	1.000E-06	1.299E+00	-9.480E-02	-1.000E-06	2.701E+00	-2.708E+00
BARRA29	.000E+00	2.054E+00	9.464E-01	.000E+00	2.946E+00	-3.179E+00
BARRA30	4.340E+00	6.233E-01	2.701E+00	-4.340E+00	-6.233E-01	-8.309E-01
BARRA31	2.798E+01	9.443E-01	3.011E+00	-2.798E+01	-9.443E-01	-1.784E-01
BARRA32	2.187E+01	1.256E+00	3.312E+00	-2.187E+01	-1.256E+00	4.549E-01

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 2  
(M)

NIVEL 8	-8.315548E-03
NIVEL 7	-8.215028E-03
NIVEL 6	-8.104249E-03
NIVEL 5	-7.904312E-03
NIVEL 4	-6.920774E-03
NIVEL 3	-4.851105E-03
NIVEL 2	-2.774114E-03
NIVEL 1	-9.348540E-04

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 2  
V (M)                      W (RAD)

-9.011130E-04	-5.337260E-04
-7.614910E-04	5.948530E-04
-8.659810E-04	-2.848630E-04
-7.264590E-04	3.487840E-04
-7.869560E-04	-3.181180E-04
-6.476280E-04	3.946420E-04
-6.638590E-04	-3.102580E-04
-5.254590E-04	5.024260E-04
-1.717110E-04	5.014660E-04
-4.954070E-04	4.481880E-04

-3.608920E-04	6.758640E-04
-1.564050E-04	6.275080E-04
-4.111260E-04	6.103820E-04
-2.888050E-04	7.162490E-04
-1.223030E-04	5.837900E-04
-3.008560E-04	5.597220E-04
-2.049050E-04	6.834910E-04
-6.959600E-05	4.361520E-04
-1.639380E-04	4.226980E-04
-1.088660E-04	5.544330E-04

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N	V	M	N	V	M
	(T)	(T)	(T-M)	(T)	(T)	(T-M)
BARRA 1	5.000E-06	2.003E+00	1.216E+00	-5.000E-06	1.997E+00	-1.203E+00
BARRA 2	2.003E+00	-7.394E-01	-1.003E+00	-2.003E+00	7.394E-01	-1.216E+00
BARRA 3	1.997E+00	7.319E-01	9.927E-01	-1.997E+00	-7.319E-01	1.203E+00
BARRA 4	.000E+00	2.504E+00	1.836E+00	.000E+00	2.496E+00	-1.816E+00
BARRA 5	4.504E+00	-5.651E-01	-8.619E-01	-4.504E+00	5.651E-01	-8.335E-01
BARRA 6	4.493E+00	5.591E-01	8.582E-01	-4.493E+00	-5.591E-01	8.190E-01
BARRA 7	-4.000E-06	2.510E+00	1.819E+00	4.000E-06	2.490E+00	-1.769E+00
BARRA 8	7.017E+00	-6.360E-01	-9.506E-01	-7.017E+00	6.360E-01	-9.573E-01
BARRA 9	6.964E+00	6.377E-01	1.003E+00	-6.964E+00	-6.377E-01	9.105E-01
BARRA10	-3.000E-06	2.566E+00	1.917E+00	3.000E-06	2.434E+00	-1.590E+00
BARRA11	9.602E+00	-4.323E-01	-3.242E-01	-9.602E+00	4.323E-01	-9.727E-01
BARRA12	9.380E+00	4.363E-01	7.287E-01	-9.380E+00	-4.363E-01	5.804E-01
BARRA13	2.000E-06	2.425E+00	2.744E+00	-2.000E-06	7.751E-01	5.559E-01
BARRA14	4.000E-06	3.013E+00	3.272E+00	-4.000E-06	1.987E+00	-7.090E-01
BARRA15	2.424E+00	-1.551E+00	-1.911E+00	-2.424E+00	1.551E+00	-2.743E+00
BARRA16	1.334E+01	-1.987E+00	-2.445E+00	-1.334E+01	1.987E+00	-3.515E+00
BARRA17	1.141E+01	7.630E-02	2.476E-01	-1.141E+01	-7.630E-02	-1.880E-02
BARRA18	-2.000E-06	3.013E+00	3.368E+00	2.000E-06	9.867E-01	6.849E-01
BARRA19	-4.000E-06	3.112E+00	3.570E+00	4.000E-06	1.888E+00	-5.099E-01
BARRA20	5.400E+00	-1.072E+00	-1.753E+00	-5.400E+00	1.072E+00	-1.464E+00
BARRA21	1.746E+01	-1.327E+00	-2.158E+00	-1.746E+01	1.327E+00	-1.823E+00
BARRA22	1.328E+01	9.328E-02	3.183E-02	-1.328E+01	-9.328E-02	2.479E-01
BARRA23	-3.000E-06	2.915E+00	3.175E+00	3.000E-06	1.085E+00	4.847E-01
BARRA24	-3.000E-06	3.077E+00	3.476E+00	3.000E-06	1.923E+00	-5.899E-01
BARRA25	8.345E+00	-1.276E+00	-2.400E+00	-8.345E+00	1.276E+00	-1.426E+00
BARRA26	2.168E+01	-1.508E+00	-2.713E+00	-2.168E+01	1.508E+00	-1.809E+00
BARRA27	1.521E+01	7.269E-02	-3.167E-01	-1.521E+01	-7.269E-02	5.347E-01
BARRA28	-1.000E-06	2.672E+00	2.685E+00	1.000E-06	1.328E+00	5.059E-03
BARRA29	-1.000E-06	2.958E+00	3.173E+00	1.000E-06	2.042E+00	-8.858E-01
BARRA30	1.102E+01	-1.157E+00	-3.174E+00	-1.102E+01	1.157E+00	-2.969E-01
BARRA31	2.596E+01	-1.240E+00	-3.255E+00	-2.596E+01	1.240E+00	-4.662E-01
BARRA32	1.724E+01	-4.255E-01	-2.467E+00	-1.724E+01	4.255E-01	1.191E+00

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 3

(M)

NIVEL 8	.000000E+00
NIVEL 7	.000000E+00
NIVEL 6	.000000E+00
NIVEL 5	.000000E+00
NIVEL 4	-2.587835E-02
NIVEL 3	-1.948414E-02
NIVEL 2	-1.199181E-02
NIVEL 1	-4.331415E-03

## DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 3

	V(M)	W(RAD)
	-3.528030E-04	1.486321E-03
	-3.653800E-05	1.787937E-03
	-3.237960E-04	2.062582E-03
	-3.333300E-05	2.214290E-03
	-2.558820E-04	2.278834E-03
	-2.536800E-05	2.453801E-03
	-1.473080E-04	1.958437E-03
	-1.502600E-05	2.180093E-03

## ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	2.000E-06	4.606E+00	8.520E+00	-2.000E-06	4.937E-01	3.818E+00
BARRA 2	4.593E+00	-4.415E+00	-4.722E+00	-4.593E+00	4.415E+00	-8.524E+00
BARRA 3	5.075E-01	-1.612E+00	-1.011E+00	-5.075E-01	1.612E+00	-3.824E+00
BARRA 4	2.300E-05	6.162E+00	1.149E+01	-2.300E-05	7.375E-01	4.787E+00
BARRA 5	1.075E+01	-4.042E+00	-5.349E+00	-1.075E+01	4.042E+00	-6.776E+00
BARRA 6	1.261E+00	-2.021E+00	-2.242E+00	-1.261E+00	2.021E+00	-3.822E+00
BARRA 7	-6.000E-06	6.471E+00	1.240E+01	6.000E-06	4.288E-01	5.729E+00
BARRA 8	1.719E+01	-5.379E+00	-9.125E+00	-1.719E+01	5.379E+00	-7.011E+00
BARRA 9	1.638E+00	-2.926E+00	-5.291E+00	-1.638E+00	2.926E+00	-3.486E+00
BARRA10	7.000E-06	6.107E+00	1.127E+01	-7.000E-06	7.931E-01	4.667E+00
BARRA11	2.332E+01	-5.747E+00	-1.508E+01	-2.332E+01	5.747E+00	-2.160E+00
BARRA12	2.379E+00	-4.376E+00	-1.376E+01	-2.379E+00	4.376E+00	6.274E-01

## DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 4

(M)

NIVEL 8	-7.606333E-02
NIVEL 7	-7.149786E-02
NIVEL 6	-6.302669E-02
NIVEL 5	-5.063526E-02
NIVEL 4	-3.534591E-02
NIVEL 3	-2.608954E-02
NIVEL 2	-1.574813E-02
NIVEL 1	-5.590791E-03

## DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 4

	V(M)	W(RAD)
	-3.201678E-03	-1.065215E-03
	-1.832888E-03	2.364906E-03
	-3.086800E-03	2.679840E-04
	-1.737039E-03	2.341737E-03
	-2.821130E-03	9.286930E-04
	-1.542716E-03	3.182699E-03
	-2.364193E-03	1.485952E-03
	-1.263144E-03	3.977301E-03
	-1.763330E-03	2.284915E-03
	-9.176400E-04	3.296137E-03
	-1.455238E-03	2.738571E-03
	-7.471290E-04	3.159902E-03
	-1.060705E-03	2.949137E-03
	-5.359710E-04	3.473239E-03

-5.735540E-04      2.366288E-03  
 -2.895050E-04      3.019439E-03

ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N (T)	V (T)	M (T-M)	N (T)	V (T)	M (T-M)
BARRA 1	-8.700E-05	6.547E+00	5.379E+00	8.700E-05	5.453E+00	-2.095E+00
BARRA 2	6.548E+00	-3.207E+00	-4.241E+00	-6.548E+00	3.207E+00	-5.380E+00
BARRA 3	5.463E+00	1.389E+00	2.073E+00	-5.463E+00	-1.389E+00	2.093E+00
BARRA 4	-6.500E-05	8.602E+00	1.004E+01	6.500E-05	5.798E+00	-1.627E+00
BARRA 5	1.514E+01	-3.716E+00	-5.292E+00	-1.514E+01	3.716E+00	-5.857E+00
BARRA 6	1.108E+01	-1.027E-01	2.055E-01	-1.108E+01	1.027E-01	-5.136E-01
BARRA 7	2.000E-05	9.591E+00	1.289E+01	-2.000E-05	4.809E+00	1.461E+00
BARRA 8	2.491E+01	-4.881E+00	-7.084E+00	-2.491E+01	4.881E+00	-7.560E+00
BARRA 9	1.594E+01	-9.193E-01	-1.039E+00	-1.594E+01	9.193E-01	-1.719E+00
BARRA10	-1.700E-05	1.050E+01	1.546E+01	1.700E-05	3.897E+00	4.352E+00
BARRA11	3.539E+01	-5.362E+00	-7.702E+00	-3.539E+01	5.362E+00	-8.385E+00
BARRA12	1.969E+01	-2.438E+00	-3.948E+00	-1.969E+01	2.438E+00	-3.365E+00
BARRA13	-2.600E-05	1.364E+01	1.985E+01	2.600E-05	6.761E+00	7.831E-01
BARRA14	4.878E+01	-7.097E+00	-9.149E+00	-4.878E+01	7.097E+00	-1.214E+01
BARRA15	2.700E+01	1.764E+00	2.196E+00	-2.700E+01	-1.764E+00	3.094E+00
BARRA16	2.500E-05	1.387E+01	2.095E+01	-2.500E-05	6.526E+00	1.101E+00
BARRA17	6.247E+01	-7.462E+00	-1.050E+01	-6.247E+01	7.462E+00	-1.189E+01
BARRA18	3.343E+01	-1.615E+00	-1.389E+00	-3.343E+01	1.615E+00	-3.456E+00
BARRA19	1.300E-05	1.425E+01	2.202E+01	-1.300E-05	6.146E+00	2.308E+00
BARRA20	7.713E+01	-9.006E+00	-1.543E+01	-7.713E+01	9.006E+00	-1.159E+01
BARRA21	3.902E+01	-1.725E+00	-4.084E+00	-3.902E+01	1.725E+00	-1.090E+00
BARRA22	-3.000E-06	1.363E+01	2.007E+01	3.000E-06	6.767E+00	5.311E-01
BARRA23	9.081E+01	-8.417E+00	-2.043E+01	-9.081E+01	8.417E+00	-4.820E+00
BARRA24	4.584E+01	-4.377E+00	-1.653E+01	-4.584E+01	4.377E+00	3.394E+00

DESPLAZAMIENTOS EXTERNOS SUBESTRUCTURA 5  
(M)

NIVEL 8	-8.981742E-02
NIVEL 7	-8.519663E-02
NIVEL 6	-7.665244E-02
NIVEL 5	-6.403496E-02
NIVEL 4	-4.718036E-02
NIVEL 3	-3.434628E-02
NIVEL 2	-2.044353E-02
NIVEL 1	-7.165011E-03

DESPLAZAMIENTOS INTERNOS, SUBESTRUCTURA 5  
V(M)      W(RAD)

-2.135084E-03	-3.603700E-04
-5.957080E-04	1.709887E-03
-2.062393E-03	7.270850E-04
-5.419040E-04	1.925961E-03
-1.891653E-03	1.440485E-03
-4.426970E-04	2.739711E-03
-1.601575E-03	2.100996E-03
-3.109920E-04	3.585635E-03
-1.178276E-03	3.520077E-03
-1.684250E-04	3.905848E-03
-9.721070E-04	3.979575E-03
-1.154120E-04	4.159239E-03

TABLA 6.12 CONTINUACION

-7.087780E-04	4.137898E-03
-6.882600E-05	4.348777E-03
-3.818800E-04	3.344854E-03
-3.381400E-05	3.616011E-03

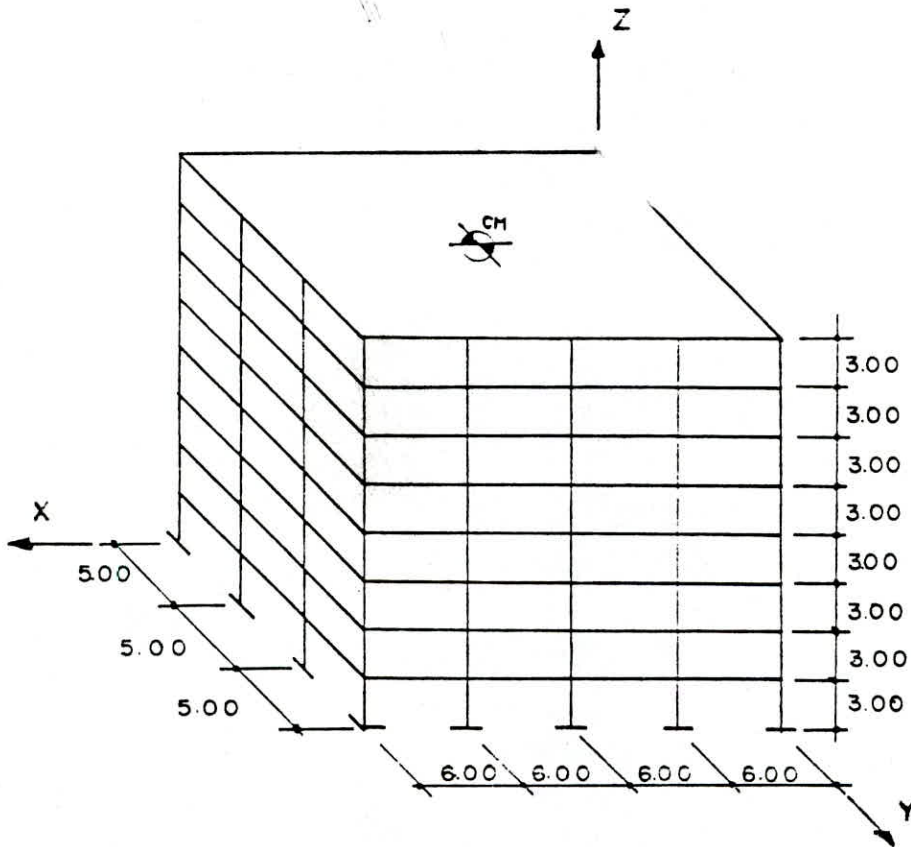
ELEMENTOS MECANICOS EN LAS BARRAS

	N	V	M	N	V	M
	(T)	(T)	(T-M)	(T)	(T)	(T-M)
BARRA 1	7.500E-05	4.143E+00	3.862E+00	-7.500E-05	3.057E+00	-6.060E-01
BARRA 2	4.143E+00	-2.266E+00	-2.934E+00	-4.143E+00	2.266E+00	-3.864E+00
BARRA 3	3.067E+00	4.637E-01	7.879E-01	-3.067E+00	-4.637E-01	6.031E-01
BARRA 4	-2.000E-05	5.593E+00	7.587E+00	2.000E-05	2.807E+00	7.690E-01
BARRA 5	9.732E+00	-2.946E+00	-4.114E+00	-9.732E+00	2.946E+00	-4.724E+00
BARRA 6	5.655E+00	-8.604E-01	-9.427E-01	-5.655E+00	8.604E-01	-1.638E+00
BARRA 7	3.500E-05	6.599E+00	1.054E+01	-3.500E-05	1.801E+00	3.855E+00
BARRA 8	1.653E+01	-4.066E+00	-5.817E+00	-1.653E+01	4.066E+00	-6.382E+00
BARRA 9	7.507E+00	-1.742E+00	-2.251E+00	-7.507E+00	1.742E+00	-2.975E+00
BARRA10	5.300E-05	7.611E+00	1.345E+01	-5.300E-05	7.890E-01	7.012E+00
BARRA11	2.413E+01	-4.689E+00	-6.426E+00	-2.413E+01	4.689E+00	-7.640E+00
BARRA12	8.126E+00	-3.127E+00	-4.353E+00	-8.126E+00	3.127E+00	-4.827E+00
BARRA13	3.000E-05	8.800E+00	1.775E+01	-3.000E-05	-4.003E-01	9.855E+00
BARRA14	3.264E+01	-6.534E+00	-8.285E+00	-3.264E+01	6.534E+00	-1.132E+01
BARRA15	8.394E+00	-3.037E+00	-3.719E+00	-8.394E+00	3.037E+00	-5.391E+00
BARRA16	-4.800E-05	9.296E+00	1.937E+01	4.800E-05	-8.961E-01	1.121E+01
BARRA17	4.169E+01	-7.119E+00	-1.016E+01	-4.169E+01	7.119E+00	-1.120E+01
BARRA18	7.376E+00	-4.703E+00	-6.430E+00	-7.376E+00	4.703E+00	-7.681E+00
BARRA19	7.000E-06	9.569E+00	2.017E+01	-7.000E-06	-1.169E+00	1.205E+01
BARRA20	5.176E+01	-8.471E+00	-1.532E+01	-5.176E+01	8.471E+00	-1.009E+01
BARRA21	5.544E+00	-5.489E+00	-1.065E+01	-5.544E+00	5.489E+00	-5.817E+00
BARRA22	-5.000E-06	8.642E+00	1.735E+01	5.000E-06	-2.417E-01	9.304E+00
BARRA23	6.046E+01	-8.856E+00	-2.432E+01	-6.046E+01	8.856E+00	-2.250E+00
BARRA24	5.354E+00	-7.179E+00	-2.270E+01	-5.354E+00	7.179E+00	1.160E+00

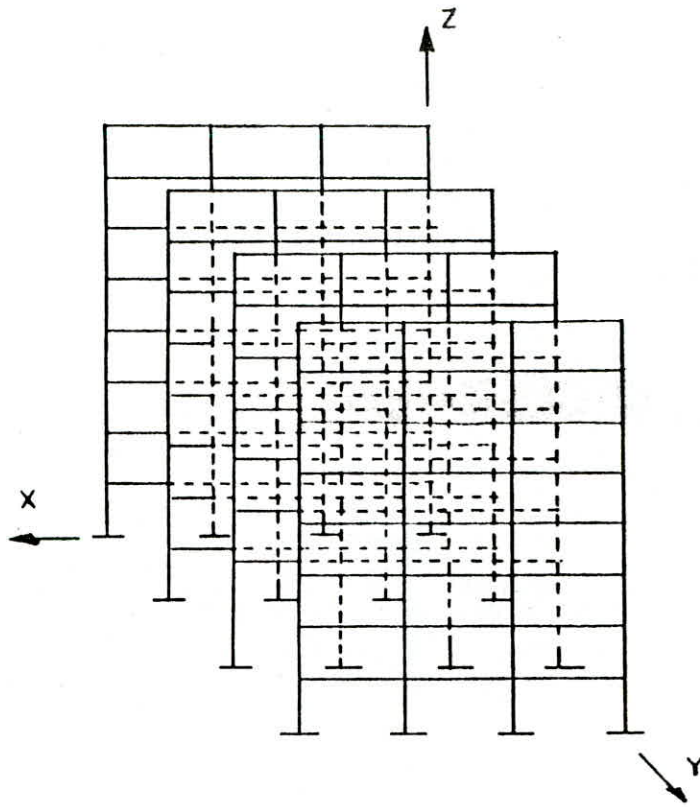
TABLA 6.12 CONTINUACION.

NIVEL	ANALISIS LINEAL DE ESTRUCTURAS MURD-MARCO.	ANALISIS TRIDIMENSIONAL	
		DE EDIFICIOS POR SUBESTRUCTURAS.	DIFERENCIA %
8	-0.097184	-0.088004	90
7	-0.092013	-0.083650	90
6	-0.081941	-0.075429	92
5	-0.066865	-0.006316	94
4	-0.047069	-0.046617	99
3	-0.033439	-0.033850	101
2	-0.019659	-0.020092	102
1	-0.006928	-0.007025	101.4

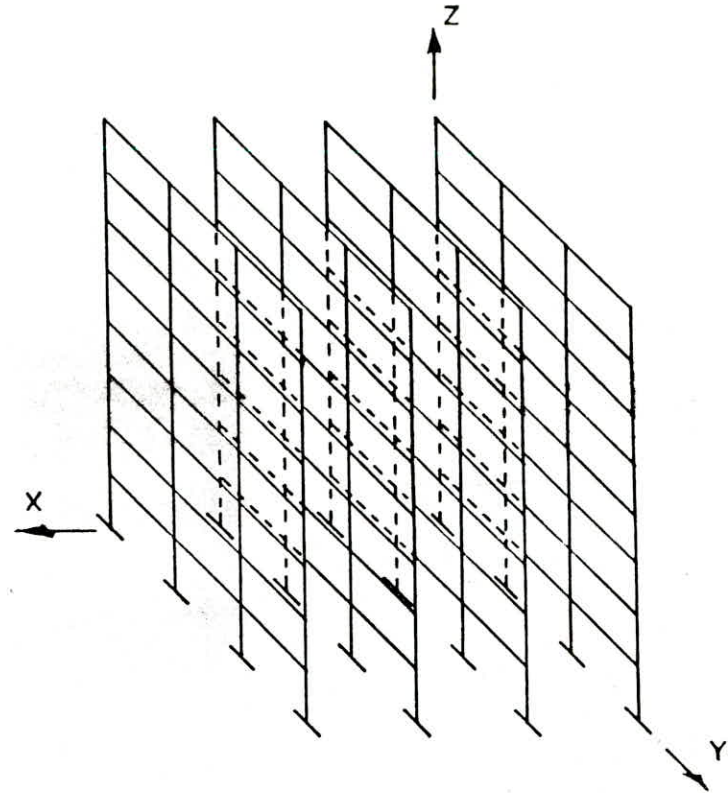
Tabla 7.1 DESPLAZAMIENTOS SUBESTRUCTURA 2Y EJEMPLO 2.



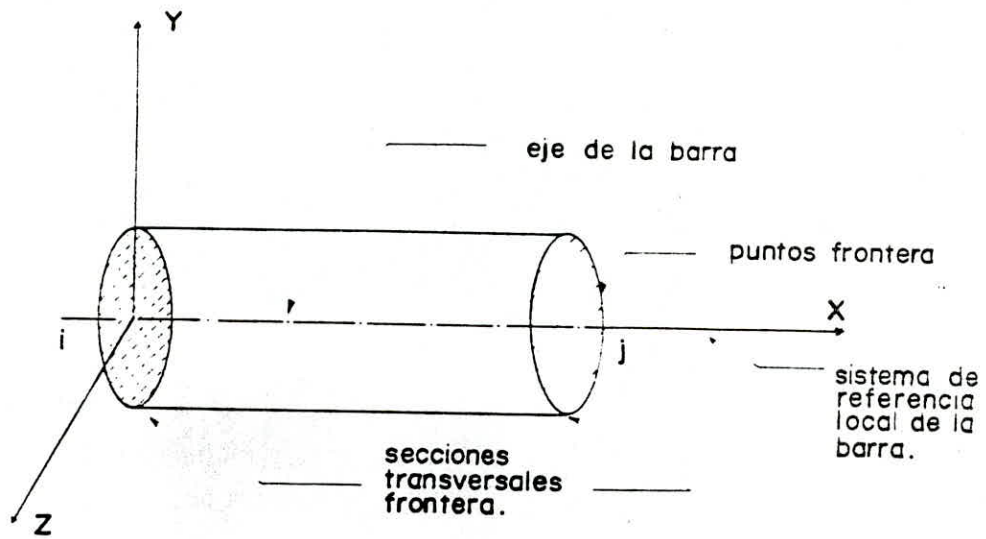
**Fig. I.1** Representacion esquematica de un edificio.



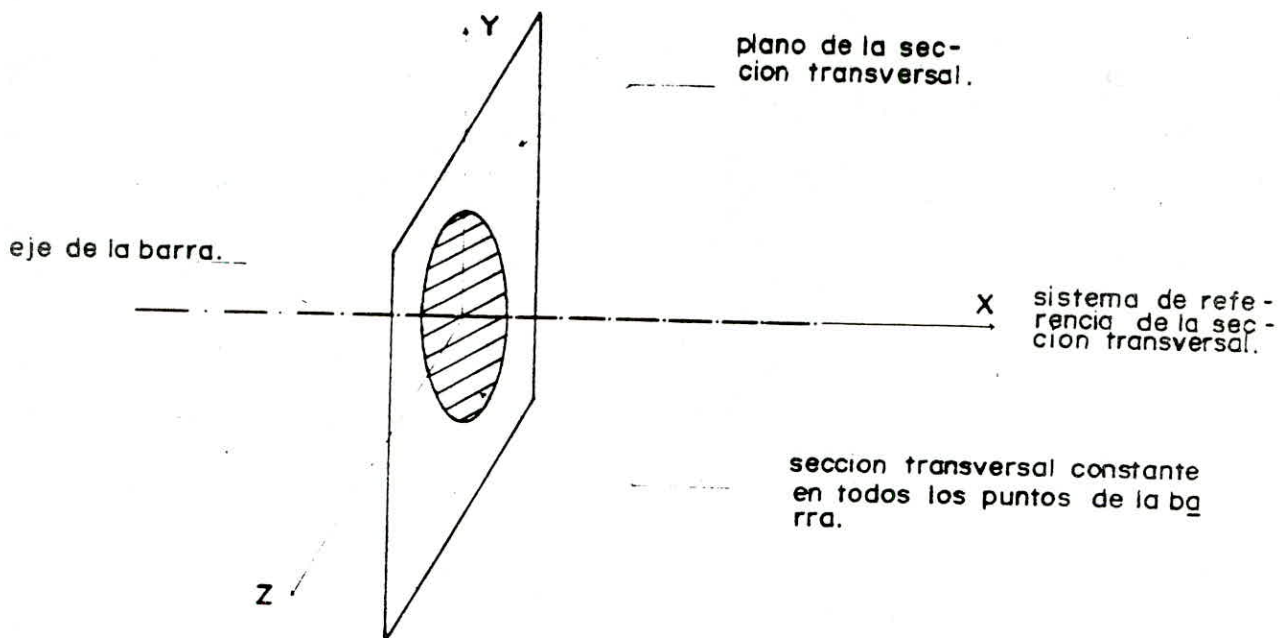
**Fig. I.2** Idealización del edificio en marcos planos contenidos en planos paralelos al  $XZ$



**Fig. I.3** Idealización del edificio en marcos planos contenidos en planos paralelos al  $YZ$



a) Eje de la barra recto.



b) Seccion transversal constante.

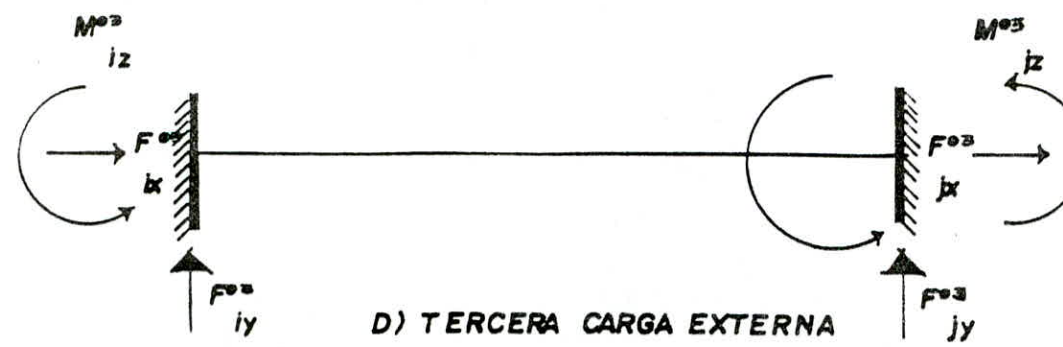
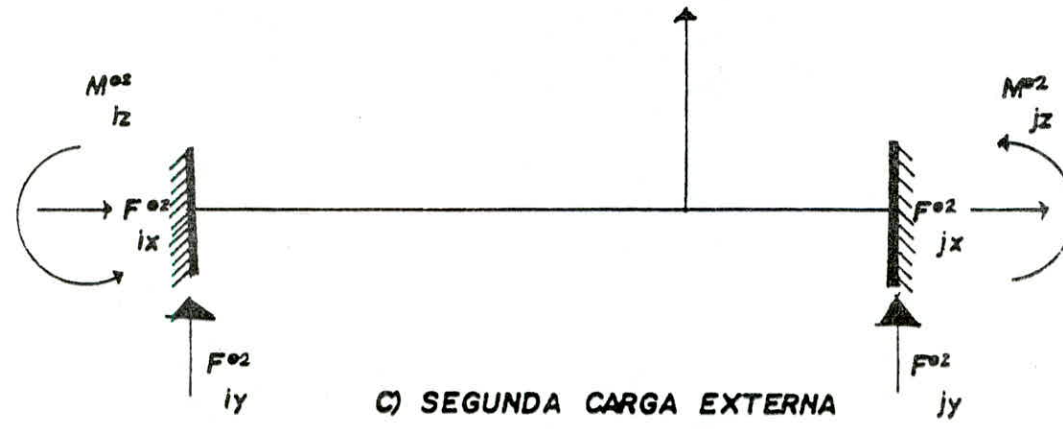
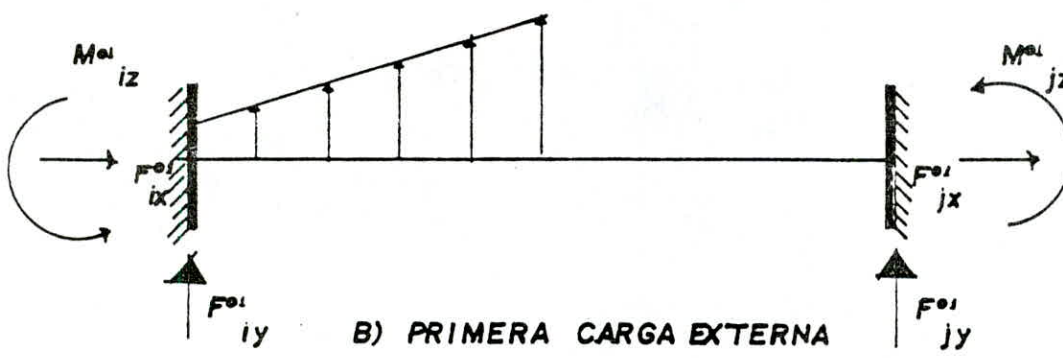
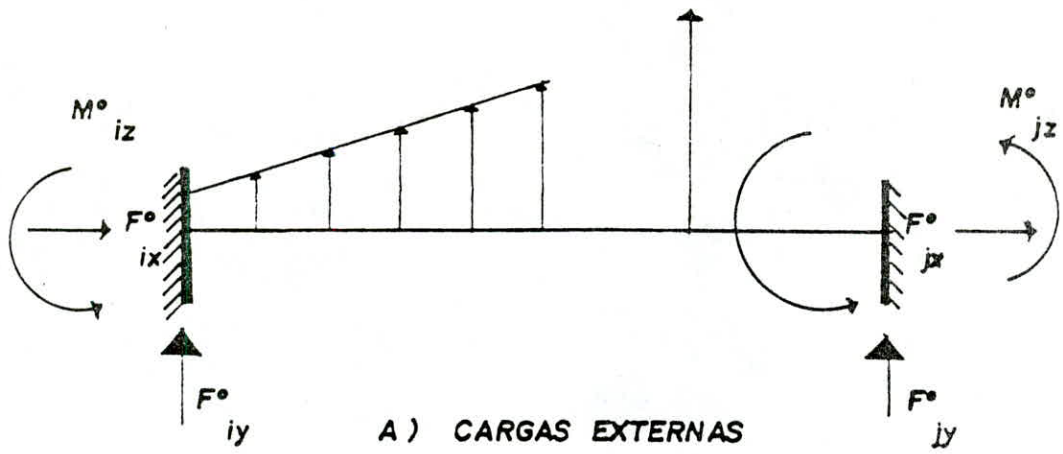
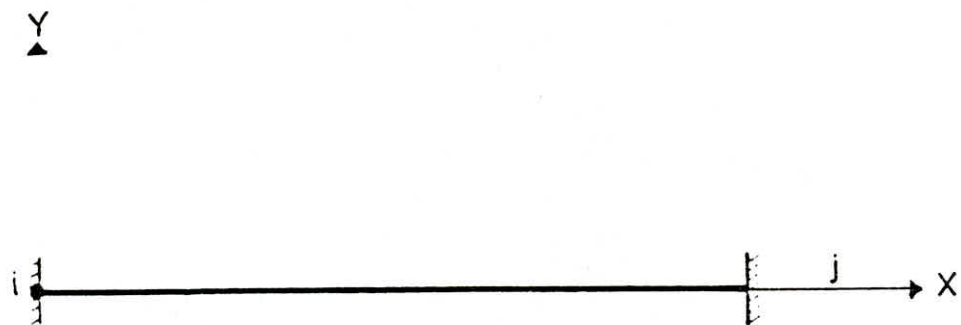
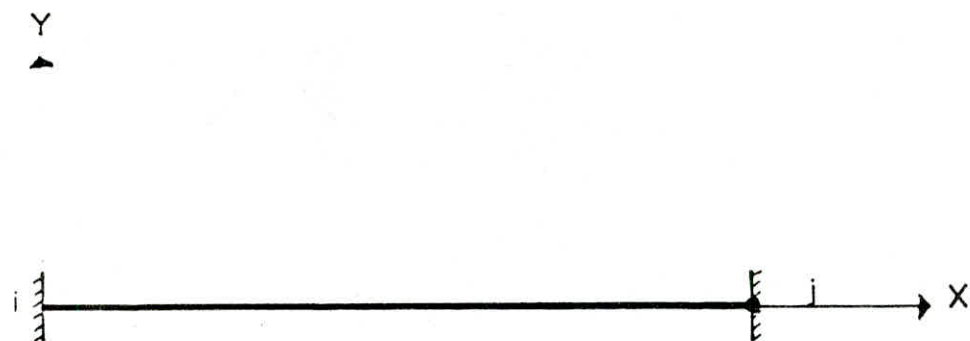


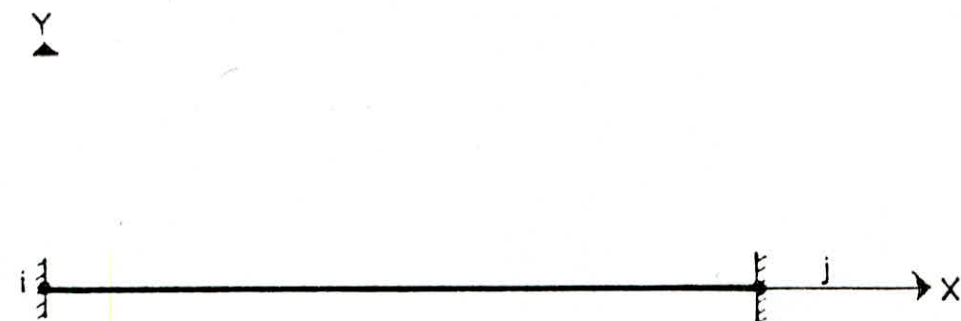
FIG:2.2 DESCOMPOSICION DE SISTEMAS DE CARGAS COMPLEJO EN VARIOS SISTEMAS BASE.



a) PUNTO NODAL i ARTICULADO



b) PUNTO NODAL j ARTICULADO



c) AMBOS PUNTOS NODALES ARTICULADOS

FIG:2.3 BARRAS CON ARTICULACIONES EN LOS PUNTOS NODALES.

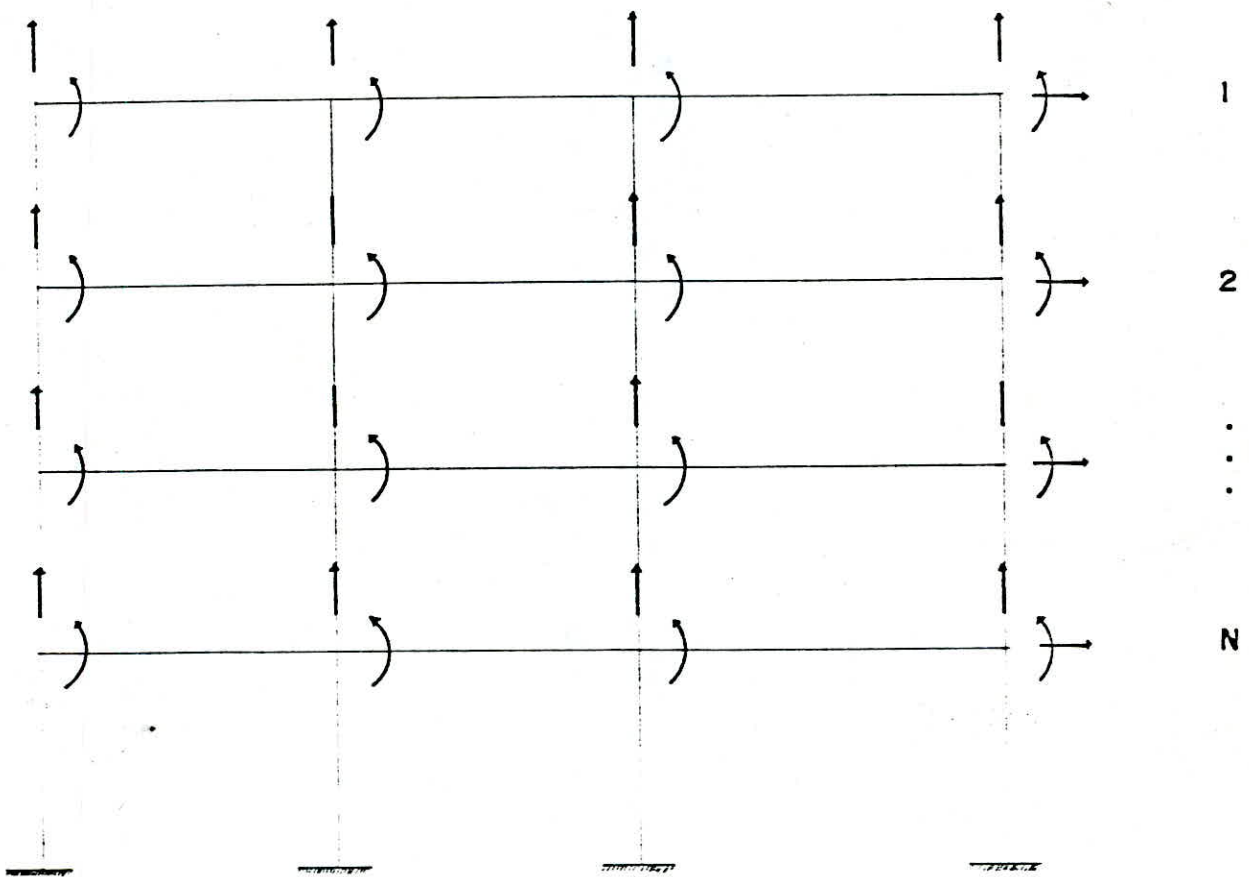


FIG. 2.4 Grados de libertad permitidos para cada subestructura.

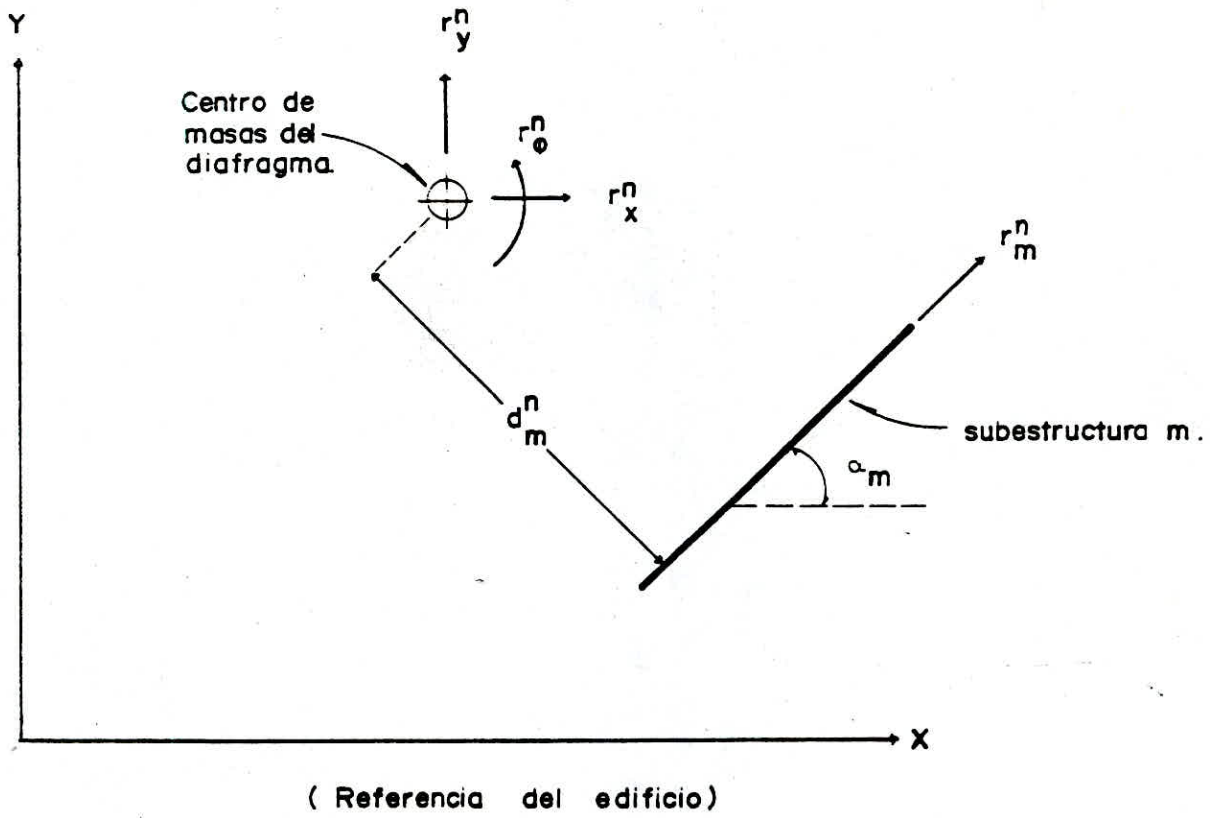
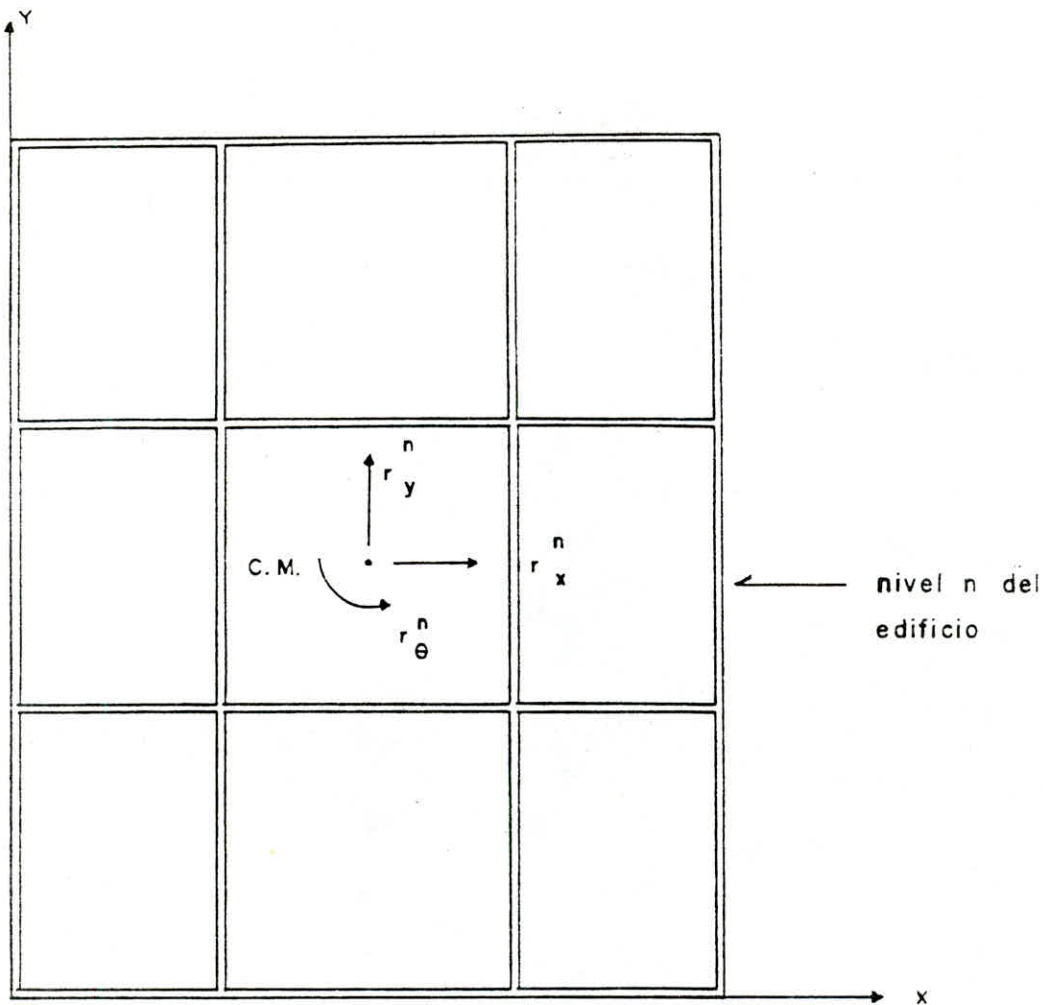


FIG. 2.5 Equilibrio de la subestructura.  $m$  en el diafragma  $n$ .



$n =$  No. del nivel del edificio.

$r_x^n =$  desplazamiento del nivel  $n$  con respecto al eje  $x$  del sistema de referencia del edificio.

$r_y^n =$  desplazamiento del nivel  $n$  con respecto al eje  $y$  del sistema de referencia del edificio.

$r_\theta^n =$  desplazamiento angular del nivel  $n$  con respecto al eje  $z$  del sistema de referencia del edificio.

Fig. 2.6 Desplazamientos por nivel con el sistema de referencia del edificio.

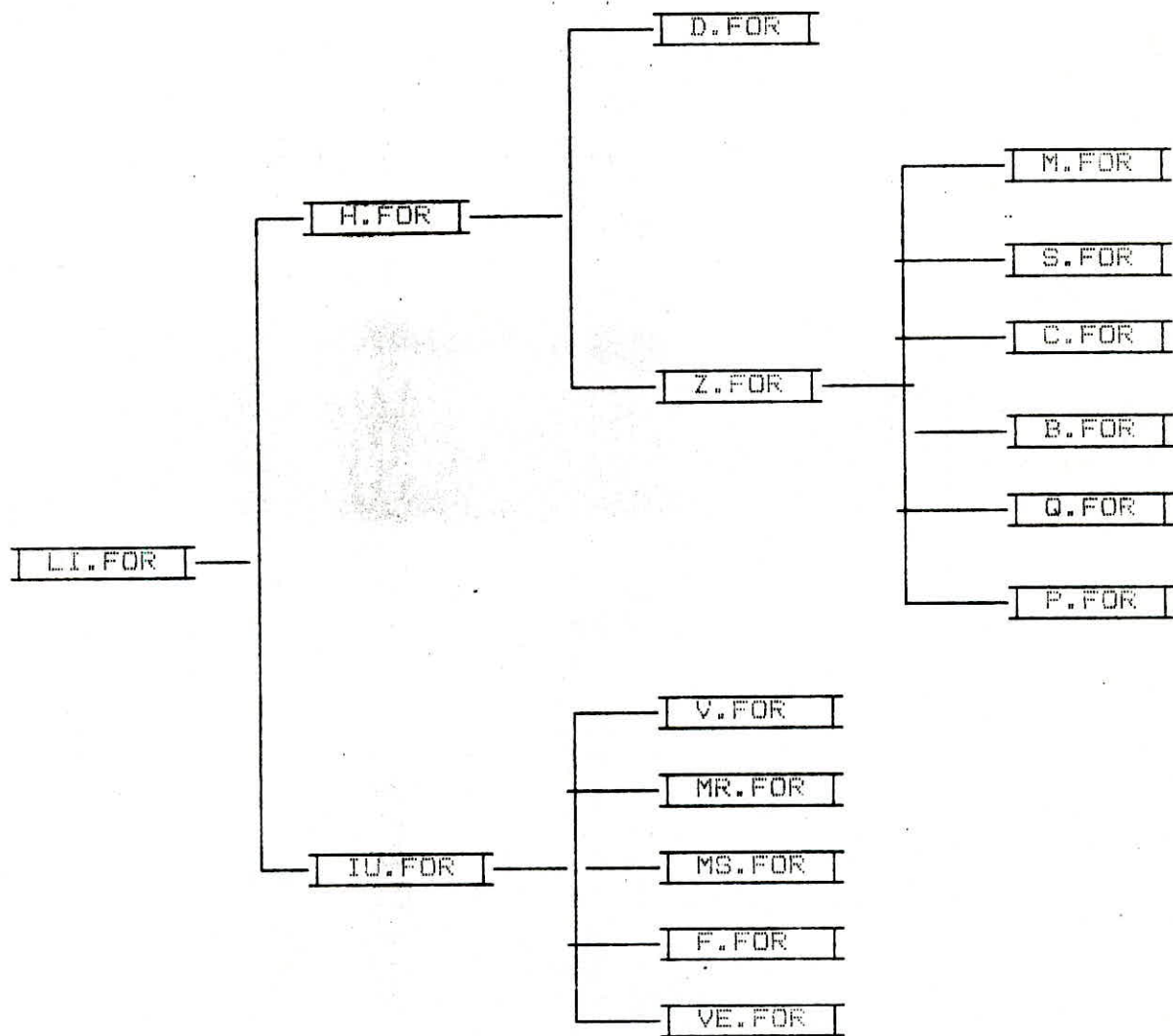


Fig. 5.1 Organización del programa LI.

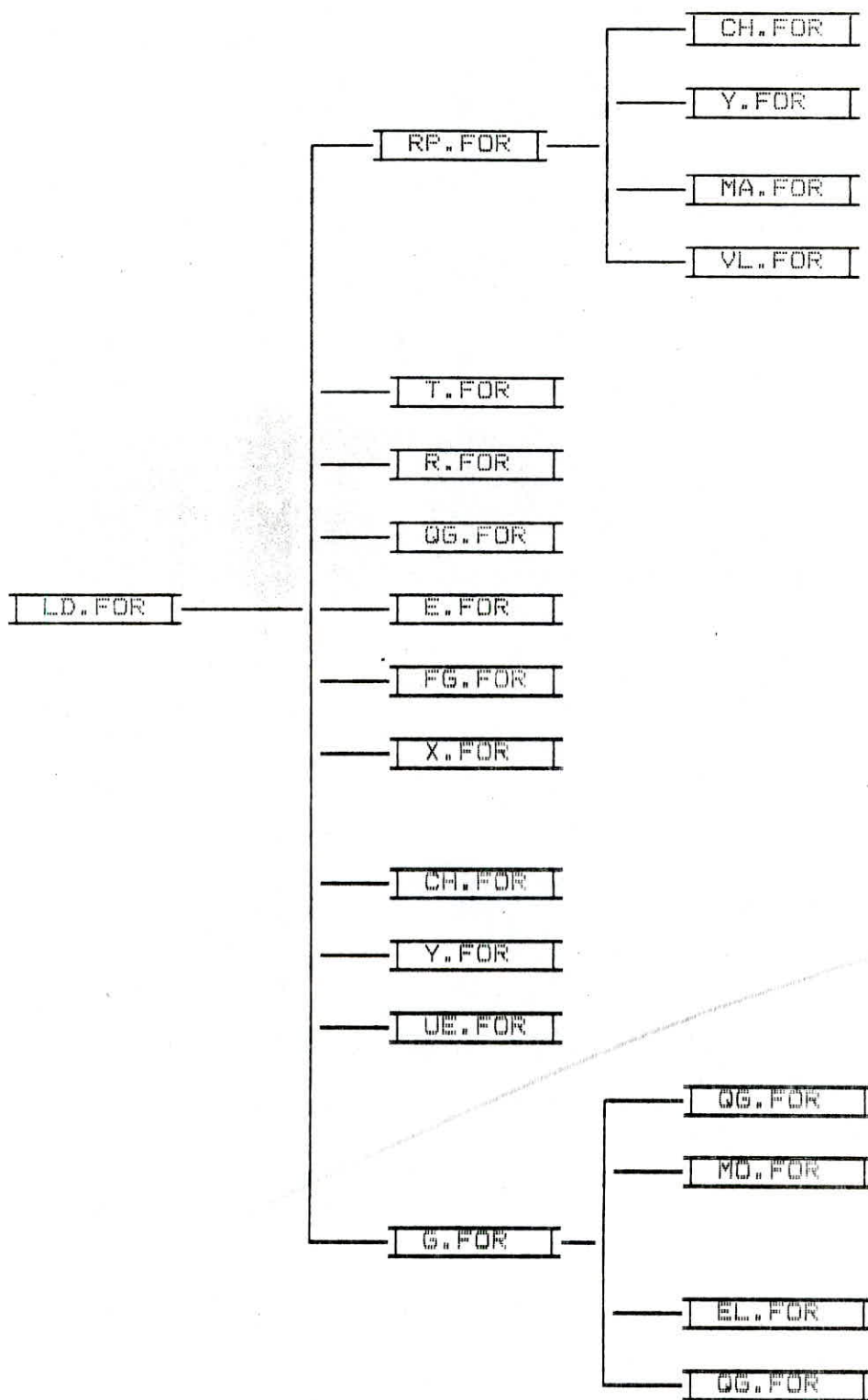


Fig. 5.2. Organización del programa LD.

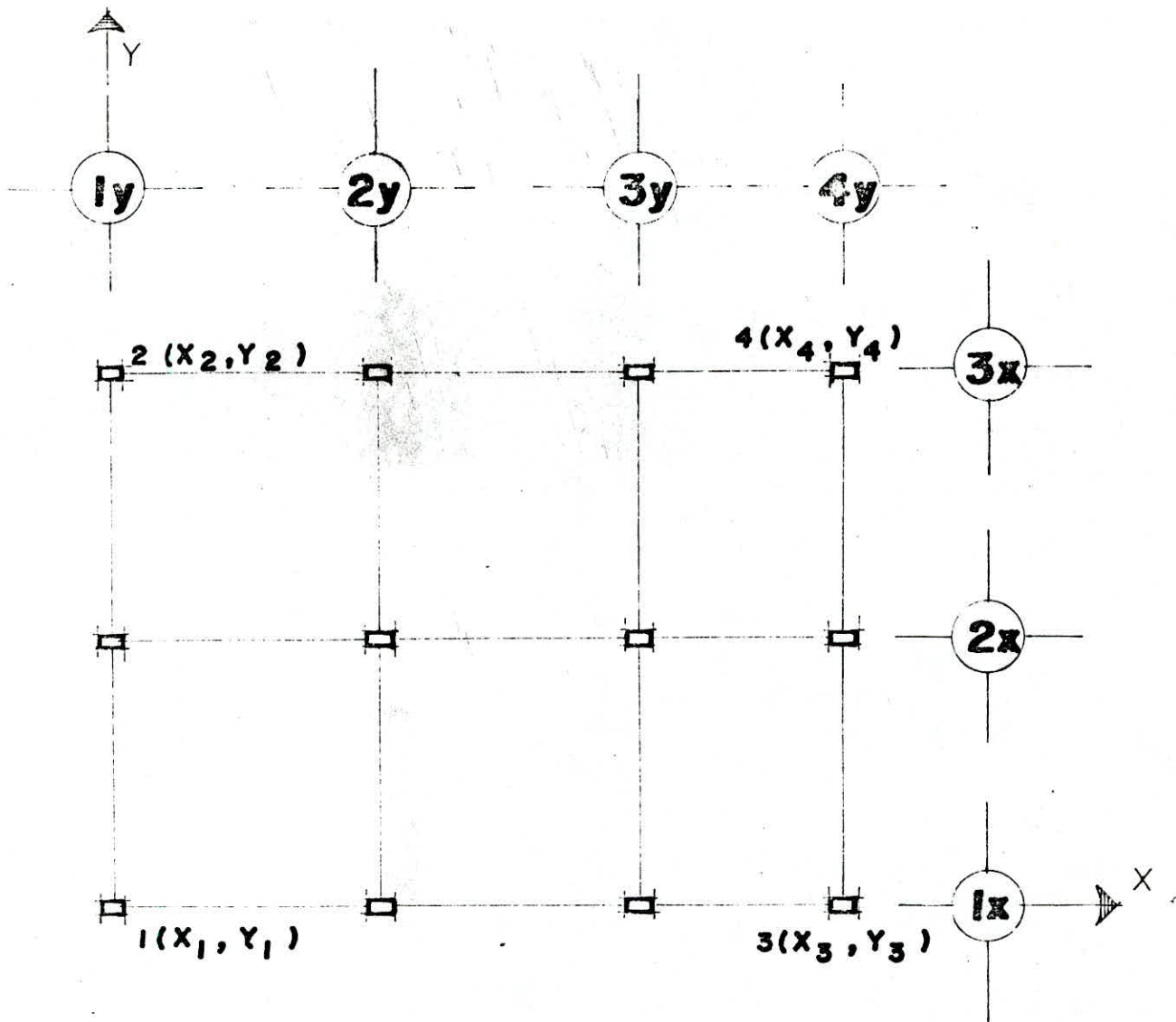
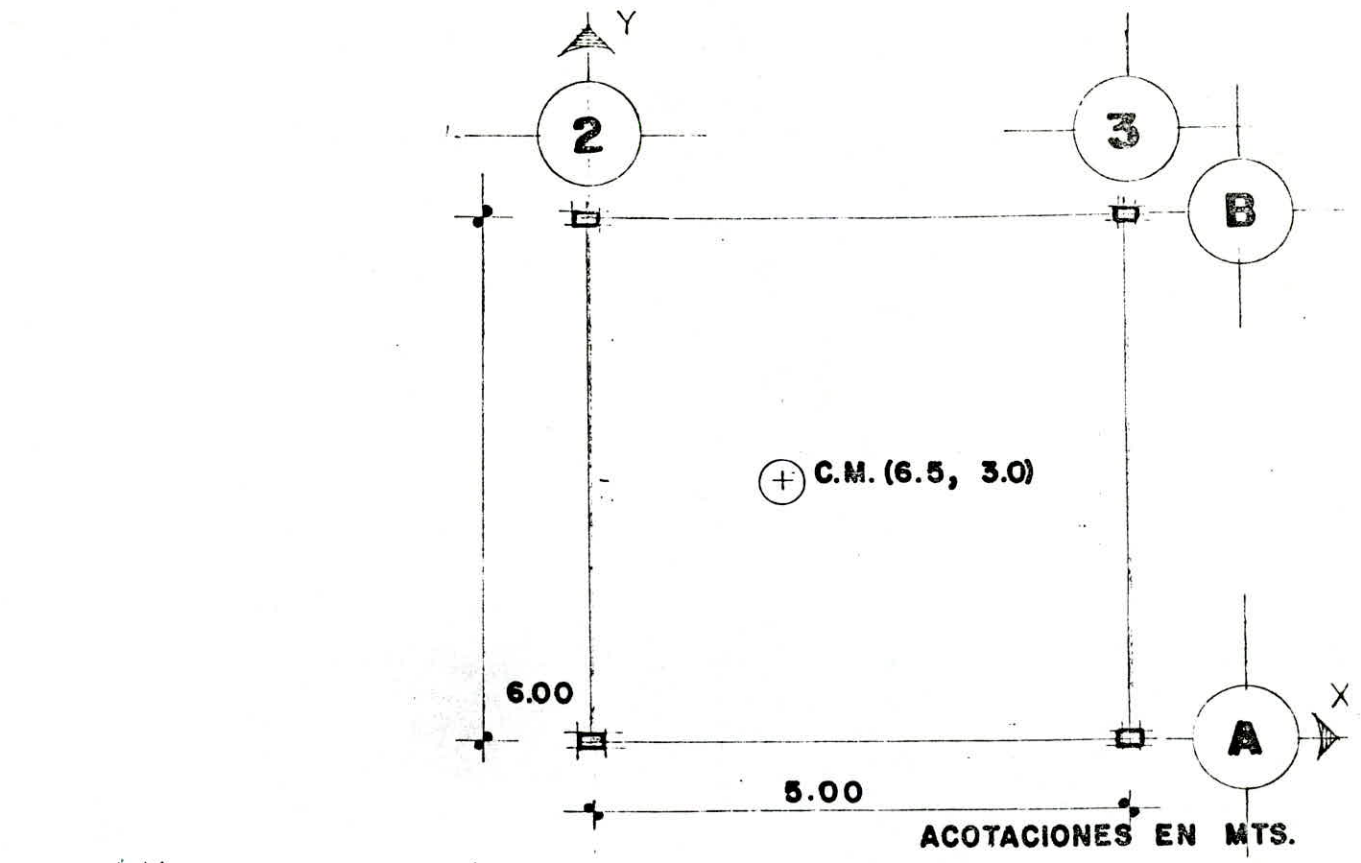
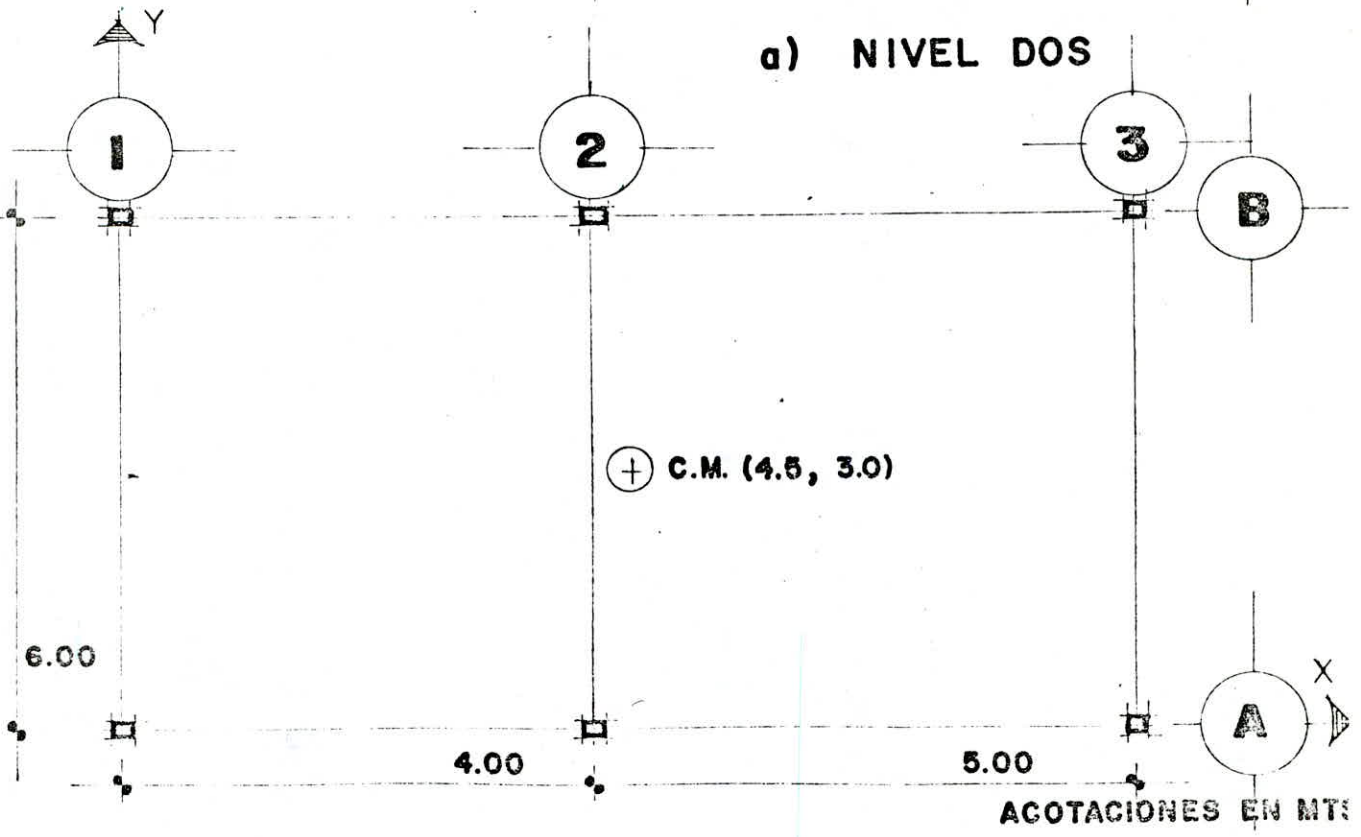


FIG: 5.3 VERTICES PLANTA TIPO

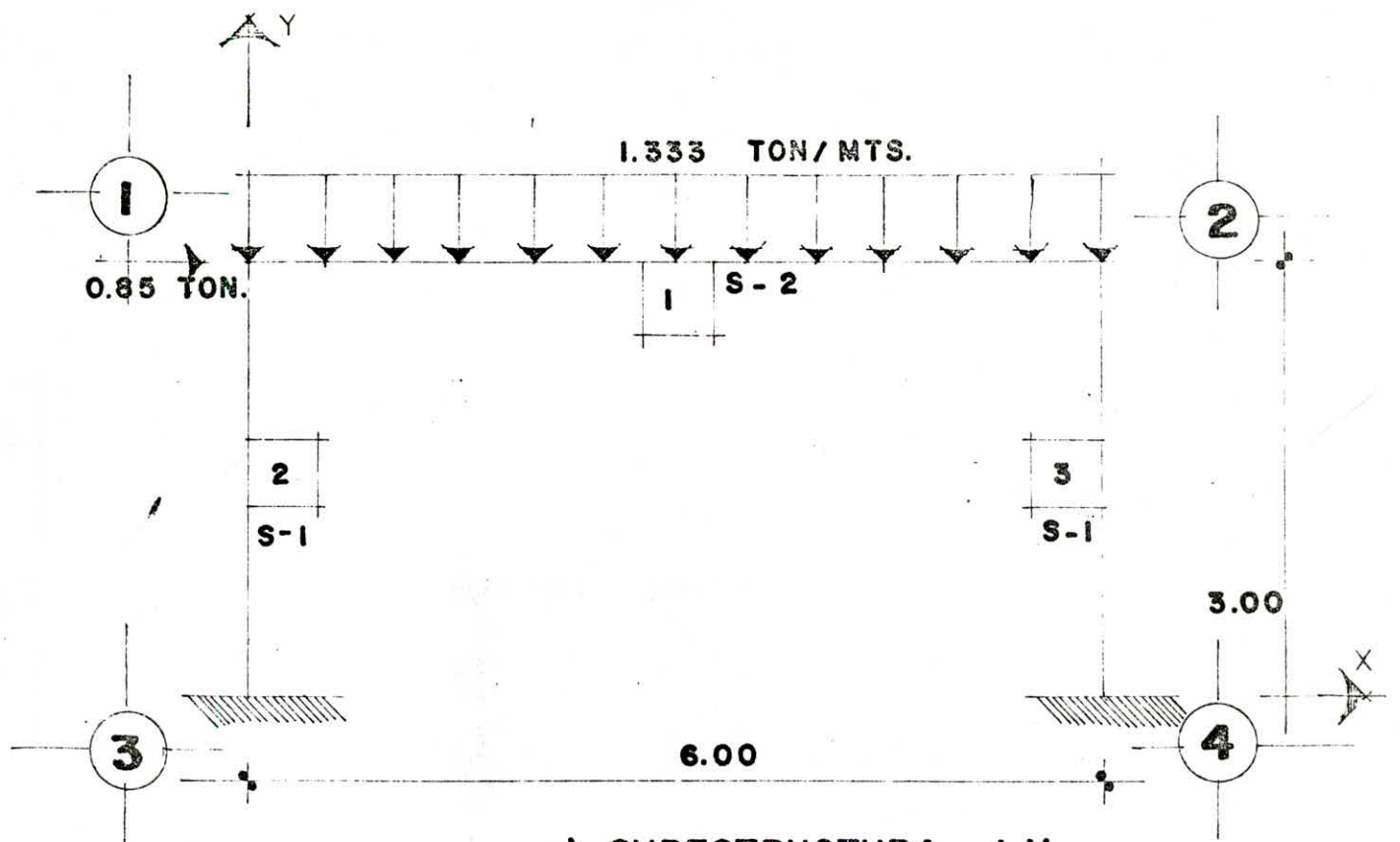


a) NIVEL DOS



b) NIVEL UNO

FIG: 6.1 PLANTAS ESTRUCTURA. EJEMPLO UNO



a) SUBESTRUCTURA I Y

SIMBOLOGIA :

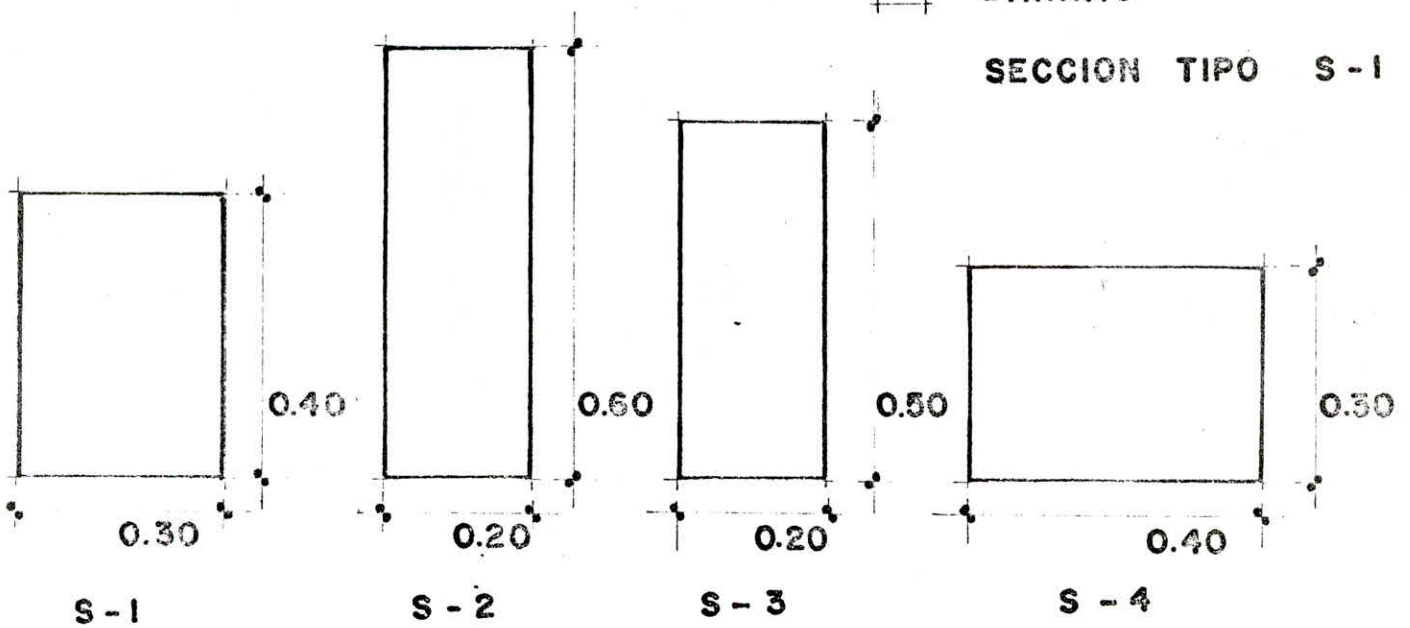


NUDOS



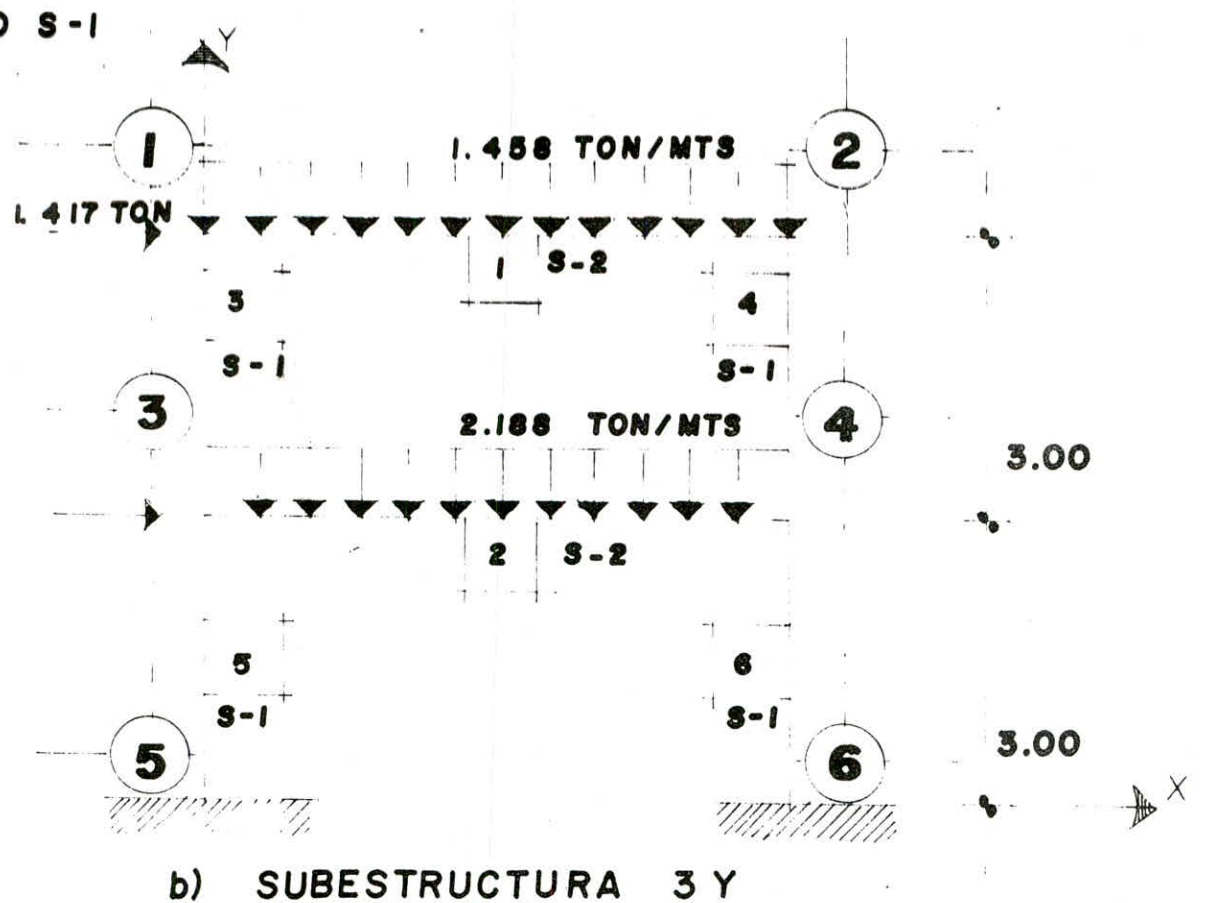
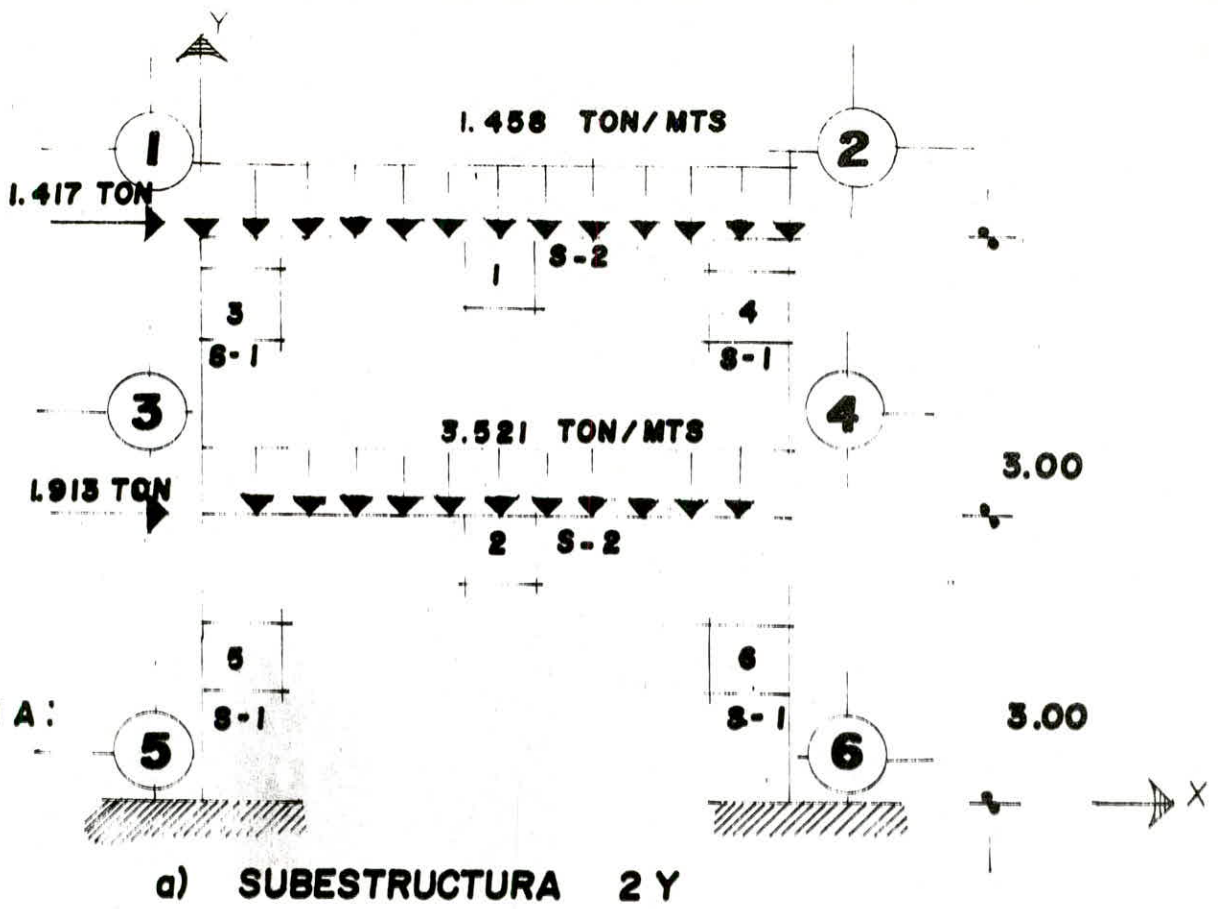
BARRAS

SECCION TIPO S-1

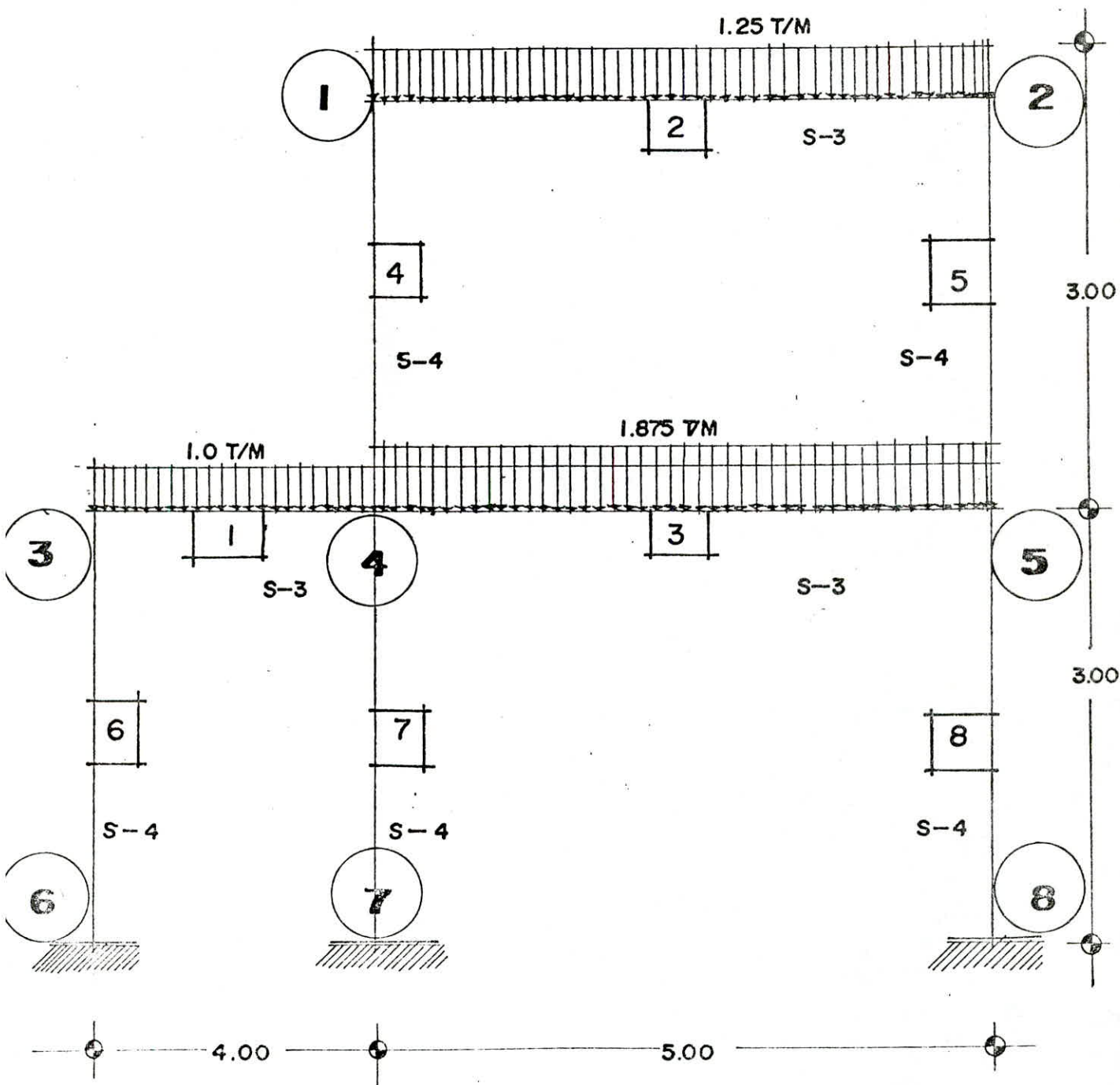


b) SECCIONES TRANSVERSALES

FIG: 6.2 ESTRUCTURA. EJEMPLO UNO



**FIG: 6.3 GEOMETRIA Y CARGAS DE LA ESTRUCTURA EJEMPLO UNO**



**FIG. 6.4** SUBESTRUCTURAS A Y B  
 GEOMETRIA Y CARGAS DE LA ESTRUCTURA  
 EJEMPLO UNO 128

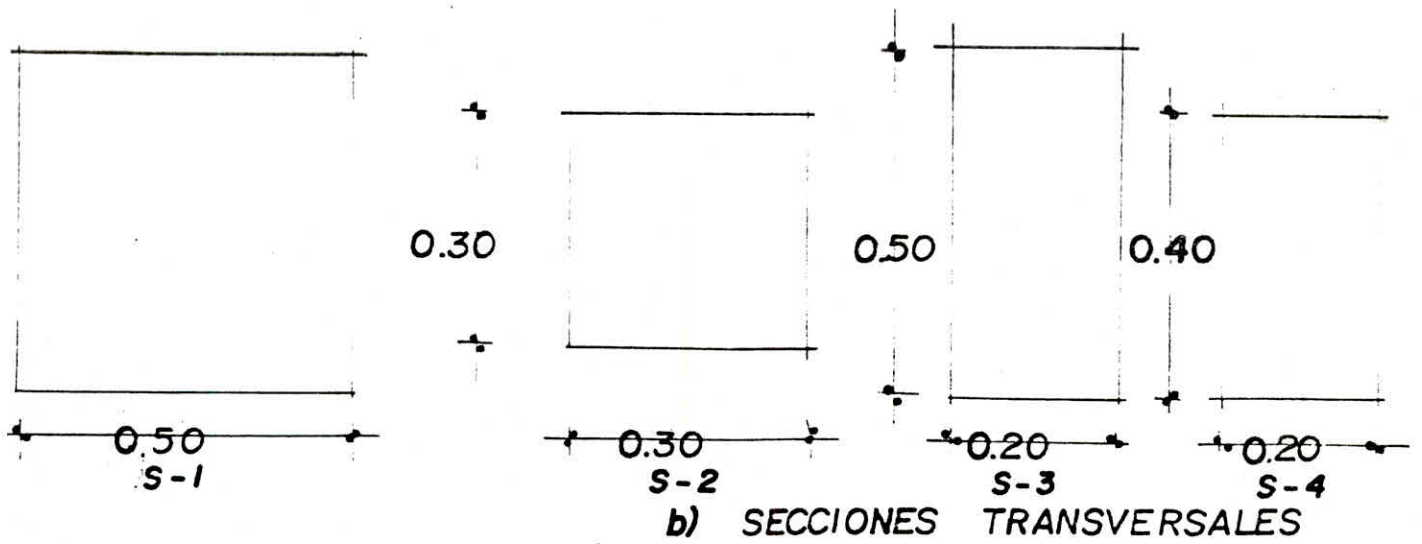
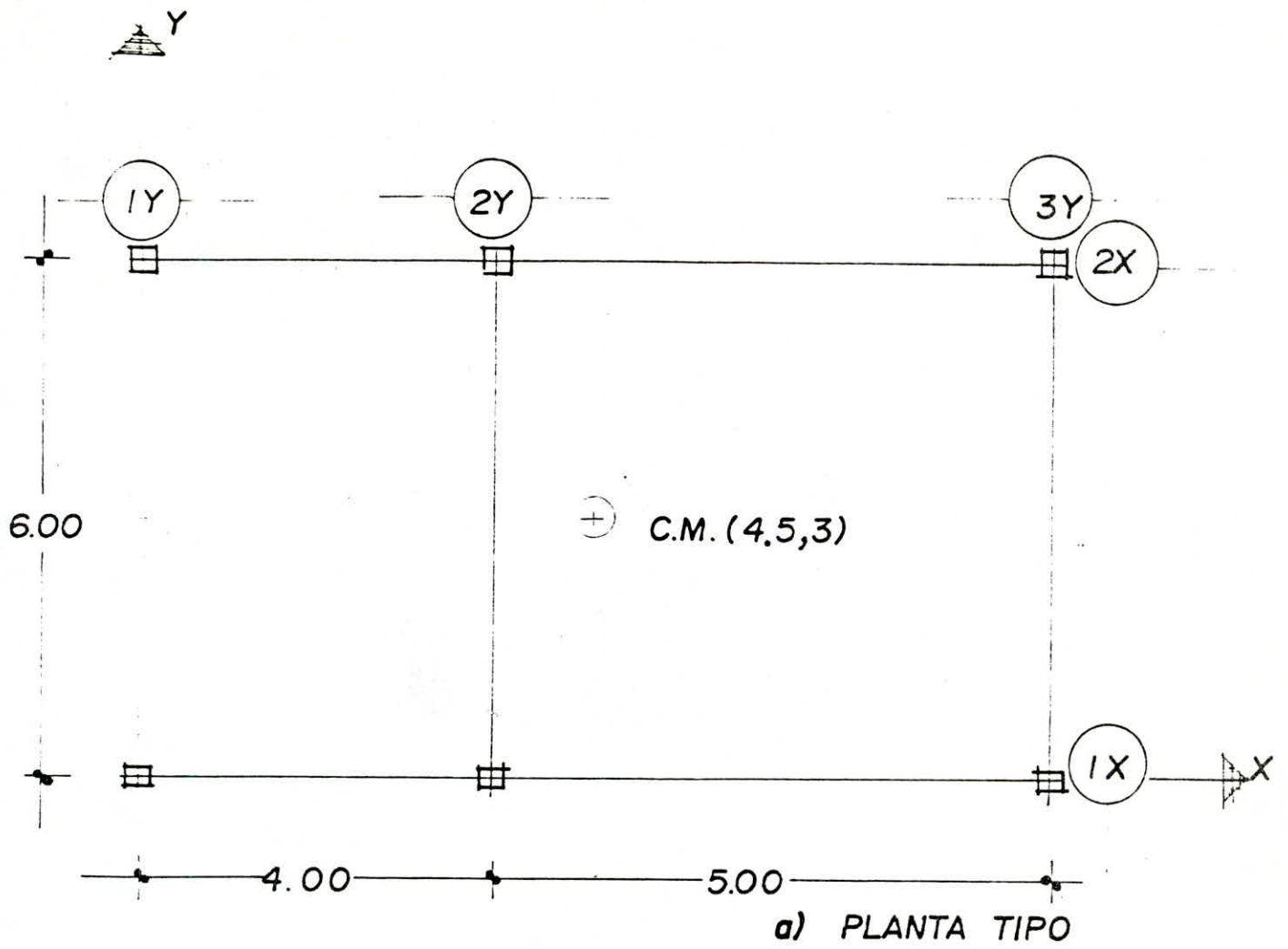


FIG.6.5 ESTRUCTURA (EJEMPLO DOS)

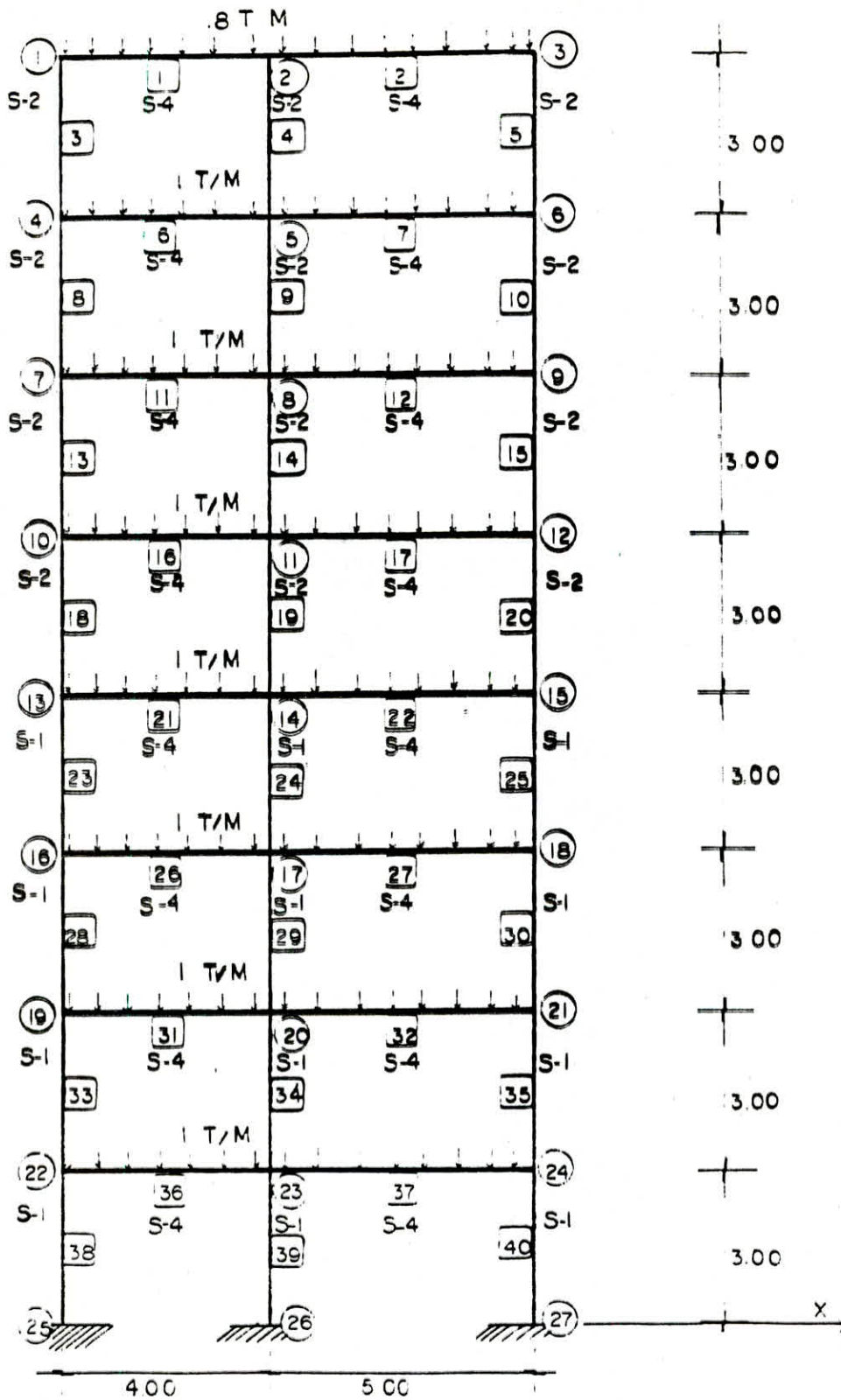


FIG. 6.6 GEOMETRIA Y CARGAS DE LAS SUBESTRUCTURAS PARALELAS AL EJE X.

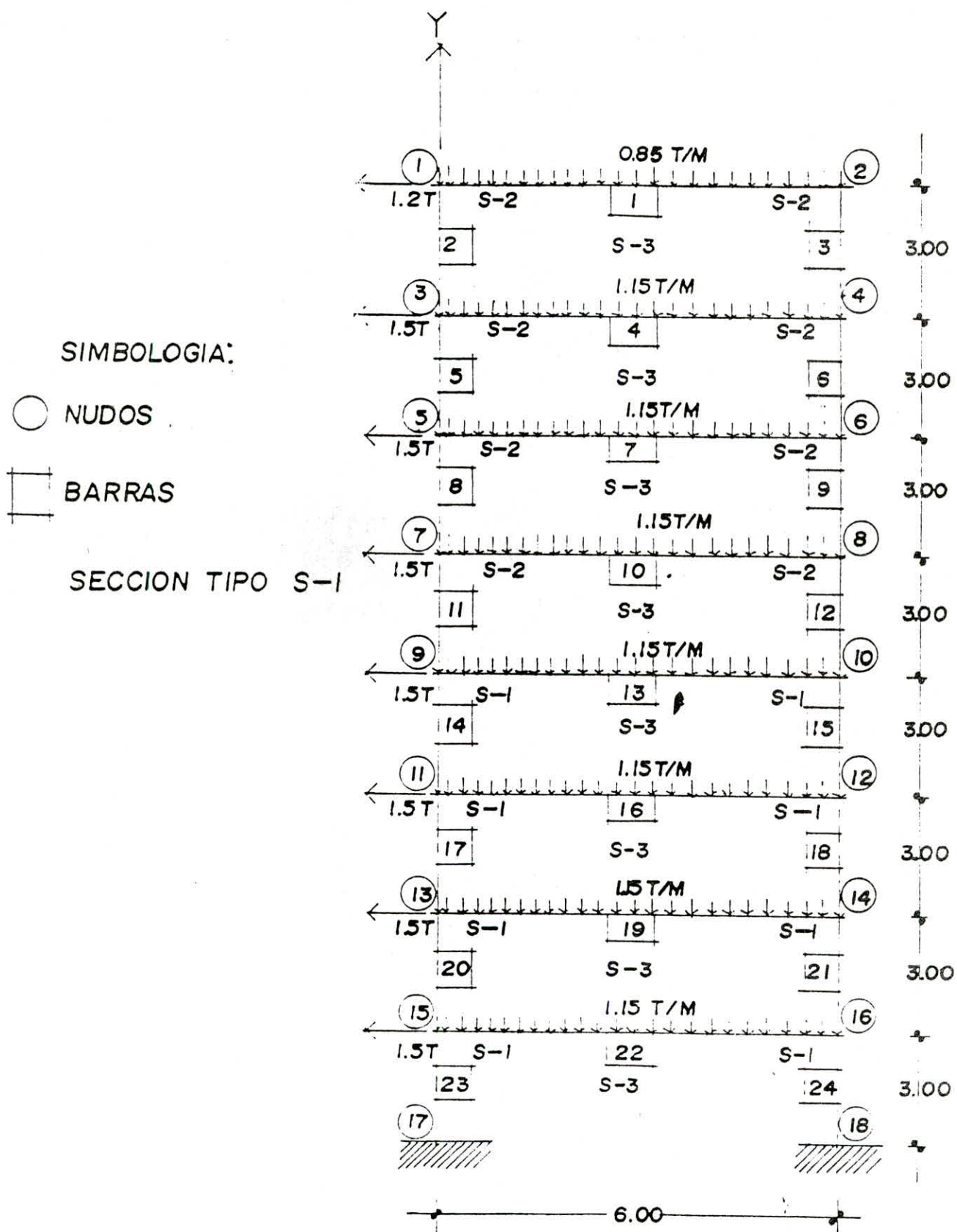
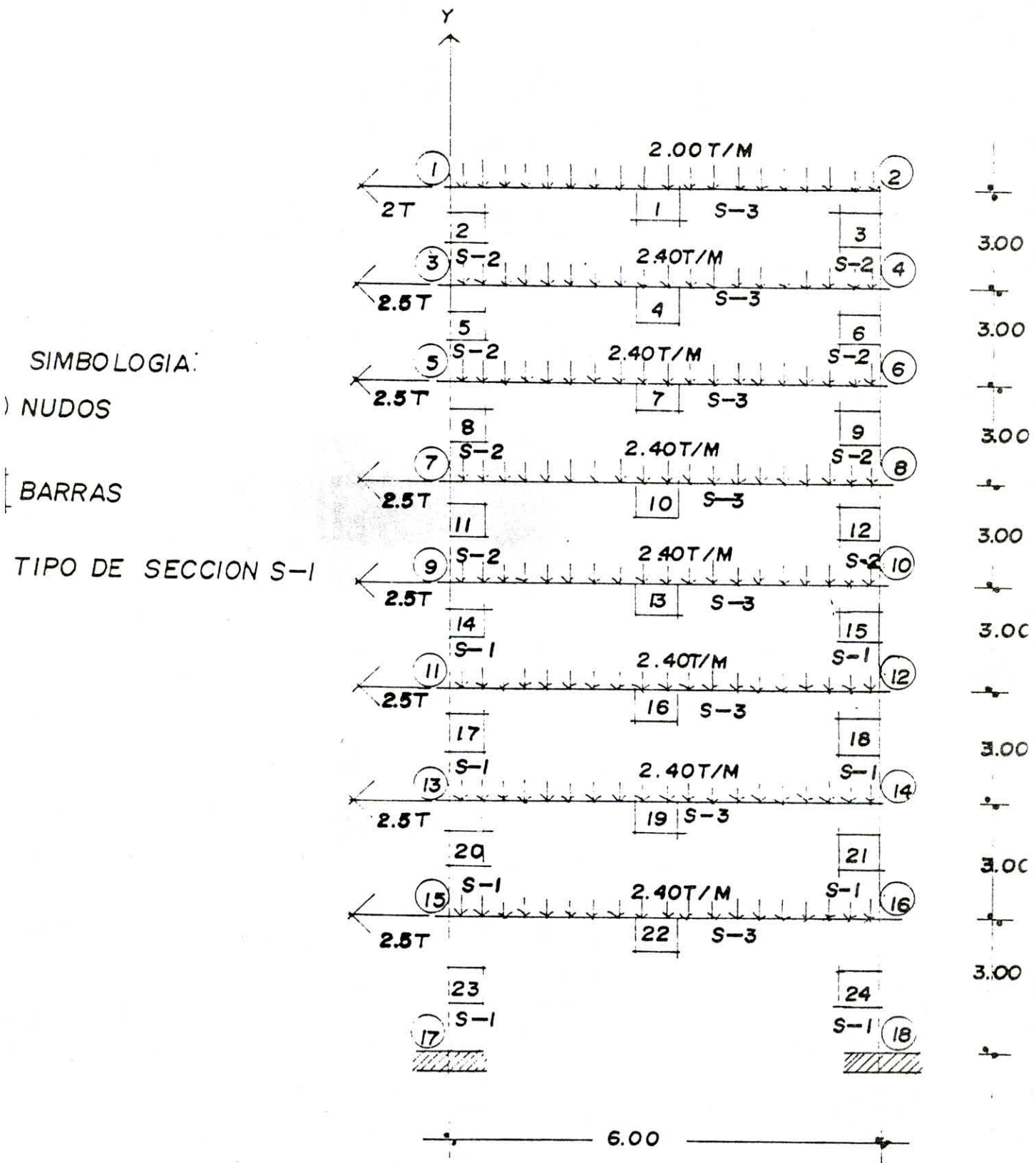


FIG:6.7 GEOMETRIA Y CARGAS DE LA SUBESTRUCTURA IY



SIMBOLOGIA:  
 ) NUDOS  
 | BARRAS  
 TIPO DE SECCION S-1

FIG: 6.8 GEOMETRIA Y CARGAS DE LA SUBESTRUCTURA 2Y  
 132

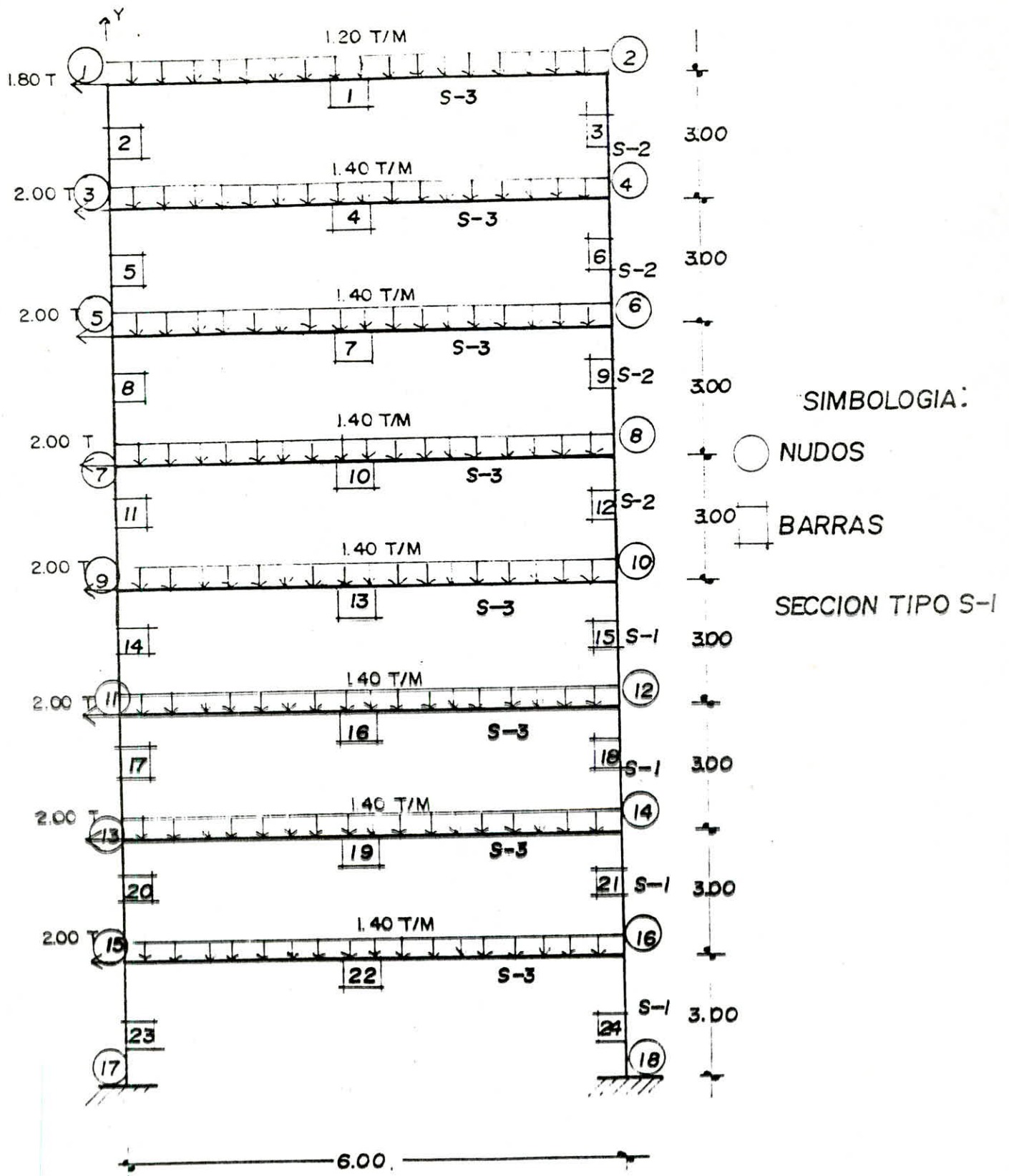
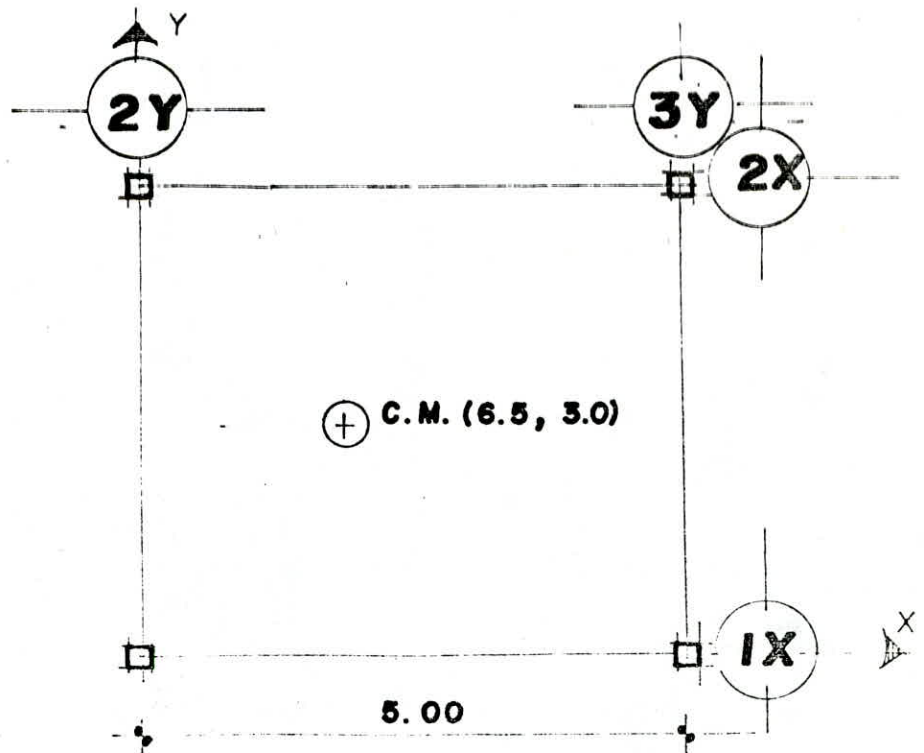
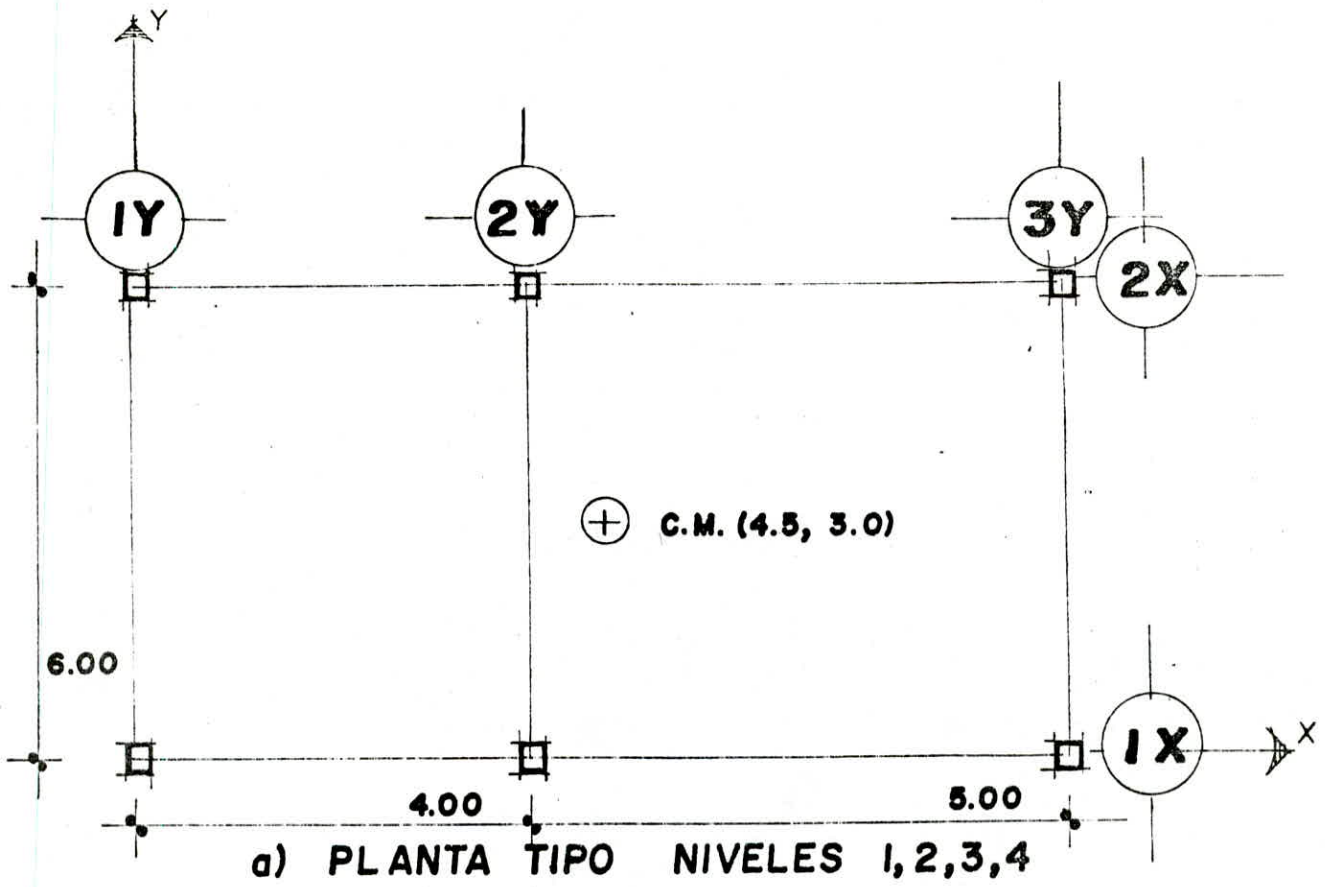


FIG. 6.9 GEOMETRIA Y CARGAS SUBESTRUCTURA. 3Y



b) PLANTA TIPO NIVELES 5,6,7,8

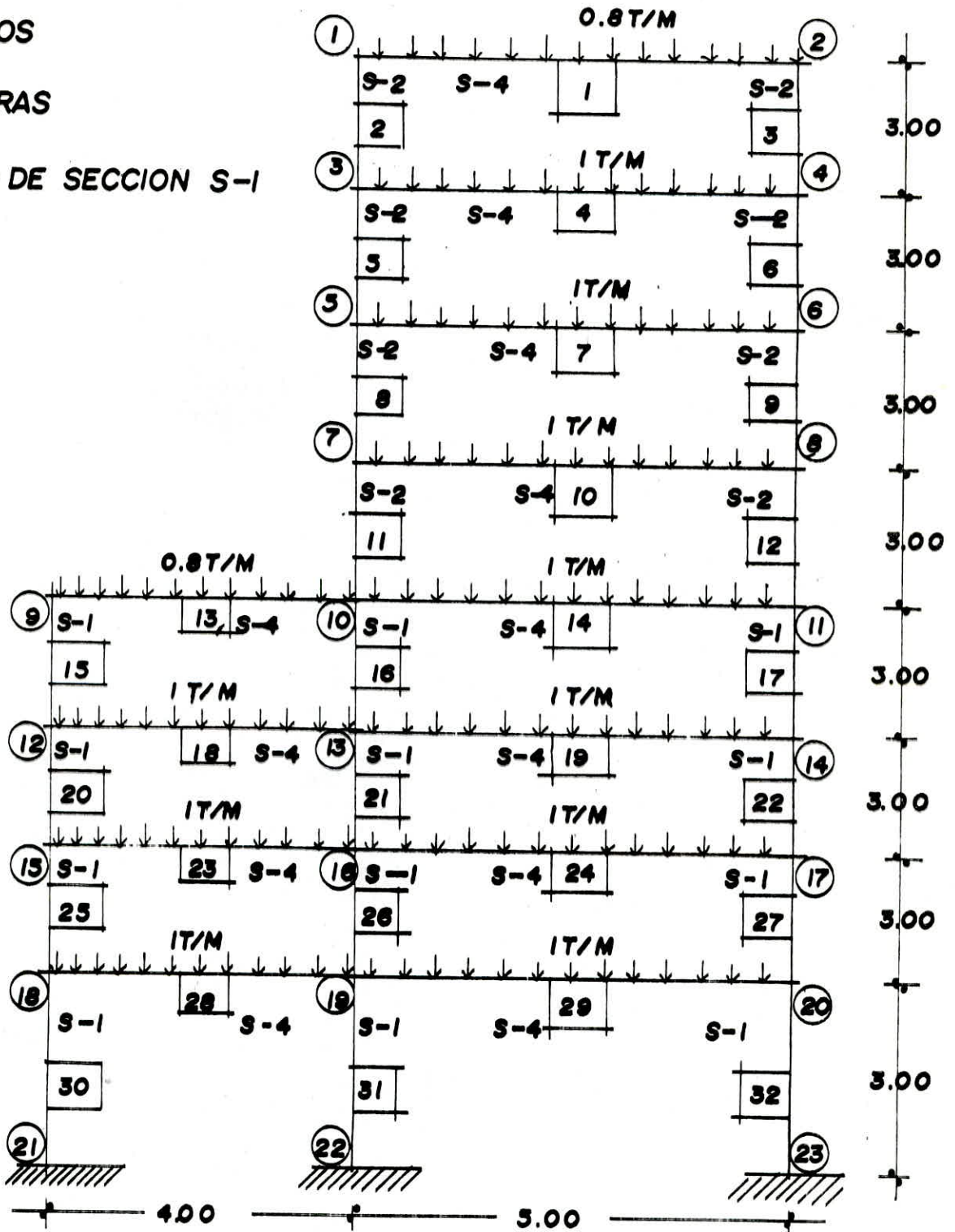
FIG: 6.10 ESTRUCTURA EJEMPLO TRES

**SIMBOLOGIA**

○ NUDOS

□ BARRAS

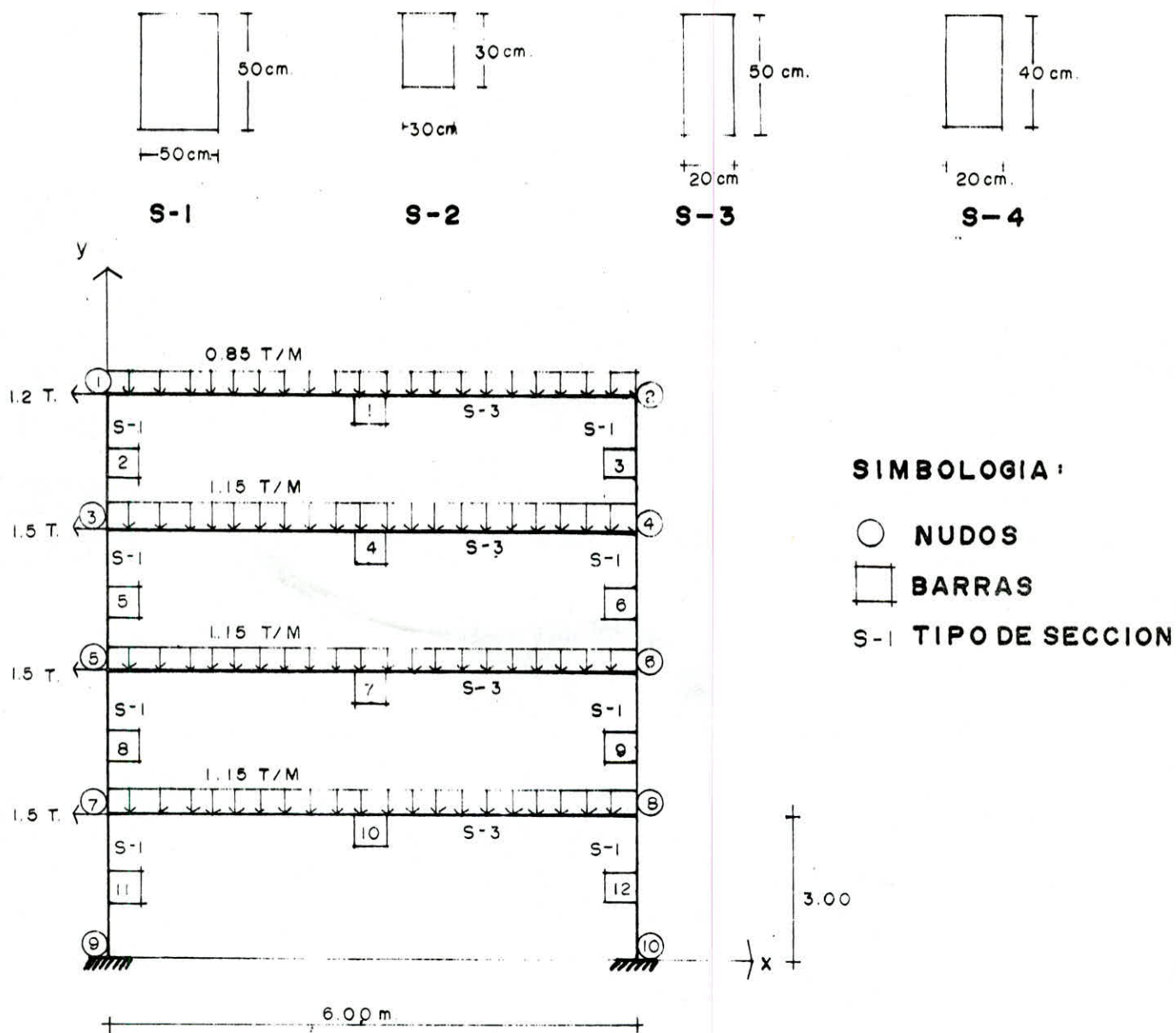
TIPO DE SECCION S-1



**FIG.6.11 GEOMETRIA Y CARGA DE LAS SUBESTRUCTURAS PARALELAS AL EJE X**

# SECCIONES TRANSVERSALES ESTRUCTURA

## EJEMPLO TRES.



**SIMBOLOGIA:**

- NUDOS
- BARRAS
- S-1 TIPO DE SECCION

FIG. 6.12 GEOMETRIA Y CARGAS

SUBESTRUCTURA:  $I_y$ .

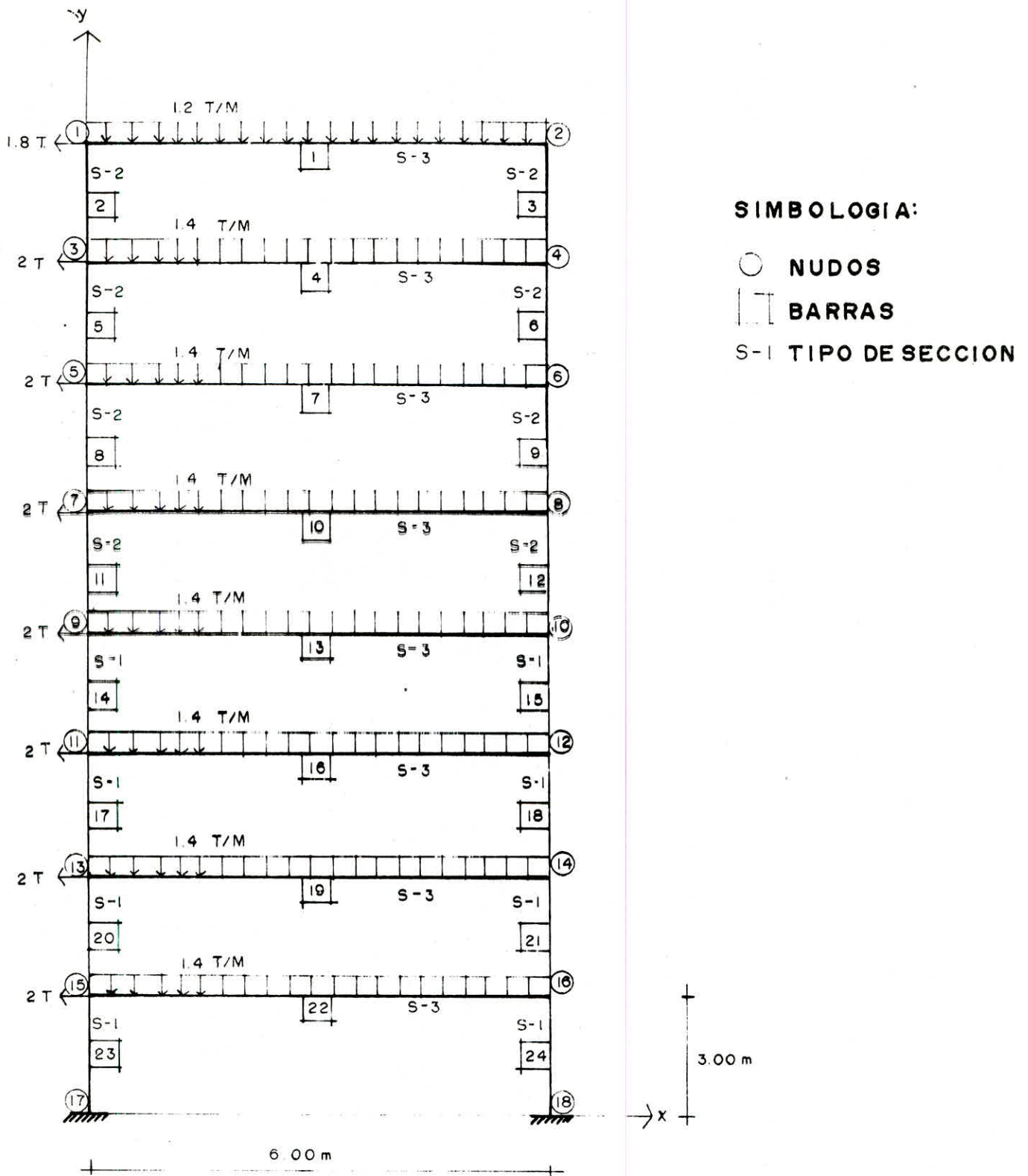
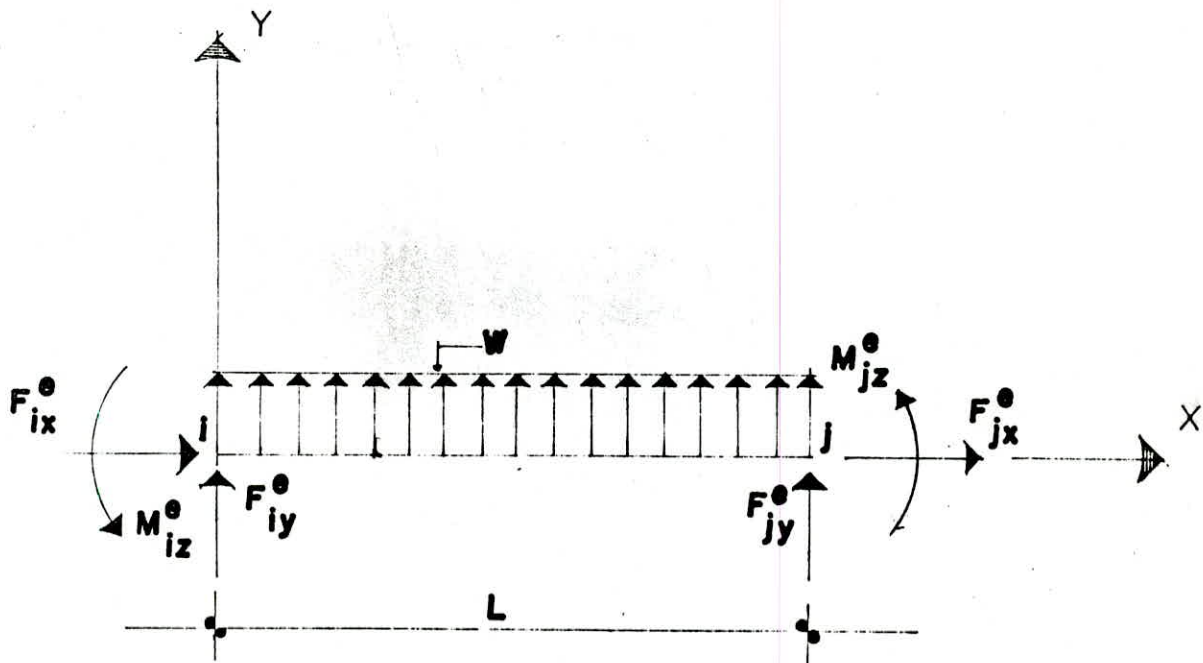


FIG. 6.14 GEOMETRIA Y CARGAS

SUBESTRUCTURA: 3y



**FIG: 6.15 COMPONENTES DEL VECTOR FUERZAS EXTERNAS**

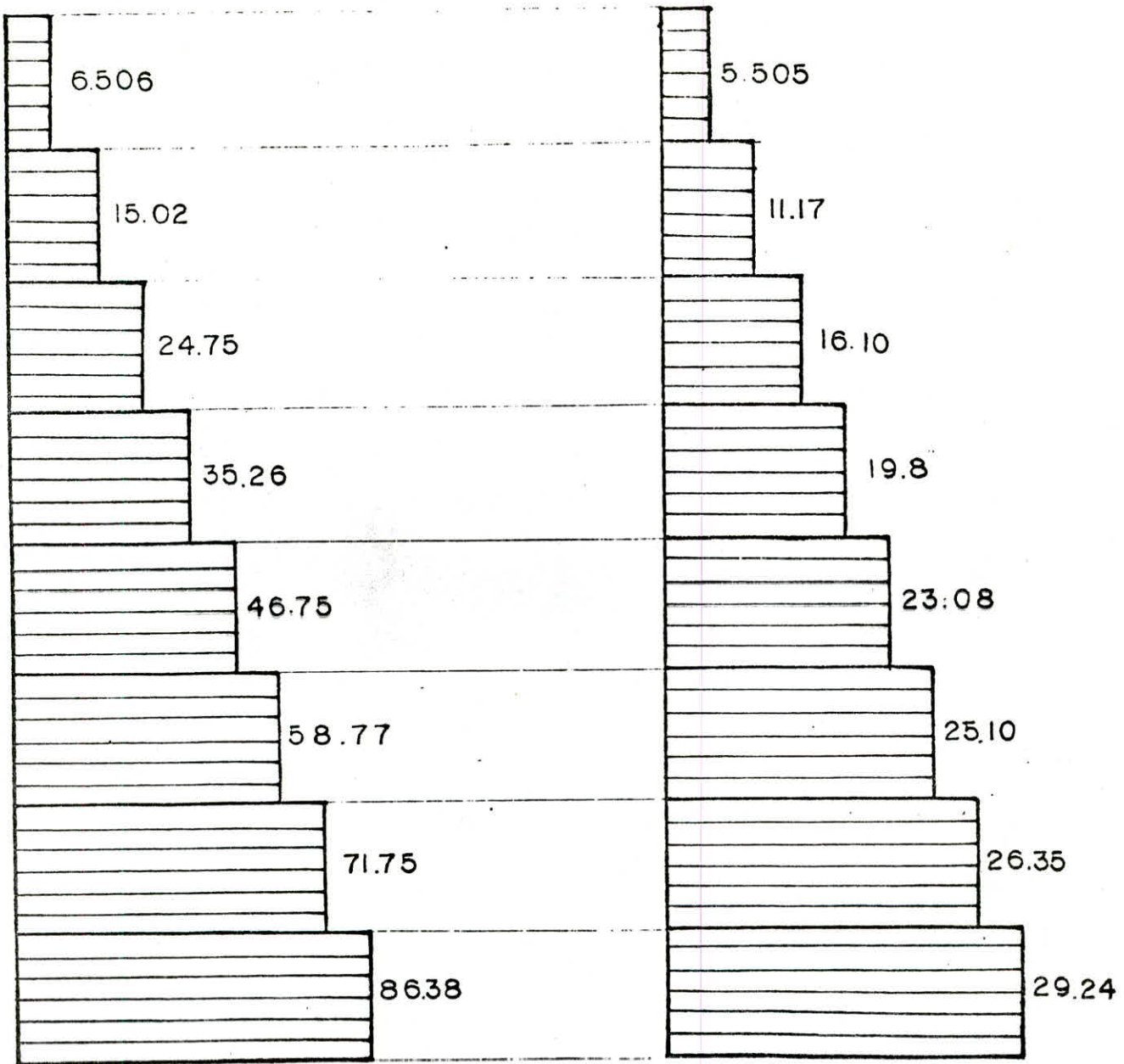


FIG: 6.16 DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL EN COLUMNAS SUBESTRUCTURA 2y, ESTRUCTURA EJEMPLO DOS.

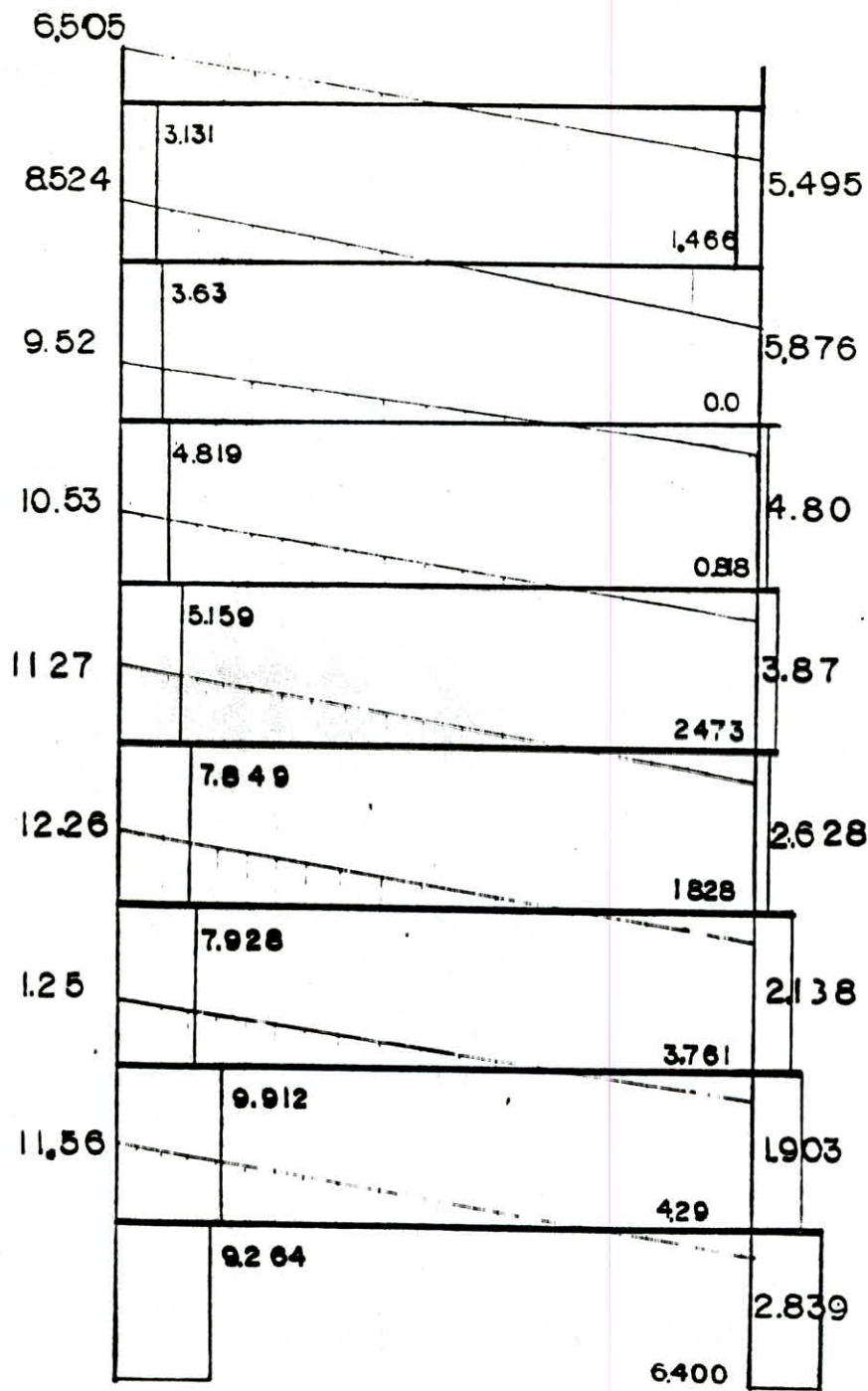


FIG: 6.17 DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE  
 SUBESTRUCTURA 2y, ESTRUCTURA  
 EJEMPLO DOS.

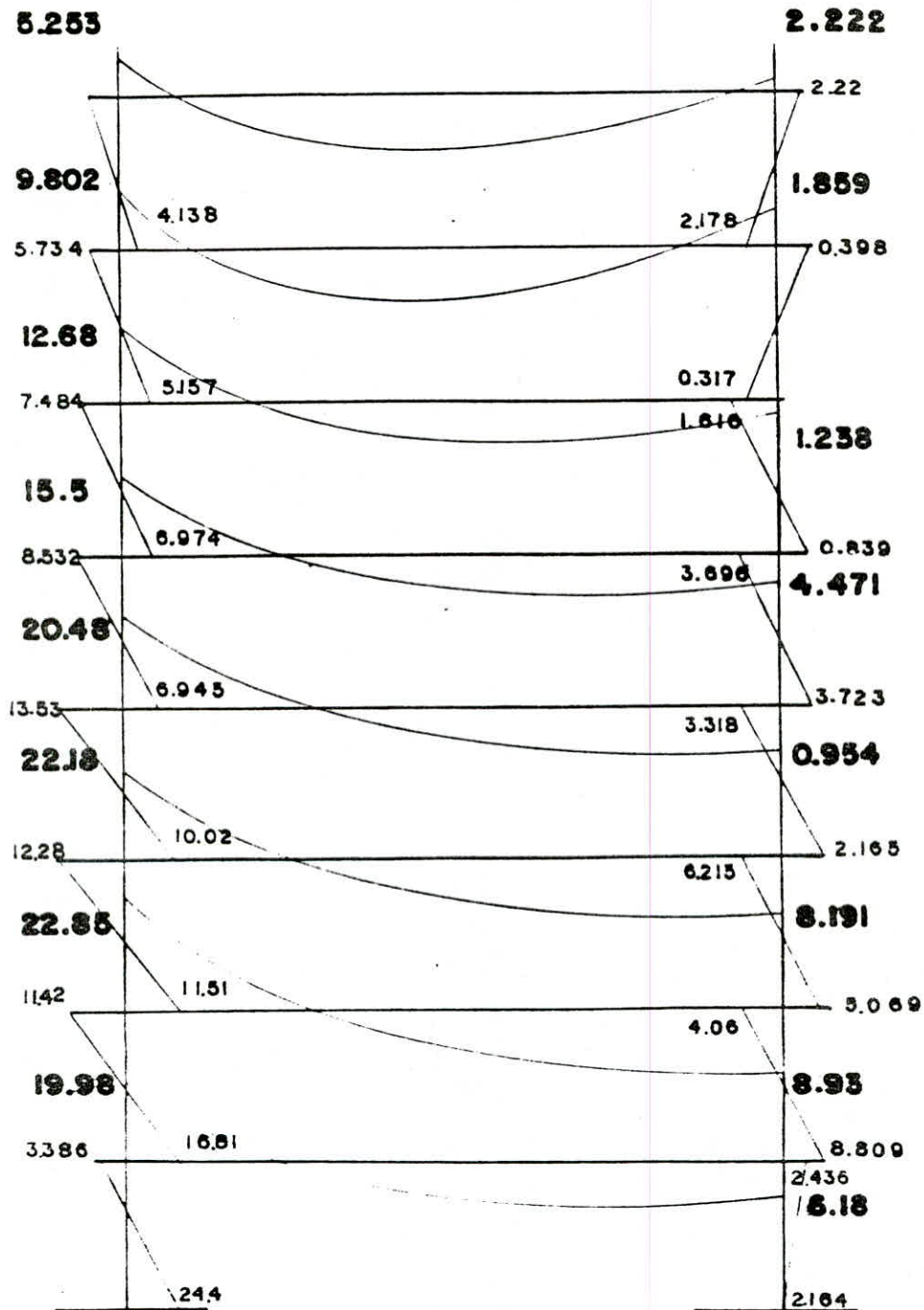


FIG: 6.18 DIAGRAMA DE MOMENTO FLEXIONANTE SUBESTRUCTURA 2y, ESTRUCTURA EJEMPLO DOS.

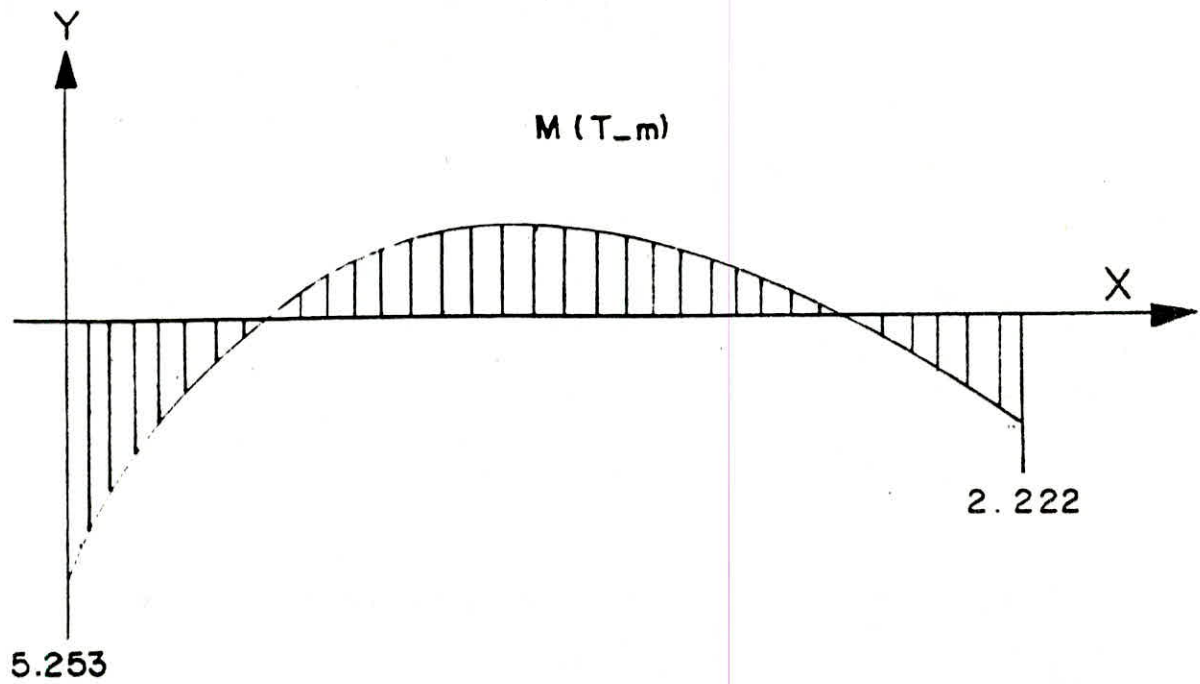


FIG: 6.19

DIAGRAMA DE MOM. FLEXIONANTE DE LA BARRA 1 DE LA SUBESTRUCTURA 2y DE LA ESTRUCTURA EJEMPLO DOS

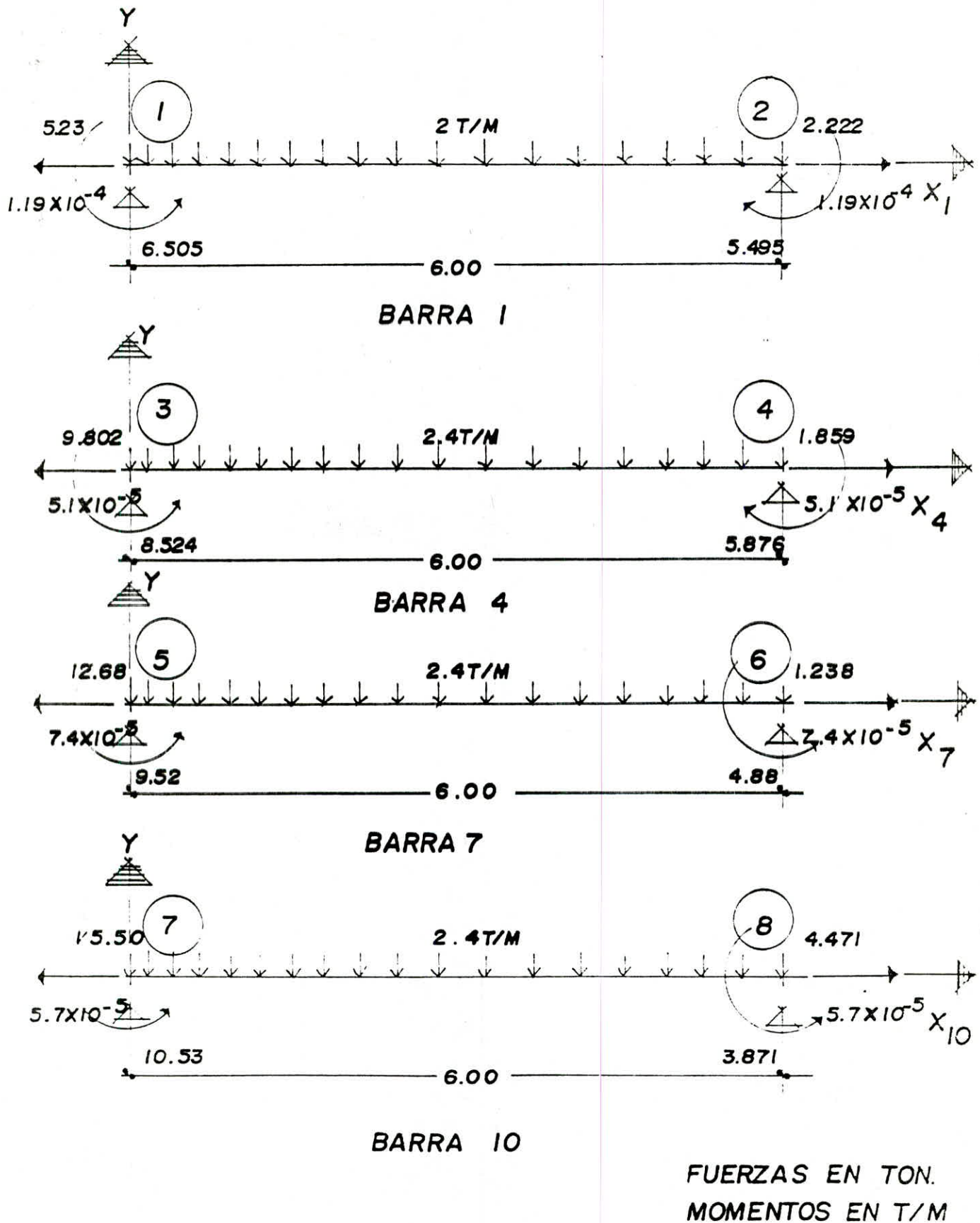
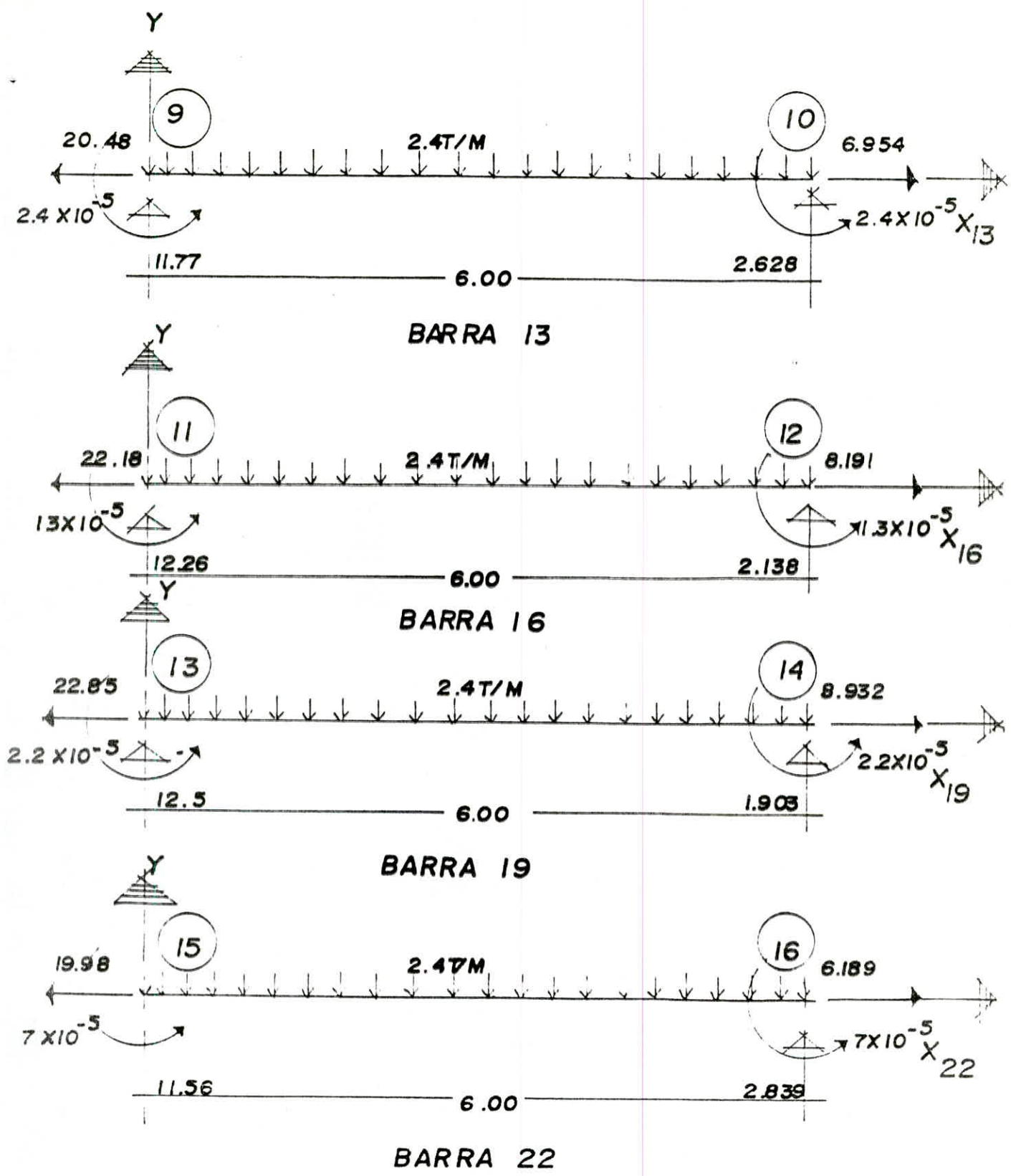
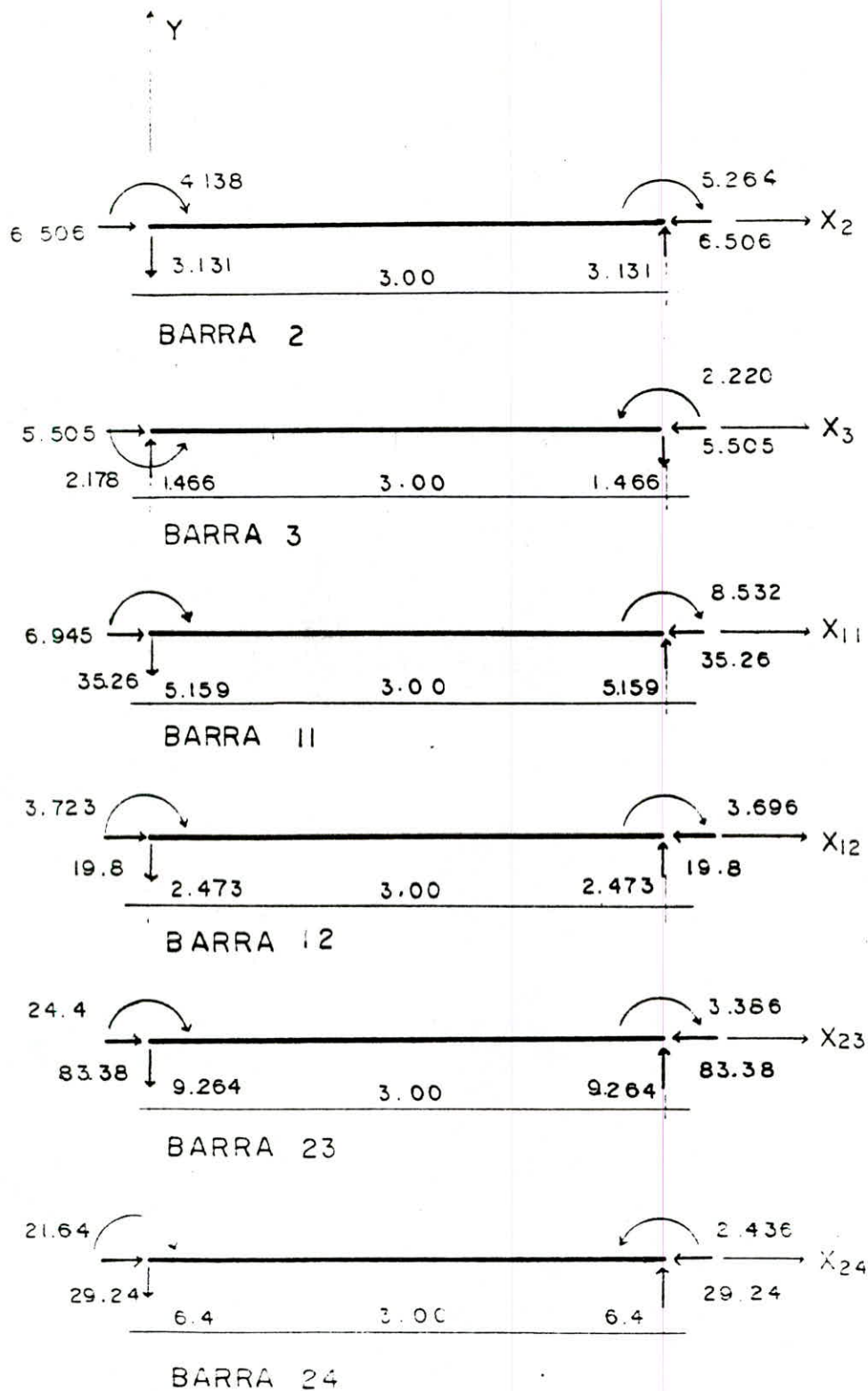


FIG: 6.20 COMPROBACION DEL EQUILIBRIO DE LAS -  
TRABES EN LA REFERENCIA LOCAL. 144



FUERZAS EN TON.  
MOMENTOS EN T/M

FIG. 6.21 COMPROBACION DEL EQUILIBRIO DE LAS TRABES EN LA REFERENCIA LOCAL.



6.22 COMPROBACION DEL EQUILIBRIO DE LAS COLUMNAS EN REFERENCIA LOCAL.

APENDICE A. LISTADO DEL PROGRAMA DE COMPUTADORA.

```

PROGRAM LI
EXTERNAL H IU
DIMENSION A(5000),IB(5000)
CHARACTER *8 IDS(20),SI*3,IDE*20
WRITE(*,2)
READ(*,4)SI
IF(SI.EQ.'SI')GOTO 5
CALL H(A,IB)
C *MEMORIA DINAMICA*
5 NMAX=10000
DO 8 I=1,N19
  A(I)=0.
  IB(I)=0
8 CONTINUE
OPEN(1,FILE='DATOS.DAT',STATUS='OLD')
READ(1,125)IDE
READ(1,100)NSUB,ISN,ISB
N1=1
N2=N1+NSUB
N3=N2+NSUB
N4=N3+NSUB
DO 10 I=1,NSUB
  READ(1,110)IDS(I),IB(N1),IB(N2)
  READ(1,115)IB(N3)
  N1=N1+1
  N2=N2+1
  N3=N3+1
10 CONTINUE
CLOSE(1)
N1=N1-NSUB
N2=N2-NSUB
N3=N3-NSUB
OPEN(2,FILE='MATER.DAT',STATUS='OLD')
READ(2,120)NM
OPEN(3,FILE='SECCION.DAT',STATUS='OLD')
READ(3,120)NS
N5=N4+NM*2
N6=N5+NS*5

```

```

OPEN(4,FILE='COOR.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(5,FILE='BARRA.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(6,FILE='CARBA.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='CARNU.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(9,FILE='TRANS.DAT',STATUS='NEW')
OPEN(10,FILE='SUBES.DAT',STATUS='NEW')
OPEN(11,FILE='SUBUNO.DAT',STATUS='NEW')
DO 15 I=1,NM
  L=N4
  L1=L+1*NM
  READ(2,150)A(L),A(L1)
  N4=N4+1
15 CONTINUE
N4=N4-NM
DO 20 I=1,NS
  L=N5
  L1=L+1*NS
  L2=L+2*NS
  L3=L+3*NS
  L4=L+4*NS
  READ(3,160)J,A(L),A(L1),A(L2),A(L3),A(L4)
  N5=N5+1
20 CONTINUE
N5=N5-NS
CLOSE(2)
CLOSE(3)
OPEN(8,FILE='PLANTA.DAT',STATUS='OLD')
READ(8,180)NIE
CLOSE(8)
OPEN(20,FILE='FIJA.DAT',STATUS='NEW')
DO 80 I=1,NSUB
  NU=IB(N1)
  NB=IB(N2)
  NE=IB(N3)
  N7=N6+NE*NE
  N8=N7+NE
  N9=N8+36

```

```

N10=N9+NE
N11=N10+NE
N12=N11+NU*2
N13=N12+NU*3
N14=N13+NU
N15=N14+NB*7
N16=N15+NB*2
N17=N16+NB*3
N18=N17+NB*3
N19=N18+NB*3
N20=N19+NU
N21=N20+NU*3
N22=N21+NB*6
N23=N22+NB
N24=N23+2
IF(N24.GT.NMAX)GOTO 99
WRITE(*,240)N24
N1=N1+1
N2=N2+1
N3=N3+1
DO 25 I=1,NB
  L=N14
  L1=L+1*NB
  L2=L+2*NB
  L3=L+3*NB
  L4=L+4*NB
  L5=L+5*NB
  L6=L+6*NB
  READ(5,130)IB(L),IB(L1),IB(L2),IB(L3),IB(L4),IB(L5),IB(L6)
  N14=N14+1
25 CONTINUE
N14=N14-NB
DO 30 I=1,NU
  L=N11
  L1=L+1*NU
  L2=N12
  L3=L2+1*NU
  L4=L2+2*NU
L5=N13
READ(4,140)J,A(L),A(L1),IB(L2),IB(L3),IB(L4),IB(L5)
N11=N11+1
N12=N12+1
N13=N13+1
30 CONTINUE

N11=N11-NU
N12=N12-NU
N13=N13-NU
READ(6,170)NBAC,NC
L=0
M1=0
M3=NB*3
DO 50 J=1,NBAC
  L1=N15
  L2=L1+1*NB
  READ(6,170)IB(L1),IB(L2)
  DO 40 K=1,IB(L2)
    L=L+1
    IF(L.EQ.M3)GOTO 95
    READ(6,180)IB(N16)
    IF(IB(N16).EQ.2)GOTO 35
    BACKSPACE 6
    READ(6,190)IB(N16),A(N17)
    N16=N16+1
    N17=N17+1
    GOTO 40
  35 BACKSPACE 6
  READ(6,200)IB(N16),A(N17),A(N18)
  M1=M1+1
  N17=N17+1
  N18=N18+1
40 CONTINUE
N15=N15+1
50 CONTINUE

```

```

N15=N15-NBAC
N16=N16-L
N17=N17-L
N18=N18-M1
WRITE(7,230)
READ(7,4)SI
DO 55 J=1,NC
  L=N19
  L1=N20
  L2=L1+1#NU
  L3=L1+2#NU
  READ(7,210)IB(L),A(L1),A(L2),A(L3)
  N19=N19+1
  N20=N20+1
55 CONTINUE
  N19=N19-NC
  N20=N20-NC
  CALL IU(NM,NS,NU,NB,NBAC,NC,NE,IB(N14),A(N11),IB(N12),IB(N13),
  #A(N4),A(N5),IB(N15),IB(N16),A(N17),A(N18),IB(N19),A(N20),A(N8),
  #A(N9),A(N6),A(N7),A(N10),A(N22),N3,IB(N21),N1E)
80 CONTINUE
  CLOSE(4)
  CLOSE(5)
  CLOSE(6)
  CLOSE(7)
  CLOSE(9)
  CLOSE(10)
  CLOSE(11)
  CLOSE(20)
  GOTO 500
95 WRITE(7,250)

```

```

GOTO 500
99 WRITE(7,300)
2  FORMAT(/,1X,' YA HAY DATOS ??')
4  FORMAT(A3)
100 FORMAT(1X,3I4)
110 FORMAT(1X,A8,3X,2I3)
115 FORMAT(1X,I4)
120 FORMAT(2X,I2)
125 FORMAT(1X,A20)
130 FORMAT(2X,I3,6X,I3,3X,I3,2X,I3,3X,I3,7X,I2,9X,I2)
140 FORMAT(3X,I2,2X,F6.2,1X,F6.2,2X,I2,3X,I2,3X,I2,5X,I2)
150 FORMAT(1X,F12.2,1X,F5.3)
160 FORMAT(1X,I2,2X,F5.2,3X,F5.2,3X,F8.2,1X,F10.2,4X,F5.2)
170 FORMAT(1X,2I3)
180 FORMAT(1X,I3)
190 FORMAT(1X,I3,1X,F10.3)
200 FORMAT(1X,I3,1X,F10.3,1X,F6.2)
210 FORMAT(1X,I3,5X,F10.3,5X,F10.3,5X,F10.3)
230 FORMAT(1X,' CONTINUO ??')
240 FORMAT(/,3X,I4,' MEMORIA MAXIMA OCUPADA')
250 FORMAT(/,2X,' DEMASIADAS CARGAS')
300 FORMAT(/,3X,' MEMORIA INSUFICIENTE#')
500 END

```

```

SUBROUTINE H(A,IB)
EXTERNAL D Z
DIMENSION A(5000),IB(5000)
CHARACTER R#3,IDE#20
C #DATOS GENERALES#
5 WRITE(#,100)
  READ(#,110)IDE
  WRITE(#,120)
  READ(#,130)NSUB,NI
  WRITE(#,140)
  READ(#,150)NM,NS
  WRITE(#,160)
  READ(#,170)R
  IF(R.EQ.'NO')GOTO 5
C #ASIGNACION DE MEMORIA#
  NMAX=10000
  N1=1
  N2=N1+2#NM
  N3=N2+5#NS
  N4=N3+NSUB
  N5=N4+NSUB
  N6=N5+NSUB
  N7=N6+NSUB
  CALL D(IDE,NSUB,IB(N3),IB(N4),ISN,ISB,IB(N5),A(N6))
  N7=N6+2#ISN
  N8=N7+3#ISN
  N9=N8+ISN
  N10=N9+7#ISB
  N11=N10+2#ISB

```

```

  N12=N11+9#ISB
  N13=N12+ISN
  N14=N13+3#ISN
  N15=N14+8#NI
  N16=N15+NSUB
  N17=N16+NSUB
  N18=N17+3
  N19=N18+NSUB
  IF(N19.GT.NMAX)GOTO 99
  CALL Z(NM,NS,NSUB,N1,N2,N3,N4,N5,N6,N7,N8,N9,N10,N11,N12,N13,
  N14,N16,N18,A,IB,NI)
C #VALIDA DE DATOS#
  WRITE(#,100)
  WRITE(#,110)IDE
  WRITE(#,100)NSUB,NI
  WRITE(#,190)NM,NS
  WRITE(#,200)N19
  GOTO 500
99  WRITE(#,300)
100  FORMAT(25(/),3X,'IDENTIFICACION ESTRUCTURA:')
110  FORMAT(1X,A20)
120  FORMAT(/,3X,'DA NUM SUBESTRUCTURAS Y NUM DE NIVELES')
130  FORMAT(2I3)
140  FORMAT(/,3X,'NUM MATERIALES Y SECCIONES TRANSV. DIFERENTES')
150  FORMAT(2I2)
160  FORMAT(3X,'DATOS CORRECTOS ?')
170  FORMAT(A3)
180  FORMAT(3X,I3,' SUBESTRUCTURAS',I3,' NIVELES')
190  FORMAT(3X,I2,' MATERIALES', I2,' SECCIONES')
200  FORMAT(3X,I4,' MEMORIA MAXIMA OCUPADA')
300  FORMAT(/,3X,'###MEMORIA INSUFICIENTE###')
500  END

```

```

SUBROUTINE D(IDE,NSUB,NN,NBA,ISM,ISB,NEC,AN)
DIMENSION NN(NSUB),NBA(NSUB),NEC(NSUB),AN(NSUB)
CHARACTER *8 IDS(20)
CHARACTER R*3,IDE*20
C  *PROCESO*
1  DO 10 I=1,NSUB
5  WRITE(*,100)I
    READ(*,110)IDS(I)
    WRITE(*,120)
    READ(*,130)NN(I),NBA(I)
    WRITE(*,135)
    READ(*,130)NEC(I)
    WRITE(*,136)
    READ(*,138)AN(I)
    WRITE(*,140)
    READ(*,150)R
    IF(R.EQ.'NO')GOTO 5
10 CONTINUE
    DO 20 I=1,NSUB
        ISM=ISM+NN(I)
        ISB=ISB+NBA(I)
20 CONTINUE
C  *IMPRESION*
    DO 30 I=1,NSUB
        WRITE(*,170)IDS(I)
        WRITE(*,180)NN(I),NBA(I)
        WRITE(*,190)NEC(I)
        WRITE(*,200)AN(I)
30 CONTINUE
    WRITE(*,140)
    READ(*,150)R

```

```

IF(R.EQ.'NO')GOTO 1
OPEN(1,FILE='DATOS.DAT',STATUS='NEW')
OPEN(12,FILE='ANGULO.DAT',STATUS='NEW')
WRITE(1,155)IDE
WRITE(1,160)NSUB,ISM,ISB
DO 40 I=1,NSUB
    WRITE(1,170)IDS(I),NN(I),NBA(I)
    WRITE(1,160)NEC(I)
    WRITE(12,210)AN(I)
40 CONTINUE
CLOSE(1)
CLOSE(12)
100 FORMAT(20(//,5X,'IDENTIFICACION SUBESTRUCTURA ',12)
110 FORMAT(A8)
120 FORMAT(//,5X,'NUM DE NUDOS Y NUM DE BARRAS')
130 FORMAT(2I3)
135 FORMAT(//,5X,'NUM DE ECUACIONES')
136 FORMAT(//,1X,' ANGULO DE SUBESTRUCTURA',12,' CON EJE X')
138 FORMAT(F8.5)
140 FORMAT(//,5X,'DATOS CORRECTOS ?')
150 FORMAT(A3)
155 FORMAT(1X,A20)
160 FORMAT(1X,3I4)
170 FORMAT(1X,A8,3X,2I3)
180 FORMAT(2X,I3,' NUDOS ',I3,' BARRAS')
190 FORMAT(2X,I3,' ECUACIONES')
200 FORMAT(1X,'ANGULO CON EJE X ESTRUCTURA ',F8.5)
210 FORMAT(1X,F8.2)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE Z(NM,NS,NSUB,N1,N2,N3,N4,N5,N6,N7,N8,N9,N10,N11,
*N12,N13,N14,N16,N18,A,IB,NI)
EXTERNAL M S C B Q P
DIMENSION A(5000),IB(5000)
CHARACTER SI#3,R#3
WRITE(#,30)
READ(#,110)R
IF(R.EQ.'A')GOTO 2
IF(R.EQ.'B')GOTO 4
IF(R.EQ.'C')GOTO 15
CALL M(NM,A(N1))
CALL S(NS,A(N2))
OPEN(4,FILE='COOR.DAT',STATUS='NEW')
2 OPEN(5,FILE='BARRA.DAT',STATUS='NEW')
4 OPEN(6,FILE='CARBA.DAT',STATUS='NEW')
OPEN(7,FILE='CARNU.DAT',STATUS='NEW')
DO 10 I=1,NSUB
  NUD=IB(N3)
  NB=IB(N4)
  N3=N3+1
  N4=N4+1
  WRITE(#,100)I
  READ(#,110)SI
  IF(R.EQ.'A')GOTO 6
  IF(R.EQ.'B')GOTO 8
  CALL C(NUD,A(N6),IB(N7),IB(N8))
  N6=N6+NUD
  N7=N7+NUD
  N8=N8+NUD
  WRITE(#,100)I
  READ(#,110)SI
6  CALL B(NB,IB(N9))
  N9=N9+NB
8  N3=3#NB
  WRITE(#,100)I
  READ(#,110)SI
  CALL Q(N3,NB,NUD,NBCA,NC,IB(N10),A(N11),IB(N12),A(N13))
  N10=N10+NB
  N11=N11+3#NB
  N12=N12+NUD
  N13=N13+NUD
10 CONTINUE
  IF(R.EQ.'A')GOTO 11
  IF(R.EQ.'B')GOTO 12
  CLOSE(4)
11 CLOSE(5)
12 CLOSE(6)
  CLOSE(7)
15 OPEN(8,FILE='PLANTA.DAT',STATUS='NEW')
  WRITE(8,130)NI
  DO 20 I=1,NI
    WRITE(#,120)I
    READ(#,110)SI
    CALL P(NSUB,I,A(N14),NI,A(N16),IB(N18))
    N14=N14+8
20 CONTINUE
  CLOSE(8)
  RETURN
30 FORMAT(/,1X,'YA HAY DATOS COORDENADAS ?, DA A',
#,1X,'YA HAY DATOS BARRAS ?, DA B',
#,1X,'YA HAY DATOS DE COORDENADAS, BARRAS Y CARGAS ?, DA C')
100 FORMAT(/,2X,'SUBESTRUCTURA:',I2,' CONTINUO ?')
110 FORMAT(A3)
120 FORMAT(/,2X,'NIVEL:',I2,' CONTINUO ?')
130 FORMAT(1X,I3)
END

```

```

SUBROUTINE M(NMAT,XMAT)
DIMENSION XMAT(NMAT,2)
CHARACTER R#3
C #####LECTURA DE DATOS#####
WRITE(#,100)
5 DO 20 N=1,NMAT
10 WRITE(#,110)
   READ(#,120)XMAT(N,1)
   WRITE(#,130)
   READ(#,140)XMAT(N,2)
   WRITE(#,160)
   READ(#,170)R
   IF(R.EQ.'NO')GOTO 10
20 CONTINUE
C #####SALIDA DE DATOS#####
WRITE(#,100)
DO 30 N=1,NMAT
   WRITE(#,150)XMAT(N,1),XMAT(N,2)
30 CONTINUE
WRITE(#,160)
READ(#,170)R
IF(R.EQ.'NO')GOTO 5
OPEN(2,FILE='MATER.DAT',STATUS='NEW')
WRITE(2,180)NMAT
DO 40 I=1,NMAT
   WRITE(2,155)XMAT(I,1),XMAT(I,2)
40 CONTINUE
CLOSE(2)
100 FORMAT (20(//),5X,'#####DATOS DE LOS MATERIALES#####')
110 FORMAT (/ ,5X,'MODULO DE ELASTICIDAD (T/M2) ?')
120 FORMAT (E10.4)
130 FORMAT (/ ,5X,'COEFICIENTE POISSON (ADIM) ?')
140 FORMAT (F5.3)
150 FORMAT (/ ,3X,'E =' ,F12.2,' T/M2 NU =' ,F5.3,' ADIM. ')
155 FORMAT (1X,F12.2,1X,F5.3)
160 FORMAT (/ ,3X,'DATOS CORRECTOS ?')
170 FORMAT (A3)
180 FORMAT(2X,I2)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE S(NSEC,PSEC)
DIMENSION PSEC(NSEC,5)
CHARACTER SI#3
C #####ENTRADA DE DATOS#####
5 WRITE(#,200)
DO 10 I=1,NSEC
WRITE (#,100)I
WRITE (#,110)
READ (#,120)PSEC(I,1),PSEC(I,2)
PSEC(I,3)=PSEC(I,1)*PSEC(I,2)
PSEC(I,4)=PSEC(I,2)*#3*PSEC(I,1)/12
PSEC(I,5)=1.2
10 CONTINUE
C #####SALIDA DE DATOS#####
WRITE (#,200)
WRITE (#,210)
WRITE (#,215)
DO 20 I=1,NSEC
WRITE (#,220)I,PSEC(I,1),PSEC(I,2),PSEC(I,3),PSEC(I,4),PSEC(I,5)
20 CONTINUE
WRITE(#,230)
READ(#,240)SI
IF(SI.EQ.'NO')GOTO 5
OPEN(3,FILE='SECCION.DAT',STATUS='NEW')
WRITE(3,250)NSEC
DO 30 I=1,NSEC
   WRITE(3,220)I,PSEC(I,1),PSEC(I,2),PSEC(I,3),PSEC(I,4),PSEC(I,5)
30 CONTINUE
CLOSE (3)
100 FORMAT (/ ,5X,'SECCION NUMERO: 'I2)
110 FORMAT (/ ,5X,'DA ANCHO Y PERALTE EN CM')
120 FORMAT (2F5.2)
200 FORMAT (20(//))
210 FORMAT (1X,'NUM B H AREA MOM INERCIA F CORTANTE')
215 FORMAT (1X,' CM CM CM2 CM4 ADIM. ')
220 FORMAT (1X,I2,2X,F5.2,3X,F5.2,3X,F8.2,1X,F10.2,4X,F5.2)
230 FORMAT (/ ,3X,'DATOS CORRECTOS ?')
240 FORMAT (A3)
250 FORMAT (2X,I2)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE C(NUD, MCOF, NIV)
CHARACTER R#3
DIMENSION CON(NUD, 2), MCOF(NUD, 3), NIV(NUD), KX(4)
C
WRITE(4, 95)
DO 20 I=1, NUD
  READ(4, 210) R
  WRITE(4, 200)
  READ(4, 110) CON(I, 1), COM(I, 2)
  WRITE(4, 100) I
DO 20 I=1, NUD
  DO 20 I=1, NUD
    READ(4, 190) I, CON(I, 1), COM(I, 1), COM(I, 2), MCOF(I, 1), K=1, 3, NIV(I)
  CONTINUE
  WRITE(4, 190) I, CON(I, 1), COM(I, 1), COM(I, 2), MCOF(I, 1), K=1, 3, NIV(I)
  CONTINUE
90
  FORMAT(25(//))
100
  FORMAT(//, 3X, COORDENADAS DEL NUDO: , I2)
110
  FORMAT(25(6, 2))
120
  FORMAT(25(//), 3X, LIBRE=0, RESTRINGIDO=1, PRESCRITO=2)
130
  FORMAT(//, 3X, CODIGOS DEL NUDO:, I2, EN DIR. X, Y, Z)
140
  FORMAT(3I2)
150
  FORMAT(//, 2X, NIVEL EN QUE SE ENCUENTRA EL NUDO , I3)
160
  FORMAT(13)
170
  FORMAT(10(//), 2X, NUDO COORDEN. CODIGOS FRONTERA NIVEL.)
180
  FORMAT(//, 2X, NUM X Y X Y Z )
190
  FORMAT(3X, I2, 2X, I6, 2, IX, F6, 2, 2X, I2, 3X, I2, 3X, I2, 5X, I2)
200
  FORMAT(//, 3X, DATOS CORRECTOS ?)
210
  FORMAT(3A)
END
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE C(NUD, MCOF, NIV)
CHARACTER R#3
DIMENSION CON(NUD, 2), MCOF(NUD, 3), NIV(NUD), KX(4)
C
WRITE(4, 95)
DO 20 I=1, NUD
  READ(4, 210) R
  WRITE(4, 200)
  READ(4, 110) CON(I, 1), COM(I, 2)
  WRITE(4, 100) I
DO 20 I=1, NUD
  DO 20 I=1, NUD
    READ(4, 190) I, CON(I, 1), COM(I, 1), COM(I, 2), MCOF(I, 1), K=1, 3, NIV(I)
  CONTINUE
  WRITE(4, 190) I, CON(I, 1), COM(I, 1), COM(I, 2), MCOF(I, 1), K=1, 3, NIV(I)
  CONTINUE
90
  FORMAT(25(//))
100
  FORMAT(//, 3X, COORDENADAS DEL NUDO: , I2)
110
  FORMAT(25(6, 2))
120
  FORMAT(25(//), 3X, LIBRE=0, RESTRINGIDO=1, PRESCRITO=2)
130
  FORMAT(//, 3X, CODIGOS DEL NUDO:, I2, EN DIR. X, Y, Z)
140
  FORMAT(3I2)
150
  FORMAT(//, 2X, NIVEL EN QUE SE ENCUENTRA EL NUDO , I3)
160
  FORMAT(13)
170
  FORMAT(10(//), 2X, NUDO COORDEN. CODIGOS FRONTERA NIVEL.)
180
  FORMAT(//, 2X, NUM X Y X Y Z )
190
  FORMAT(3X, I2, 2X, I6, 2, IX, F6, 2, 2X, I2, 3X, I2, 3X, I2, 5X, I2)
200
  FORMAT(//, 3X, DATOS CORRECTOS ?)
210
  FORMAT(3A)
END
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE B(NB, IBA)
CHARACTER R*3
DIMENSION IBA(NB,7)
C  ##ENTRADA DE DATOS##
WRITE(1,90)
5  DO 10 I=1,NB
    WRITE(1,100)I
    READ(1,110)(IBA(I,J),J=1,5)
    WRITE(1,120)
    WRITE(1,130)IBA(I,1),IBA(I,2),IBA(I,3)
    READ(1,140)IBA(I,6),IBA(I,7)
10  CONTINUE
C  ##SALIDA DE DATOS##
WRITE(1,90)
WRITE(1,210)
WRITE(1,220)
DO 30 I=1,NB
    WRITE(1,230)(IBA(I,J),J=1,7)
30  CONTINUE
WRITE(1,240)
WRITE(1,150)
READ(1,160)R
IF(R.EQ.'NO')GOTO 5
50  DO 70 I=1,NB
    WRITE(5,230)(IBA(I,J),J=1,7)
70  CONTINUE
90  FORMAT(25(/))
100 FORMAT(/,3X,I3,3X,'DA NUM BARRA, NUDOS I,J, NUM MATER Y SECC.')
```

```

110 FORMAT(5I3)
120 FORMAT(/,3X,'TIPO DE APOYO',/,3X,'CONTINUO=0, ARTICULADO=1')
```

130	FORMAT(/,3X,'BARRA NUM:',I3,' NUDOS I,J:',I3)
140	FORMAT(2I2)
150	FORMAT(/,2X,'DATOS CORRECTOS ?')
160	FORMAT(A3)
210	FORMAT(2X,' NUM        NUDOS        NUMERO        TIPO DE APOYO')
220	FORMAT(2X,' BARRA    I    J    MAT    SEC    I        J')
230	FORMAT(2X,I3,6X,I3,3X,I3,2X,I3,3X,I3,7X,I2,9X,I2)
240	FORMAT(/,5X,'TIPO DE APOYO CONTINUO=0, ARTICULADO=1')

```

RETURN
END
```

```

SUBROUTINE B(N3, NUB, NUD, NB, NC, NBC, VC, N, VN)
CHARACTER R*3
DIMENSION NBC(NUB,2),VC(N3,3),N(NUD),VN(NUD,3)
C  ##ENTRADA DE DATOS##
5  WRITE(1,200)
READ(1,210)NB,NC
IF(NB.EQ.0)GOTO60
DO 10 J=1,NB
    WRITE(1,220)
    READ(1,210)NBC(J,1),NBC(J,2)
10  CONTINUE
L=0
DO 50 J=1,NB
    WRITE(1,230)NBC(J,1)
    DO 40 K=1,NBC(J,2)
        L=L+1
        WRITE(1,240)
        READ(1,250)NT
        VC(L,1)=REAL(NT)
        GOTO(20,30)NT
20  WRITE(1,260)
        READ(1,270)VC(L,2)
        GOTO 40
30  WRITE(1,280)
        READ(1,270)VC(L,2)
        WRITE(1,290)
        READ(1,300)VC(L,3)
40  CONTINUE
50  CONTINUE
60  IF(NC.EQ.0)GOTO 75
65  WRITE(1,310)
DO 70 J=1,NC
    READ(1,320)N(J),(VN(J,K),K=1,3)
70  CONTINUE
C  ##SALIDA DE DATOS##
75  WRITE(1,330)
WRITE(1,205)NB,NC
L=0
```

```

DO 90 J=1,NB
  WRITE(*,230)NBC(J,1)
  DO 90 K=1,NBC(J,2)
    L=L+1
    M=INT(VC(L,1))
    GOTO(80,85)M
80    WRITE(*,340)M,VC(L,2)
    GOTO 90
35    WRITE(*,350)M,VC(L,2),VC(L,3)
90    CONTINUE
    WRITE(*,360)
    READ(*,370)R
    IF(R.EQ.'NO')GOTO 5
    WRITE(*,310)
    DO 95 J=1,NC
      WRITE(*,380)N(J),(VN(J,K),K=1,3)
95    CONTINUE
    WRITE(*,360)
    READ(*,370)R
    IF(R.EQ.'NO')GOTO 65
    WRITE(6,385)NB,NC
100   L=0
    DO 130 J=1,NB
      WRITE(6,385)(NBC(J,K),K=1,2)
      DO 130 K=1,NBC(J,2)
        L=L+1
        M=INT(VC(L,1))
        GOTO(110,120)M
110    WRITE(6,390)M,VC(L,2)
        GOTO 130
120    WRITE(6,400)M,VC(L,2),VC(L,3)
130    CONTINUE
    DO 140 J=1,NC
      WRITE(7,380)N(J),(VN(J,K),K=1,3)
140    CONTINUE
200    FORMAT(25(//),5X,'NUM DE BARRAS Y NUDOS CARGADOS ?')
205    FORMAT(1X,I3,' BARRAS CARGADAS',I3,' NUDOS CARGADOS')
210    FORMAT(2I3)
220    FORMAT(//,5X,'NUM DE BARRA CARGADA Y NUM DE CARGAS')
230    FORMAT(//,5X,'BARRA CARGADA NUM:'I3)

240    FORMAT(//,5X,'TIPO DE CARGA,UNIFORME=1 ,CONCENTRADA=2')
250    FORMAT(I2)
260    FORMAT(//,5X,'VALOR CARGA UNIFORME (T/M)')
270    FORMAT(F10.3)
280    FORMAT(//,5X,'VALOR CARGA CONCENTRADA (T)')
290    FORMAT(//,5X,'DISTANCIA EN M A PARTIR DE NUDO I')
300    FORMAT(F6.2)
310    FORMAT(//,5X,
           'CARGAS EN NUDOS'
           //,3X,'NUDO CARGADO   VALORES DIR X,Y,Z (ToT-M)')
320    FORMAT(I3,3F10.3)
330    FORMAT(20(//))
340    FORMAT(3X,'CARGA TIPO:',I2,' VALOR',F10.3,' (T/M)')
350    FORMAT(3X,'CARGA TIPO:',I2,' VALOR',F10.3,' (T) DIST.',F6.2,' M')
360    FORMAT(//,2X,'DATOS CORRECTOS ?')
370    FORMAT(A3)
380    FORMAT(1X,I3,5X,F10.3,5X,F10.3,5X,F10.3)
385    FORMAT(1X,2I3)
390    FORMAT(1X,I3,1X,F10.3)
400    FORMAT(1X,I3,1X,F10.3,1X,F6.2)
    RETURN
    END

```

```

SUBROUTINE P(NSUB,N,COP,NI,D,M)
DIMENSION COP(4,2),CG(2),D(NSUB),F(3),M(NSUB)
CHARACTER R#3
C  ##LECTURA DE DATOS##
5  WRITE(#,100)
   DO 10 I=1,4
     READ(#,130)(COP(I,J),J=1,2)
10  CONTINUE
C  ##SALIDA DE DATOS##
   WRITE(#,120)N
   DO 20 I=1,4
     WRITE(#,130)(COP(I,J),J=1,2)
20  CONTINUE
   WRITE(#,140)
   READ(#,150)R
   IF(R.EQ.'NO')GOTO 5
   WRITE(8,160)N
   DO 25 I=1,4
     WRITE(8,135)(COP(I,J),J=1,2)
25  CONTINUE
   X1=COP(1,1)
   Y1=COP(1,2)
   DO 40 J=2,4
     X=COP(J,1)
     Y=COP(J,2)
     XD=X1-X
     YD=Y1-Y
     IF((XD.EQ.0).AND.(YD.NE.0))GOTO 30
     IF((XD.NE.0).AND.(YD.NE.0))GOTO 40
     CG(1)=ABS(XD/2)
     GOTO 40
30  CG(2)=ABS(YD/2)
40  CONTINUE
   IF((X1.EQ.0).AND.(Y1.EQ.0))GOTO 60
   IF(X1.EQ.0)GOTO 50
   CG(1)=CG(1)+X1
50  IF(Y1.EQ.0)GOTO 60
   CG(2)=CG(2)+Y1

```

```

60  WRITE(#,115)N
   WRITE(#,135)CG(1),CG(2)
   WRITE(8,135)CG(1),CG(2)
   DO 70 J=1,NSUB
     WRITE(#,145)J
     READ(#,175)D(J)
     WRITE(#,155)
     READ(#,165)M(J)
     WRITE(#,140)
     READ(#,150)R
     WRITE(8,125)M(J),D(J)
70  CONTINUE
   WRITE(#,170)
   READ(#,185)(F(J),J=1,3)
   WRITE(#,140)
   READ(#,150)R
   WRITE(8,180)(F(J),J=1,3)
100  FORMAT(20(/),2X,'COORDENADAS X,Y, PLANTA RECTANGULAR')
115  FORMAT(1X,'COORDENADAS CENTRO GEOMETRICO NIVEL ',I2)
120  FORMAT(/,2X,'NIVEL NUM. ',I2)
125  FORMAT(1X,I2,1X,F6.2)
130  FORMAT(2F8.2)
135  FORMAT(1X,2F8.2)
140  FORMAT(/,2X,'DATOS CORRECTOS ?')
145  FORMAT(2X,'DISTANCIA PERPENDICULAR MARCO',I3,' A CENTRO GEO.?' )
150  FORMAT(A3)
155  FORMAT(1X,' DA CODIGO PARA LA DISTANCIA:',
#      ' 1 PARA ELIMINAR, 0 EN CASO CONTRARIO')
160  FORMAT(1X,I3)
165  FORMAT(I2)
170  FORMAT(1X,'CARGAS CONCENTRADAS EN CENTRO DE MASA?, 3 POR NIVEL:')
175  FORMAT(F6.2)
180  FORMAT(1X,3F8.2)
185  FORMAT(3F8.2)
   RETURN
   END

```

```

SUBROUTINE IU(NH,NS,NU,NB,NBAC,NC,NE,NBA,CON,MCOF,NIV,XM,PS,NBC,
XNV,V2,V3,N,VN,BMAG,FO,BMAS,P,FE,DB,M,IE,NIE)
EXTERNAL V MR MS F VE
DIMENSION NBA(NB,7),MCOF(NU,3),NIV(NU),XM(NH,2),PS(NS,5),
XCON(NU,2),DB(NB),IE(6,NB),BMAG(6,6),BMAS(NE,NE),FO(NE),P(NE),
XIN(6),NBC(NB,2),NV(M),V2(M),V3(M),VN(NU,3),N(NU),FE(NE)
CALL V(NU,NB,NBA,MCOF,NIV,IE,NE)
WRITE(20,130)NE,NIV(1),NIE
WRITE(20,150)NB,NBAC
DO 2 I=1,NB
  DO 2 J=1,6
    WRITE(20,140)IE(J,I)
2 CONTINUE
DO 4 I=1,NBAC
  DO 4 J=1,2
    WRITE(20,140)NBC(I,J)
4 CONTINUE
DO 10 I=1,NB
  CALL MR(I,NU,NB,NH,NS,XM,PS,CON,NBA,DB,BMAG)
  DO 5 J=1,6
    WRITE(10,110)(BMAG(J,K),K=1,6)
5 CONTINUE
  CALL MS(I,NE,NB,IE,BMAG,BMAS)
10 CONTINUE
WRITE(11,130)NE,NIV(1),NIE
DO 15 J=1,NE
  DO 15 K=1,NE
    WRITE(11,120)BMAS(J,K)
15 CONTINUE
L=0
DO 60 I=1,NBAC
  DO 60 J=1,NBC(I,2)
    L=L+1
    M1=NIV(L)
    GOTO(20,30)M1
20 W=V2(L)
    GOTO 40

```

```

30 WRITE(7,100)
   GOTO 160
40 IB=NBC(I,1)
   XL=DB(IB)
   DO 50 K=1,6
     IN(K)=IE(K,IB)
50 CONTINUE
   CALL F(L,W,XL,IN,NE,FO)
   DO 55 K=1,NE
     WRITE(10,120)FO(K)
55 CONTINUE
60 CONTINUE
   CALL VE(NU,NC,MCOF,N,VN,NE,FO,P,FE)
   DO 70 J=1,NE
     WRITE(11,120)P(J)
70 CONTINUE
100 FORMAT(1,1X,'CARGA NO CONSIDERADA')
110 FORMAT(2X,6F10.2)
120 FORMAT(2X,F12.4)
130 FORMAT(2X,3I3)
140 FORMAT(1X,I3)
150 FORMAT(1X,2I3)
160 END

```

```

SUBROUTINE V(NUD,NB, BAR, COF, NIV, IE, NE)
INTEGER BAR(NB,7), COF(NUD,3)
DIMENSION NIV(NUD), IE(6,NB)
C   ###PROCESO###
NE=0
DO 10 I=1,NUD
  DO 10 J=2,3
    IF((COF(I,J)-1).LT.0)THEN
      NE=NE+1
      COF(I,J)=NE
    ELSEIF((COF(I,J)-1).EQ.0)THEN
      COF(I,J)=0
    ENDIF
10  CONTINUE
DO 20 I=1,NUD
  IF(NIV(I).EQ.0)THEN
    COF(I,1)=0
  ELSEIF(NIV(I).EQ.N)THEN
    COF(I,1)=NE
  ELSE
    N=NIV(I)
    NE=NE+1
    COF(I,1)=NE
  ENDIF
20  CONTINUE
DO 30 I=1,NB
  NI=BAR(I,2)
  NJ=BAR(I,3)
  IE(1,I)=COF(NI,1)
  IE(2,I)=COF(NI,2)
  IE(3,I)=COF(NI,3)
  IE(4,I)=COF(NJ,1)
  IE(5,I)=COF(NJ,2)
  IE(6,I)=COF(NJ,3)
30  CONTINUE

```

```

C   #IMPRESION#
DO 40 I=1,6
  WRITE(8,120) (IE(I,J),J=1,NB)
40  CONTINUE
DO 50 I=1,NUD
  WRITE(8,120) (COF(I,J),J=1,3)
50  CONTINUE
120 FORMAT(1X,6I3)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MR(K,MU,NB,M,NS,XM,PS,CONUD,BAR,DB,MARGLO)
REAL MARILO(6,6),MARGLO(6,6)
INTEGER BAR(NB,7)
DIMENSION CONUD(MU,2),PS(NS,5),XM(M,2),DB(NB),AM(2)

```

```

C   ###PROCESO###
  IN=BAR(K,4)
  IS=BAR(K,5)
  IE=XM(IN,1)
  A=PS(IS,3)*1.E-04
  TI=PS(IS,4)*1.E-08
  F=PS(IS,5)
  NI=BAR(K,2)
  NJ=BAR(K,3)
  XI=CONUD(NI,1)
  YI=CONUD(NI,2)
  XJ=CONUD(NJ,1)
  YJ=CONUD(NJ,2)
  D2=(YJ-YI)**2+(XJ-XI)**2
  D1=SQRT(D2)
  DB(K)=D1
  FIY=24.*TI*F/(A*D2)
  XK=IE*TI/((1.+FIY)*D1)
  YK=(1.+FIY)/(4.+FIY)
  X0=0.
  X2=A*(1.+FIY)/TI
  X3=12./D2
  X4=6./D1
  X5=4.+FIY
  X6=2.-FIY
  X7=1.0E-12

```

```

C      CAMBIO DE SISTEMA LOCAL A GLOBAL
      MARGLO(1,1)=CO2#MARILO(1,1)+SE2#MARILO(2,2)
      MARGLO(1,2)=COSEN#(MARILO(1,1)-MARILO(2,2))
      MARGLO(1,3)=-SEN#MARILO(2,3)
      MARGLO(1,4)=CO2#MARILO(1,4)+SE2#MARILO(2,5)
      MARGLO(1,5)=COSEN#(MARILO(1,4)-MARILO(2,5))
      MARGLO(1,6)=-SEN#MARILO(2,6)
      MARGLO(2,2)=SE2#MARILO(1,1)+CO2#MARILO(2,2)
      MARGLO(2,3)=COS#MARILO(2,3)
      MARGLO(2,4)=COSEN#(MARILO(1,4)-MARILO(2,5))
      MARGLO(2,5)=SE2#MARILO(1,4)+CO2#MARILO(2,5)
      MARGLO(2,6)=COS#MARILO(2,6)
      MARGLO(3,3)=MARILO(3,3)
      MARGLO(3,4)=-SEN#MARILO(3,5)
      MARGLO(3,5)=COS#MARILO(3,5)
      MARGLO(3,6)=MARILO(3,6)
      MARGLO(4,4)=CO2#MARILO(4,4)+SE2#MARILO(5,5)
      MARGLO(4,5)=COSEN#(MARILO(4,4)-MARILO(5,5))
      MARGLO(4,6)=-SEN#MARILO(5,6)
      MARGLO(5,5)=SE2#MARILO(4,4)+CO2#MARILO(5,5)
      MARGLO(5,6)=COS#MARILO(5,6)
      MARGLO(6,6)=MARILO(6,6)
      DO 90 I=2,6
        DO 80 J=1,(I-1)
          MARGLO(I,J)=MARGLO(J,I)
80      CONTINUE
90      CONTINUE
C      ***SALIDA DE DATOS***
      WRITE(7,510)K
      DO 110 I=1,6
        WRITE(7,520)(MARGLO(I,J),J=1,6)
110     CONTINUE
        WRITE(7,530)(AN(J),J=1,2)
        WRITE(9,530)(AN(J),J=1,2)
510    FORMAT(10(I),2X,'**MATRIZ DE RIGIDEZ REFERENCIA GLOBAL**',
      *      'BARRA NUMERO:',I3)
520    FORMAT(1X,6F12.2)
530    FORMAT(1X,6F8.5)
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE MS(I,NE,NB,IE,MARGLO,MARES)
REAL MARGLO(6,6),MARES(NE,NE)
DIMENSION IE(6,NB)
C      #PROCESO#
      IF(I.GT.1)GOTO 10
      DO 5 J=1,NE
        DO 5 K=1,NE
          MARES(J,K)=0
5      CONTINUE
10     DO 20 J=1,6
          L=IE(J,I)
          IF(L.EB.0)GOTO 20
          DO 15 K=1,6
            M=IE(K,I)
            IF(M.EB.0)GOTO 15
            MARES(M,L)=MARES(M,L)+MARGLO(K,J)
15     CONTINUE
20     CONTINUE
C      #IMPRESION#
      DO 30 J=1,NE
        WRITE(7,100)(MARES(J,K),K=1,NE)
30     CONTINUE
100    FORMAT(1X,F15.2)
      RETURN
      END

```

```

SUBROUTINE VE(NUD,N,ID,N1,XN,NE,FO,P,FE)
DIMENSION XN(NUD,3),FE(NE),ID(NUD,3),FO(NE),P(NE),N1(NUD)
C      #PROCESO#
      DO 5 I=1,NE
        FE(I)=0
5      CONTINUE
      DO 10 I=1,N
        M=N1(I)
        L=ID(M,1)
        IF(L.EB.0)GOTO 10
        FE(L)=FE(L)+XN(I,1)
10     CONTINUE

```

```

DO 20 I=1,NE
  P(I)=FE(I)-FO(I)
20 CONTINUE
C  *SALIDA DE DATOS*
  DO 30 I=1,NE
    WRITE(*,100)P(I)
30 CONTINUE
100 FORMAT(1X,F10.3)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE F(J,W,XL,IE,NE,FO)
DIMENSION IE(6),FO(NE),PO(6)
C  ****PROCESO****
  IF(J.GT.1)GOTO 10
  DO 5 I=1,NE
    FO(I)=0
5 CONTINUE
10 PO(2)=-W*XL/2
  PO(3)=-W*XL**2/12
  PO(5)=PO(2)
  PO(6)=-PO(3)
  DO 20 I=1,6
    M=IE(I)
    IF(M.EQ.0)GOTO 10
    FO(M)=FO(M)+PO(I)
20 CONTINUE
C  ***SALIDA DE DATOS***
  DO 30 I=1,6
    WRITE(20,120)PO(I)
30 CONTINUE
  WRITE(*,120)(FO(I),I=1,NE)
110 FORMAT(1X,6F10.3)
120 FORMAT(1X,F10.3)
  RETURN
  END

```

**PROGRAM LD**

```

EXTERNAL RP T R QG E FG X CH Y UE G
DIMENSION A(10000),IB(1000)
CHARACTER SI#3,IME#20
WRITE(*,315)
READ(*,305)SI
OPEN(1,FILE='DATOS.BAT',STATUS='OLD')
OPEN(11,FILE='SUBUNO.BAT',STATUS='OLD')
OPEN(13,FILE='LATERA.BAT',STATUS='NEW')
OPEN(14,FILE='CHOLES.BAT',STATUS='NEW')
N6=38
READ(1,215)
READ(1,210)NSUB
DO 140 I5=1,NSUB
  READ(11,260)NE,NI,NIE
  WRITE(*,260)NE,NI,NIE
  NMAX=11000
  N=NE-NI
  N=NIE-NI
  N7=N6+N*N
  N8=N7+N*N*I
  N9=N8+NIE*NIE
  N10=N9+NIE
  N11=N10+N*I*N*I
  N12=N11+NI
  N13=N12+N*N
  N14=N13+N*I*N
  N15=N14+N*N*I
  N16=N15+N*I*N*I
  N17=N16+N
  N18=N17+NI
  N19=N18+N
  N20=N19+N
  N21=N20+N
  N22=N21+N*N

```

```

IF(N22.GT.NMAX)GOTO 205
WRITE(7,255)N22
DO 30 J=1,N
  DO 10 K=1,M
    READ(11,270)A(N12)
    N12=N12+1
10  CONTINUE
    DO 20 K=1,NI
      READ(11,270)A(N13)
      N13=N13+1
20  CONTINUE
30  CONTINUE
N12=N12-N#H
N13=N13-N#NI
DO 60 J=1,NI
  DO 40 K=1,M
    READ(11,270)A(N14)
    N14=N14+1
40  CONTINUE
    DO 50 K=1,NI
      READ(11,270)A(N15)
      N15=N15+1
50  CONTINUE
60  CONTINUE

N14=N14-N#NI
N15=N15-NI#NI
DO 70 J=1,M
  READ(11,270)A(N16)
  WRITE(7,270)A(N16)
  N16=N16+1
70  CONTINUE
N16=N16-N
DO 80 K=1,NI
  READ(11,270)A(N17)
  WRITE(7,270)A(N17)
  N17=N17+1
80  CONTINUE

```

```

N17=N17-NI
CALL RP(N,NI,A(N12),A(N14),A(N15),A(N16),A(N17),A(N6),A(N7),
7A(N18),A(N10),A(N11),A(N19),A(N20),A(N13),A(N21))
IF(NI.EQ.NIE)GOTO 120
DO 85 J=1,M
  DO 85 K=1,NIE
    A(N8)=0.
    WRITE(13,270)A(N8)
    N8=N8+1
85  CONTINUE
    DO 100 J=1,NI
      DO 90 K=1,M
        A(N8)=0.
        WRITE(13,270)A(N8)
        N8=N8+1
90  CONTINUE
        DO 95 K=1,NI
          A(N8)=A(N10)
          WRITE(13,270)A(N8)
          N8=N8+1
          N10=N10+1
95  CONTINUE
100 CONTINUE
    DO 105 J=1,M
      A(N9)=0.
      WRITE(13,290)A(N9)
      N9=N9+1
105 CONTINUE
      DO 110 J=1,NI
        A(N9)=A(N11)
        WRITE(13,290)A(N9)
        N9=N9+1
        N11=N11+1
110 CONTINUE
        GOTO 140

```

```

120 DO 130 J=1,NIE
      DO 130 K=1,NIE
        A(N8)=A(N10)
        WRITE(13,270)A(N8)
        N8=N8+1
        N10=N10+1

```

```

130 CONTINUE
      DO 135 J=1,NIE
        A(N9)=A(N11)
        WRITE(13,290)A(N9)
        N9=N9+1
        N11=N11+1

```

```

135 CONTINUE

```

```

140 CONTINUE
      CLOSE(1)
      CLOSE(11)
      CLOSE(13)
      CLOSE(14)
      OPEN(11,FILE='SUBONO.DAT',STATUS='NEW')
      CLOSE(11)
      DO 145 J=N6,N22
        A(J)=0.

```

```

145 CONTINUE
      M=3#NIE
      N7=N6+NIE#NIE
      N8=N7+NIE
      N9=N8+#M
      N10=N9+M
      N11=N10+NIE#M
      N12=N11+#M#NIE
      N13=N12+#M
      N14=N13+M
      N15=N14+M
      N16=N15+M
      N17=N16+NSUB#NIE
      N18=N17+NSUB
      N19=N18+NSUB
      N20=N19+NIE#NIE

```

```

      N21=N20+M#NIE
      N30=1
      N31=N30+NSUB
      N22=N21+N31
      IF (N22,6T,MMAX) GOTO 205
      WRITE(7,255)N22

```

```

      OPEN(8,FILE='PLANTA.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(12,FILE='ANGULO.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(13,FILE='LATERA.DAT',STATUS='OLD')
      OPEN(15,FILE='ENGL0.DAT',STATUS='NEW')
      OPEN(16,FILE='FORMA.DAT',STATUS='NEW')
      READ(8,220)NIE
      DO 170 I=1,NIE
        READ(8,220)K

```

```

          DO 150 J=1,4
            READ(8,230)C1,C2

```

```

150 CONTINUE
          READ(8,230)G1,G2
          DO 155 J=1,NSUB
            READ(8,240)IB(N21),A(N17)
            N17=N17+1
            N21=N21+1

```

```

155 CONTINUE
          L=N15
          L1=L+1
          L2=L+2
          READ(8,250)A(L),A(L1),A(L2)
          N15=N15+3
          N17=N17-NSUB
          N21=N21-NSUB
          J=NSUB-1
          DO 160 K=0,J
            L1=NIE#K
            L=N16+L1

```

```

      A(L)=A(N17)
      N17=N17+1
160  CONTINUE
      N17=N17-NSUB
      N16=N16+1
170  CONTINUE
      N15=N15-NIE*3
      N16=N16-NIE
      CLOSE(8)
      DO 200 I=1,NSUB
        READ(12,235)A(N18)
        CALL T(NIE,M,A(N18),A(N16),A(N10),A(N11),A(N19))
        N16=N16+NIE
        N18=N18+1
        DO 172 J=1,M
          DO 172 K=1,NIE
            WRITE(16,235)A(N10)
            N10=N10+1
172  CONTINUE
            N10=N10-M*NIE
            DO 175 J=1,NIE
              DO 175 K=1,NIE
                READ(13,270)A(N6)
                N6=N6+1
175  CONTINUE
                N6=N6-NIE*NIE
                CALL R(NIE,M,A(N10),A(N11),A(N6),A(N12),A(N20))
                DO 180 J=1,NIE
                  READ(13,290)A(N7)
                  N7=N7+1
180  CONTINUE
                  N7=N7-NIE
                  CALL Q6(NIE,M,A(N11),A(N7),A(N13))
                  CALL E(NIE,M,A(N12),A(N8))
                  CALL F6(M,A(N13),A(N14))
                  CALL X(M,A(N14),A(N15),A(N9))
200  CONTINUE

```

```

      DO 185 J=1,M
        DO 185 K=1,M
          WRITE(15,270)A(N8)
          N8=N8+1
185  CONTINUE
          N8=N8-M*M
          DO 195 J=1,M
            WRITE(15,270)A(N9)
            N9=N9+1
195  CONTINUE
            N9=N9-M
            CLOSE(12)
            CLOSE(13)
            CLOSE(15)
            CLOSE(16)
            DO 330 J=N11,N21
              A(J)=0.
330  CONTINUE
              DO 340 J=N21,N22
                IB(J)=0
340  CONTINUE
                N12=N11+M
                N13=N12+M*M

                N14=N13+M
                WRITE(7,255)N14
                CALL CH(A(N8),A(N12),M)
                CALL Y(M,A(N12),A(N9),A(N13))
                CALL UE(M,A(N13),A(N12),A(N11))
                OPEN(17,FILE='DESE.DAT',STATUS='NEW')
                DO 345 J=1,M
                  WRITE(17,295)A(N11)
                  N11=N11+1
345  CONTINUE
                  N11=N11-M
                  CLOSE(17)
                  DO 350 J=N12,N14
                    A(J)=0.
350  CONTINUE

```

```

OPEN(9,FILE='TRANS.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(10,FILE='SUBES.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(14,FILE='CHOLES.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(16,FILE='FORMA.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(17,FILE='DESE.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(20,FILE='FIJA.DAT',STATUS='OLD')
DO 355 J=1,M
  READ(17,295)A(N11)
  WRITE(8,295)A(N11)
  N11=N11+1
355 CONTINUE
N11=N11-M
DO 360 I5=1,NSUB
  READ(20,260)NE,NI,NIE
  READ(20,310)NB,NBAC
  N13=N12+NIE*M
  N14=N13+NIE
  N15=N14+NE*M
  N16=N15+NE
  N17=N16+NE
  N18=N17+36
  N19=N18+36
  N20=N19+6
  N21=N20+6
  N22=N21+6
  N23=N22+6
  N24=N23+6
  N25=N24+NBAC*6
  N50=NSUB+1
  N51=N50+NB*2
  N52=N51+NB*6
  N28=N25+N52
  IF(N28.GT.NMAX)GOTO 205
  WRITE(8,255)N28
  CALL 6(NSUB,NE,NIE,N,NI,NB,NBAC,A(N10),A(N11),A(N13),A(N14),
  *A(N15),A(N16),IB(N50),IB(N51),A(N24))

```

```

360 CONTINUE
CLOSE(9)
CLOSE(10)
CLOSE(14)
CLOSE(16)
CLOSE(17)
CLOSE(20)
GOTO 500
205 WRITE(8,280)
210 FORMAT(1X,I4)
215 FORMAT(1X,A20)
220 FORMAT(1X,I3)
230 FORMAT(1X,2F8.2)
235 FORMAT(1X,F8.2)
240 FORMAT(1X,I2,1X,F6.2)
250 FORMAT(1X,3F8.2)
255 FORMAT(1X,'MEMORIA OCUPADA ',I5)
260 FORMAT(2X,3I3)
270 FORMAT(2X,F12.4)
275 FORMAT(1X,F6.2,1X,F6.2)
280 FORMAT(/,1X,'MEMORIA INSUFICIENTE#')
290 FORMAT(1X,F10.6)
295 FORMAT(1X,F12.9)
305 FORMAT(A3)
310 FORMAT(1X,2I3)
315 FORMAT(1X,' CAMBIA DISCO CON DATOS Y TECLEA CUALQUIER TECLA PARA
#CONTINUAR')
500 END

```

```

SUBROUTINE CH(A,B,N)
DIMENSION A(N,N),B(N,N)
***PROCESO***
B(I,I)=SQRT(A(I,I))
DO 10 J=2,N
  B(I,J)=A(I,J)/B(I,I)
CONTINUE
DO 60 I=2,N
  X=0.
  DO 20 K=1,(I-1)
    X=X+(B(K,I))**2
  CONTINUE
  B(I,I)=SQRT(A(I,I)-X)
  IF(I.LT.N)GOTO 30
  GOTO 200
DO 50 J=(I+1),N
  X=0.
  DO 40 K=1,(I-1)
    X=X+B(K,I)**2
  CONTINUE
  B(I,J)=(A(I,J)-X)/B(I,I)
CONTINUE
DO 70 I=1,N
  WRITE(*,100)B(I,J)
CONTINUE
FORMAT(1X,F15.4)
RETURN
END

```

C

10

20

30

40

50

60

C

200

70

100

```

SUBROUTINE RP(N,L,BX,CX,F,BI,DE,U,H,YI,W,YE,C1,H1,HT,UT)
EXTERNAL CH Y MA VL
DIMENSION BX(N,N),U(N,N),CX(N,L),H(N,L),F(L,L),W(L,L),C1(N),H1(N),
HT(L,N),BI(N),YI(N),BE(L),YE(L),UT(N,N)
DO 5 I=1,N
  DO 5 J=1,N
    U(I,J)=0.
  CONTINUE
  CALL CH(BX,U,N)
  DO 10 J=1,N
    WRITE(14,100)(U(I,J),I=1,N)
  CONTINUE
  DO 40 I=1,L
    DO 20 J=1,N
      C1(J)=CX(J,I)
    CONTINUE
    CALL Y(N,U,C1,H1)
    DO 30 J=1,N
      H(J,I)=H1(J)
    CONTINUE
  CONTINUE
  DO 50 J=1,L
    WRITE(14,100)(H(I,J),I=1,N)
  CONTINUE
  CALL MA(N,L,H,F,W,HT)
  DO 60 I=1,L
    WRITE(14,100)(W(I,J),J=1,L)
  CONTINUE
  CALL Y(N,U,BI,YI)
  WRITE(14,110)(YI(J),J=1,N)
  CALL VL(N,L,HT,BE,YI,YE)
  FORMAT(1X,F12.4)
  FORMAT(1X,F10.6)
END

```

5

10

20

30

40

50

60

100

110

```

SUBROUTINE Y(N,A,B,C)
DIMENSION A(N,N),B(N),C(N)
C
  ***PROCESO***
  C(1)=B(1)/A(1,1)
  DO 20 I=2,N
    X=0.
    DO 10 K=1,(I-1)
      X=X+A(K,I)*C(K)
10    CONTINUE
    C(I)=(B(I)-X)/A(I,I)
20  CONTINUE
C  ***SALIDA DE DATOS***
  DO 30 I=1,N
    WRITE(*,100)C(I)
30  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F15.4)
    RETURN
    END
SUBROUTINE MA(M,N,A,B,C,AT)
DIMENSION A(M,N),B(N,M),C(N,M),AT(N,M)
C
  ***PROCESO***
  DO 10 I=1,M
    DO 10 J=1,N
      AT(J,I)=A(I,J)
10  CONTINUE
  DO 30 I=1,N
    DO 30 J=1,M
      C(I,J)=0.
      DO 20 K=1,M
        C(I,J)=C(I,J)+AT(I,K)*A(K,J)
20  CONTINUE
30  CONTINUE
  DO 40 I=1,N
    DO 40 J=1,M
      C(I,J)=B(I,J)-C(I,J)
40  CONTINUE
C  ***SALIDA DE DATOS***
  DO 50 I=1,N
    DO 50 J=1,M
      WRITE(*,100)C(I,J)
50  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F15.4)
    RETURN
    END

```

```

SUBROUTINE VL(M,N,AT,B,Y,YE)
DIMENSION AT(N,M),B(N),Y(N),YE(N)
C
  ***PROCESO***
  DO 30 I=1,M
    YE(I)=0.
    DO 20 K=1,N
      YE(I)=YE(I)+AT(I,K)*Y(K)
20  CONTINUE
30  CONTINUE
  DO 40 I=1,M
    YE(I)=B(I)-YE(I)
40  CONTINUE
C  ***SALIDA DE DATOS***
  DO 50 I=1,M
    WRITE(*,100)YE(I)
50  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F12.6)
    RETURN
    END

```

```

SUBROUTINE T(N,M,A,D,AM,AMT,XI)
DIMENSION XI(N,N),D(N),AM(N,M),AMT(M,M)
C  ***PROCESO***
DO 20 I=1,N
  DO 20 J=1,N
    IF (J.EQ.I)GOTO 10
    XI(I,J)=0.
    GOTO 20
10  XI(I,J)=1.
20  CONTINUE
B=A*3.141593/180.
CO=COS(B)
SE=SIN(B)
DO 60 I=1,M
  L=N+1-I
  X=D(L)
  IF(X.EQ.0)GOTO 60
  DO 30 J=1,N
    AM(I,J)=CO*XI(I,J)
30  CONTINUE
  DO 40 J=(N+1),2*N
    K=J-N
    AM(I,J)=SE*XI(I,K)
40  CONTINUE
  DO 50 J=(2*N+1),M
    K=J-2*N
    AM(I,J)=D(L)*XI(I,K)
50  CONTINUE
60  CONTINUE
DO 70 I=1,M
  DO 70 J=1,M
    AMT(J,I)=AM(I,J)
70  CONTINUE
C  ***IMPRESION***
DO 80 I=1,N
  DO 80 J=1,M
    WRITE(%,100)AM(I,J)
80  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F8.2)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE R(N,M,AM,AMT,XKL,XKG,A1)
DIMENSION AMT(M,N),AM(N,M),A1(M,N),XKL(N,N),XKG(M,M)
C  ***PROCESO***
DO 20 I=1,M
  DO 20 J=1,N
    A1(I,J)=0.
    DO 10 K=1,N
      A1(I,J)=A1(I,J)+AMT(I,K)*XKL(K,J)
10  CONTINUE
20  CONTINUE
DO 40 I=1,M
  DO 40 J=1,N
    XKG(I,J)=0.
    DO 30 K=1,N
      XKG(I,J)=XKG(I,J)+A1(I,K)*AM(K,J)
30  CONTINUE
40  CONTINUE
C  ***SALIDA DE DATOS***
DO 50 I=1,M
  DO 50 J=1,N
    WRITE(%,100)XKG(I,J)
50  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F12.3)
RETURN
END
SUBROUTINE Q6(N,M,AMT,PL,PG)
DIMENSION AMT(M,N),PL(N),PG(M)
C  ***PROCESO***
DO 20 I=1,M
  PG(I)=0.
  DO 10 K=1,N
    PG(I)=PG(I)+AMT(I,K)*PL(K)
10  CONTINUE
20  CONTINUE
C  ***SALIDA DE DATOS***
DO 30 I=1,M
  WRITE(%,100)PG(I)
30  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F15.7)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE E(N,M,XK6,XK)
DIMENSION XK6(M,M),XK(M,M)
C  ##PROCESO##
  I1=I1+1
  IF (I1.GT.1)GOTO 15
  DO 10 I=1,M
    DO 10 J=1,M
      XK(I,J)=0.
10  CONTINUE
15  DO 20 J=1,M
    DO 20 K=1,M
      XK(J,K)=XK(J,K)+XK6(J,K)
20  CONTINUE
C  ##SALIDA DE DATOS##
  DO 30 I=1,M
    DO 30 J=1,M
      WRITE(%,100)XK(I,J)
30  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F12.3)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE FG(M,PG,FI)
DIMENSION PG(M),FI(M)
C  ##PROCESO##
  I1=I1+1
  IF (I1.GT.1)GOTO 15
  DO 10 I=1,M
    FI(I)=0.
10  CONTINUE
15  DO 20 I=1,M
    FI(I)=FI(I)+PG(I)
20  CONTINUE
C  ##SALIDA DE DATOS##
  DO 30 I=1,M
    WRITE(%,100)FI(I)
30  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F12.4)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE X(N,FI,FE,F)
DIMENSION FI(N),FE(N),F(N)
C  ##PROCESO##
  DO 10 I=1,M
    F(I)=0.
    F(I)=FI(I)+FE(I)
10  CONTINUE
C  ##SALIDA##
  DO 20 I=1,M
    WRITE(%,100)F(I)
20  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F12.4)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE UE(N,Y,U,X)
DIMENSION Y(N),U(N,N),X(N)
C  ##PROCESO##
  X(N)=Y(N)/U(N,N)
  DO 20 M=2,N
    I=N-M+1
    X1=0.
    DO 10 K=(I+1),N
      X1=X1+U(I,K)*X(K)
10  CONTINUE
    X(I)=(Y(I)-X1)/U(I,I)
20  CONTINUE
C  ##IMPRESION##
  DO 30 J=1,N
    WRITE(%,100)X(J)
30  CONTINUE
100 FORMAT(1X,F10.4)
  RETURN
  END

```

```

SUBROUTINE GINSUB,NE,NIE,M,NI,NB,NBA,AM,XI,US,U,Y,XS,NBC,IE,P)
EXTERNAL @G MO EL
DIMENSION AM(NIE,M),XI(M),US(NIE),U(NE,NE),Y(NE),XS(NE),NBC(NB,2),
XMG(6,6),AB(6,6),UR(6),FO(6),FE(6),FEL(6),IE(6,NB),PO(6),P(6,NBA)
DO 10 J=1,M
  DO 10 K=1,NIE
    READ(16,100)AM(K,J)
10  CONTINUE
  CALL @G(M,NIE,AM,XI,US)
  DO 15 J=1,NIE
    WRITE(17,170)US(J)
15  CONTINUE
  L=NE-NI
  DO 20 J=1,L
    READ(14,110)(U(K,J),K=1,L)
20  CONTINUE
  DO 25 J=(L+1),NE
    READ(14,110)(U(K,J),K=1,L)
25  CONTINUE
  DO 30 J=(L+1),NE
    READ(14,110)(U(K,J),K=(L+1),NE)
30  CONTINUE
  DO 32 J=1,L
    XS(J)=0.
32  CONTINUE
  K=L+1
  DO 35 J=1,NIE
    C=US(J)
    IF(C.EQ.0.)GOTO 35
    XS(K)=US(J)
    K=K+1
35  CONTINUE
  READ(14,120)(Y(J),J=1,L)
  CALL MO(NE,L,Y,U,XS)
  DO 40 J=1,NE
    WRITE(17,170)XS(J)
40  CONTINUE
DO 45 I=1,NB
  DO 45 J=1,6
    READ(20,130)IE(J,I)
45  CONTINUE
  DO 50 I=1,NBA
    DO 50 J=1,2
      READ(20,130)NBC(I,J)
50  CONTINUE
  DO 52 I=1,6
    DO 52 J=1,NBA
      P(I,J)=0.
52  CONTINUE
  DO 55 I=1,NBA
    DO 54 J=1,NBC(I,2)
      DO 54 K=1,6
        READ(20,150)PO(K)
        P(K,I)=P(K,I)+PO(K)
54  CONTINUE
55  CONTINUE
  DO 85 I=1,NB
    DO 60 J=1,6
      READ(10,140)(XMG(J,K),K=1,6)
60  CONTINUE
  DO 65 K=1,6
    FO(K)=0.
    UR(K)=0.
65  CONTINUE
  DO 72 J=1,NBA
    L=NBC(J,1)
    IF(L.NE.1)GOTO 72
    DO 70 K=1,6
      FO(K)=P(K,J)
70  CONTINUE
72  CONTINUE
  READ(9,180)CO,SEN
  AB(1,1)=CO
  AB(2,2)=CO
  AB(3,3)=1.
  AB(4,4)=CO

```



```

AB(5,5)=CO
AB(6,6)=1.
AB(1,2)=SEN
AB(2,1)=-SEN
AB(4,5)=SEN
AB(5,4)=-SEN
DO 75 K=1,6
  IN=IE(K,I)
  IF(IN.EQ.0)GOTO 75
  UR(K)=XS(IN)
75 CONTINUE
  CALL EL(XM6,UR,F0,FE)
  CALL QG(6,6,AB,FE,FEL)
  DO 80 J=1,6
    WRITE(17,115)FEL(J)
80 CONTINUE
85 CONTINUE
  DO 90 I=1,NBA
    DO 90 J=1,NE
      READ(10,190)C
90 CONTINUE
100 FORMAT(1X,F8.2)
110 FORMAT(1X,F10.4)
115 FORMAT(1X,F15.6)
120 FORMAT(1X,F10.6)
130 FORMAT(1X,I3)
140 FORMAT(2X,6F10.2)
150 FORMAT(1X,F10.3)
170 FORMAT(1X,F12.9)
180 FORMAT(1X,6F8.5)
190 FORMAT(2X,F12.4)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE NO(N,L,Y,U,X)
DIMENSION Y(N),U(N,N),X(N)
C #PROCESS#
Y(N)=X(N)#U(N,N)
N=N-L
IF(N.EQ.1)GOTO 50
DO 20 I=1,(N-1)
  J=N-I
  X1=0.
  DO 10 K=(J+1),N
    X1=X1+U(J,K)#X(K)
10 CONTINUE
  Y(J)=X(J)#U(J,J)+X1
20 CONTINUE
  DO 40 I=1,L
    J=L-I+1
    X1=0.
    DO 30 K=(J+1),N
      X1=X1+U(J,K)#X(K)
30 CONTINUE
  X(J)=(Y(J)-X1)/U(J,J)
40 CONTINUE
GOTO 75
50 DO 70 I=2,N
  J=N-I+1
  X1=0.
  DO 60 K=(J+1),N
    X1=X1+U(J,K)#X(K)
60 CONTINUE
  X(J)=(Y(J)-X1)/U(J,J)
70 CONTINUE
C #IMPRESIONE#
75 DO 80 J=1,N
  WRITE(3,100)X(J)
80 CONTINUE
100 FORMAT(1X,F11.8)
RETURN
END

```

```
      SUBROUTINE EL(XMG,XI,FO,FE)
      DIMENSION XMG(6,6),XI(6),FO(6),FE(6),YI(6)
C     ###PROCESO###
      DO 20 I=1,6
        YI(I)=0.
        DO 10 K=1,6
          YI(I)=YI(I)+XMG(I,K)*XI(K)
10      CONTINUE
20      CONTINUE
      DO 30 I=1,6
        FE(I)=YI(I)+FO(I)
30      CONTINUE
C     ###SALIDA DE DATOS###
      DO 40 I=1,6
        WRITE(8,100)FE(I)
40      CONTINUE
100     FORMAT(1X,F15.7)
      RETURN
      END
```