



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES

**MODULO OPTATIVO : SAP 2000
PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE
ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES
CA 058**

**Del 20 de septiembre al 01 de octubre del
2004**

Tema

APUNTES GENERALES

**EXPOSITOR: ING. FERNANDO MONROY MIRANDA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DE 2004**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

***INSTRUCTIVO PARA LA UTILIZACION DEL
PROGRAMA DE COMPUTADORA SAP 2000***

*Análisis y Diseño Integrado de Estructuras por el Método de Elementos
Finitos*

FERNANDO MONROY MIRANDA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL, TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS

LABORATORIO DE CÓMPUTO ESTRUCTURAL

PRÓLOGO

La serie de programas SAP son quizá los programas más conocidos, probados y utilizados en el campo de la Ingeniería Estructural, particularmente en el Análisis Estructural, desde las primeras versiones SOLIDSAP, SAP 3, SAP IV, etc., hasta la más reciente SAP 2000, han sido utilizadas por un gran número de ingenieros en nuestro país y en muchas partes del mundo, cuenta con respaldo y soporte técnico al que tiene derecho el usuario autorizado así como a los manuales respectivos.

Por lo anterior, desde hace algunos años el Departamento de Estructuras de la División de Ingeniería Civil Topográfica y Geodesia de la Facultad de Ingeniería de la UNAM consideró conveniente impartir una serie de cursos para enseñar a manejar el programa, para ello el contar con un instructivo que permita introducir al usuario de una manera fácil al programa facilitará el objetivo anterior, por lo que se sugiere que el lector asista a los cursos que organiza del Departamento de Estructuras o la División de Educación Continua de la FI de la UNAM.

En este instructivo se describen algunos de los principales elementos que intervienen en el uso del programa de computadora para Análisis y Diseño Estructural SAP-2000, cuya principal utilización será para los alumnos de la materia "Diseño Estructural" de la carrera de Ingeniero Civil que se imparte en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Se ha procurado realizar este instructivo de una manera sencilla y resumida para que el usuario no emplee demasiado tiempo en leerlo y pueda resolver su problema en lo que respecta al Análisis y Diseño de Estructuras utilizando el programa SAP-2000.

Se recomienda que si algunos de los elementos no son descritos ampliamente se consulten los manuales respectivos o la ayuda en línea incluida en el programa y se observen los ejemplos que se desarrollan al final del instructivo. Se supone que el usuario está familiarizado con la nomenclatura y terminología utilizada en el Análisis y Diseño Estructural y que cuenta con conocimientos básicos de computación en lo que respecta a manejo de información (archivos) y ejecución de programas en ambiente Windows 95, 98.

El autor agradece al Ing. Miguel Ángel Rodríguez Vega, Jefe del Departamento de Estructuras el apoyo para el desarrollo de este tipo de actividades, por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo así como la revisión del presente instructivo.

FERNANDO MONROY MIRANDA

Cd. Universitaria, Marzo del 2000

CONTENIDO

PRÓLOGO

CAPÍTULO 1 EL PROGRAMA SAP 2000

1.1 Introducción al programa SAP 2000

CAPÍTULO 2 RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA

2.1 Paso 1. Tipo de estructura

2.2 Paso 2. Definición de la geometría

2.3 Paso 3. Definición de las propiedades elásticas de los materiales

2.4 Paso 4. Definición de las propiedades geométricas de los elementos

2.5 Paso 5. Definición las características de las fuerzas y de las combinaciones

2.6 Paso 6. Elección del tipo de análisis y resultados.

2.7 Paso 7. Diseño de elementos

CAPÍTULO 3 MÓDULOS DEL PROGRAMA DESCRIPCION GENERAL

3.1 Ejecución del programa, módulos que lo componen

3.2 Descripción general

CAPÍTULO 4 OPCIONES PARA LA GENERACIÓN DE LA ESTRUCTURA

4.1 Introducción

4.2 Descripción General

4.3 Generación de la Geometría

4.4 Definición y asignación de propiedades geométricas

4.5 Definición y Asignación materiales

4.6 Condiciones de Frontera, tipos de apoyo

4.7 Asignación de Fuerzas y combinaciones

4.8 Opciones de Análisis y Diseño, selección de resultados

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

5.1 Verificando algunos elementos del proceso de análisis

CAPÍTULO 6 SELECCIÓN E INTERPRETACION DE RESULTADOS

6.1 Introducción

6.2 Ver la estructura deformada

6.3 Ver los diagramas de elementos mecánicos

6.4 Ver los resultados de diseño

6.5 Otras características

CAPÍTULO 7 OPCIONES ADICIONALES

7.1 Introducción

7.2 Ver el archivo de entrada

7.3 Ver el archivo de salida

7.4 Relación con AUTO CAD

CAPÍTULO 8 EJEMPLOS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Ejemplo No. 1

Ejemplo No. 2

Ejemplo No. 3

Ejemplo No. 4

Ejemplo No. 5

CAPÍTULO 9 COMENTARIOS FINALES

EL PROGRAMA SAP 2000

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el desarrollo de los equipos y sistemas de computo ha permitido una comunicación mucho más rápida, directa y sencilla entre el usuario y la computadora logrando la posibilidad de desarrollar programas que, utilizando las características de las computadoras de hoy en día, nos permitan usarlas mas eficientemente y entre otras cosas facilitándonos la posibilidad de explorar varias alternativas de solución de problemas estructurales o bien considerar más variables en el comportamiento de las estructuras con el objeto de lograr un mejor modelo de la estructura.

Tomando en cuenta lo anterior, **SAP 2000** es el resultado de un trabajo desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica cuyo principal objetivo fue desarrollar un programa para Análisis y Diseño de Estructuras en donde el usuario tenga gran versatilidad en el manejo del mismo a través de una interacción directa en la mayor parte de la ejecución de los módulos que componen el programa y junto con la sencillez y facilidad de uso son algunas de sus principales características.

El Sistema **SAP 2000** es un programa escrito para computadoras personales IBM o compatibles mediante el cual puede realizarse el Análisis y Diseño de Estructuras bajo uno o varios sistemas de carga formados por un conjunto de fuerzas estáticas y/o dinámicas aplicadas a la estructura.

SAP 2000 fue desarrollado bajo la hipótesis de que la estructura está formada por barras prismáticas (aunque también maneja cierto tipo de barras de sección variable) de eje recto, considerando también la posibilidad de modelar elementos placa y sólido (Elementos finitos).

Consta básicamente de una serie de menús (Véase Figura 1) que se despliegan en la pantalla al inicio del programa y por lo general después de terminada la ejecución de cada una de las opciones, con ellas, el usuario puede introducir y/o modificar datos, o bien almacenarlos para su procesamiento posterior, analizar la estructura, ver resultados en la pantalla o imprimirlos, ver resultados de diseño, etc.

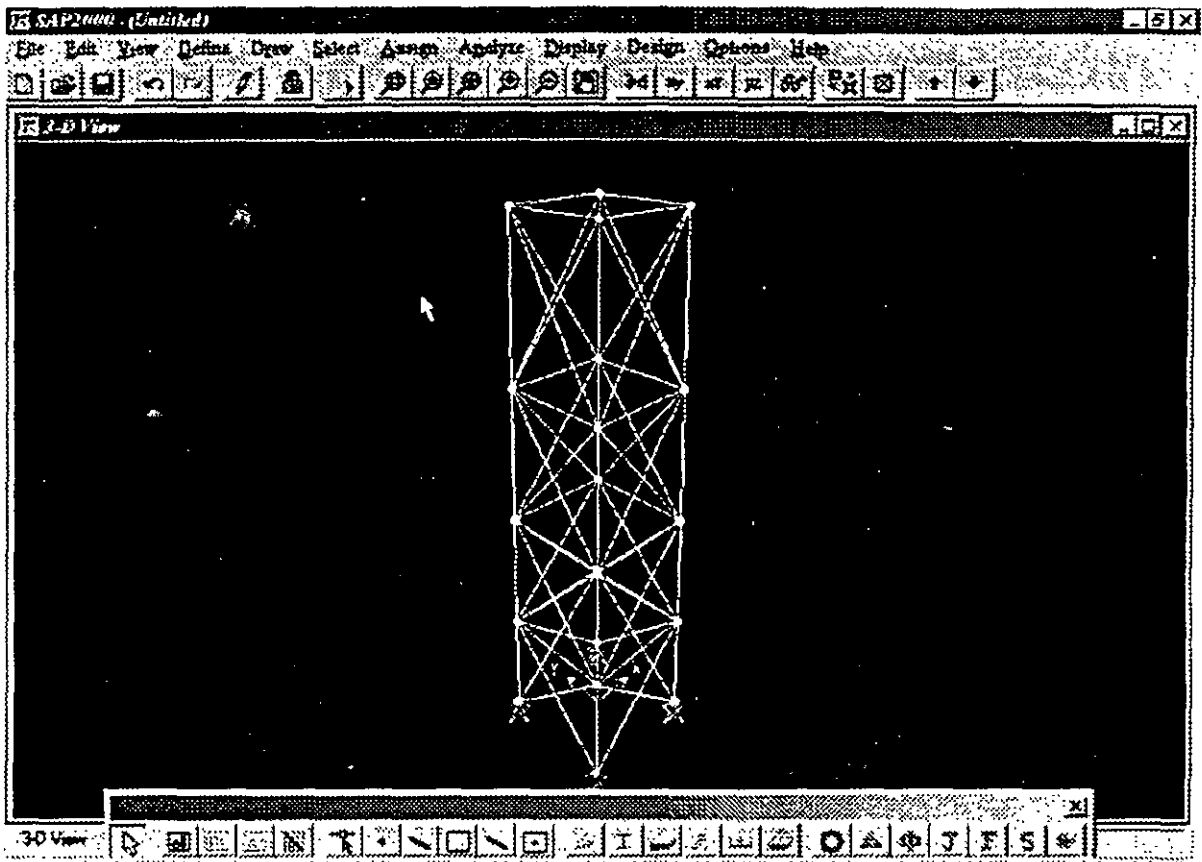


Figura 1.1 SAP 2000, menú principal.

Una de las principales características del programa es la interacción que se puede establecer entre éste y el usuario, y debido al número de opciones que el usuario puede activar, se requiere aprender su lenguaje específico para poder utilizarlo, ya que, el usuario puede seleccionar varias opciones y la ejecución de cada una de ellas genera otras más, **SAP 2000** es un programa orientado a eventos (seleccionar un elemento con el ratón, elegir una opción, activar/desactivar sucesos, etc.) y no siempre solicita textualmente los elementos (datos) que se vayan requiriendo para la ejecución completa de ese módulo, por otro lado además es necesario saber las convenciones de signos empleadas, los sistemas de referencia utilizados así como algunas recomendaciones para su uso, éstas y algunas características más son descritas en los capítulos posteriores.

En el capítulo 2 se dan las recomendaciones necesarias para facilitar la preparación e introducción de datos, en el capítulo 3 se comentan los módulos que componen el programa, el capítulo 4 describe el módulo para crear la estructura, en el capítulo 5 se presenta el módulo de análisis, en el capítulo 6 se presentan las opciones para ver resultados del Análisis y Diseño, en el capítulo 7 se describen algunas opciones adicionales o complementarias, el capítulo 8 contiene algunos ejemplos con la correspondiente interpretación de los resultados obtenidos por el programa **SAP 2000**, por último en el capítulo 9 se incluyen algunos comentarios y sugerencias finales.

RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA

CAPÍTULO 2

2.1 INTRODUCCION

El programa SAP 2000 posee una interfase gráfica como una opción que le permite al usuario modelar, analizar, diseñar y desplegar tanto datos como resultados de una estructura, una vez que se cuenta con los datos de geometría, propiedades de los materiales de los cuales están hechos los elementos estructurales así como las cargas y desde luego un completo y correcto entendimiento del problema, se esta en condiciones de utilizar el programa, para ello habrá necesidad de modelar a los elementos anteriores, una vez definido el modelo que se utilizará para esos elementos se introducirá el modelo completo utilizando por ejemplo la interfase gráfica.

La estructura idealizada estará formada por:

- Elementos barra (FRAME) usados para representar a las vigas, columnas, diagonales, etc.
- Elementos placa (SHELL) usados para representar muros, losas, rampas, etc.
- Elementos sólidos (SOLID) usados para modelar estructuras continuas tridimensionales.
- Nudos (JOINTS) que representan la conexión entre los elementos barra, placa y sólido.
- Propiedades físicas y elásticas de los materiales
- Apoyos y resortes que representan las restricciones de desplazamiento del nudo.
- Cargas (concentradas, uniformes, etc.) que representan a las acciones (peso propio, viento, sismo, ocupación, etc.).

2.1 PASO 1. TIPO DE ESTRUCTURA

SAP 2000 permite manejar a la estructura en un sistema coordinado tridimensional, sin embargo, antes de realizar el análisis se pueden seleccionar determinados grados de libertad (ver figura 2.1) y así aunque la estructura este referida a un sistema tridimensional se pueden analizar:

Marcos y vigas en un plano vertical
Reticulas (en un plano horizontal)

Desde luego se permite modelar y analizar Armaduras y marcos tridimensionales.

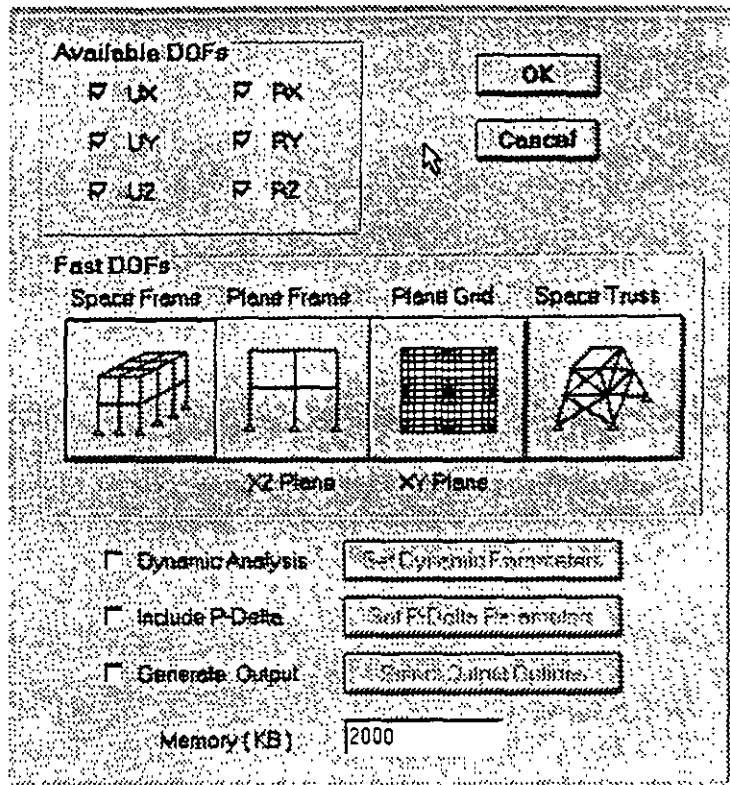


Figura 2.1. Selección de grados de libertad de acuerdo al tipo de estructura

Para el caso de las estructuras tipo armadura sólo se considerará el efecto axial en el análisis.

En las estructuras planas se consideran cortante y axial en el plano de la estructura y flexión perpendicular a ese plano.

El tipo retícula permite analizar estructuras con acciones perpendiculares a su plano considerando flexión en el plano, torsión y cortante.

El caso general lo constituye el tipo marco tridimensional en donde se consideran flexión y cortante en dos direcciones, torsión y axial con seis grados de libertad por nudo, desde luego que se pueden liberar extremos de las barras a algún elemento mecánico y suprimir o ligar grados de libertad (diafragma rígido por ejemplo).

2.2 PASO 2. DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA

Antes de iniciar la ejecución del programa SAP 2000 es conveniente como segundo paso definir completamente la geometría del modelo. La estructura real se idealizará mediante una serie de elementos estructurales conectados entre sí, los cuales, de acuerdo a sus características se podrán modelar como elementos barra (trabes, columnas, diagonales), elementos placa (losas, muros) o elementos sólidos tridimensionales (elementos continuos), estos elementos estarán unidos en puntos

comunes (nudos), algunos nudos estarán completamente o parcialmente restringidos (apoyos), en uno o varios grados de libertad.

La definición de los elementos (barra, placa, sólido, etc.) se logra localizando sus nudos extremos (incidencias) en un sistema coordenado cartesiano proporcionando las coordenadas de esos nudos.

No es necesario numerar en ningún orden a los nudos que forman parte de la estructura ya que el programa los numera. Es conveniente localizar nudos en donde se tenga cambio de propiedades geométricas o elásticas, recordando que el elemento barra requiere de dos nudos para localizarlo, el elemento placa 3 ó 4 y el sólido comunmente 8 nudos.

Como se verá posteriormente el editor gráfico permite introducir la geometría de la estructura de una manera bastante sencilla y directa, ya que con la ayuda del "ratón" (dispositivo tipo puntero o *mouse*) simple y sencillamente por ejemplo haciendo clic en las coordenadas de los puntos extremos de la barra automáticamente se definen sus incidencias así como las coordenadas de esos nudos.

2.3 PASO 3. DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DE LOS ELEMENTOS

SAP 2000 permite manejar una gran variedad de formas predefinidas para la sección transversal de las barras que componen la estructura (ver figura 2.2), como por ejemplo:

- Secciones I, canal, T, ángulos, ángulos dobles, cajón, tubos, etc.
- Secciones rectangulares, circulares.
- Secciones cualquiera (proporcionando sus propiedades)
- Sección no prismáticas (propiedades variables).

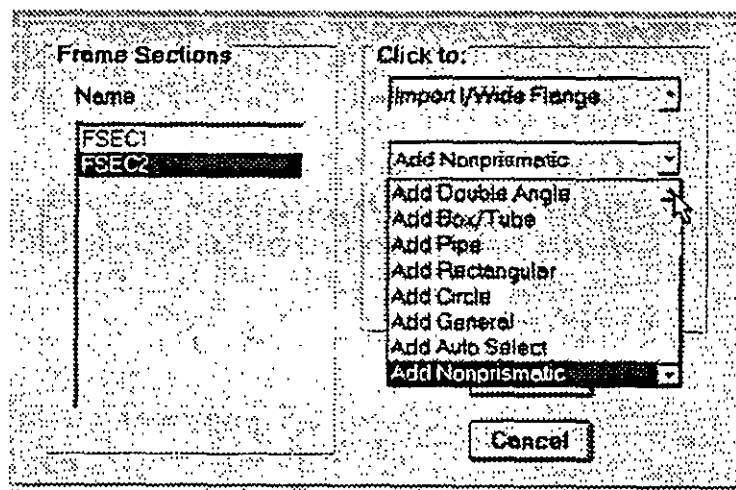


Figura 2.2. Algunas formas para la sección transversal de las barras

Una vez elegida la forma de la sección transversal será necesario introducir los datos relativos a las dimensiones (tamaño) de la forma seleccionada (ver figura 2.3).

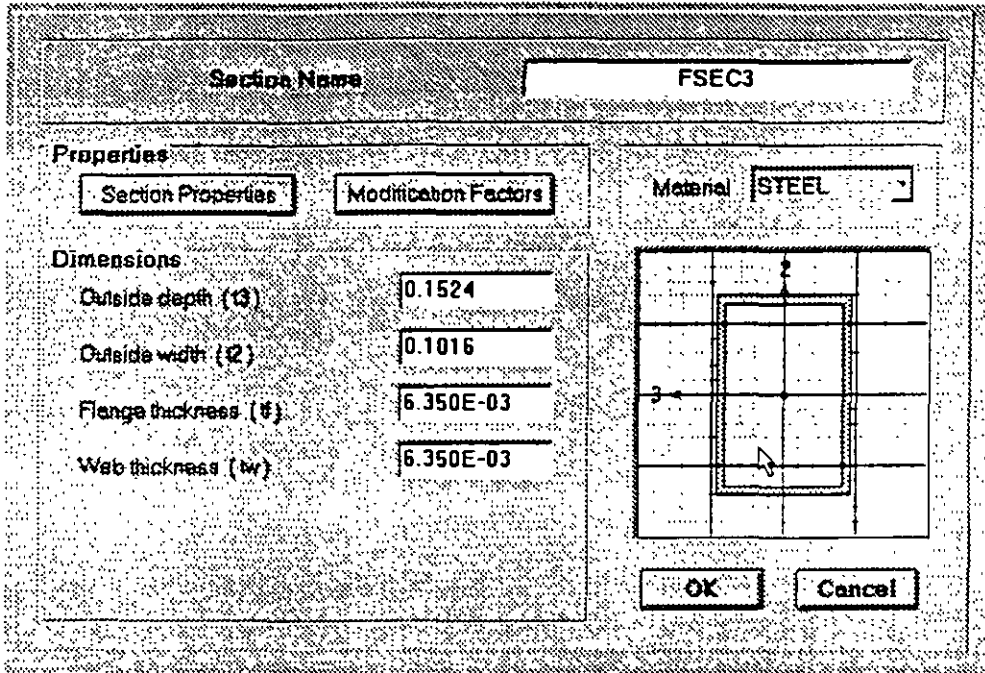


Figura 2.3. Dimensiones de una forma de sección transversal específica.

Para los elementos barra prismáticos (general) de una estructura tridimensional se requiere proporcionar las siguientes propiedades referidas a ejes locales, centroidales y principales de la barra (ver figura 2.4).

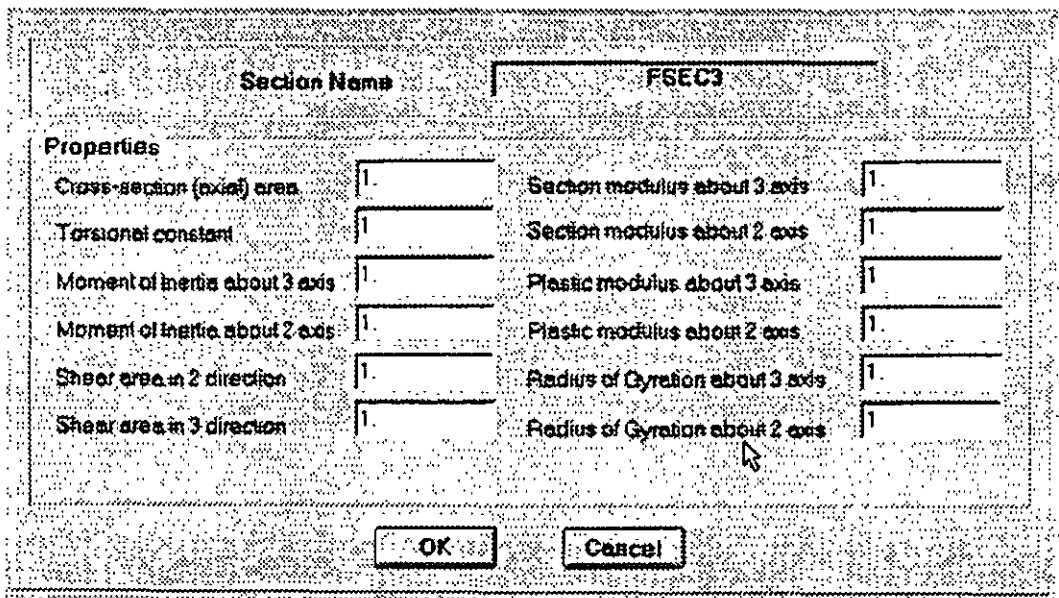


Figura 2.4. Características del tipo de sección transversal "general".

Dependiendo del tipo de estructura, en la tabla 2.1 se muestran las propiedades geométricas mínimas que es necesario proporcionar para que el análisis se pueda realizar.

| Tipo de estructura | Propiedad requerida |
|--------------------|---------------------|
| TRUSS | AX |
| PLANE | AX, IZ ó IY |
| FLOOR | IX, IZ ó IY |
| SPACE | AX, IX, IY, IZ |

Tabla 2.1 Propiedades geométricas mínimas requeridas.

El programa SAP 2000 permite asignar las propiedades de los elementos barra de acuerdo a una tabla de perfiles de acero estándar (P. ej. tabla AISC, ver figura 2.5) o tomarlas de una tabla definida por el usuario.

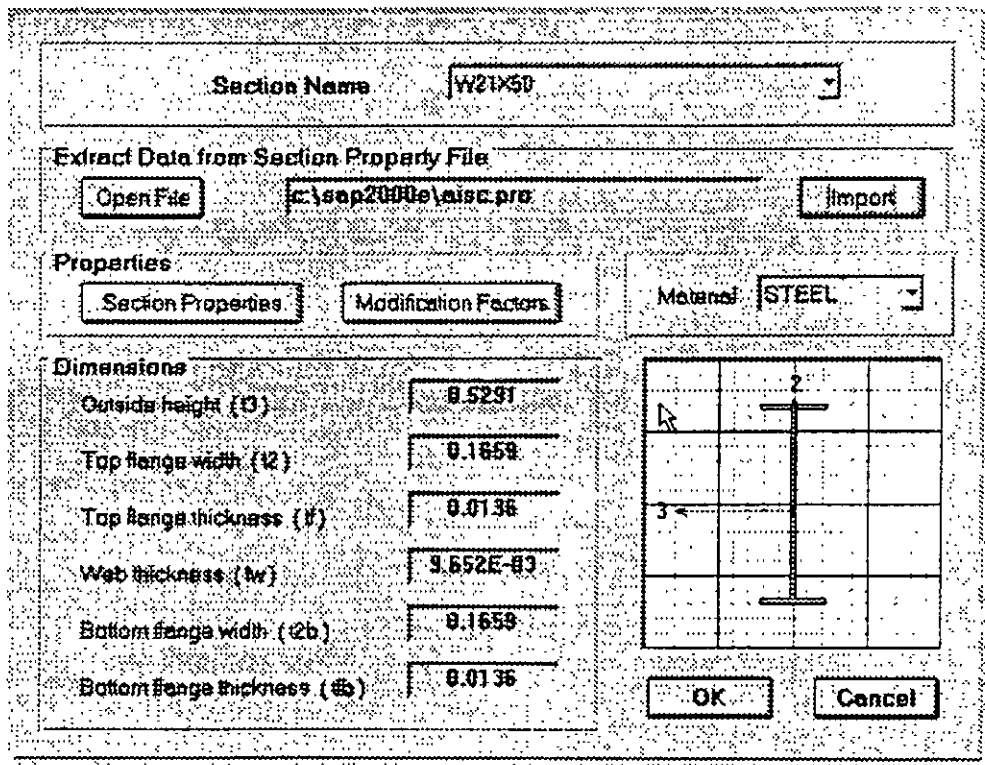


Figura 2.5. forma y propiedades geométricas tomadas de una tabla de perfiles.

Para el caso de los elementos placa será necesario proporcionar el espesor de la placa y seleccionar el tipo de trabajo de esta ("Shell", "Membrane" o "Plate", ver figura 2.6), para el sólido no es necesario proporcionar propiedades geométricas, sólo constantes elásticas.

The screenshot shows a dialog box with the following fields and options:

- Section Name:** SSEC1
- Material:** CONIC
- Thickness:**
 - Membrane: 1.
 - Bending: 1.
- Type:**
 - Shell
 - Membrane
 - Plate
- Buttons:** OK, Cancel

Figura 2.6. Datos para los elementos placa.

2.4 PASO 4. DEFINICIÓN DE LAS PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LOS MATERIALES

Para realizar el análisis se requiere tener definidas las constantes del material del cual están o estarán hechos los elementos (barra, placa, sólido) como son E (Módulo elástico), y ν (relación de Poisson). Para incluir el peso propio es necesario proporcionar el peso volumétrico, si se desea emplear alguna opción de análisis dinámico entonces es necesario proporcionar la masa por unidad de longitud (en un modelo de masas distribuidas), masas en los nudos (modelo de masas concentradas), si quiere que se considere efectos de temperatura será necesario especificar el coeficiente lineal de dilatación térmica (ver figura 2.7).

| | | | |
|-------------------------------|-----------|-------------------------------|----------|
| Material Name | MAT1 | Design Type | Concrete |
| Analysis Property Data | | Design Property Data | |
| Mass per unit Volume | 0.7981 | Reinforcing yield stress, fy | 60 |
| Weight per unit Volume | 7.8334 | Concrete strength, fc | 4 |
| Modulus of elasticity | 20389020 | Shear steel yield stress, fys | 40 |
| Poisson's ratio | 0.3 | Concrete shear strength, fcs | 4 |
| Coef of thermal expansion | 1.170E-05 | | |
| OK | | Cancel | |

Figura 2.7. Datos para las propiedades de un material.

2.5 PASO 5. TIPOS DE FUERZAS Y COMBINACIONES

Es necesario tener completamente identificados comúnmente los sistemas o conjuntos de fuerzas (condiciones de carga) bajo los que se realizará el análisis (P. ej. peso propio, carga viva, sismo, viento, etc.) y para cada condición de carga las características de las fuerzas (tipo, magnitud, dirección, etc.) que forman parte de ese sistema de fuerzas.

Por ejemplo una condición de carga puede ser la carga muerta que puede estar formada por ejemplo por: fuerzas uniformes en algunas barras simulando el peso de los muros divisorios, fuerzas concentradas simulando el peso de tanques, etc.

Otra condición de carga puede ser el sismo, que por ejemplo pudiera ser representado por una serie de fuerzas estáticas (sismo estático) aplicadas en determinados nudos.

Una condición más puede ser la carga viva, idealizada como una fuerza por unidad de área actuando en una determinada zona de la estructura (P. ej. azotea, entrepiso, escaleras, etc.).

Los sistemas de carga independientes pueden ser utilizados para formar sistemas de carga dependientes es decir combinaciones, si lo anterior se desea, es necesario saber de antemano el número de combinaciones a incluir en el análisis y para cada combinación las condiciones de carga que se incluirán así como su participación respectiva (factor de carga), por ejemplo teniendo como marco al Reglamento de Construcciones para el D.F. pensando en una estructura del grupo A, localizada en el D. F. una combinación es 1.5 de la carga muerta + 1.5 de la carga viva máxima, por lo que el factor de carga (o de participación) de las condiciones anteriores (1 y 2) es 1.5, siendo 1 y 2 las condiciones de carga respectivas.

2.6 PASO 6. ELECCIÓN DEL TIPO DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

SAP 2000 permite realizar un análisis elástico lineal de 1er. orden, también se pueden incluir efectos P- Δ o bien un análisis dinámico, por lo anterior habrá que decidir sobre el tipo de análisis a efectuar por el programa.

En cuanto a los resultados que el programa puede proporcionar, será necesario saber cuales se requerirán, por ejemplo: desplazamientos, elementos mecánicos, gráficas y diseño, y de que elementos se requieren; por ejemplo: de algunos o de todos los nudos, de algunos o de todas las barras, gráficas de la deformada, de algún marco o de toda la estructura, etc., lo anterior se tendrá que definir para una, algunas o todas las condiciones de carga y/o combinaciones. Si el usuario no selecciona o define los elementos (nudos, barras, etc.), condiciones y/o combinaciones la impresión la realiza para todos los elementos y todos los sistemas de fuerzas existentes.

2.7 PASO 7. DISEÑO DE ELEMENTOS

SAP 2000 permite diseñar elementos de acero y concreto por lo que será necesario definir un código o especificaciones a utilizar (ACI, AISC, LRFD, ASSTHO, etc.) y proporcionar los valores de los parámetros a utilizar (f'_c , f_y , etc.), así como especificar los elementos que se diseñarán y el criterio a seguir para su diseño (viga, columna, etc.).

DESCRIPCION GENERAL

CAPÍTULO 3

3.1 INTRODUCCION

Una vez que se ha modelado la estructura (previo al uso del programa), es decir, seleccionada la forma de la sección transversal de las barras, definidas las características físicas y mecánicas de los materiales estructurales, especificados los sistemas de fuerzas (definidas cada una de las fuerzas que componen a cada sistema o condición de carga y combinaciones) bajo las cuales se analizará el modelo estructural, seleccionado el tipo de análisis así como el tipo de resultados, entonces se esta en condiciones de introducir los datos antes mencionados utilizando la interface gráfica que ofrece el programa con la cual es posible:

Manejar (Definir, mover, copiar, borrar) elementos estructurales (barra, placa, etc.).

Definir Tipos de apoyo (fijo o con grados de libertad, resortes).

Definir y asignar propiedades geométricas a los elementos barra de acuerdo a una tabla de perfiles estándar (AISC por ejemplo) o usar secciones prismáticas (circular, rectangular, Te, etc.), también es posible la utilización de secciones no prismáticas o de sección variable.

Definir el espesor de los elementos placa.

Definir y asignar propiedades a uno o varios elementos o grupo de elementos (barra, placas), las propiedades pueden ser densidad, módulo elástico, relación de Poisson, coeficiente de dilatación térmica, etc. Así como definir la posición de la sección dentro de la estructura (posición de ejes locales con respecto a los globales). Algunas de las propiedades se tienen predefinidas para ciertos materiales (acero y concreto) o se pueden introducir valores particulares

Es posible seleccionar barras para liberarlos de algunos elementos mecánicos en sus extremos, también se pueden definir diafragmas rígidos.

Desde luego se permite introducir fuerzas estáticas aplicadas a los nudos, desplazamientos prescritos en ellos, en el caso de barras se puede incluir el peso propio, fuerzas uniformes, concentradas, con variación lineal, de presfuerzo y debidas a incrementos de temperatura, a ajustes en la longitud inicial de los elementos y algunas otras.

Además de las fuerzas de tipo estático, se puede incluir cargas variables (móviles), de acuerdo a AASHTO (HS20, HS15, H20, H15, etc.), o al UBC, o bien especificadas por el usuario. Una buena variedad de fuerzas dinámicas (fuerza-tiempo o aceleración-tiempo) pueden

incluirse como sistemas de fuerzas, especificadas de acuerdo a sus características dinámicas (amplitud y frecuencia), definiendo el lapso de tiempo de actuación de la fuerza.

Una vez introducida la geometría, propiedades y fuerzas que actúan sobre la estructura, SAP 2000 permite la realización del Análisis operando sobre el contenido del archivo que se ha seleccionado o definido previamente el cual desde luego debe contener los datos de la estructura en estudio, el módulo de análisis interpreta cada una de las ordenes o definiciones indicadas en el archivo de datos en el orden en que se encuentran, el contenido del archivo de datos e instrucciones puede introducirse manualmente vía algún editor previo a la ejecución de SAP 2000 o bien mediante la instrucción **Save** al estar creando la estructura a través del editor gráfico característico del programa, ambas opciones se describirán posteriormente.

Después de ejecutada la opción de análisis, SAP 2000 genera archivos conteniendo los resultados de la fase de análisis, si este concluye satisfactoriamente se desplegará la configuración deformada de la estructura. Enseguida se podrán seleccionar opciones y elementos para que de ellos se muestren en el monitor los resultados numéricos y gráficos obtenidos por el programa como resultado del análisis.

3.2 EJECUCIÓN DEL PROGRAMA, MENU DE OPCIONES

Para iniciar el programa se puede hacer doble clic en el icono del programa o bien desde el menú de inicio hacer clic en la carpeta programas **SAP 2000 educacional** (versión educativa) o **SAP 2000 NonLinear** (versión profesional), enseguida se ejecuta el programa presentándose la imagen mostrada en la figura 3.1, una vez haciendo clic en la caja OK de la ventana en la parte central ("*Tip of the day*") desaparece esta dejando lugar a la ventana principal del programa **SAP 2000**.

En el "renglón" superior de esta ventana se encuentra en su extremo izquierdo el nombre del programa (**SAP2000**) seguido del nombre de archivo en donde se almacenarán los datos o de donde han sido tomados, en el extremo derecho se encuentran los iconos de minimizar, restaurar la ventana y cerrarla (una forma de finalizar la ejecución del programa es haciendo clic en este icono), debajo de lo anterior se localiza la barra de menú conteniendo las opciones que el programa tiene disponibles (**F**ile, **E**dit, **V**iew, etc.) las cuales se describirán posteriormente, debajo de esas opciones se encuentran una serie de iconos que realizan acciones de uso frecuente (seleccionar elementos, cambiar alguna opción de presentación, elegir algún tipo de resultado, etc.), se recomienda al lector consultar las tablas que se presentan al final de este trabajo en donde se describe cada uno de esos iconos (incluyendo los de la barra flotante que también forma parte de la ventana de **SAP 2000**).

Debajo de los iconos está el área de presentación (con fondo negro) en la que se muestra gráficamente el modelo de la estructura por analizar así como diversa información en forma de ventanas que serán desplegadas por el programa después de que el usuario seleccione alguna de las opciones disponibles de **SAP 2000**.

Por último, en la parte inferior debajo de la barra flotante de iconos se muestra información acerca de las características del área de dibujo (vista o plano de presentación, coordenadas de algún nudo, etc.) y un poco a la derecha esta el cuadro de selección de unidades en las que se introducirá la

información, antes de este cuadro se muestra información acerca del estado que guarda alguna instrucción o del programa.

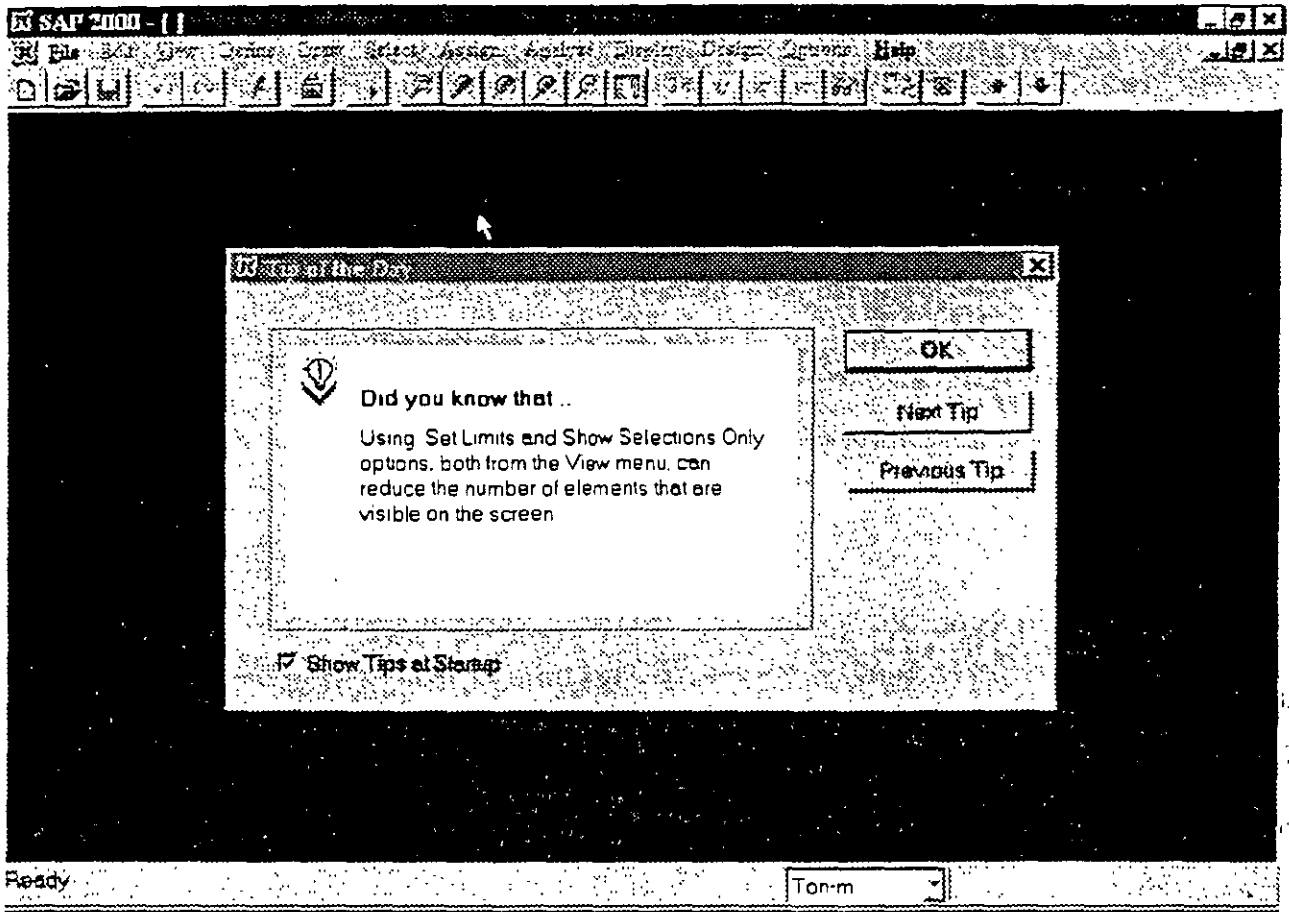


Figura 3.1 Iniciando el programa SAP 2000

En la versión 6.1 del programa SAP 2000 se pueden seleccionar varias opciones, las que se describen a continuación pueden ser las de uso más frecuente.

3.3 El menú File

EL menú File (ver figura 3.2) permite entre otras opciones manejar la información de alguna estructura contenida en un archivo, esa información pudo haberse generado previamente a la ejecución del programa o durante su uso, las opciones de este menú permiten:

- New Model** Iniciar un problema nuevo.
- New Model from template** Iniciar un problema nuevo, seleccionando una geometría típica de algunas formas estructurales como las mostradas en la figura 3.3.
- Open...** Abrir un archivo existente con datos de alguna estructura.

- Save** Guarda los datos de la estructura.
- Save As** Guarda los datos de la estructura en otro archivo.
- Import** Permite ingresar los datos de un archivo generado con AutoCad, o bien para SAP90.
- Export** Proporciona la flexibilidad de poder enviar los datos de la estructura existente a una archivo para SAP2000 con extensión .S2K el cual puede ser modificado por ciertos procesadores de texto (p.ej. WordPad) y poder ser utilizado nuevamente por SAP2000, o bien enviarlos a un archivo .DXF y poder ser interpretado por AutoCad por ejemplo.
- Print...** Nos permite configurar características de impresión, imprimir el contenido del área de dibujo así como una lista de datos y resultados.
- Exit** Cerrar el programa y regresar a Windows.

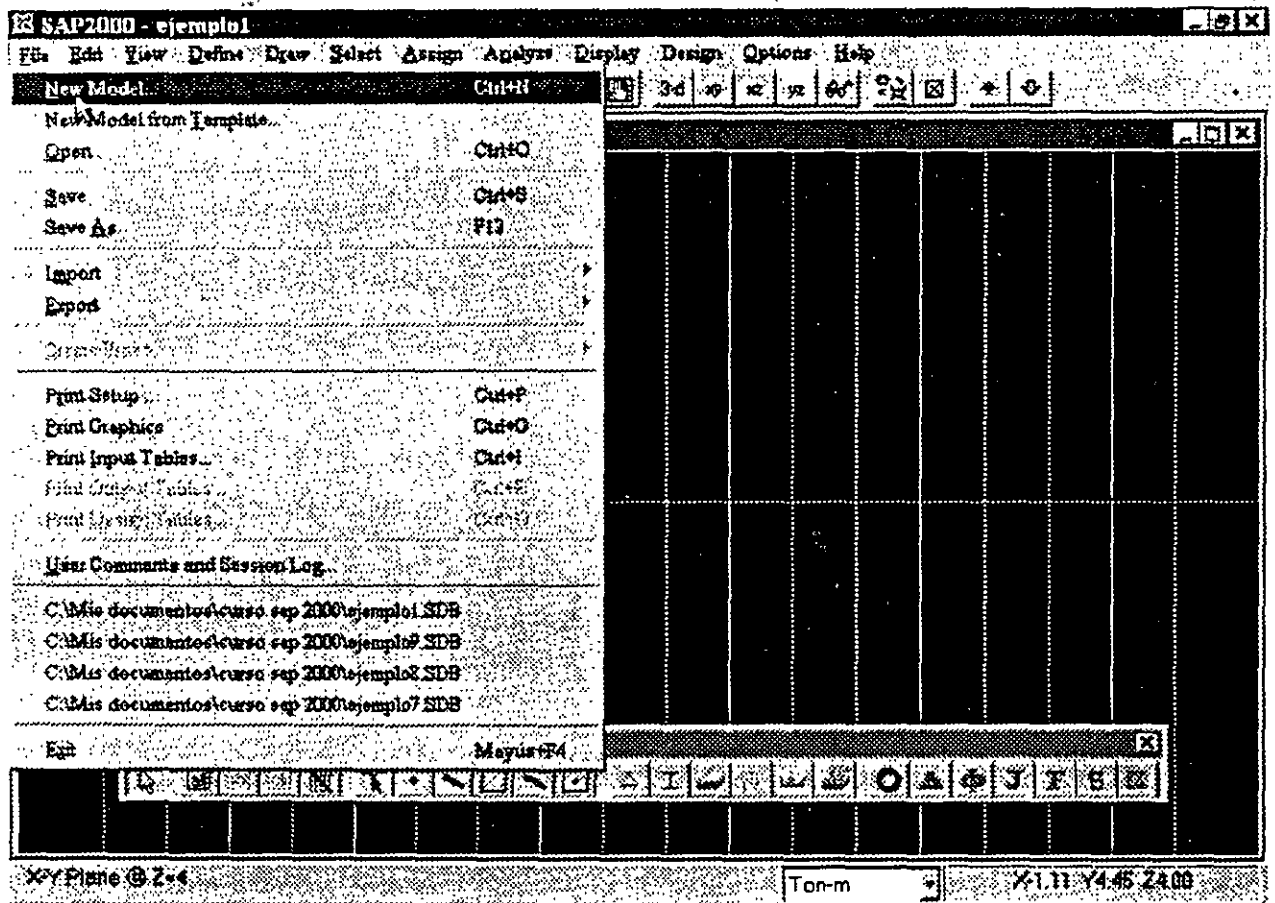


Figura 3.2 Módulos principales del menú **File**.

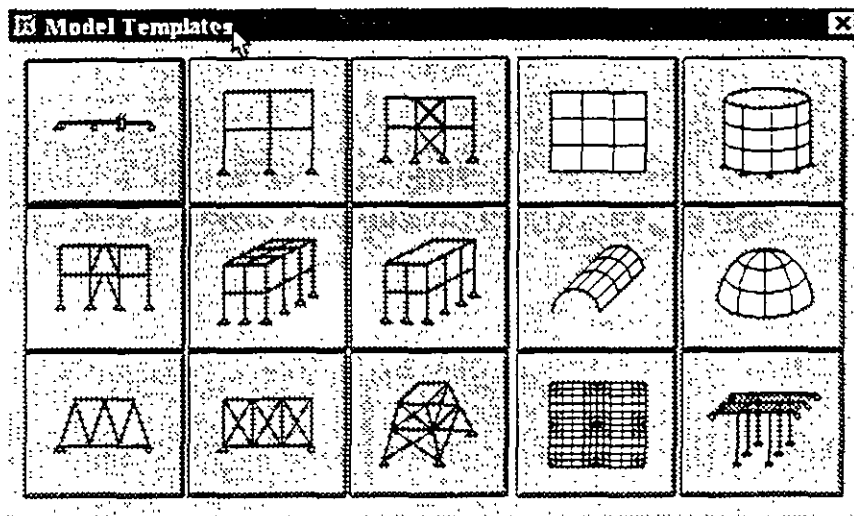


Figura 3.3. Geometrías predefinidas en la opción **New Model from Template**

Existen dentro de este menú otras opciones de uso no muy frecuente. Al iniciar **SAP 2000** se recomienda seleccionar las unidades en las que se van a introducir los datos de la estructura a analizar, por ejemplo si estas fueron ton-m (toneladas y metros) los valores de las fuerzas uniformes se deben proporcionar en ton/m, de las inercias en m⁴, para el módulo elástico en ton/m², etc., es decir los valores deben ser consistentes.

3.3 El menú **E**dit

EL menú **E**dit (ver figura 3.4) permite desde introducir y hacer cambios a la geometría del modelo hasta suprimir algunos de sus elementos muchas de las opciones contenidas en este menú operan en conjunto con las del menú **S**elect (ver siguiente sección), las opciones de este menú permiten:

- | | |
|---------------|---|
| Cut | Suprimir los elementos seleccionados, guardándolos en la memoria temporal. |
| Copy | Copiar sin borrar los elementos seleccionados a la memoria temporal. |
| Paste | Insertar los elementos contenidos en la memoria temporal especificando nuevas posiciones. |
| Delete | Suprimir los elementos seleccionados. |

- Merge Joints** Juntar los nudos que tengan una separación menor que un cierto valor (dejando uno solo y suprimiendo los demás es decir los nudos duplicados).

- Move** Mueve los nudos seleccionados especificando el incremento en sus coordenadas, moviendo también los elementos que estén conectados a esos nudos.

- Replicate** Realiza una copia (réplica) de los elementos seleccionados especificando el incremento en las coordenadas de sus nudos extremos.

- Divide frames** Divide a las barras seleccionadas en un número especificado por el usuario.

- Join frames** Junta varias barras seleccionadas en una sola (operación inversa de Divide frames).

- Change Labels** Cambia la numeración de los elementos seleccionados (renumera).

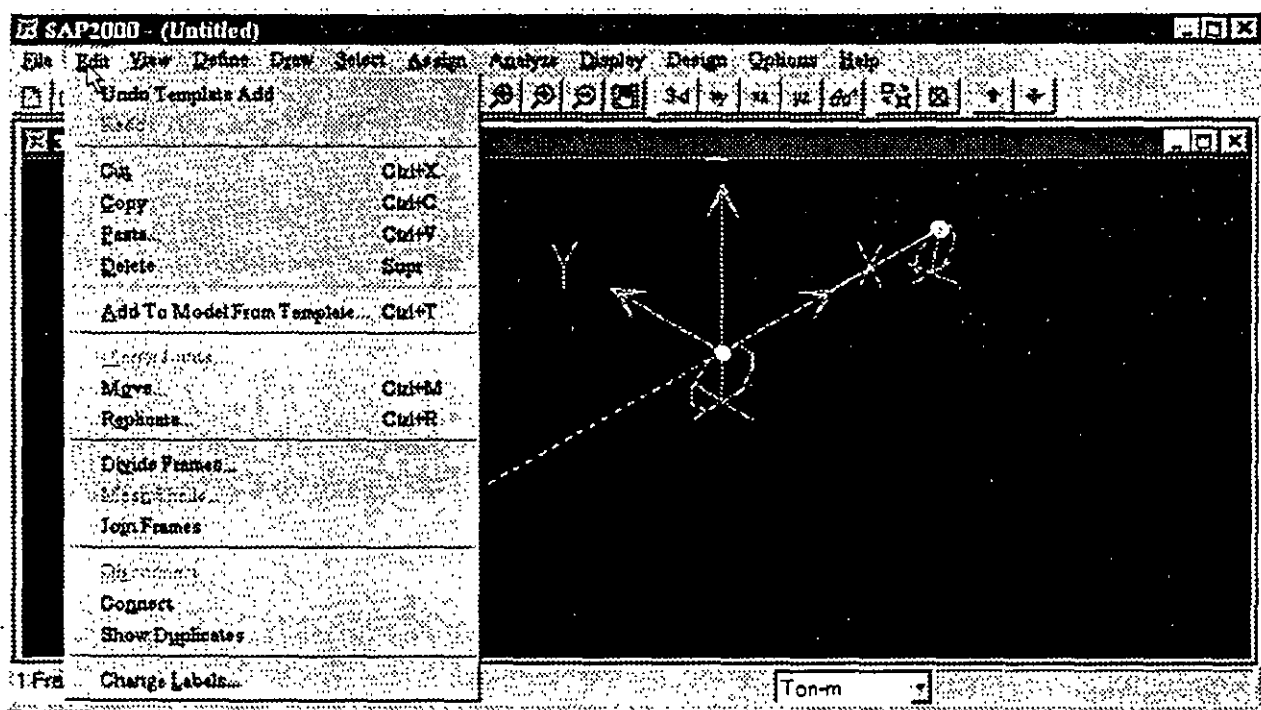


Figura 3.4. Opciones del menú Edit.

3.4 El menú View

EL menú View (ver figura 3.5) permite cambiar la presentación del área de dibujo de la estructura, algunas opciones que resultan de uso cotidiano son:

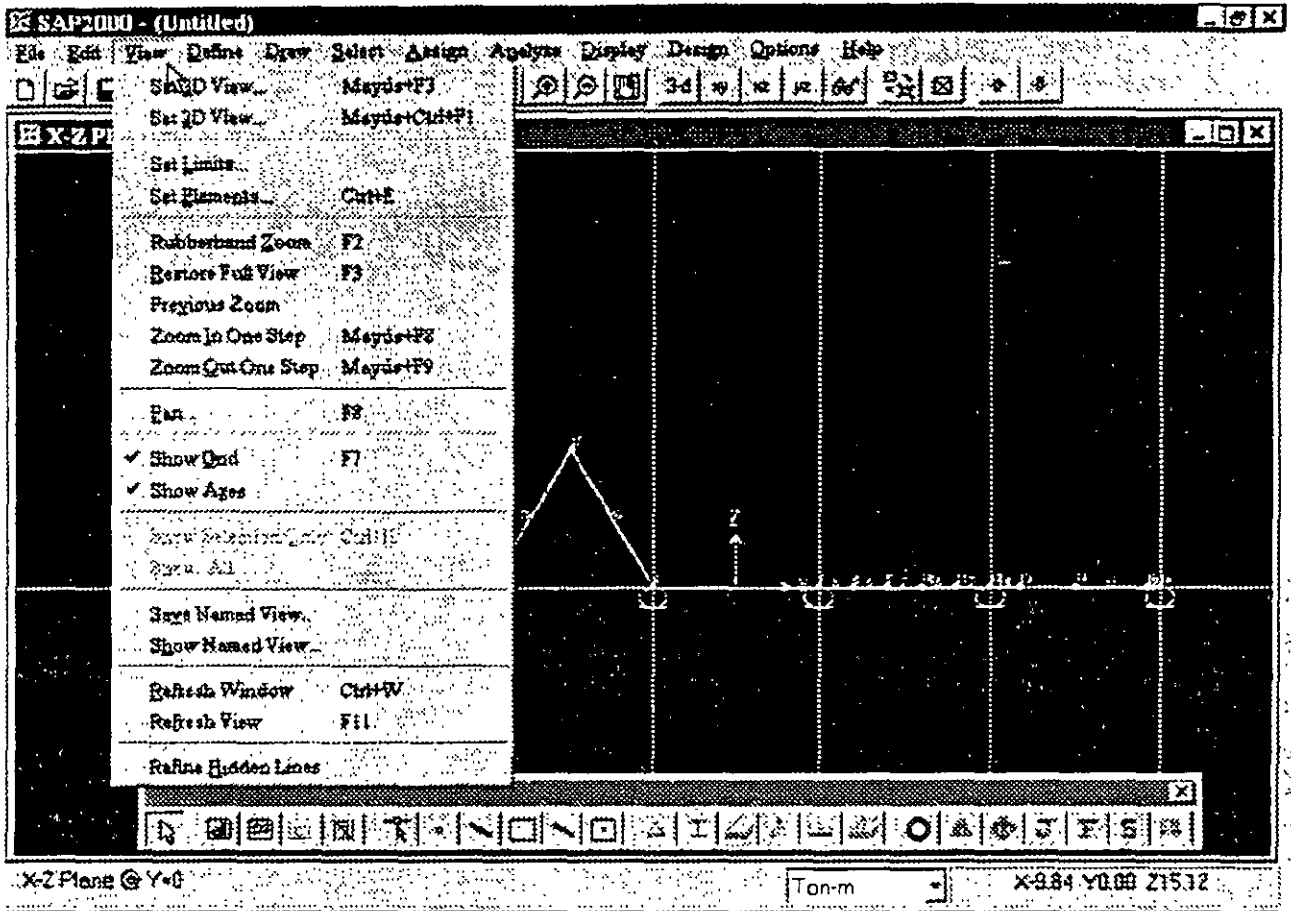


Figura 3.5. Opciones del menú View.

Set Elements

Permite seleccionar la información a ser incluida dentro del área de dibujo (numeración de nudos, barras, ejes, etc.), ver figura 3.6.

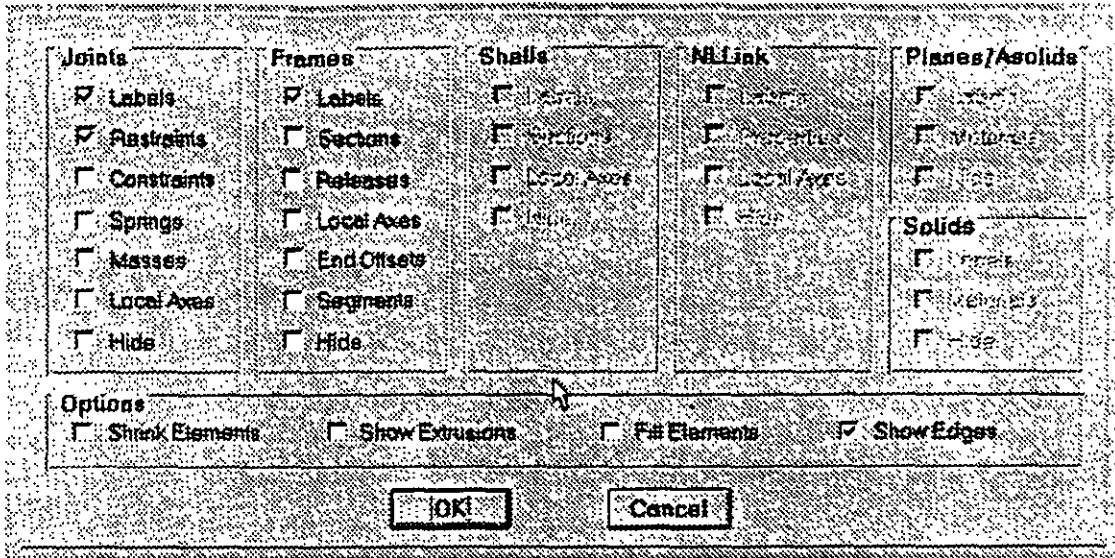


Figura 3.6. Opciones de Set Elements.

Show Grid Permite Activar (mostrar) o desactivar la malla auxiliar para dibujo de elementos.

Show Axes Dibuja o suprime los ejes globales de la estructura.

Se deja al lector que pruebe el efecto de las otras opciones, las características de algunas de ellas se verán posteriormente en el desarrollo paso a paso de algún ejemplo.

3.5 El menú Define

El menú Define (ver figura 3.7) permite especificar propiedades de los materiales (Materials...), características geométricas como forma, dimensiones, material, etc. para las barras del modelo (Frame Sections...) y algunas características para los elementos placa (Shell Sections...). También permite definir características generales de las condiciones de carga estática como su título o identificación, el tipo de carga (de acuerdo a su origen) y si se incluirá el peso propio en la condición de carga.

En este menú se podrá seleccionar o introducir un espectro de respuesta así como funciones de excitación para análisis dinámico, también se podrán definir las combinaciones de carga (Load Combinations...) seleccionando las condiciones de carga que se incluirán en cada combinación con sus respectivos factores de carga.

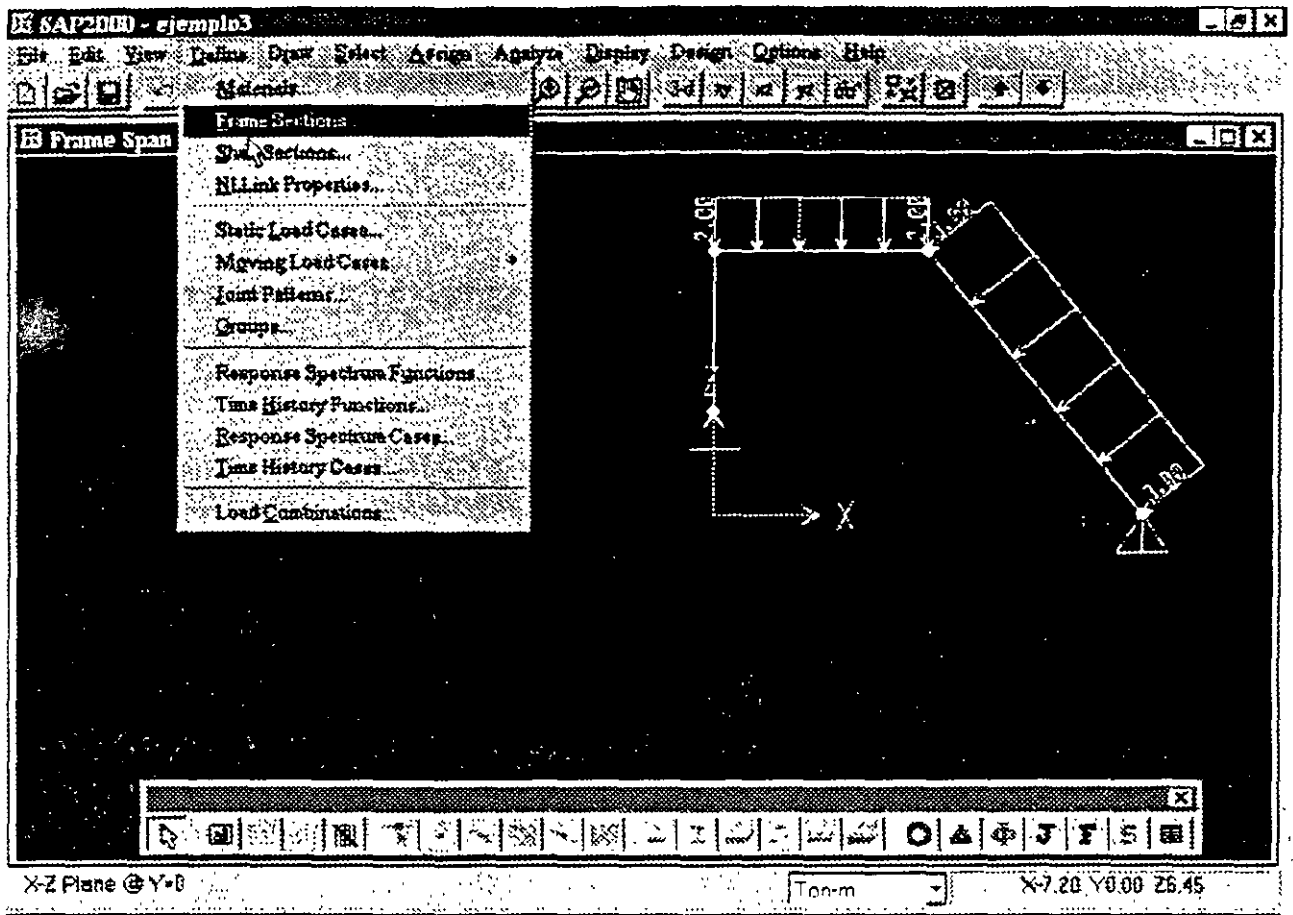


Figura 3.7. Opciones del menú Define.

3.5 El menú Draw

Algunas de las opciones del menú Draw (ver figura 3.8) permiten dibujar esquemáticamente a los elementos barra, placa, etc. con los que se irá construyendo el modelo estructural por analizar, algunas opciones de uso frecuente son:

Edit Grid

Permite adicionar, modificar, suprimir, etc. las líneas que forman la malla auxiliar para dibujo de elementos.

Draw Frame Element

Permite iniciar el dibujo (con la ayuda del ratón) de elementos barra, después de seleccionar esta opción se hace clic izquierdo del ratón en el nudo donde inicia la barra (en caso de que este no halla sido creado se hace clic en sus coordenadas), luego se desplaza el puntero (sin arrastrar) hacia el nudo final de la barra haciendo clic izquierdo en el nudo con lo que queda especificada esa barra (se recomienda utilizar la malla auxiliar cambiando la separación de las líneas de la malla para que algunas de las intersecciones de esas líneas coincidan con la mayoría de los nudos de la estructura), la secuencia de dibujo de

barras se puede interrumpir con un doble clic del botón derecho en cualquier parte del área de dibujo (con lo que es posible dibujar barras en otras posiciones), para terminar el dibujo de barras se hace clic en el icono de puntero de la barra flotante de iconos, posteriormente se puede dibujar más barras volviendo a seleccionar esta opción, lo anterior se puede hacer tantas veces como se requiera.

Draw Shell Element

Permite iniciar el dibujo (con la ayuda del ratón) de elementos placa, funciona de manera muy similar a la opción anterior solo que en este caso se seleccionaran tres o cuatro nudos dependiendo del tipo de elemento finito que se quiera dibujar, la selección de nudos se hará en sentido horario o antihorario.

Quick Draw Frame Element y **Quick Draw Shell Element** permiten el dibujo de barras y placas respectivamente con un solo clic izquierdo cerca de alguna de las líneas de la malla auxiliar (para el caso de barras) y en algún punto dentro de un área delimitada por líneas de la malla auxiliar de dibujo (para el dibujo de placas), se deja al lector la práctica con estas opciones antes de abordar los ejemplos que se presentan en el capítulo correspondiente.

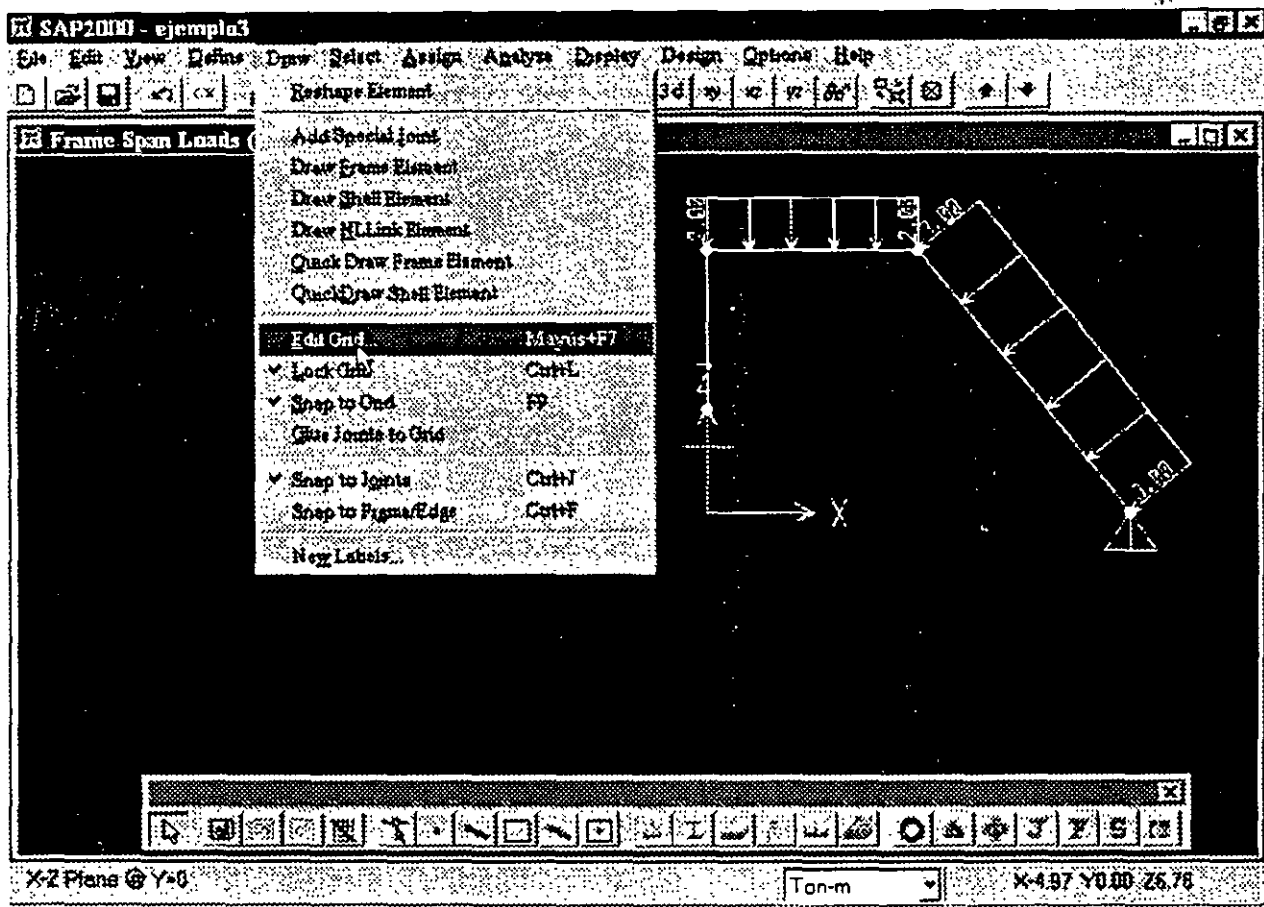


Figura 3.8. Opciones del menú Draw.

3.6 El menú Select

Algunas de las opciones del menú Select (ver figura 3.9) nos permitirán seleccionar elementos ya existentes dentro del modelo, la selección de elementos es necesaria para poder asignar (ver menú Assign) algunas características a los mismos, por ejemplo si se seleccionan barras se les podrá asignar secciones, cargas, etc. las siguientes son algunas opciones que resultan de uso frecuente:

Pointer/Window

Permite seleccionar a los elementos que quedan contenidos dentro de un área rectangular que se define haciendo clic izquierdo en una de las esquinas del área y arrastrando el puntero del ratón hasta la esquina opuesta y soltando el botón del ratón en esa esquina, los elementos seleccionados cambian su aspecto de línea continua a línea interrumpida (punteada).

Intersecting Line

Con esta opción se seleccionan a aquellos elementos que son intersectados por una línea que se define haciendo clic izquierdo en uno de los extremos de la misma y arrastrando el puntero del ratón hasta el otro extremo de la línea y soltándolo ahí mismo.

Las otras opciones de Select permiten seleccionar elementos que tienen alguna característica en común.

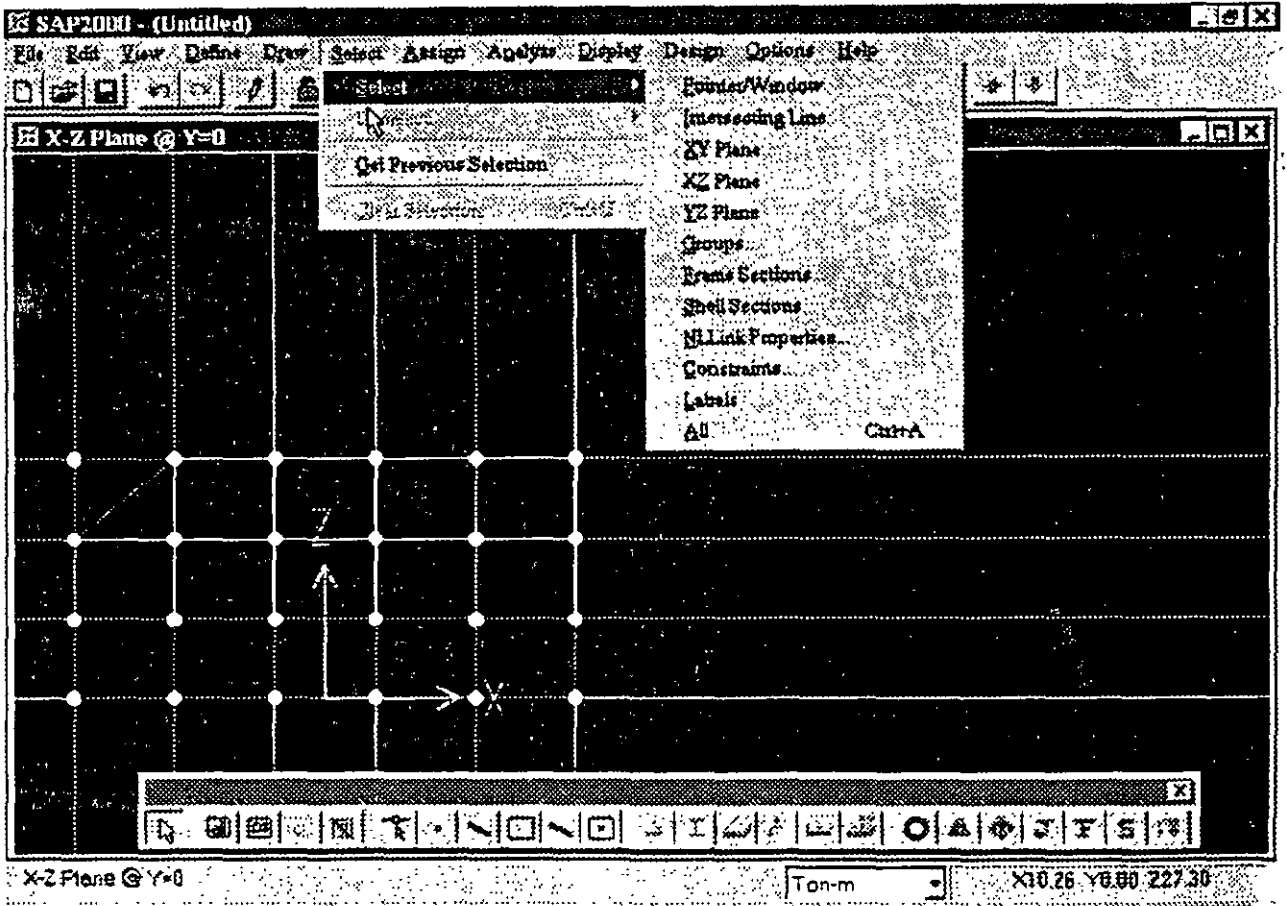


Figura 3.9. Algunas opciones del menú Select.

El menú **Select** dispone de las mismas opciones para excluir elementos ya seleccionados, lo anterior se realiza con la opción **Unselect**, otra manera de quitar elementos de la selección es haciendo clic en el icono de flecha de la barra flotante de iconos y luego hacer clic en cada uno de los elementos que han sido previamente seleccionados y que se quieren excluir, inclusive si se hace clic en un elemento no seleccionado este se selecciona y viceversa

3.7 El menú **Assign**

Una vez seleccionados algunos elementos (nudos, barras, etc.) podemos asignarles alguna característica propia del elemento (restricciones, fuerzas, secciones, etc.), el menú **Assign** (ver figura 3.10) junto con sus opciones nos permitirán realizar esa actividad, enseguida una breve descripción de algunas opciones del menú **assign**.

| | |
|---------------------------|---|
| Joint | Permite asignar a los nudos seleccionados restricciones o apoyos (restraints), asignar el mismo desplazamiento (constraints), asignar resortes (springs), etc. |
| Joint Static Loads | Con esta opción se asignan a los nudos seleccionados fuerzas (Forces) o desplazamientos prescritos (Displacements). |
| Frame | Permite asignar a las barras seleccionadas propiedades (Sections), liberarlas de algún elemento mecánico (Releases), especificar sus ejes locales (Local Axes), etc. |
| Frame Static Loads | Con esta opción se asignan fuerzas estáticas de gravedad (Gravity), puntuales y/o uniformes (Point and Uniform), con variación lineal (Trapezoidal), efectos de temperatura (Temperature), y efectos de presfuerzo (Prestress). |

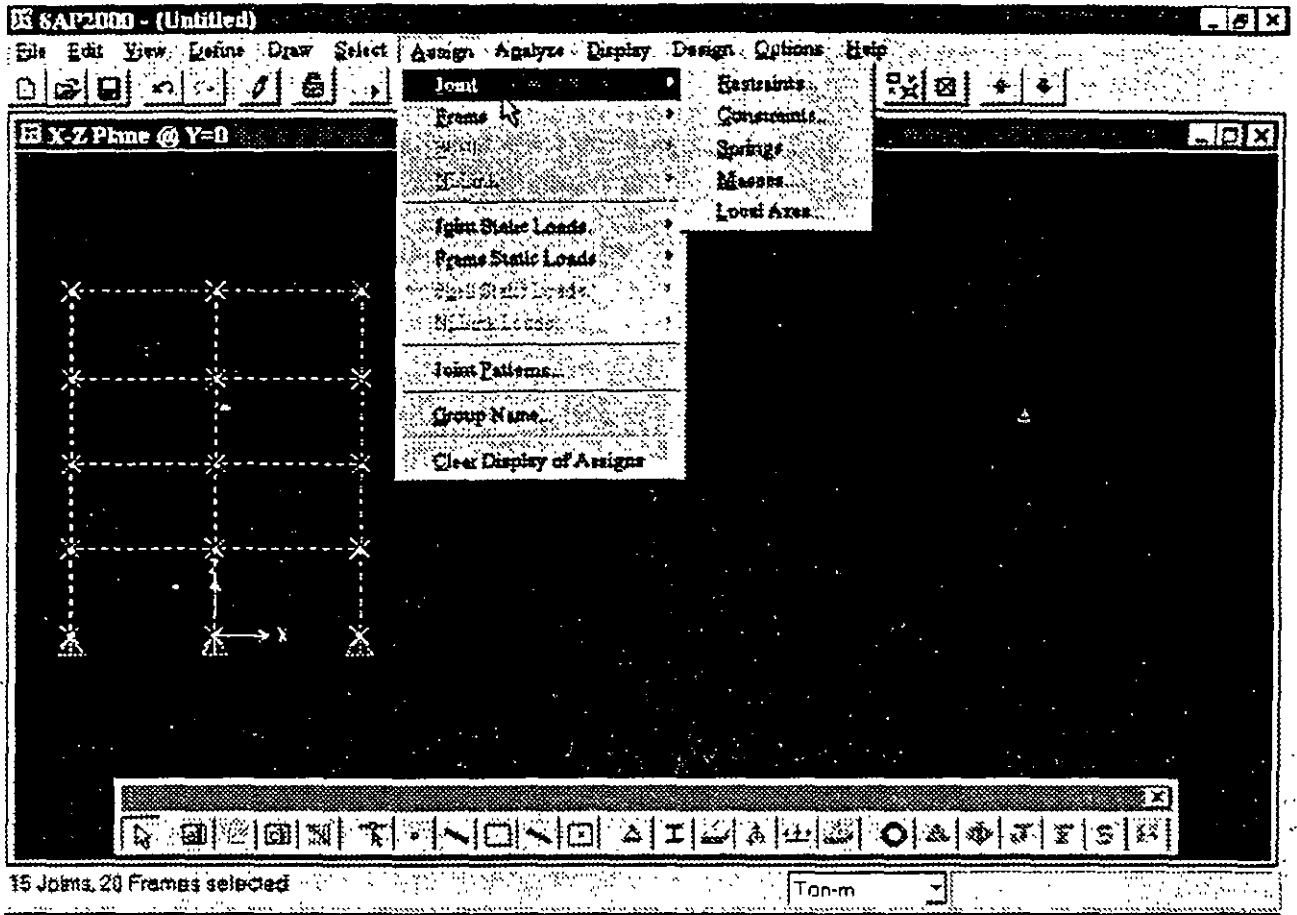


Figura 3.10. Algunas opciones del menú Assign.

3.8 El menú Analyze.

El menú **Analyze** (ver figura 3.11) permite seleccionar algunas opciones de análisis (**Set Options...**), o bien se puede solicitar que el programa **SAP 2000** realice el análisis (**Run**) con los resultados desplegados en una ventana normal o bien en una ventana minimizada (**Run Minimized**), se recomienda guardar el archivo de trabajo antes de solicitar el análisis (inclusive guardarlo en disco flexible y luego en el disco duro).

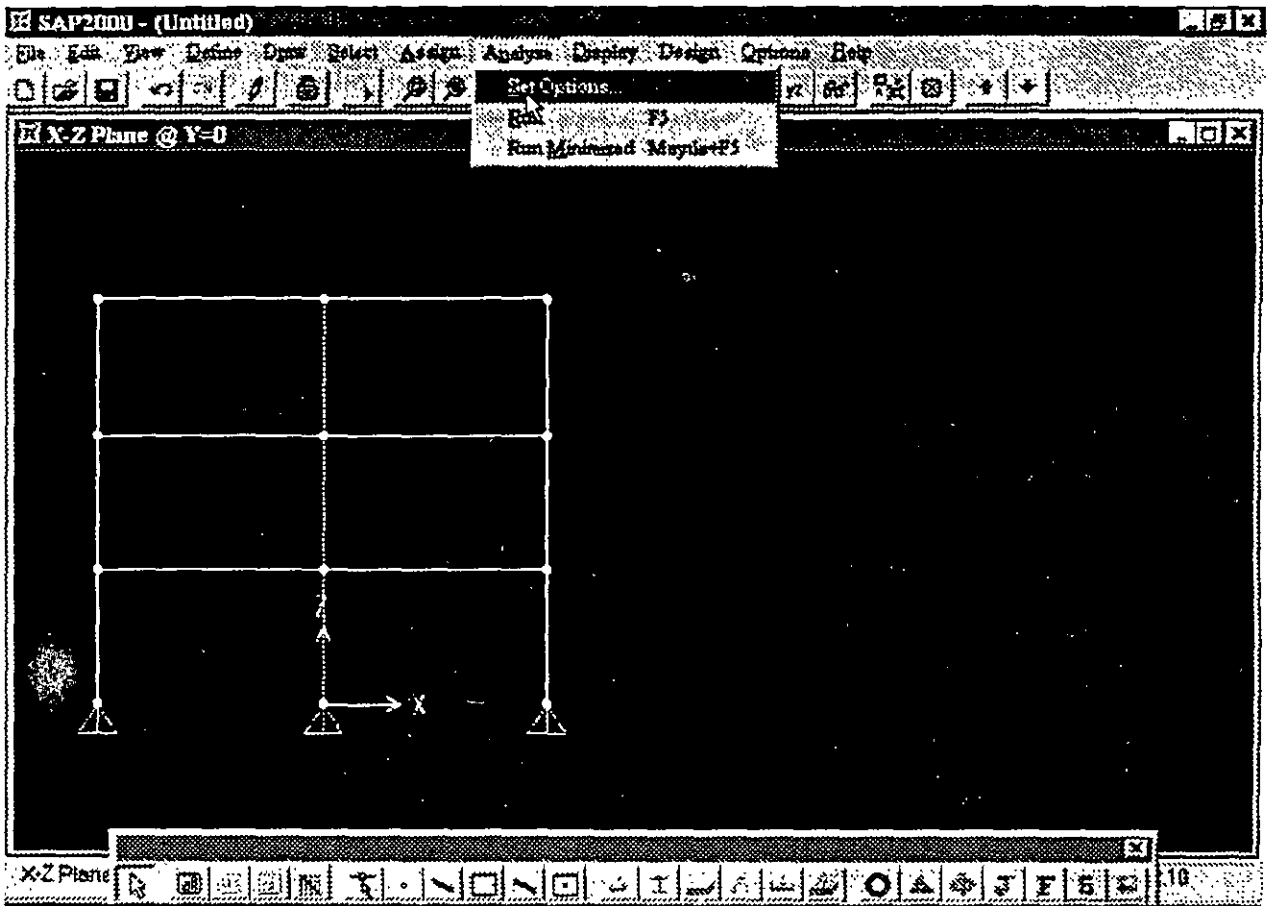


Figura 3.11 Opciones en el menú Analyze.

Las opciones de **Set Options...** (ver figura 3.12) permiten seleccionar los grados de libertad activos (**Available DOFs**) dependiendo del tipo de estructura que se analizará, será necesario identificar y seleccionar haciendo clic en los cuadros respectivos del área correspondiente (un cuadro en blanco significa que ese grado de libertad no está activo), otra manera de seleccionar los grados de libertad es utilizando la opción de seleccionado rápido (**Fast DOFs**), lo anterior se realiza haciendo clic en alguna de las figuras que corresponda a nuestra estructura, la selección inadecuada de los grados de libertad puede generar resultados incorrectos o estructura inestable (división entre cero) durante la fase de análisis.

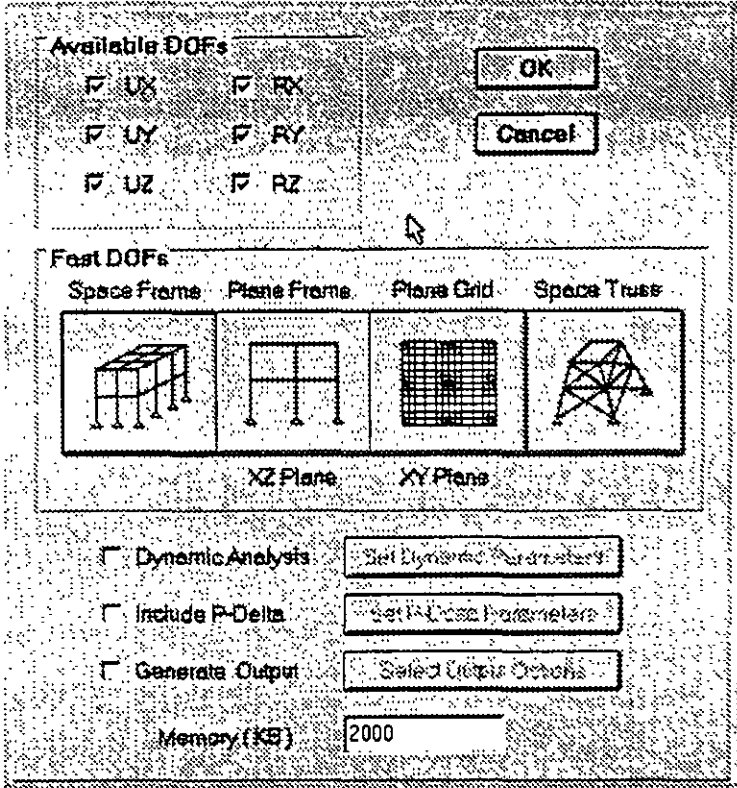


Figura 3.12. Opciones de Set Options... del menú Analyze.

Al final de la caja de selección se puede indicar que se realice un Análisis Dinámico (**Dynamic Analysis**), que se incluyan efectos P- Δ (**Include P-Delta**) y que se generen archivos de salida (**Generate Output**), para estas últimas opciones es conveniente indicar algunos parámetros y seleccionar algunas opciones específicas.

Cuando se selecciona la opción de Análisis (**Run**), y algunos resultados del proceso se van desplegando en la pantalla (ventana) quedando al final algo similar a lo que se muestra en la figura 3.13.

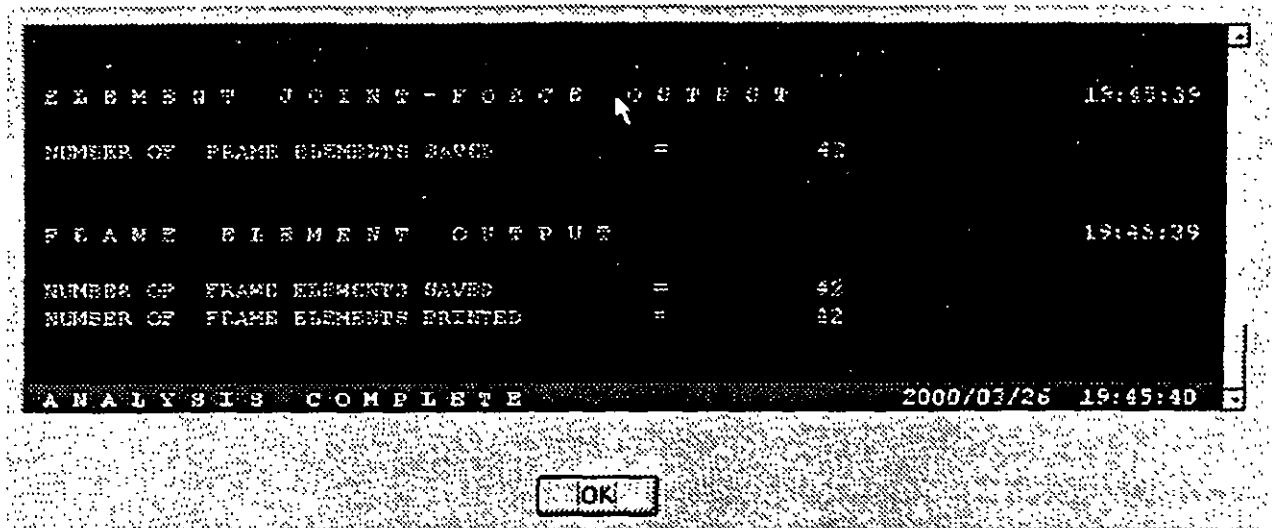


Figura 3.13. Ventana al finalizar el análisis.

Al hacer clic en el botón OK de la ventana que se muestra al final del análisis, se despliega en el área de dibujo la configuración deformada de la estructura para determinada condición de carga, en esta parte del programa se podrán seleccionar los resultados del análisis por ejemplo desplazamientos de los nudos, reacciones, elementos mecánicos, diagramas de elementos mecánicos, configuraciones deformadas, etc.

3.9 El menú Display

Este menú permite solicitarle al programa que muestre la geometría no deformada del modelo (**Show Undeformed Shape**), las cargas en los nudos (**Show Loads**), en las barras, en los elementos placa o no mostrarlas.

Mediante la opción **Show Input Tables** (ver figura 3.14) se solicita al programa que muestre en una ventana conteniendo una lista con los datos numéricos de la geometría en lo que respecta a nudos (coordenadas, restricciones, etc.), barras (incidencias, tipo de sección, etc.) y cargas (en los nudos, en las barras y en las placas), produciendo una salida parecida a la de la figura 3.15, la tabla mostrada puede imprimirse o grabarse en un archivo.

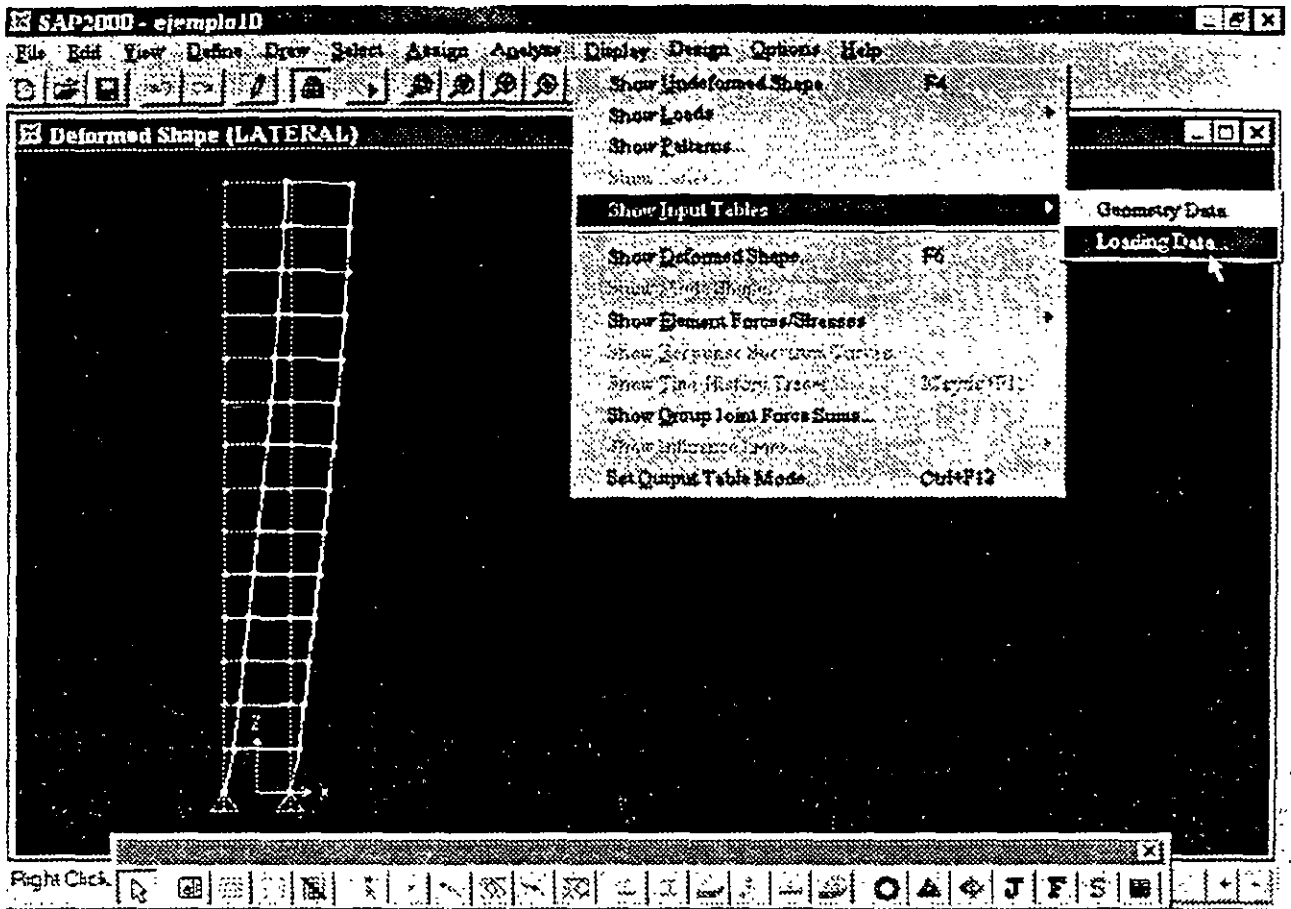


Figura 3.14. Opciones del menú Display.

| JOINT | GLOBAL-X | GLOBAL-Y | GLOBAL-Z | RESTRAINTS | ANGLE-X |
|-------|----------|----------|----------|-------------|---------|
| 1 | -3.00000 | 0.00000 | 0.00000 | 1 1 1 1 0 1 | 0.000 |
| 2 | -3.00000 | 0.00000 | 4.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 3 | -3.00000 | 0.00000 | 8.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 4 | -3.00000 | 0.00000 | 12.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 5 | -3.00000 | 0.00000 | 16.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 6 | -3.00000 | 0.00000 | 20.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 7 | -3.00000 | 0.00000 | 24.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 8 | -3.00000 | 0.00000 | 28.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 9 | -3.00000 | 0.00000 | 32.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |
| 10 | -3.00000 | 0.00000 | 36.00000 | 0 0 0 0 0 0 | 0.000 |

Figura 3.15. Salida típica a partir de Show Input tables del menú Display.

Mediante la opción **Show Deformed Shape** y después de seleccionar la condición de carga, SAP 2000 muestra la configuración deformada correspondiente (ver figura 3.16).

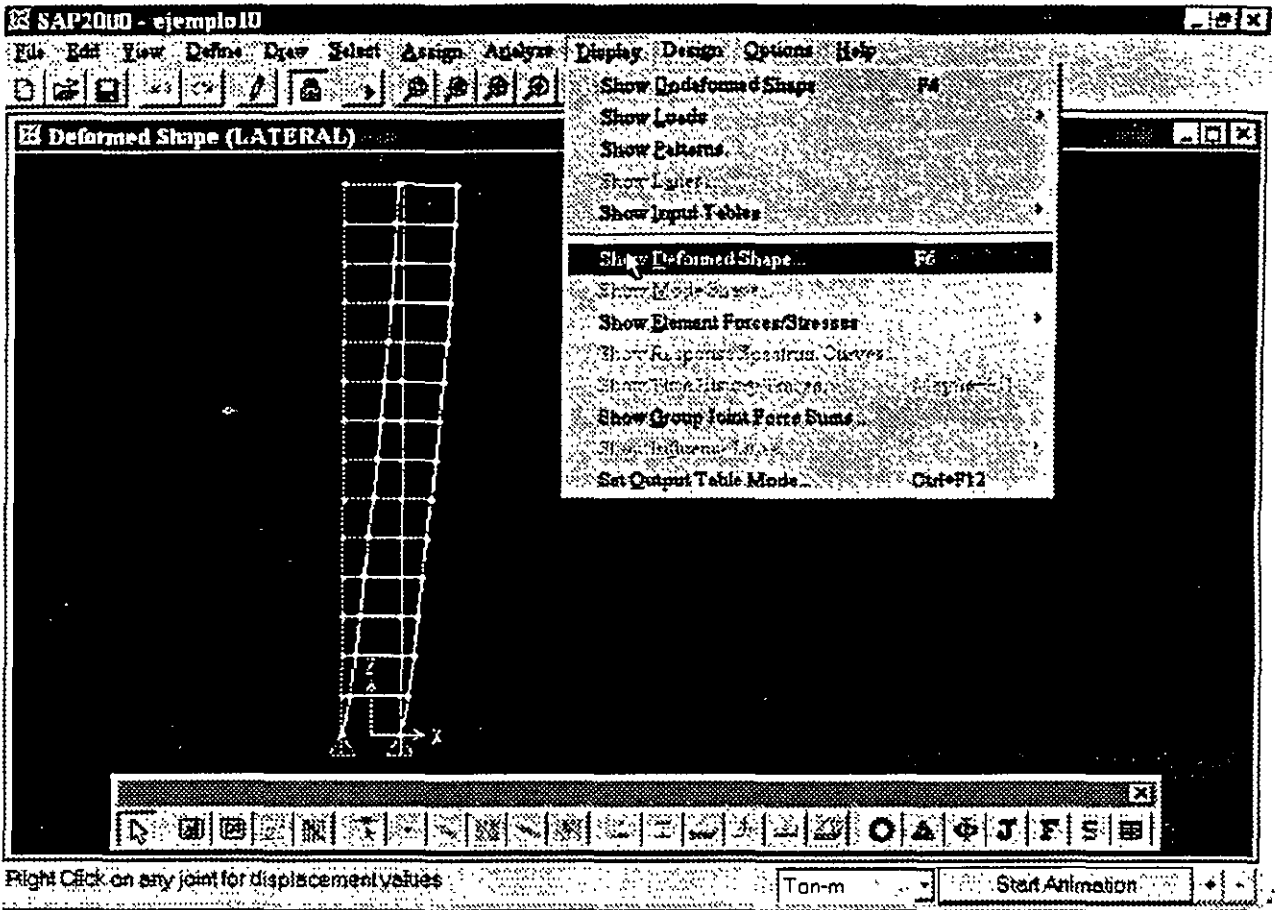


Figura 3.16. Salida típica a partir de Show Deformed Shape del menú Display

La opción Show Element Forces/Stresses y dependiendo de la selección que se haga SAP 2000 puede mostrar elementos mecánicos, esfuerzos, reacciones, etc. produciendo una salida similar a la que se muestra en la figura 3.17.

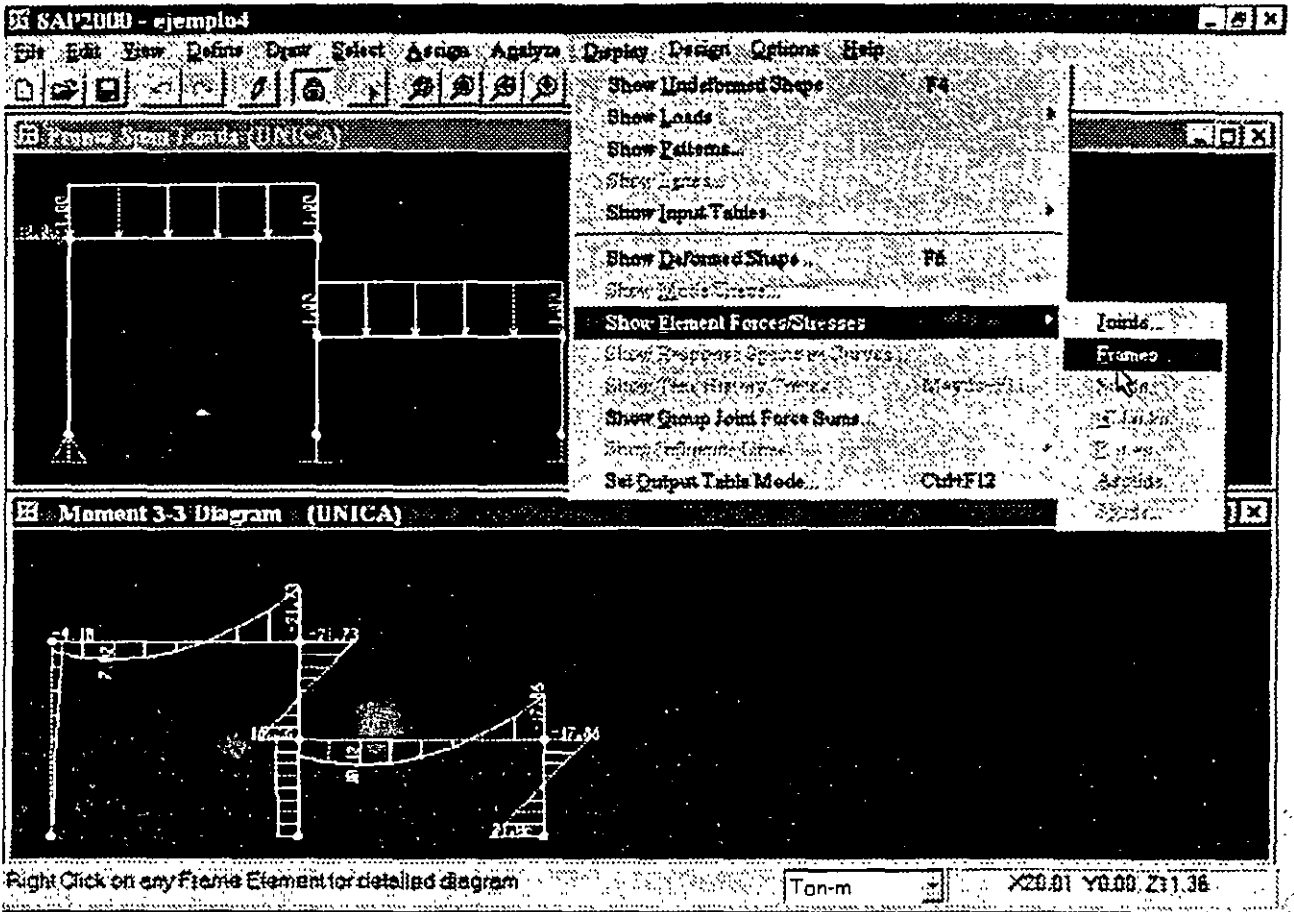


Figura 3.17. Salida obtenida con Show Element Forces/Stresses del menú Display

3.10 El menú Design

EL menú **Design** (ver figura 3.18) permite seleccionar algunas opciones de diseño, realizar el diseño (verificación) de elementos con la posibilidad de optimizar secciones, con la característica de producir salidas similares a las mostradas en las figuras 3.19 y 3.20 de entre otras.

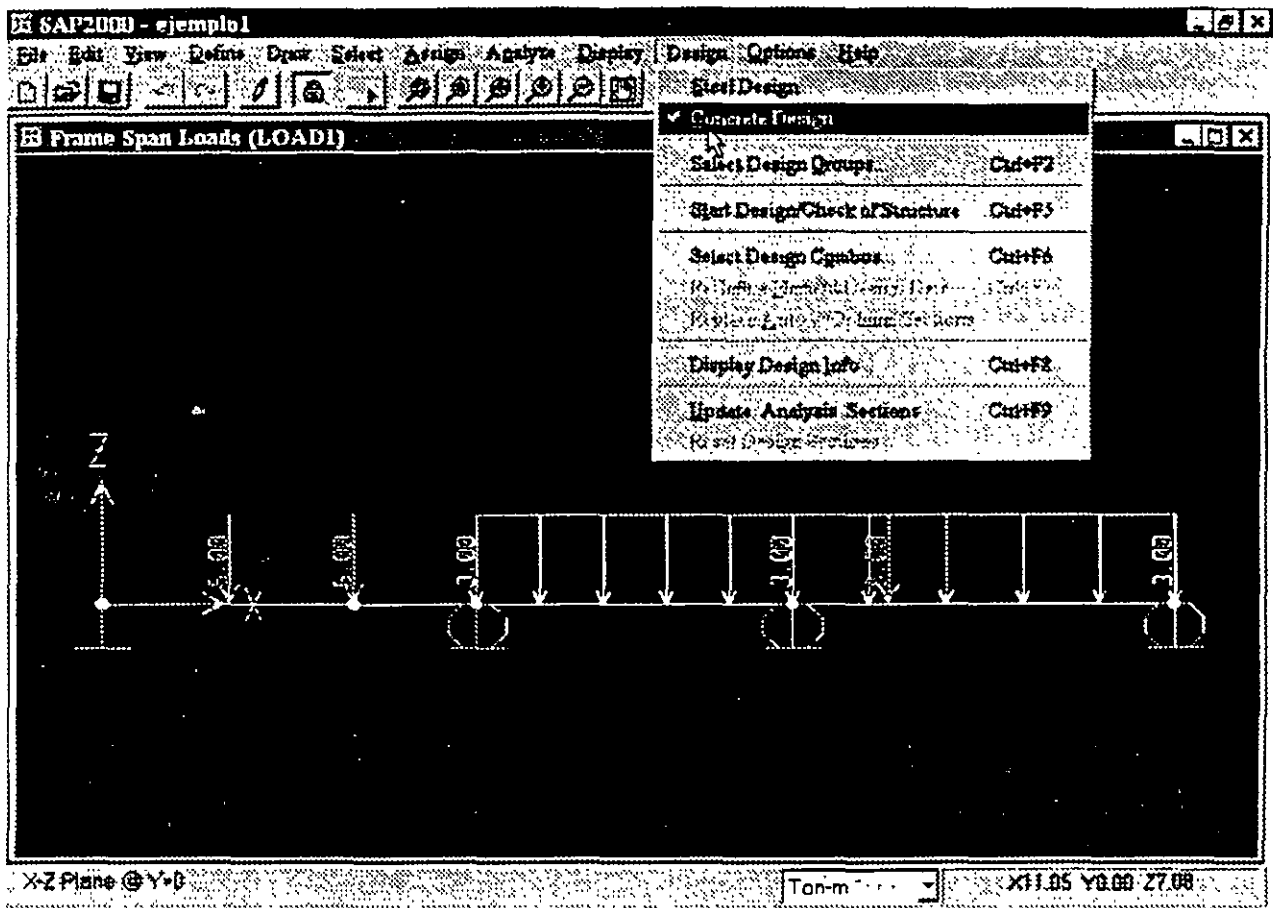


Figura 3.18. Opciones del menú Design.

Frame ID: 2 Interaction Details ReDesign

Section ID: REC25X50

| COMBO ID | STATION LOC | LONGITUDINAL REINFORCEMENT | MAJOR SHEAR REINFORCEMENT | MINOR SHEAR REINFORCEMENT |
|----------|-------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| DCON1 | 1.25 | 0.007 | O/S #3 | 0.000 |
| DCON1 | 2.50 | O/S #2 | O/S #3 | 0.000 |
| DCON1 | 3.75 | O/S #2 | O/S #3 | 0.000 |
| DCON1 | 5.00 | O/S #2 | O/S #3 | 0.000 |
| DCON2 | 0.00 | O/S #2 | O/S #7 | 0.000 |
| DCON2 | 1.25 | 0.007 | O/S #7 | 0.000 |
| DCON2 | 2.50 | O/S #2 | O/S #7 | 0.000 |
| DCON2 | 3.75 | O/S #2 | O/S #7 | 0.000 |
| DCON2 | 5.00 | O/S #2 | O/S #7 | 0.000 |

Buttons: OK, Cancel

Figura 3.19. Algunos resultados del menú Design.

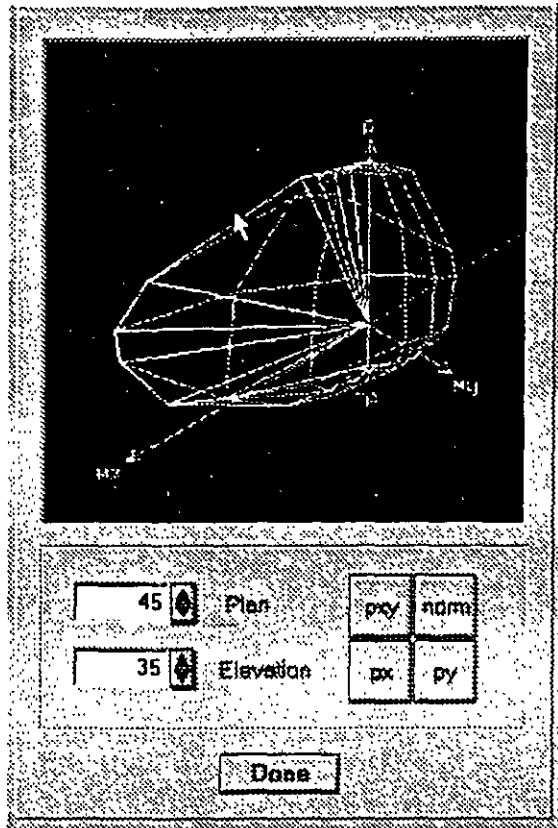


Figura 3.20. Algunos resultados del menú Design.

COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: Ton-m

Frame ID 2
 Station Loc 5.00
 Section ID REC25X50
 Combo ID DCON2

L=5.000
 B=0.250 D=0.500 dc=0.050
 E=2200000.000 fy=60.000 fc=4.000 fcs=4.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

| Rebar Area | Design Pu | Design M2 | Design M3 | Minimum M2 |
|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| O/S #2 | 0.000 | 0.000 | 20.793 | 0.000 |

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

| | Cm Factor | Delta_ns Factor | Delta_e Factor | K Factor |
|-------------------|-----------|-----------------|----------------|----------|
| Major Bending(M3) | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| Minor Bending(M2) | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Figura 3.21. Algunos resultados del menú Design.

3.11 Los menús Options y Help

El menú **Options** (ver figura 3.22) permite por así decirlo controlar el tipo y características de la información que será mostrada en las diferentes áreas de presentación (colores, número de ventanas, etc.).

En este punto podemos mencionar que una vez que se realiza el análisis SAP 2000 “bloquea” al modelo no permitiendo realizarle ninguna modificación por lo que solo es posible manejar los resultados (ver valores numéricos, gráficas, imprimirlos, etc.), para desbloquear al modelo y poder hacerle cambios se selecciona la opción **Lock Model** con esto ahora los resultados ya no están disponibles para poder tener acceso a ellos una vez realizados los cambios será necesario solicitar nuevamente la realización del análisis.

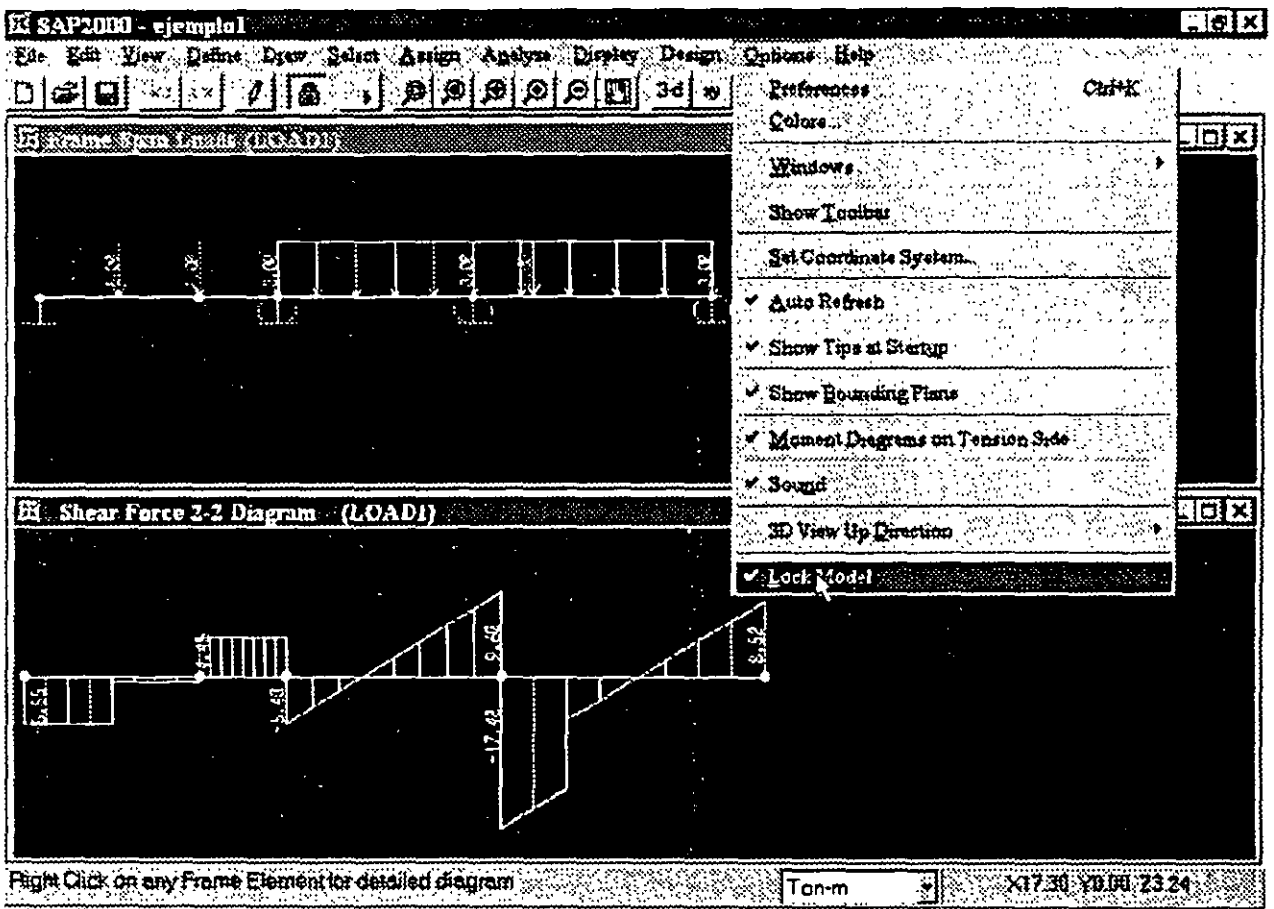


Figura 3.21. Opciones en el menú Options y desbloqueo del modelo.

Se deja al lector que pruebe el efecto de las otras opciones del menú **Options** así como las del menú **Help**, las características de algunas de ellas se verán posteriormente en el desarrollo de algunos ejemplos.

GENERACION DE LA ESTRUCTURA

CAPÍTULO 4

4

4.1 INTRODUCCIÓN

En SAP 2000 la generación de la estructura se entiende como la ubicación con respecto a un sistema de coordenadas (global) de los elementos barra, placa y sólido, la asignación de propiedades geométricas y elásticas a los elementos ya localizados, la introducción de apoyos, la definición y asignación de fuerzas a los nudos, barras y placas, la selección del tipo de análisis y resultados, por último, el dimensionamiento o revisión de elementos.

La forma de iniciar el programa SAP 2000 ha sido descrita con anterioridad (ver inciso 3.2 del capítulo anterior), enseguida se recomienda elegir las unidades en que se introducirán los datos haciendo clic en la pestaña que se encuentra a la derecha del cuadro de unidades y seleccionándolas de la caja que muestra el programa (ver figura 4.1).

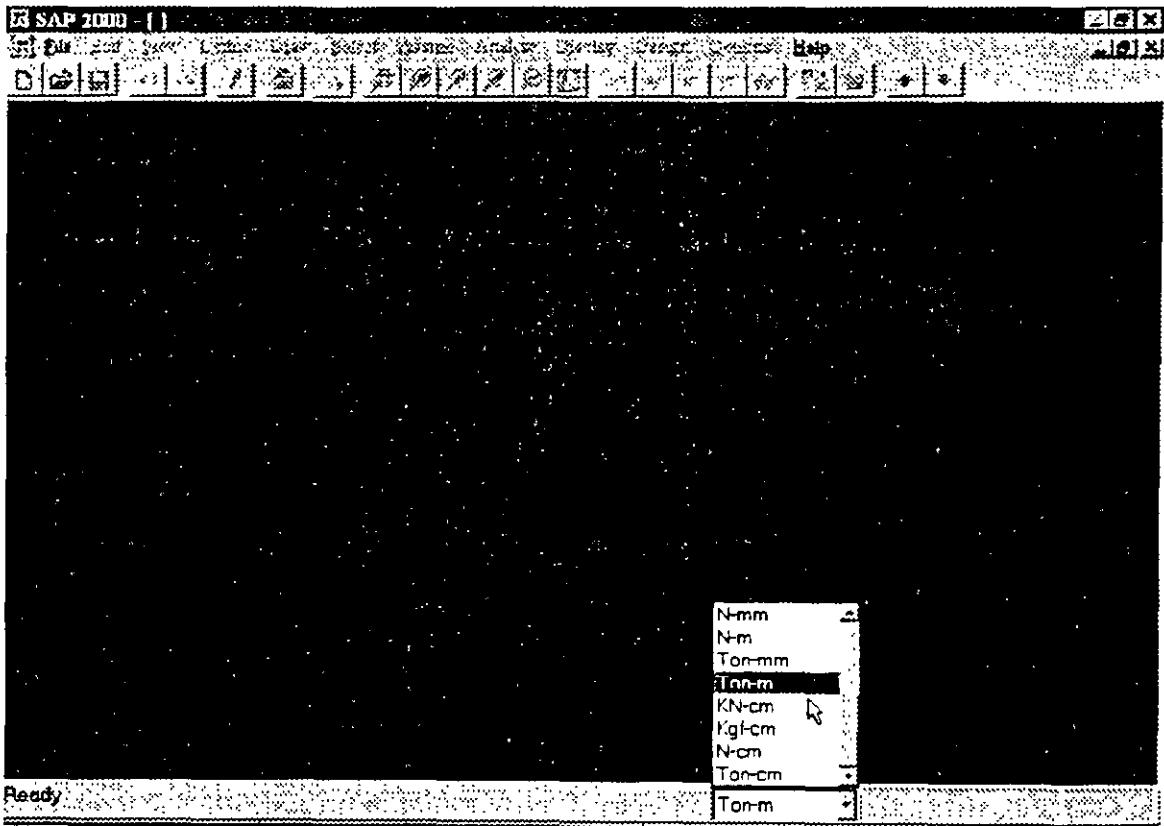


Figura 4.1 Selección de unidades.

SAP 2000 ofrece varias alternativas para introducir la topología de la estructura, aquí empezaremos por una de las más comunes que es introduciendo elemento por elemento, para ello se recomienda auxiliarnos de la malla (grid) que el programa nos proporciona por lo que se tendrá que ajustar la separación de las líneas que forman esa malla, seleccionemos **New Model** del menú **File**, enseguida el programa mostrará un cuadro en donde se especificarán las características de la malla como el número de espacios en cada dirección así como su separación los cuales se pueden modificar introduciendo valores particulares en los cuadros en fondo blanco haciendo clic en el que se quiera modificar (ver figura 4.2)

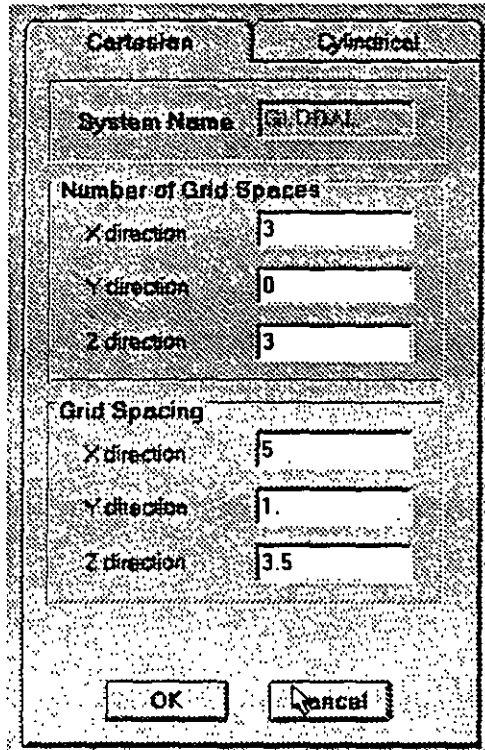


Figura 4.2 Ventana para definir las características de la malla auxiliar.

Una vez que se ha hecho clic en el botón OK el programa muestra la malla resultante en el área de dibujo (con fondo negro) dividiéndola en 2 cuadros mostrando en ellos una vista diferente de la malla (3 D y en el plano X-Y en Z=10.5), también puede observarse los ejes coordenados globales (ver figura 4.3).

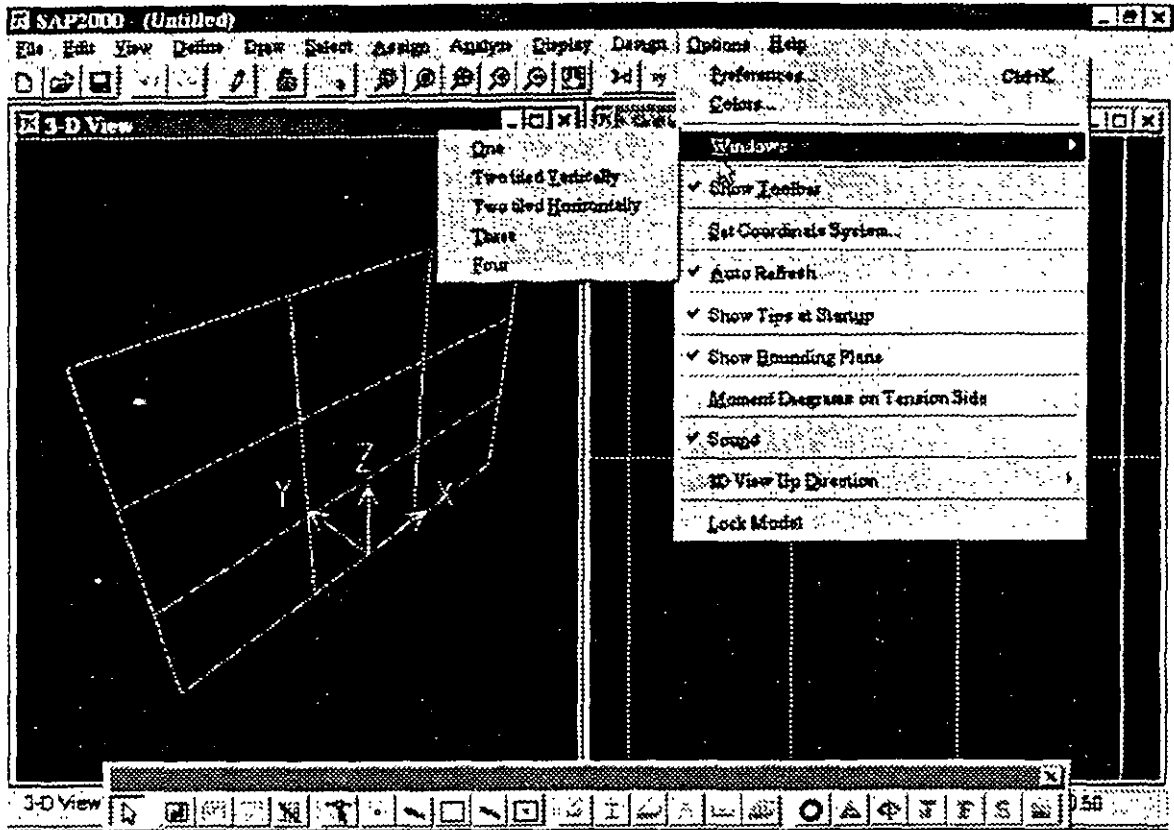


Figura 4.3 Imagen típica después de definir las características de la malla auxiliar.

Cada una de esas ventanas tiene en su extremo superior derecho los botones de minimizar, ventana completa y cerrar, el número y tipo de ventanas a mostrarse en la pantalla puede seleccionarse a través de la opción Windows del menú **Options**.

De las ventanas que se muestran, la ventana activa o en la que se muestran los resultados de los comandos que se elijan es aquella cuya barra de título está en color (generalmente diferente del gris), se activa una ventana haciendo clic en su interior.

La malla así creada tiene separación constante entre las líneas de una misma dirección, existen varias maneras de cambiar la separación entre cada línea de la malla, una de ellas es, después de seleccionar una vista en planta hacer dos clics seguidos en una de las líneas de la malla (con el botón izquierdo del ratón), enseguida se mostrará una ventana conteniendo información acerca de la posición de esas líneas con la opción de seleccionar la dirección de las líneas de la malla así como adicionar, mover y borrar líneas.

Haciendo clic en el cuadro en blanco e introduciendo el valor de la nueva posición de la línea y después de hacer clic en la opción **Add grid line** se ha introducido una nueva línea a la malla. Para modificar el valor de una línea se selecciona de la caja en gris haciendo clic izquierdo en la línea a modificar con lo cual se muestra en la caja en blanco y haciendo clic en esa caja se puede cambiar su valor, para que el cambio resulte efectivo después de modificar el valor de la caja en blanco necesita hacer clic en el botón **Move**, las demás opciones complementan la modificación de la m.

(ver figura 4.4). Desde luego que para que todos los cambios produzcan efecto es necesario hacer clic en el botón OK.

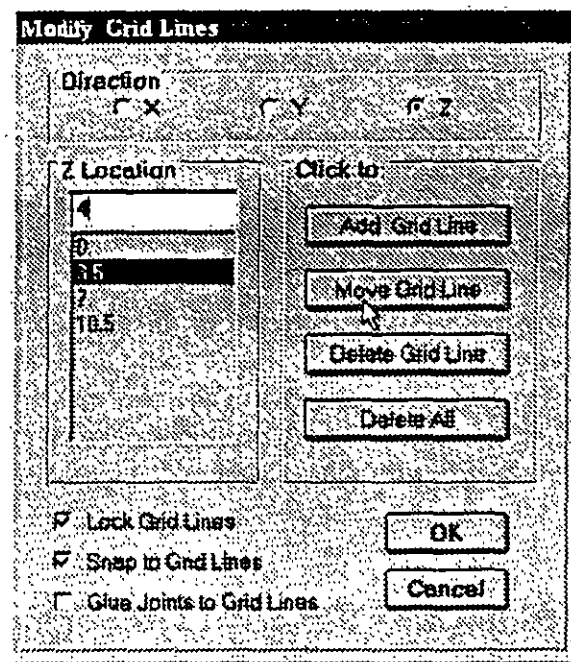


Figura 4.4 Modificación de la separación individual entre las líneas de la malla.

Otra manera para que se muestre el cuadro de la figura 4.4 es seleccionando **Edit Grid** del menú **Draw**, otro comando que resulta útil es la opción **Show Grid** del menú **View** con el cual se suprime o activa la aparición de la malla en área de dibujo.

Los datos de la estructura que se vayan introduciendo son almacenados en memoria volátil (RAM) por tal motivo se recomienda que con cierta frecuencia se graben en el disco duro (o en disco flexible), para ello se puede utilizar la opción **Save** o **Save As** del menú **File**, el programa asignará al nombre del archivo proporcionado por el usuario la extensión **.SDB**.

Ahora podemos introducir todos los elementos que componen a la estructura, a continuación se presenta una breve descripción lógica de las opciones de uso común así como de los comandos que nos permitirán la generación de la estructura en el orden mencionado al inicio de este capítulo, varios de los comandos fueron descritos en el capítulo anterior.

4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La parte del proceso de modelación que consume más recursos (tiempo y esfuerzo) es la que concierne a la introducción de elementos (barra, placa, etc.), es por ello que el uso eficiente de los comandos del menú **Draw** y en combinación con algunos otros nos permitirá la generación de la topología (forma) de la estructura lo más pronto posible, como recomendaciones generales, se pueden mencionar las que se indican en los párrafos siguientes.

Procurar iniciar la geometría de la estructura a partir de alguna de las predefinidas que trae la librería del programa (vigas, marcos, etc.), enseguida realizar los cambios necesarios para ajustar esa geometría a la del modelo por analizar (adicionando o borrando algunos elementos, cambiándolos de posición, copiándolos, etc.)

Para la definición de elementos (barra, placa, etc.) auxiliarse de la malla (**grid**) cambiando la separación de las líneas de la malla para que sus intersecciones definan la mayor cantidad de coordenadas de los nudos de nuestro modelo procurando que con la nueva separación de las líneas de la malla los elementos resultantes tengan las características (dimensiones e inclinación) deseadas con lo que el uso de las opciones de dibujo rápido de elementos (con un solo clic, en lugar de dos clics) traerá algún ahorro y facilidad de creación o modificación del modelo.

Las características a ser mostradas en la pantalla (numeración, ejes locales, etc.) de los elementos que se van adicionando al modelo (nudos, barras, placas, etc.) pueden ser controladas mediante la opción **Set Elements** del menú **View** (ver figura 4.5). La información mostrada puede ser de utilidad, también es conveniente recordar que las características de algún elemento (nudo, barra, placa, etc.) pueden desplegarse seleccionándolo (clic izquierdo) y luego haciendo clic derecho, algunos de los elementos en la caja mostrada pueden ser modificados (ver figura 4.6).

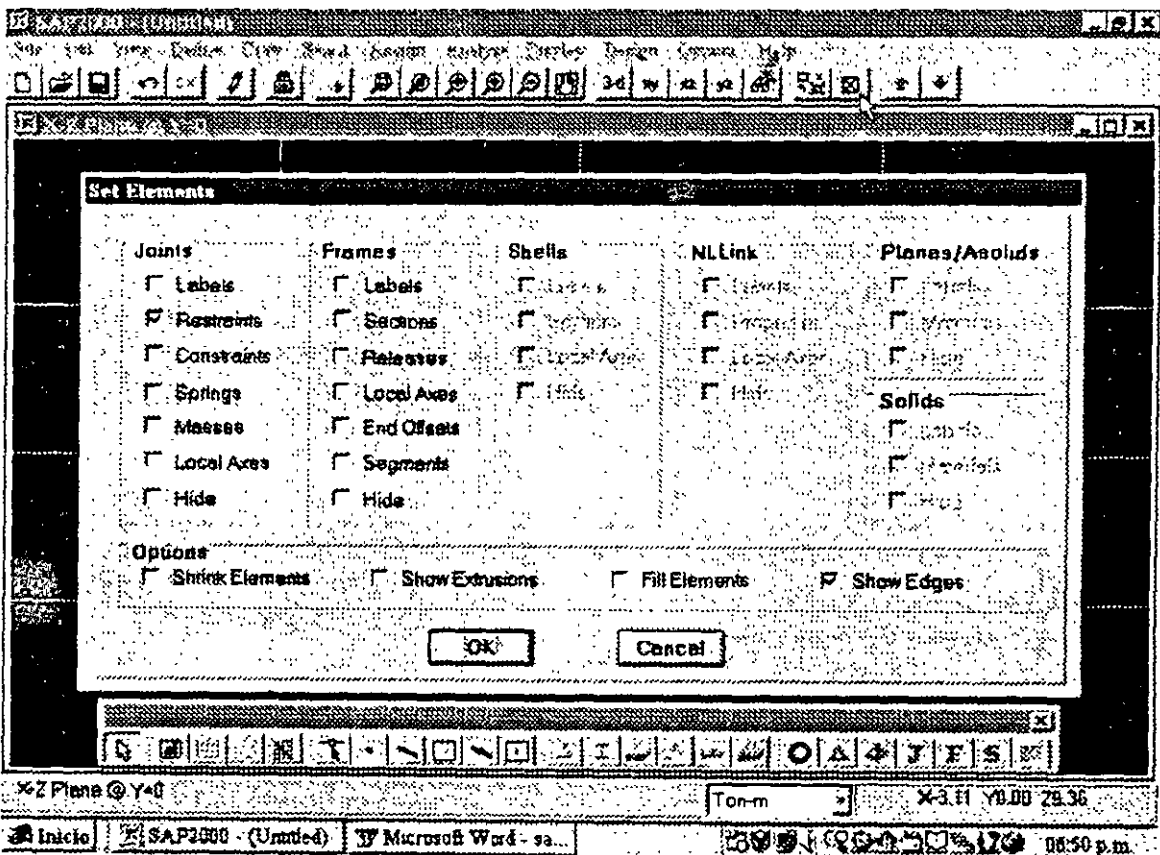


Figura 4.5 Selección de información a desplegarse en el área presentación del modelo.

| Frame Information | | | |
|---------------------------|--------|---------------------|--------|
| Identification | | | |
| Frame | 10 | Start Joint | 6 |
| Element Length | 6 | End Joint | 9 |
| | | | OK |
| | | | Cancel |
| Specifications | | | |
| Number of Output Segments | 4 | | |
| Local Axis Angle | 90 | | |
| Section | Name | Shape | |
| | C12x30 | C12x30 | |
| Releases | | | |
| Start | | R2 | R3 |
| End | | | |
| Rigid End Offsets | | | |
| Start | 0 | Stiffness Reduction | 1 |
| End | 0 | | |

Figura 4.6 Características del elemento barra seleccionado (la información en el cuadro en blanco puede ser modificada directamente).

4.3 GENERACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Una de las maneras de crear el archivo de datos o de modificar su contenido, es a través del editor gráfico cuyas opciones están contenidas principalmente en el menú **Draw** (ver figura 4.7), algunas de ellas se describen a continuación.

Draw Frame Element permite adicionar un nuevo elemento barra, para ello se hace clic primero en el punto extremo de la barra y luego en el opuesto.

Draw Shell Element permite adicionar un nuevo elemento placa, haciendo clic en los puntos extremos (vértices) sucesivos del elemento empezando por cualquiera de ellos se define la geometría de este elemento.

Quick Draw Frame element permite adicionar un elemento barra haciendo un solo clic en una línea de la malla auxiliar de dibujo que este delimitada por otras dos perpendiculares a la primera, esas líneas definen los límites del elemento, si se hace clic en cualquier punto de la zona delimitada por cuatro líneas de la malla o por cuatro nudos se adicionan dos elementos barra diagonales.

Quick Draw Shell element adiciona un nuevo elemento **shell** haciendo un solo clic en cualquier punto de la zona delimitada por cuatro líneas de la malla.

Comúnmente al seleccionar alguna de las opciones anteriores la forma del cursor cambia a una flecha vertical vacía hacia arriba, para cancelar o terminar la opción se hace clic en el primer icono de la barra flotante con lo que el cursor cambia a flecha inclinada llena.

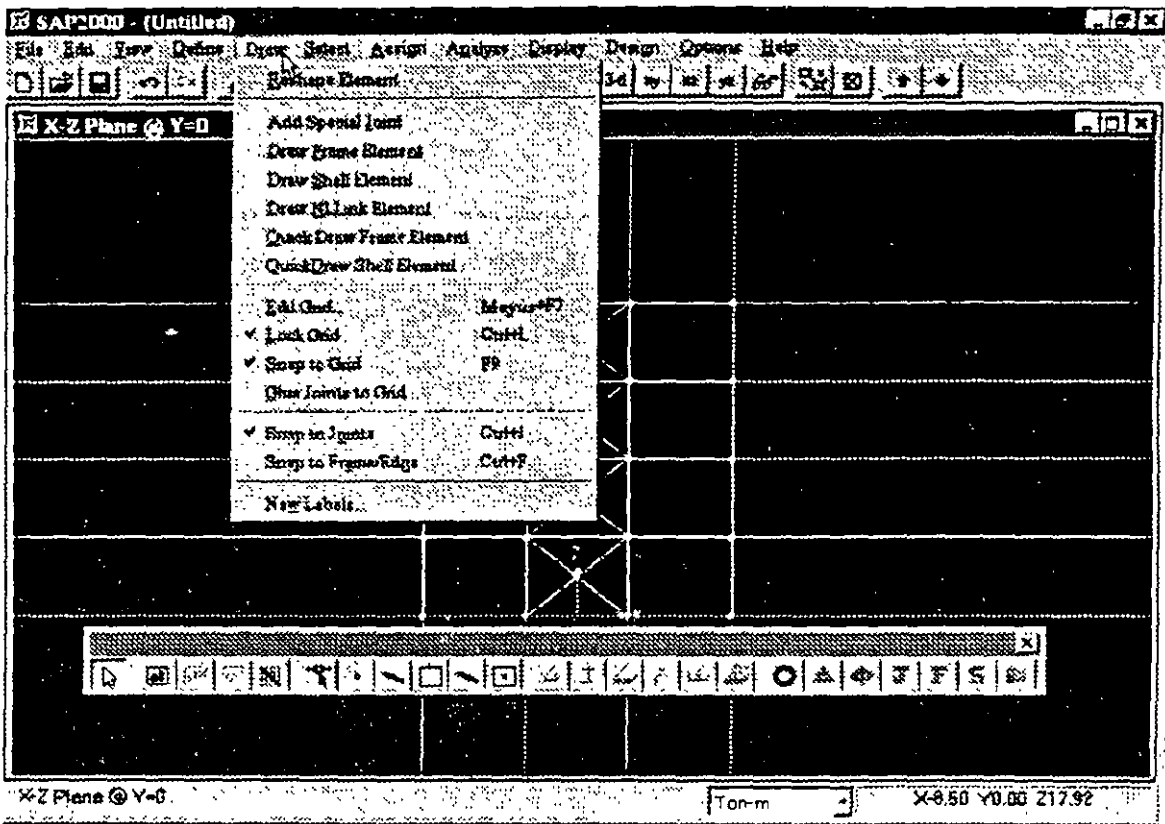


Figura 4.7 Opciones del menú Draw.

Con objeto de completar el modelo o realizar los cambios que se desean, una vez que se han ubicado elementos, cuando sea posible se recomienda generar algunos otros realizando copias, giros, etc. de uno o varios de los que ya se tienen definidos

Para tal efecto varias opciones se encuentran en el menú **Edit** (ver figura 4.8), pero para poder utilizar algunas de ellas es necesario seleccionar elementos (por ejemplo los que se van a copiar), para ello existen disponibles varias formas de seleccionar elementos, la más sencilla es hacer clic en el elemento a seleccionar (nudo o barra), el elemento seleccionado se muestra con línea discontinua, se puede anular la selección haciendo clic en un elemento seleccionado, también se pueden seleccionar elementos que queden totalmente contenidos en una ventana rectangular creada haciendo clic en uno de los vértices de la ventana y arrastrando el ratón hasta el vértice opuesto de la misma y soltando ahí, otras opciones de selección se encuentran en la opción **Select** del menú con el mismo nombre, desde luego que las acciones anteriores se pueden aplicar en repetidas ocasiones e inclusive combinar varias maneras de seleccionar y excluir (**Unselect**) elementos para lograr un resultado deseado.

Hecha la selección de algunos elementos (también puede ser uno o todos) se pueden llevar a cabo ciertas acciones con ellos dando como resultado posibles cambios a esos elementos y en general al modelo o estructura por analizar, cuando el efecto final no es el esperado se recomienda cancelar la acción, para ello se hace clic en el icono (**Un Do**) que está casi por debajo del menú **View**.

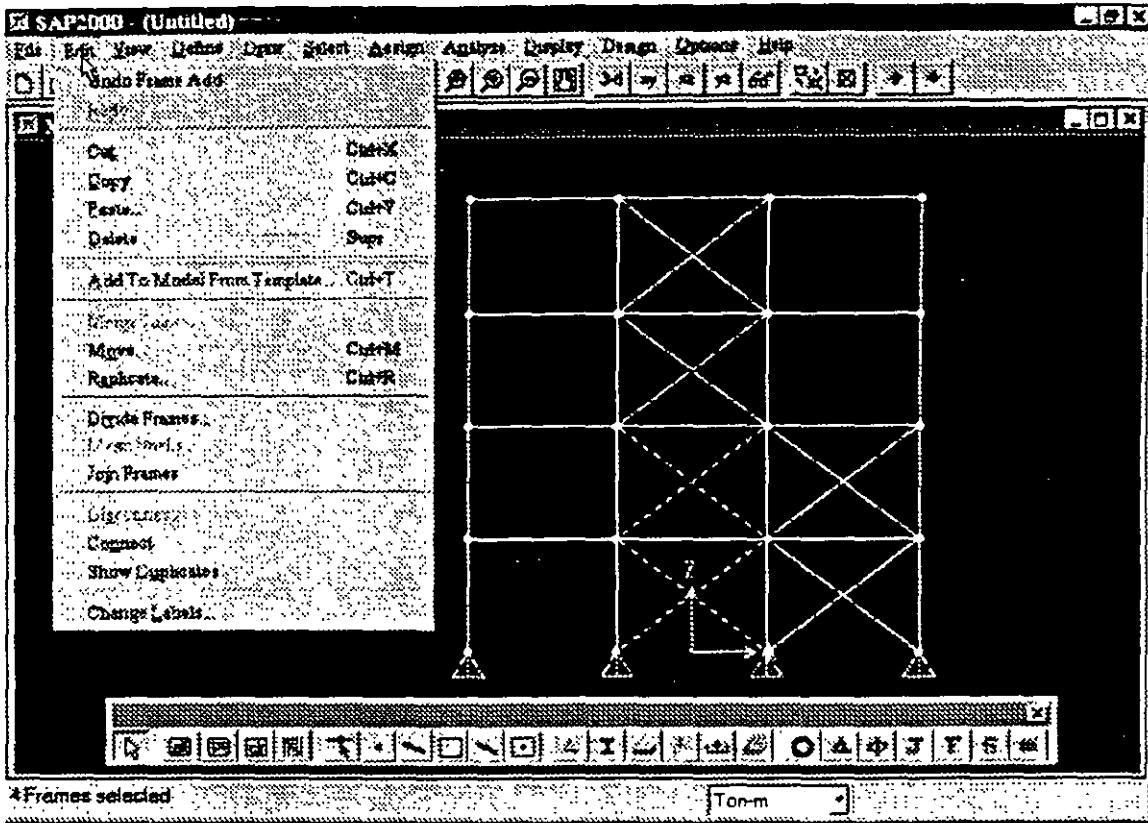


Figura 4.8 Opciones del menú Edit.

Cut y Delete Elimina los elementos seleccionados.

Copy copia los elementos seleccionados a una memoria temporal permitiendo ser insertados posteriormente, los elementos que actualmente se encuentran seleccionados no se suprimen, cuando se aplica nuevamente la opción **Copy** a una nueva selección, los elementos seleccionados anteriormente (si es que los había) se eliminan de la memoria temporal quedando los actualmente seleccionados.

Paste inserta los elementos que se almacenaron previamente en la memoria temporal mediante la opción **Copy**, al seleccionar esta opción se presenta una ventana en donde se puede especificar un incremento a todas las coordenadas de los nudos y a los nudos extremos de los elementos guardados previamente con la opción **Copy** (ver figura 4.9).

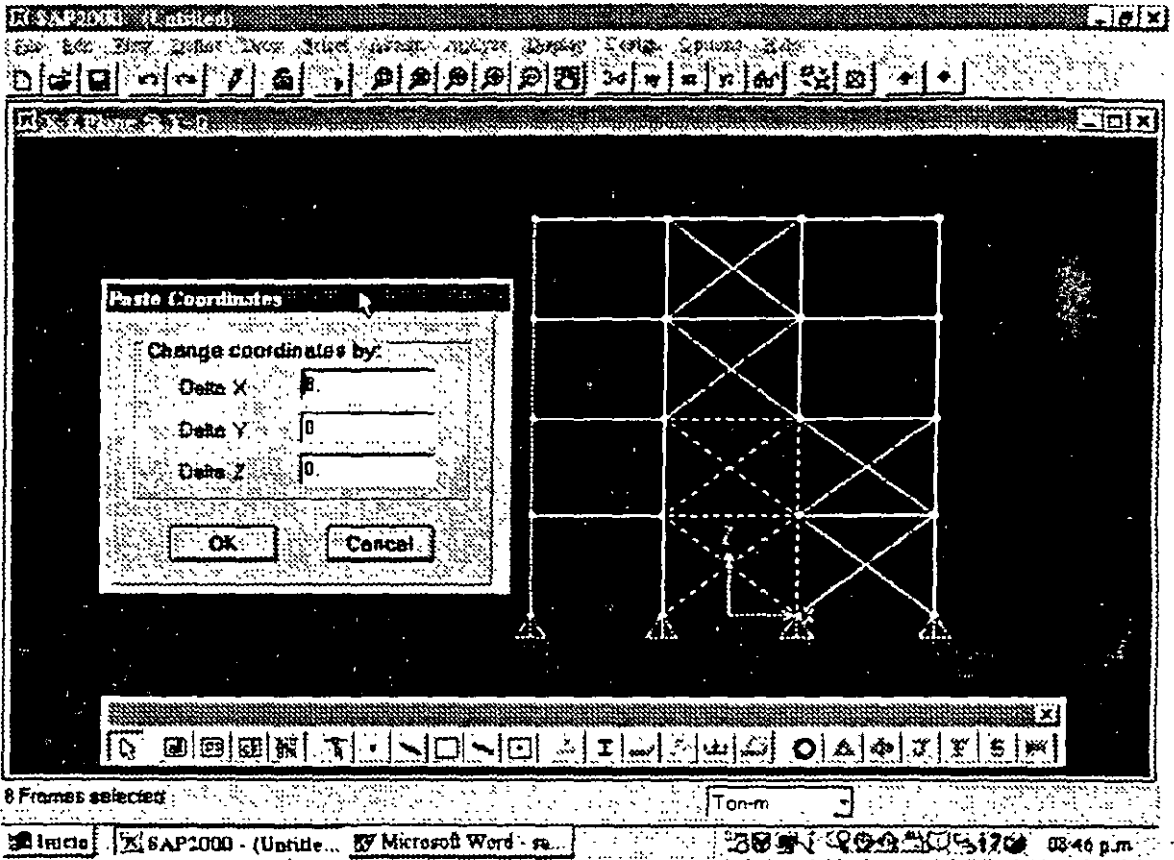


Figura 4.9 Opción Paste del menú Edit.

Move - Una vez seleccionados algunos nudos este comando permite cambiar las coordenadas de los nudos seleccionados desplazándolos hacia nuevas posiciones obtenidas a partir de sus coordenadas actuales y de la información que el usuario proporcione en la ventana que se despliega cuando se elige esta opción (ver figura 4.10)

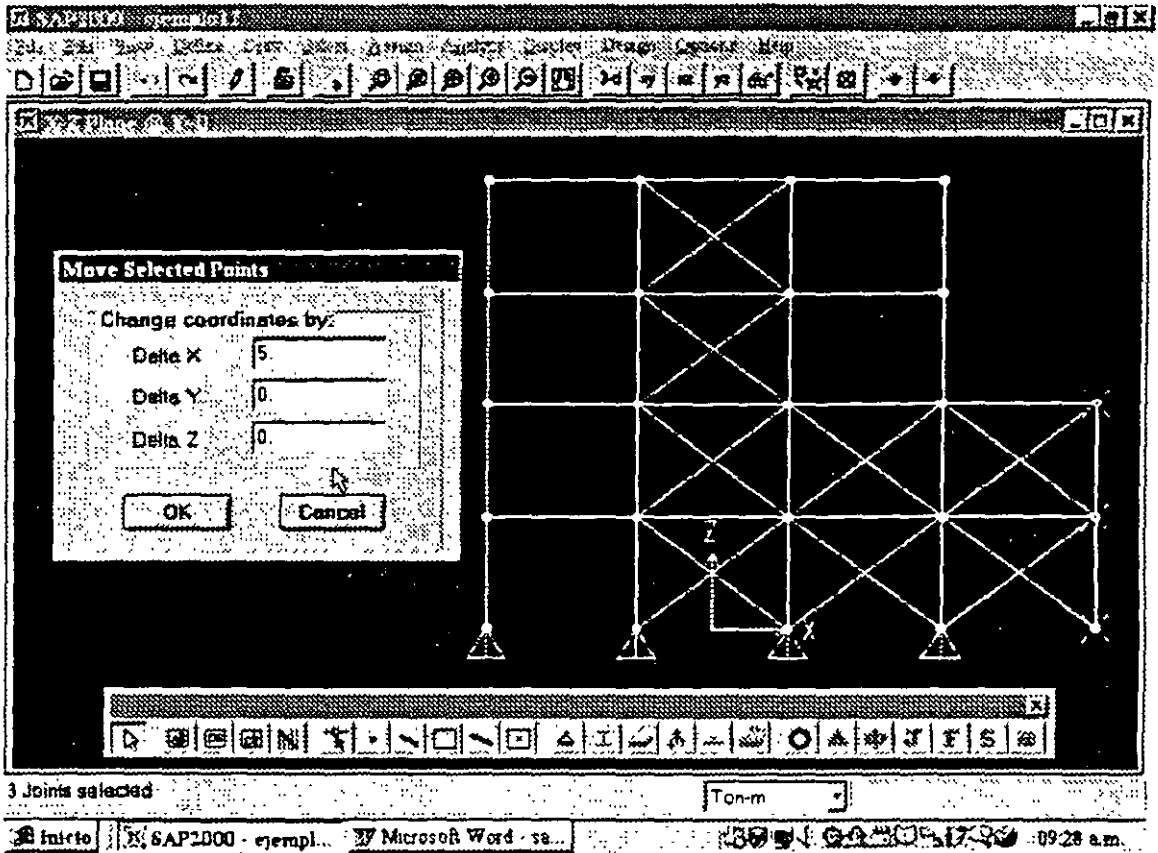


Figura 4.10 Información complementaria de la opción Move del menú Edit

Replicate Una de las opciones más poderosas con la que se pueden realizar varios efectos es la opción **Replicate** del menú **Edit**, dentro de esta opción a su vez se encuentran disponibles otras 3, **Linear**, **Radial** y **Mirror**.

La opción **Linear** permite realizar varias copias de los elementos seleccionados, esas copias se pueden realizar en cualquiera de las direcciones x, y o z, por ejemplo si las copias se quieren realizar en dirección x se especifica un valor de x diferente de cero en la caja respectiva y cero en las demás (ver figura 4.11), desde luego se pueden especificar valores diferentes de cero con el efecto correspondiente, la opción **Radial** permite realizar copias en dirección radial (angular) especificando el eje alrededor del cual se van a hacer las copias así como el incremento en grados y el número de estas.

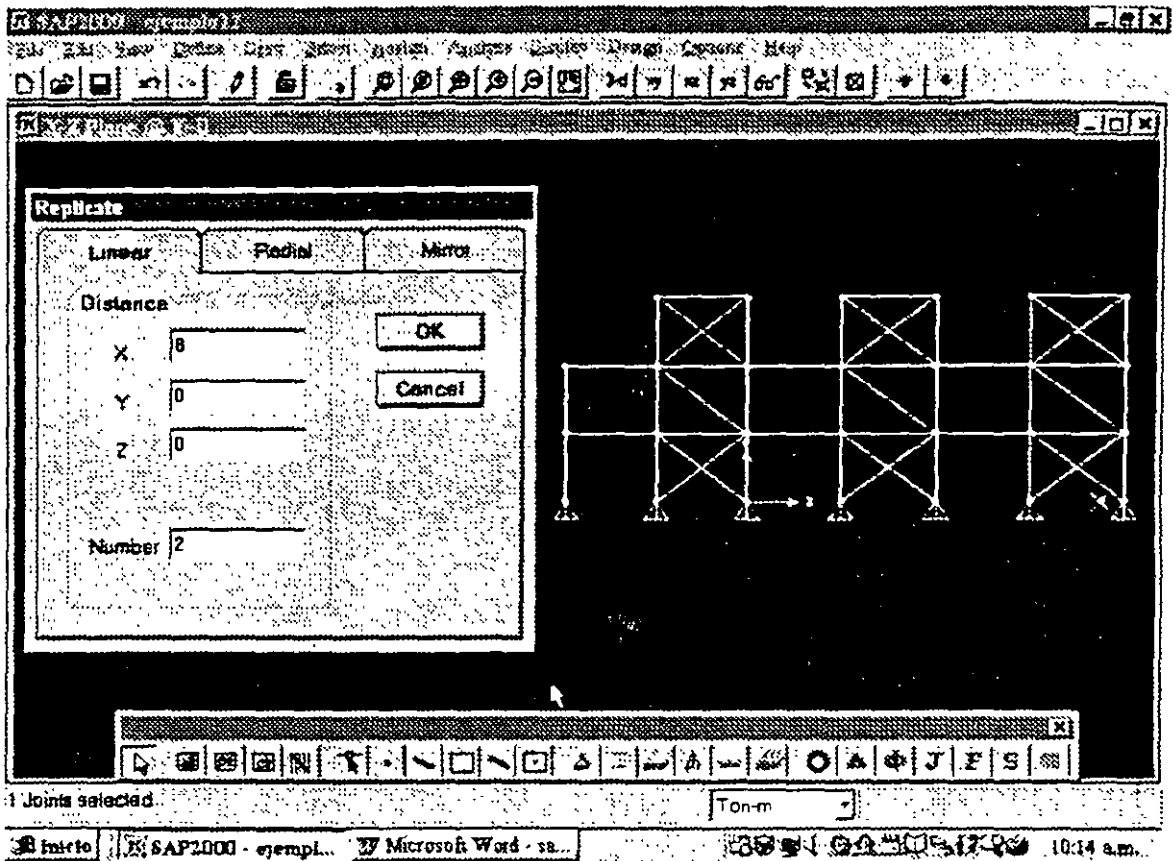


Figura 4.11 Efecto de Linear en la opción Replicate del menú Edit.

La opción **Mirror** permite realizar una copia tipo espejo de los elementos seleccionados especificando la posición del espejo mediante la selección de un plano (xy, yz o xz) y la distancia del origen a la posición del espejo (ver figura 4.12), esta opción resulta muy útil cuando se tiene una estructura simétrica ya que se introduce una parte de la misma y se genera la otra (parte simétrica) mediante la opción **Mirror**

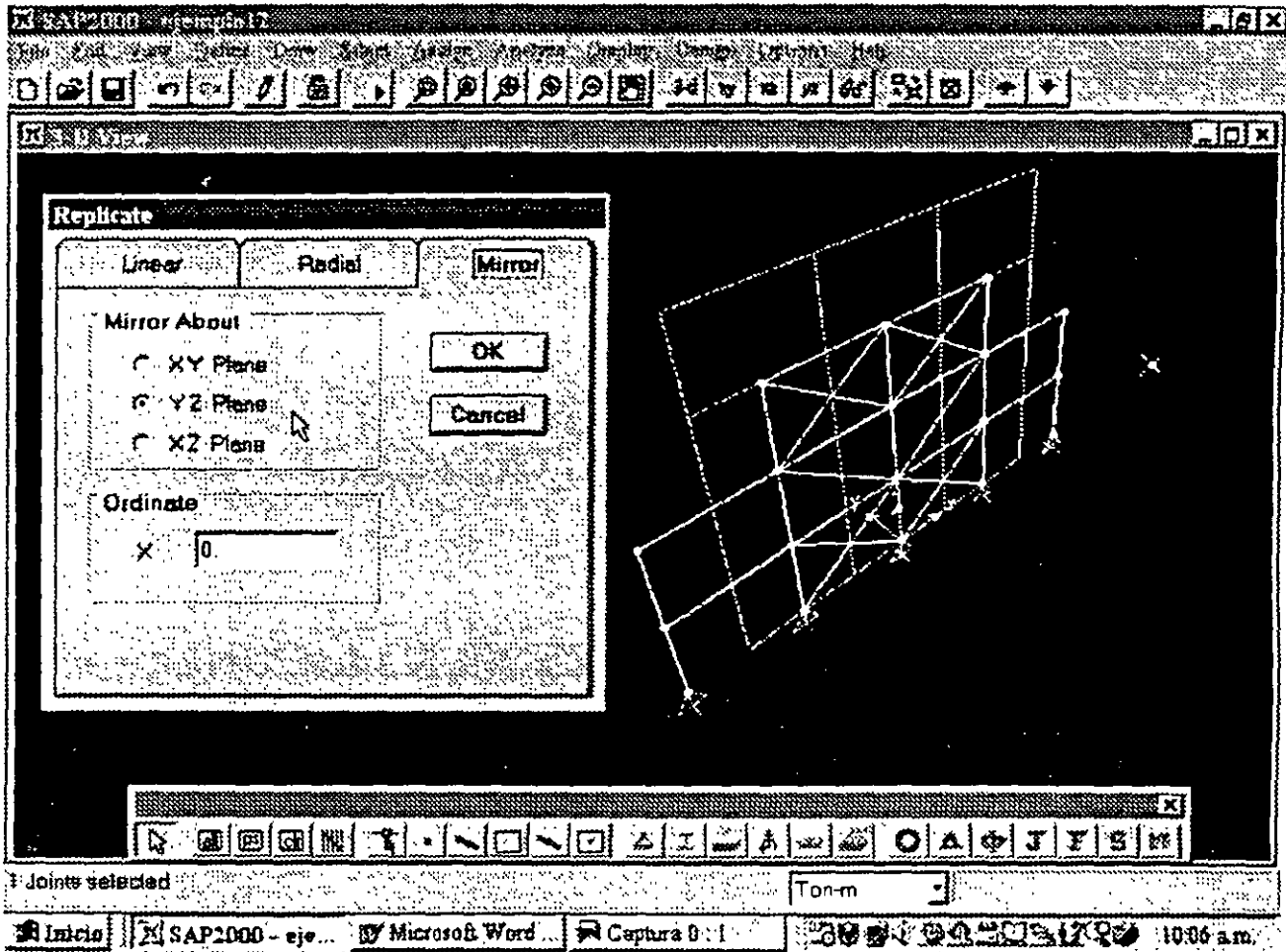


Figura 4.12 Efecto al seleccionar **Mirror** de la opción **Replicate** en el menú **Edit**

4.4 DEFINICIÓN Y ASIGNACIÓN DE MATERIALES

En el menú Define en la opción **Materials** se podrán especificar las características de los materiales del cual estarán formados los elementos estructurales, en este menú se pueden especificar materiales tales como concreto, acero y otros; después de seleccionar esta opción aparece el cuadro que se muestra en la figura 4.13, en donde como puede observarse mediante la opción **Modify/Show Materials**, se mostrarán con la posibilidad de modificar algunas características del material que interviene para el análisis y el diseño de elementos (ver figura 4.14).

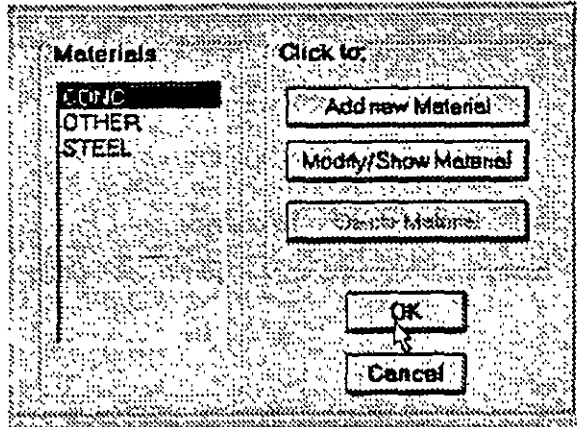


Figura 4.13 Ventana para definición de materiales.

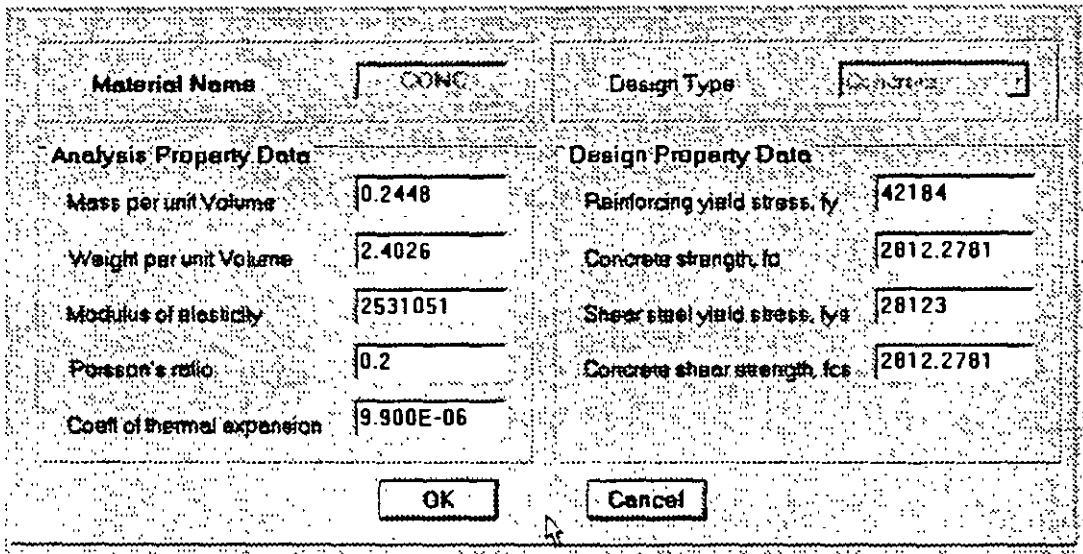


Figura 4.14 Ventana Modifi/Show Material de la opción Define Materials.

Add New material permite definir un nuevo material, se tendrá que especificar desde el nombre (**Material Name**), formado por un conjunto de hasta ocho caracteres el cual hará referencia a este material, se tendrán que proporcionar por lo menos los datos que se muestran en el cuadro análisis **Property Data**, sobre todo el módulo elástico y la relación de Poisson, en el caso de que requiera considerar el peso propio en alguna condición de carga se tendrá que proporcionar el peso

por unidad de volumen, si se va a solicitar alguna opción de análisis dinámico en donde se quiera considerar a la masa de la estructura repartida a lo largo de sus elementos será necesario proporcionar el valor de la masa por unidad de volumen, en el caso de que se requiera considerar el efecto de temperatura es necesario proporcionar el coeficiente de expansión térmica (ver figura 4.15).

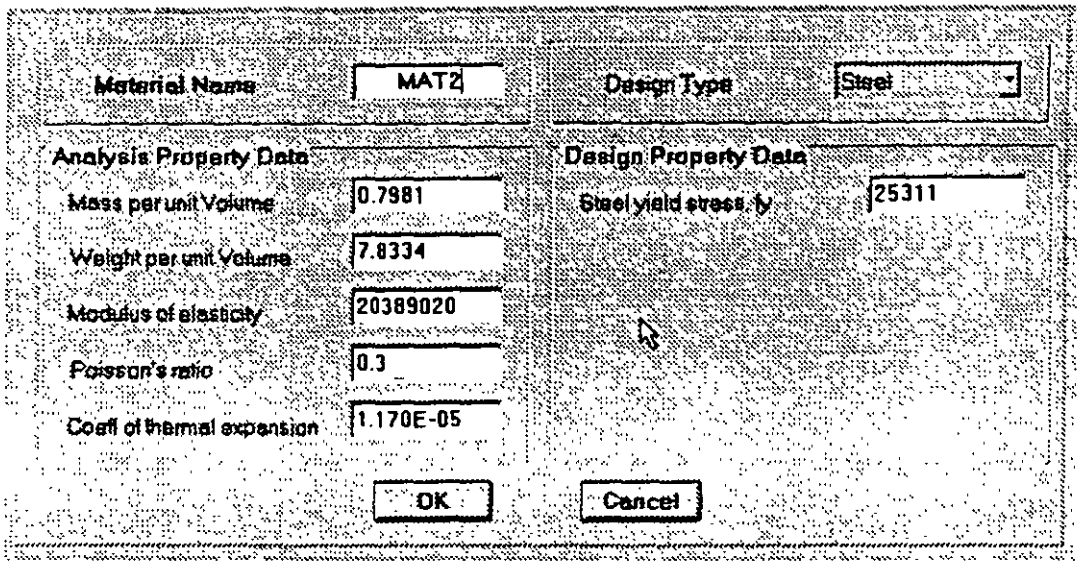


Figura 4.15 Opción Add New material de Define Materials

Se pueden definir varios materiales dependiendo de los que se requieran para especificar a los elementos en la estructura, la opción **Materials** del menú **Define** también permitirá eliminar algún material de los que se muestran en el cuadro **Materials** con excepción de los materiales **Conc** y **Steel**, para ello sólo se hace clic en el nombre del material a eliminar y luego en el botón **Delete Material**.

4.6 DEFINICION Y ASIGNACION DE PROPIEDADES GEOMETRICAS

En el menú **Define** también se encuentra presente la opción para definir características de las secciones transversales (**Frame Sections**) de los elementos que están presentes en la estructura por analizar. En la ventana correspondiente (ver figura 4.16), se tiene la opción **Import** para seleccionar las propiedades de una base de datos con extensión **PRO**, la versión educativa del programa **SAP2000** proporciona los archivos **Aisc.Pro**, **Cisc.Pro** y **Sections.Pro** de los dos primeros se pueden seleccionar algunas formas comunes, esos archivos se encuentran en la carpeta **SAP2000e**.

También se pueden definir las propiedades a partir de formas comunes mediante la opción **Add**, otras opciones que también se encuentran disponibles permiten modificar (**Modify/Show Section**) o eliminar alguna propiedad (**Delete Section**),

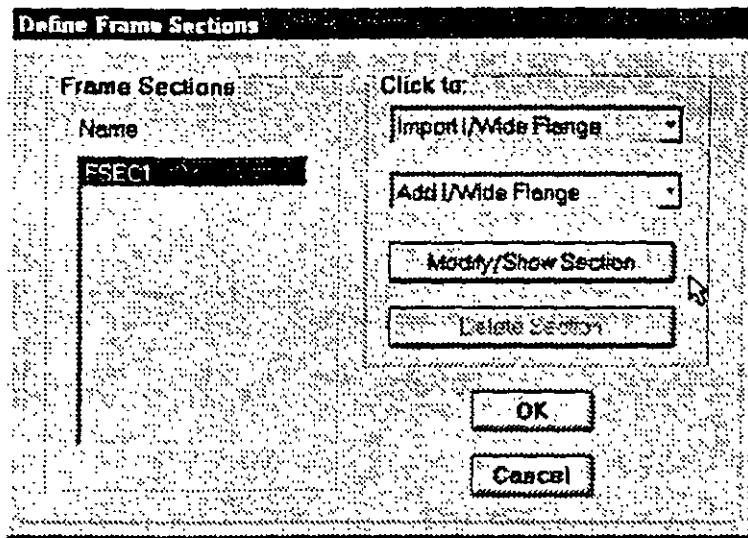


Figura 4.16 Opciones en Define Frame Sections del menú Define.

En la opción Add se tendrá que seleccionar la forma de la sección (rectangular, circular, tee, general, etc., ver figura 4.17).

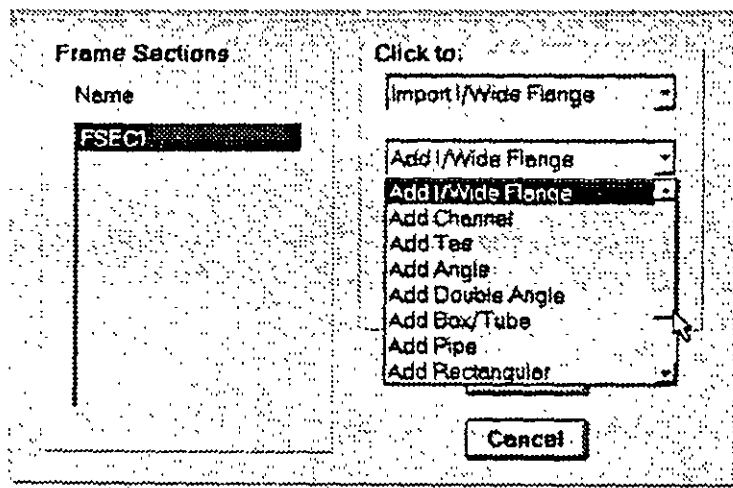


Figura 4.17 Selección de una forma predeterminada.

Una vez seleccionada la forma habrá que proporcionar algunas de las dimensiones de la misma con las cuales el programa obtiene de manera automática las propiedades geométricas de la forma definida (ver figura 4.18).

Figura 4.18 Especificación de las dimensiones de la forma de una sección transversal seleccionada.

El nombre de la sección se puede cambiar modificando el contenido del cuadro en blanco (Section Name), este nombre se utilizará para referencias posteriores (asignar esta sección transversal a uno o más elementos del modelo). Las características a modificar se presentan en el cuadro **Dimensions**, del cuadro **Material** se deberá seleccionar el material (los materiales se definieron previamente, ver párrafos anteriores) del cual esta o estará formada esa sección transversal. Una vez proporcionadas las dimensiones de la forma de la sección transversal se pueden mostrar sus propiedades geométricas (área, momentos de inercia, etc.) seleccionando la opción **Section Properties** del cuadro **Properties**, se pueden modificar (aumentar o disminuir en cierta proporción) algunas de esas propiedades modificando el factor correspondiente a la propiedad que se quiera modificar (el factor que se especifica es con respecto a la unidad) para ello habrá que seleccionar el botón **Modification Factors** del cuadro **Properties** y modificar el contenido del cuadro en blanco que corresponda a la propiedad que se quiere modificar.

Una vez definidas las distintas secciones de los diversos elementos estructurales habrá que indicar la sección transversal que corresponda al o a los elementos estructurales (la forma de la estructura ya se ha generado), primero se seleccionan los elementos que tiene una misma sección transversal, para ello se puede utilizar algún método de selección de la opción **Select** del menú con el mismo nombre, enseguida seleccionar **Sections** de la opción **Frame** en el menú **Assign**, con lo que aparece la ventana que se muestra en la figura 4.16, por último, en esa ventana se tendrá que seleccionar el nombre de la sección (la cual se definió previamente) del cuadro **Frame Sections**, después de hacer clic en el botón **OK** se asigna a los elementos seleccionados las características especificadas en la sección transversal seleccionada. La operación anterior se repetirá tantas veces como sea necesario para asignar secciones a todos los elementos que componen al modelo.

4.6 CONDICIONES DE FRONTERA, TIPOS DE APOYO

Para especificar los tipos de apoyo o condiciones de frontera de la elástica de la estructura primero se seleccionan aquellos nudos que tengan las mismas restricciones de desplazamiento, esto se hace con algunas de las opciones aplicables del menú **Select** y después seleccionar **Restraints** de la opción **Joint** del menú **Assign** (ver figura 4.19), desplegándose la ventana que se muestra en la figura 4.20, en ella se habrá de indicar el tipo de restricción que tendrán los nudos que se han seleccionado previamente, a menos que se modifiquen las direcciones 1, 2 y 3, corresponden a las direcciones globales X, Y y Z respectivamente, se puede seleccionar algún tipo de apoyo particular de uso común haciendo clic en alguno de ellos en el cuadro **Fast Restraints**. La operación anterior se puede aplicar en repetidas ocasiones para especificar completamente todos los nudos restringidos que tiene el modelo.

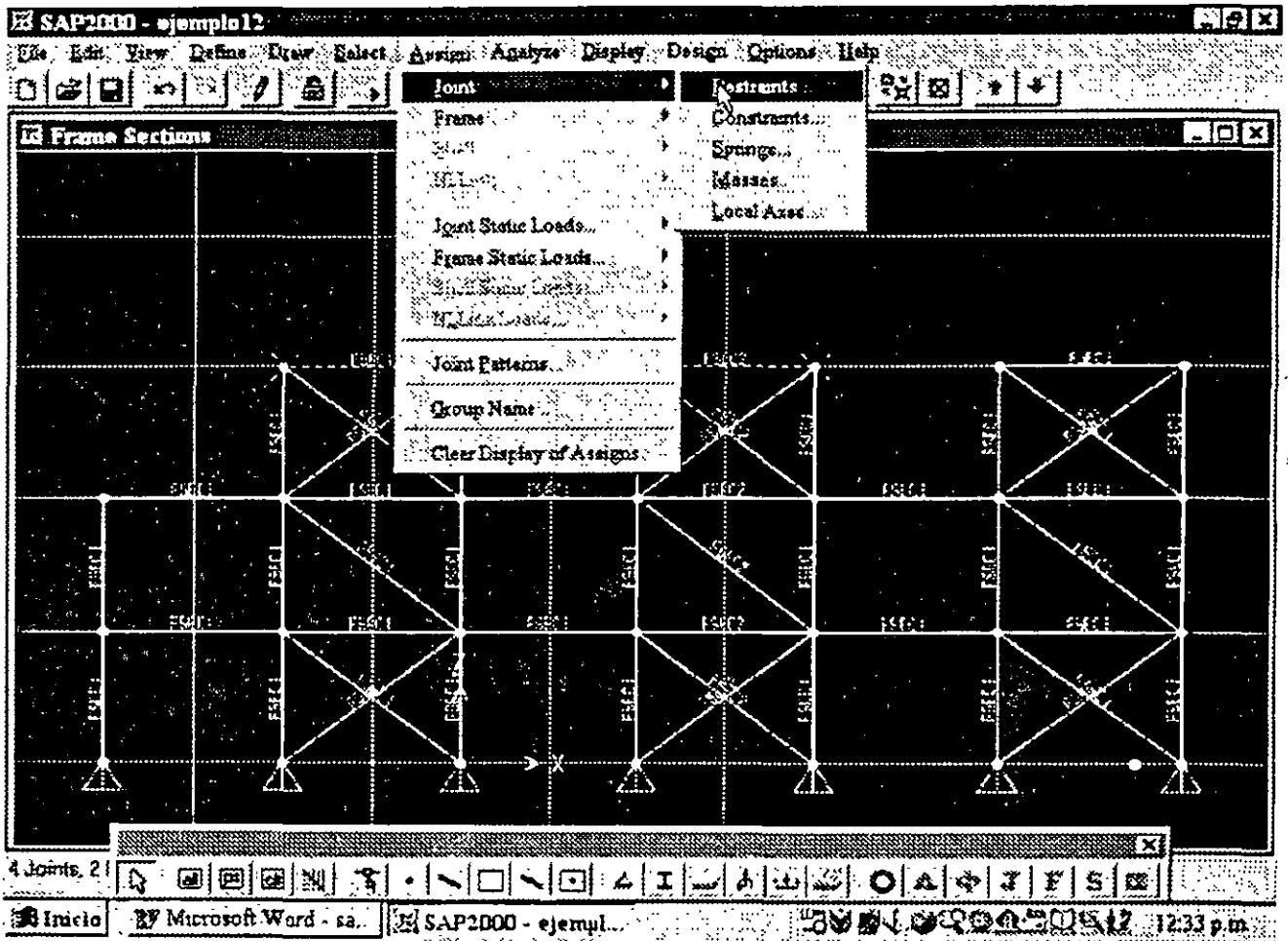


Fig. 4.19 Selección de restricciones

Para cambiar las restricciones de algún nudo se requiere seleccionarlo y asignarle las nuevas restricciones, si se desea que ese nudo tenga posibilidad de desplazamiento lineal y angular en todas las direcciones habrá que dejar en blanco todos los cuadros del marco **Restraints in Local Directions** o bien hacer clic en el icono con un punto negro del marco **Fast Restraints**.

4.7 ASIGNACION DE FUERZAS Y COMBINACIONES

Para introducir diversos tipos de fuerza estática al modelo, primero habrá que definir condiciones de carga estática, para ello se selecciona la opción **Static Load Cases** del menú **Define** mostrándose la ventana de la figura 4.20, en ella se puede adicionar una nueva (**Add New Load**), modificar características de una que existe (**Change Load**), o suprimir una condición de carga (**Delete Load**), resulta lógico que al menos se debe proporcionar una condición de carga.

El nombre de la condición se especifica en el cuadro en blanco debajo de **Load** y si se quiere considerar el peso propio en esa condición de carga se debe de proporcionar el valor de 1 en el cuadro en blanco debajo de **Self Weight Multiplier**, una vez que se han introducido los datos anteriores se puede seleccionar **Add...** para definir una nueva condición de carga o bien **Change...** para cambiar los datos de la condición de carga seleccionada (con fondo oscuro) por los datos de los cuadros en blanco.

Para modificar el nombre y el multiplicador del peso propio además de introducir el nuevo valor en los cuadros en blanco habrá que seleccionar la condición que se quiera modificar haciendo clic sobre ella, con lo que el fondo de la condición seleccionada cambia a oscuro y después hacer clic en el botón **Change Load** se realizan los cambios indicados ya que hasta que se ha hecho clic en este botón quedan registrados esos cambios es decir no basta modificar el contenido de las cajas en blanco.

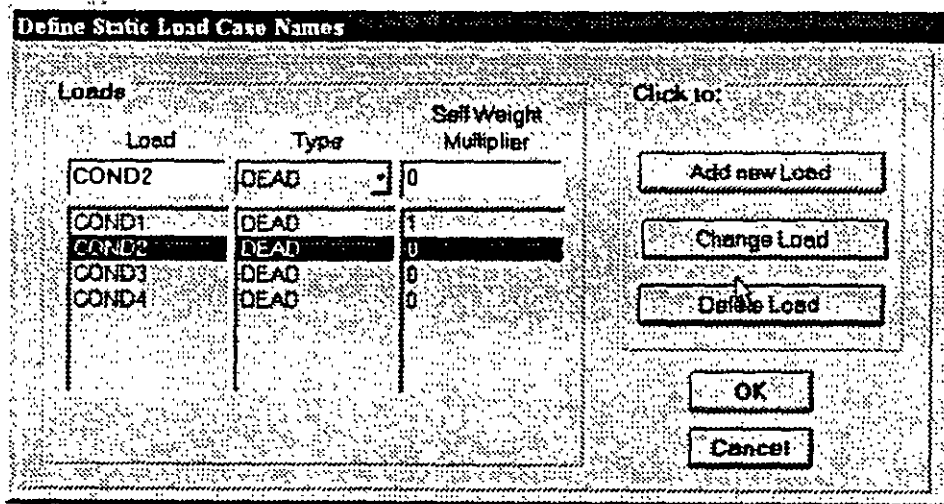


Fig. 4.20 Definición de condiciones de carga estática.

Para la asignación de fuerzas y o momentos a los nudos habrá que seleccionar aquellos nudos que tengan las mismas fuerzas y después seleccionar **Forces** de la opción **Joint Static Loads** en el menú **Assign** (ver figura 4.21).

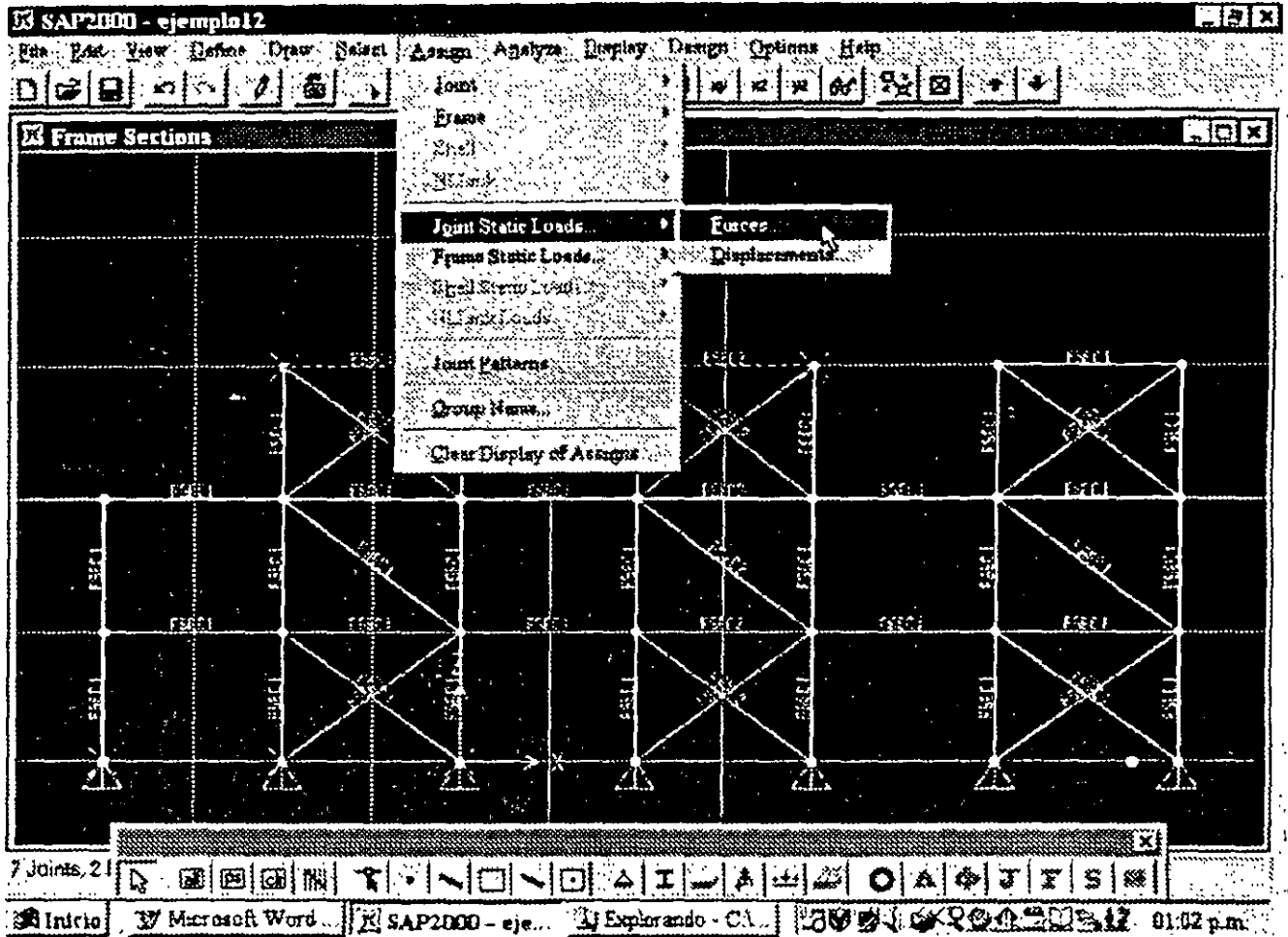


Fig. 4.21 Opción para asignar fuerzas a los nudos previamente seleccionados.

Enseguida se despliega la ventana mostrada en la figura 4.22, en ella se habrá de seleccionar del marco Load Case Name la condición en que se incluirán las fuerzas que se están especificando (por omisión aparece LOAD1), en el cuadro correspondiente a la dirección de la fuerza y o momento que actuará sobre los nudos seleccionados se introducirán los valores respectivos (en el marco Loads), también se encuentran disponibles las opciones.

Add To Existing Loads (seleccionada por omisión), la cual adicionará a las fuerzas existentes en los nudos seleccionados las nuevas fuerzas que se están especificando, es decir si los nudos ya tenían fuerzas se les adicionarán las nuevas fuerzas cuyos valores se han introducido en los cuadros en blanco

Replace Existing Loads permitirá eliminar las fuerzas existentes en los nudos seleccionados remplazándolas por las que se están especificando en el marco Loads.

Delete Existing Loads suprimirá las fuerzas existentes en los nudos seleccionados, independientemente de los valores que se están especificando en el marco Loads

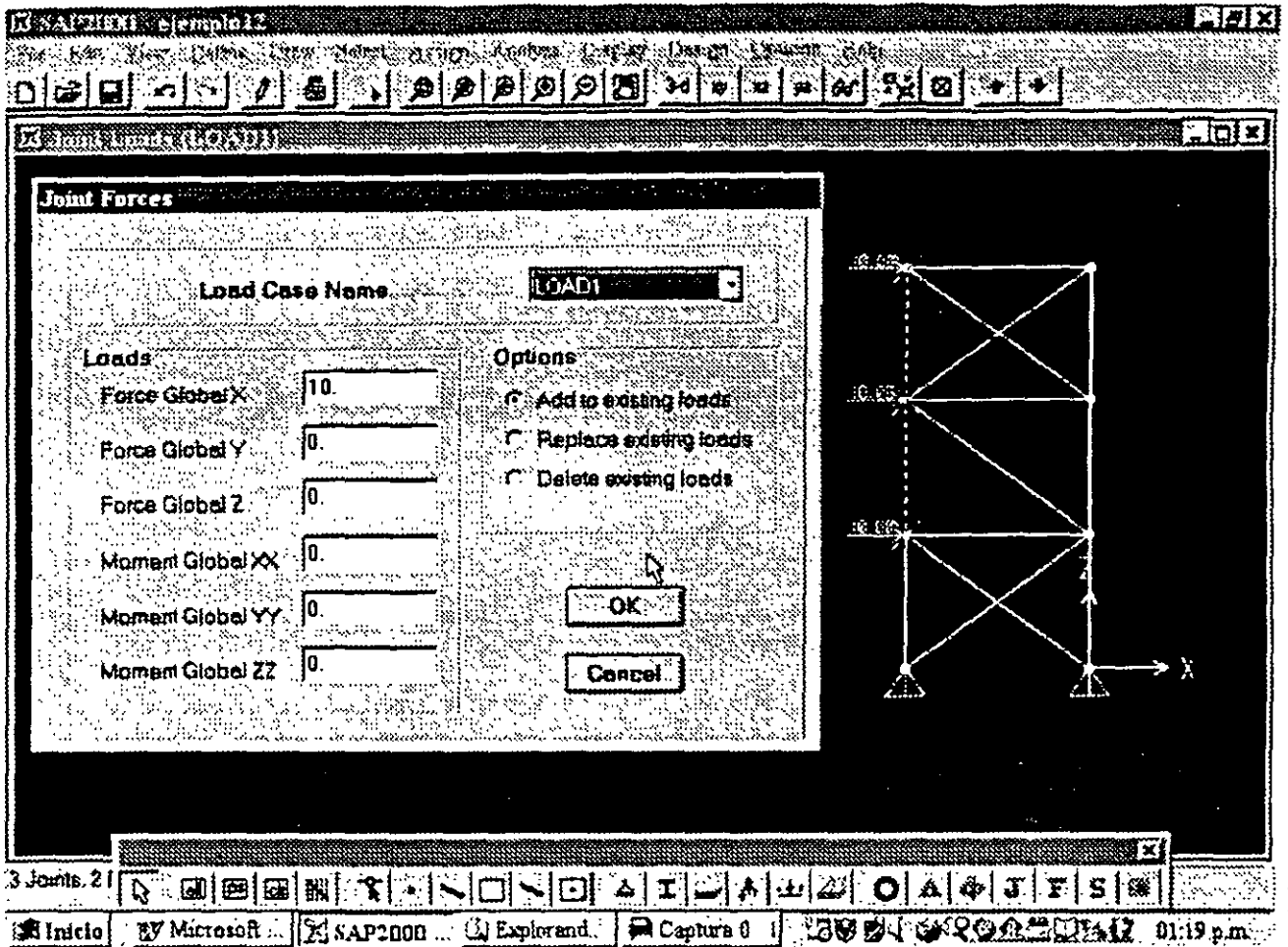


Fig. 4.22 Especificación de fuerzas en los nudos.

Para definir y asignar fuerzas a las barras primero se seleccionan las barras a las cuales se les asignarán las mismas fuerzas, después se selecciona el tipo de fuerza (uniforme, concentrada, variación lineal, etc.) de la opción **Frame Static Loads** del menú **Assign** (ver figura 4.23).

Por ejemplo para cargas puntuales y o uniformes en las barras se muestra la ventana de la figura 4.24, en donde se selecciona el nombre de la condición a donde se incluirán las fuerzas que se están especificando, así como el tipo de carga (fuerza o momento) así como la dirección en que actuarán y la opción a utilizar (**Add...**, **Replace...** y **Delete...**). En los cuadros en blanco del marco **Point Loads** se especifica el valor de las cargas concentradas así como la posición de cada una de ellas con respecto a la longitud del elemento, es decir si el valor de **Distance** es 0.5 indica que la carga está aplicada a la mitad del elemento, en el cuadro en blanco del marco **Uniform Load** se proporciona el valor correspondiente a la carga uniforme que actuará sobre el elemento. Pueden especificarse simultáneamente cargas concentradas y uniformes o sólo algún tipo de los anteriores.

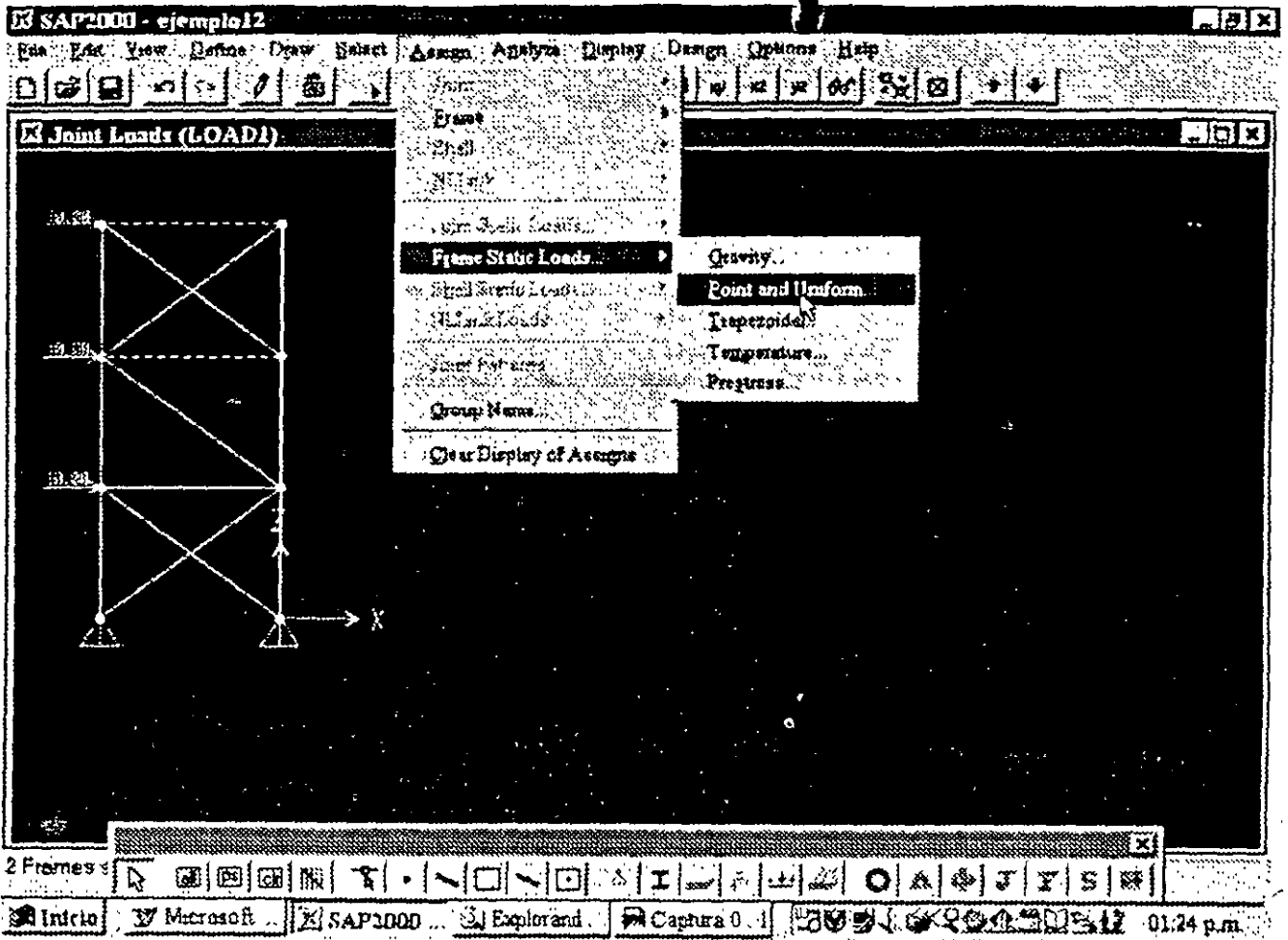


Fig. 4.23 Opción para introducir fuerzas en las barras

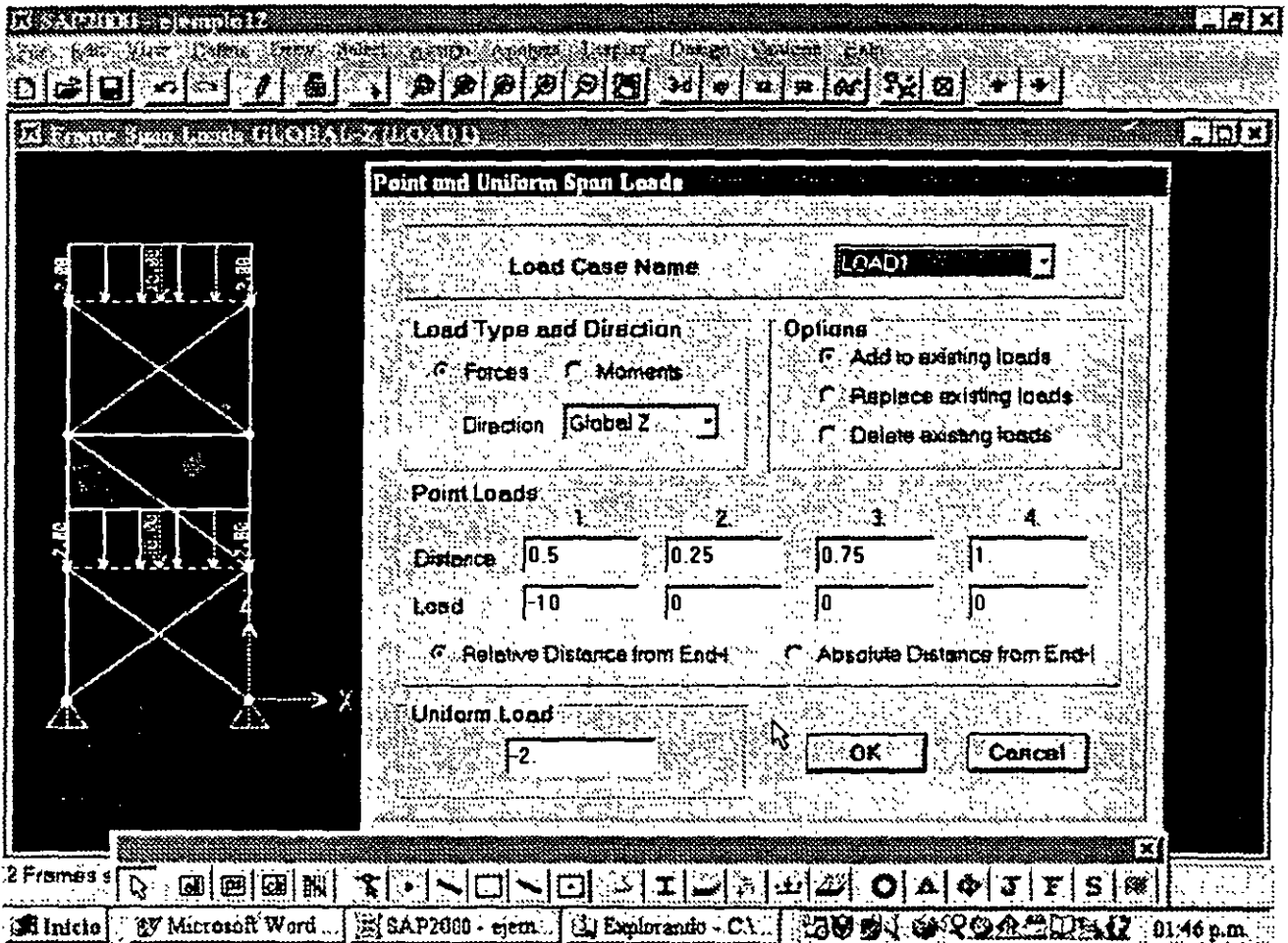


Fig. 4.24 Definición de fuerzas uniformes y/o concentradas en las barras.

Una vez que se especifican las fuerzas y se hace clic en el botón **OK** se ejecuta la opción seleccionada, en el caso de que esta sea adicionar o reemplazar cargas, estas se muestran con sus características en el área de dibujo de la pantalla.

Definidas las condiciones de carga se pueden realizar combinaciones de las anteriores, es decir condiciones de cargas dependientes, para ello se selecciona la opción **Load Combinations** del menú **Define** mostrándose la ventana de la figura 4.25, con la posibilidad de adicionar, modificar y suprimir combinaciones de carga estas opciones se muestran en el marco **Combinations** las combinaciones que se tengan definidas hasta el momento

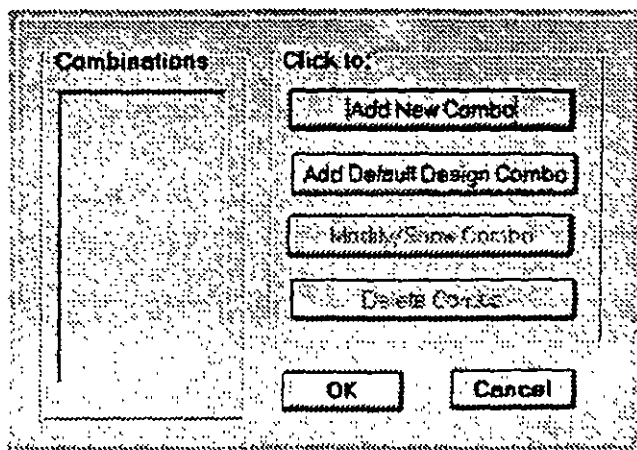


Fig. 4.25 Ventana para especificar y modificar combinaciones.

La opción para adicionar una nueva combinación despliega la ventana que se muestra en la figura 4.26, ahí se especificará el nombre, tipo y algún título para la combinación. Para definir las condiciones de carga que participarán en la combinación que se especifica, así como su respectivo factor de participación (con relación a la unidad, 1=100%) se selecciona el nombre y se modifica el valor en el cuadro en blanco debajo de **Scale Factor** en el marco **Define Combination** y después se hace clic en cualquiera de los botones **Add**, **Modify**, o **Delete**.

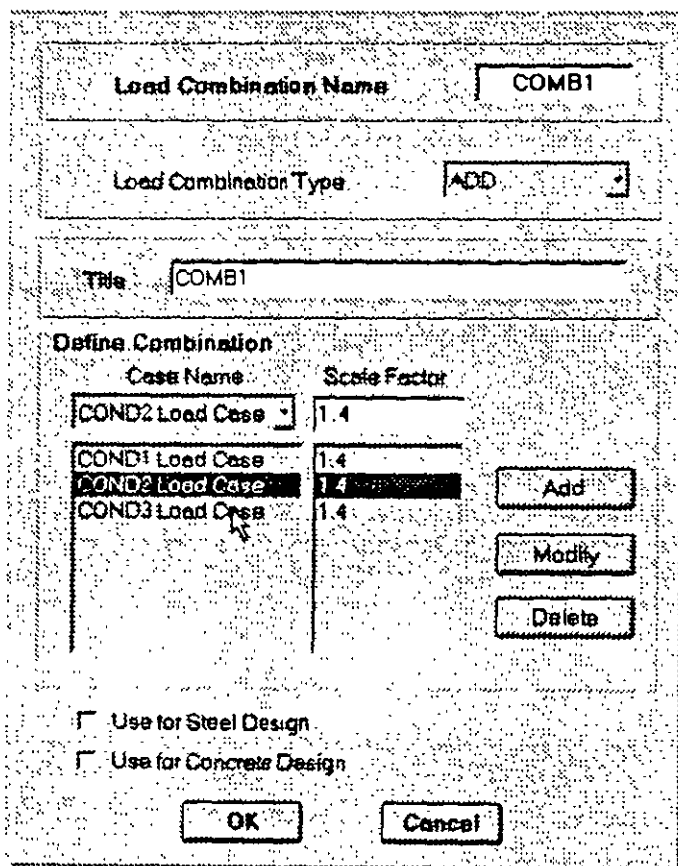


Fig. 4.26 Especificación de las características de una combinación.

Cuando se han especificado los datos de la combinación se hace clic en el botón **OK**.

Una vez que se han definido combinaciones se puede modificar sus características con la opción **Modify/Show Combo** o bien suprimir alguna combinación con la opción **Delete Combo**, cualquiera de estas opciones se selecciona haciendo clic sobre ella en el marco **Combinations**. Se pueden especificar tantas combinaciones como el problema de Análisis lo requiera.

4.8 OPCIONES DE ANALISIS SELECCIÓN DE RESULTADOS

Una vez que se han especificado completamente las características geométricas, elásticas, condiciones de frontera y fuerzas se está en posibilidades de que el programa **SAP2000** realice el Análisis Estructural del modelo, sin embargo es conveniente especificar algunas opciones de Análisis, para ello se selecciona la opción **Set Options** del menú **Analyze**, desplegándose la ventana que se muestra en la figura 4.27.

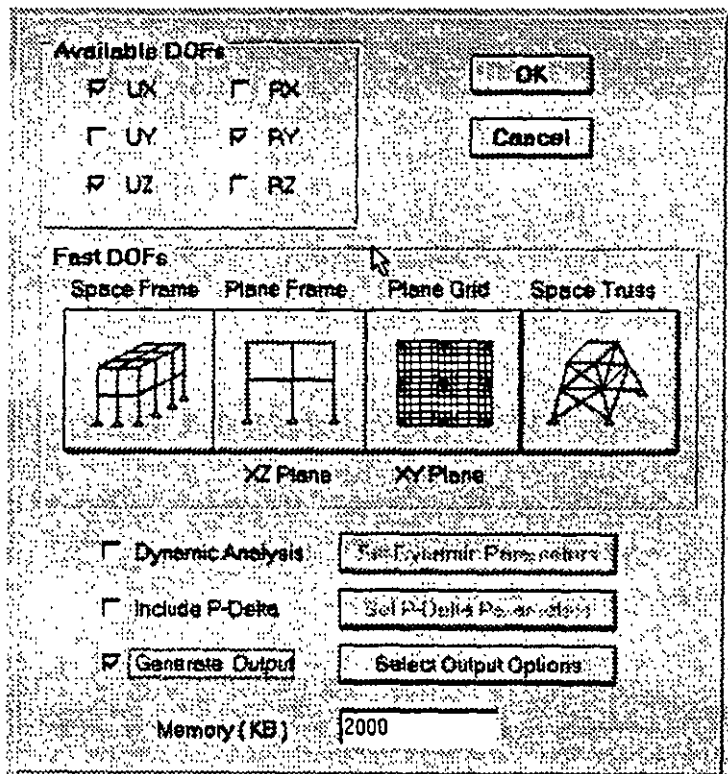


Figura 4.27 Selección de opciones de Análisis.

En ella se pueden seleccionar las componentes de desplazamiento independientes o grados de libertad que se considerarán para el análisis, **SAP2000** permite analizar estructuras en un espacio tridimensional por lo que cada nudo tiene la posibilidad de desplazarse lineal y angularmente en tres direcciones ortogonales, es decir en general posee 6 grados de libertad (a menos que se indique otra alternativa).

Si la estructura está contenida en un plano es conveniente indicar los grados de libertad que no intervienen en el Análisis con objeto de eliminar la posibilidad de inestabilidad en dirección perpendicular al plano de la estructura, disminuyendo además el tiempo de ejecución del Análisis, lo anterior se realiza desactivando grados de libertad en el marco **Available DOFs** o bien permitiendo que el programa lo realice dependiendo del tipo de estructura que se selecciona haciendo clic en alguno de los iconos que se muestran en el marco **Fast DOFs** y que corresponda con las características de la estructura que se vaya a analizar.

En la parte inferior de la ventana se muestran las opciones de Análisis Dinámico y efectos P-Delta, también se pueden seleccionar resultados que han de almacenarse en el archivo de salida (nombre.OUT), en el último renglón se muestra en un cuadro en blanco el valor de la memoria reservada para la solución del problema, este valor deberá aumentarse en caso de que no sea suficiente cuando se muestre el mensaje correspondiente durante el proceso de Análisis.

La selección de resultados del Análisis se puede realizar haciendo clic en el cuadro en blanco a la izquierda de **Generate Output** (ver figura 4.27) y después de hacer clic en el botón **Select Output Options** se muestra la ventana de la figura 4.28.

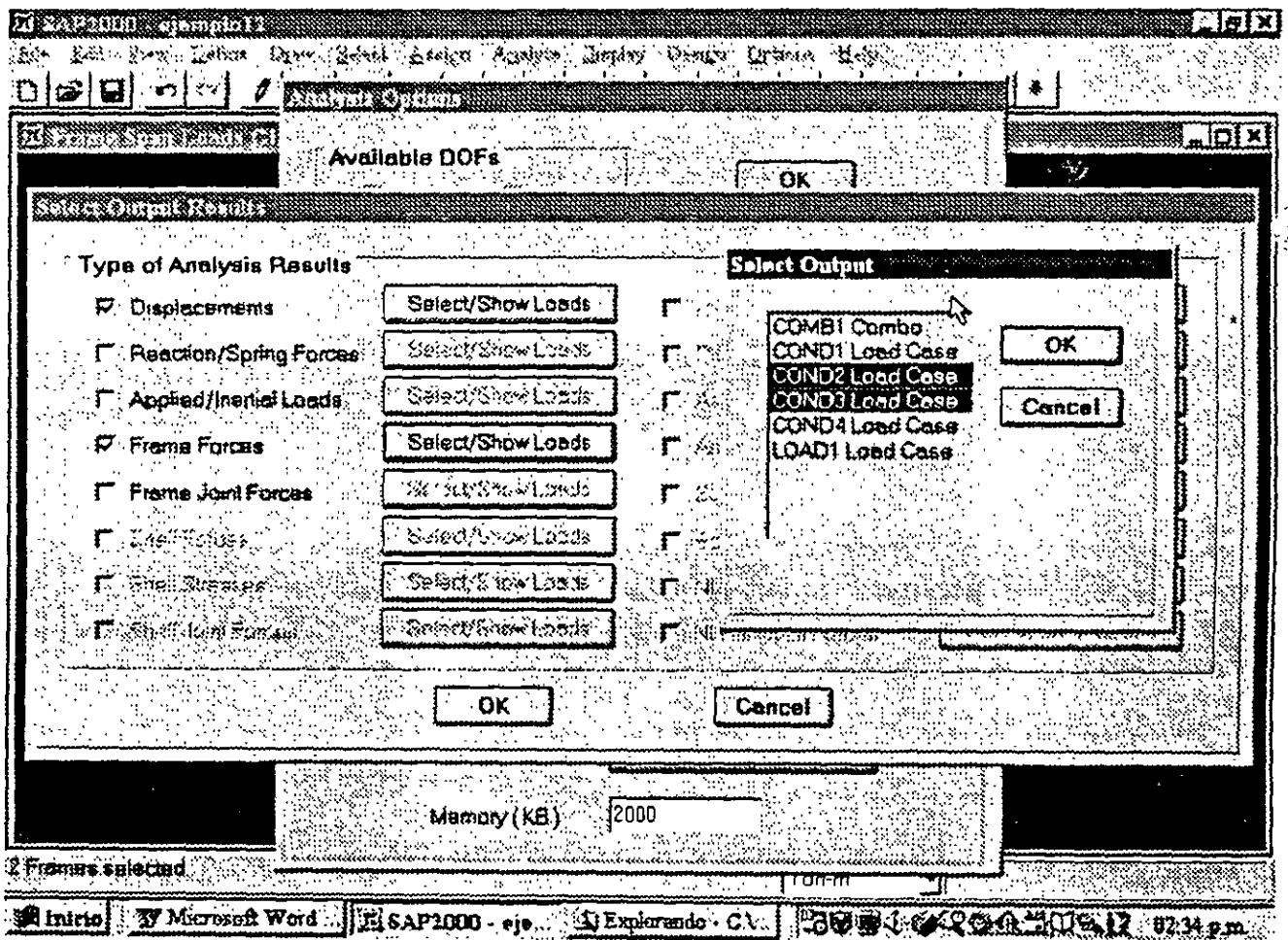


Figura 4.28 Selección de combinaciones de carga y tipos de resultados a incluirse en el archivo de salida.

En ella habrá que indicar los resultados que se incluirán en el archivo de salida haciendo clic en los cuadros en blanco y seleccionando para cada uno de esos resultados las condiciones de carga de los cuales se requieren los resultados seleccionados, lo anterior se logra haciendo clic en el botón **Select/Show Loads** correspondiente, con lo que se presentará una ventana mostrando las condiciones y combinaciones de Análisis que se han especificado para la estructura por analizar, en esa nueva ventana se deberán seleccionar las condiciones de carga para las que se requieren los resultados seleccionados, la condición o combinación de carga seleccionada se muestra con fondo oscuro, se puede seleccionar más de una combinación de carga arrastrando el ratón en el cuadro de selección.

Es necesario que se seleccione al menos una condición o combinación de carga para que los resultados se encuentren disponibles en el archivo de salida ya que de no hacerlo los resultados no se almacenarán (ver figura 4.28).

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

CAPÍTULO 5

5.1 ANÁLISIS DEL MODELO

Una vez que se han especificado las opciones de Análisis se puede solicitar la ejecución del mismo, seleccionando la opción **Run** del menú **Analyze** con lo que el análisis se efectúa y los resultados de esta fase se muestran en la ventana de la figura 5.1, en su extremo derecho se observa una barra de desplazamiento vertical que permite ver el contenido de la pantalla, al final de esta se muestra el botón **OK** haciendo clic en él se despliega en la mayoría de los casos la configuración deformada de la estructura para la primera condición de carga con lo que se está en posibilidades de tener acceso a varias opciones del menú **Display** las cuales nos mostrarán de manera gráfica y numérica algunos resultados del Análisis (desplazamientos, elementos mecánicos, etc.).

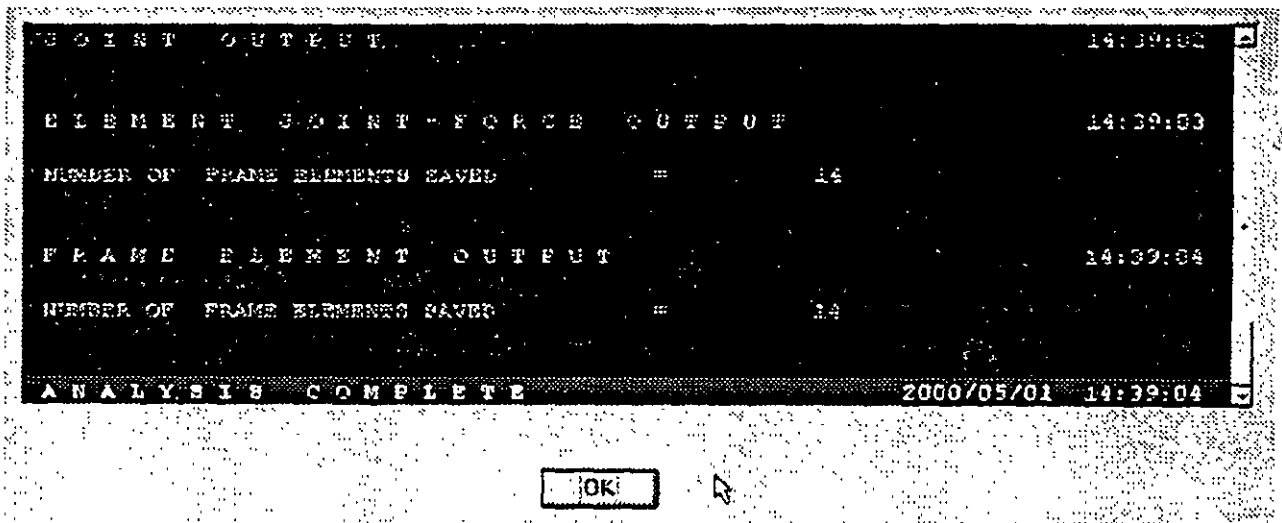


Figura 5.1 Ventana después de seleccionar la opción **Run** del menú **Analyze**

5.2 VERIFICACION DE ALGUNOS ELEMENTOS DEL PROCESO DE ANALISIS

Después de que el Análisis ha concluido se generan una serie de archivos con el mismo nombre que el archivo de datos pero con extensión diferente, algunos de los que se generan y que pueden ser de utilidad son:

El archivo nombre.LOG (ver figura 5.2), el cual contiene información de la fase de Análisis (memoria disponible, número de ecuaciones de equilibrio formadas, características de la matriz rigideces, balance de errores relativos y diversa información de salida).

El archivo nombre.\$2k contiene los datos de la estructura a analizar como son: geometría, materiales, secciones, cargas, combinaciones, etc., tal y como se generaron por ejemplo mediante el editor gráfico del programa SAP2000, se puede recurrir a este archivo en el caso de que el archivo nombre.SDB sufra algún cambio que lo imposibilite para ser procesado por SAP2000.

```

prnabn.LOG - WordPad
Archivo Edición Ver Insertar Formato Ayuda
PROGRAM SAP2000 - VERSION ES.10 FILE: PRUEBA.LOG
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED
BEGIN ANALYSIS PHASE 2000/05/01 14.53.48
MEMORY AVAILABLE FOR DATA (BYTES) = 1000000
JOINT ELEMENT FORMATION 14.53.49
NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED = 3
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED = 0
FRAME ELEMENT FORMATION 14.53.49
NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED = 14
EQUATION SOLUTION 14.53.50
TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS = 20
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH = 8
NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS = 1
MAXIMUM BLOCK SIZE (NUMBER OF TERMS) = 143
SIZE OF STIFFNESS FILE (BYTES) = 1240
NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE = 20
NUMBER OF STATIC LOAD CASES = 5
NUMBER OF ACCELERATION LOADS = 3
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS = 0
JOINT OUTPUT 14.53.51
GLOBAL FORCE BALANCE RELATIVE ERRORS
PERCENT FORCE AND MOMENT ERROR AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES
LOAD FX FY FZ MX MY MZ
COND1 7.52E-16 .000000 .000000 .000000 1.10E-14 .000000
COND2 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
COND3 2.78E-15 .000000 .000000 .000000 1.11E-14 .000000
COND4 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
LOAD1 5.30E-15 .000000 7.06E-15 .000000 9.77E-14 .000000
COMB MAX/MIN FX FY FZ MX MY MZ
COND1 7.52E-16 .000000 .000000 .000000 1.10E-14 .000000
COND1 7.52E-16 .000000 .000000 .000000 1.10E-14 .000000
ELEMENT JOINT - FORCE OUTPUT 14.53.51
NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 14
FRAME ELEMENT OUTPUT 14.53.52
NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 14
ANALYSIS COMPLETE 2000/05/01 14.53.52
    
```

Figura 5.2 Contenido típico del archivo nombre.LOG

El archivo nombre.EKO contiene una imagen o resultado del procesamiento de los datos contenidos en el archivo nombre.SDB generado mediante el editor gráfico del programa SAP2000, este archivo (nombre.EKO), contiene textos que indican las características de los datos procesados por ejemplo. hay un título y encabezado para las coordenadas de los nudos seguido de éstas, es decir se despliega información respectiva para cada bloque de datos así como los valores respectivos, únicamente se incluyen en este archivo los datos procesados.

En el caso de que se hayan seleccionado resultados para ser impresos éstos se encuentran en el archivo nombre.OUT

Es conveniente verificar algunas características particulares del problema que se resolvió, por ejemplo que coincida el número total de grados de libertad que la estructura tiene con el número de ecuaciones de equilibrio que el programa formó y resolvió, también es conveniente verificar el

número de elementos barra, placa, etc. que el programa procesó. Desde luego es conveniente verificar que todos los datos del problema fueron procesados por el módulo de Análisis, para todo lo anterior se recurre a revisar el contenido de los archivos mencionados en los párrafos anteriores para tener acceso al contenido de esos archivos se puede recurrir a varios programas o procesadores de texto (por ejemplo Edit, Word Pad, Word, etc.)

SELECCION E INTERPRETACION DE RESULTADOS

CAPÍTULO 6

6

6.1 INTRODUCCION

Una vez que el Análisis se ejecuta sin que se hayan generado errores durante el mismo y después de hacer clic en el botón **OK** de la ventana que se muestra en la opción **Run** del menú **Analyze**, se pueden seleccionar varias opciones del menú **Display** que nos permitirán ver los diversos resultados tanto de manera gráfica como numérica, por ejemplo **Show Deformed Shape** nos mostrará la configuración deformada de la estructura para alguna condición de carga, **Show Element Forces/Stresses** nos mostrará el diagrama de elementos mecánicos, como puede verse en la figura 6.1, se encuentran disponibles algunas otras opciones para despliegue de resultados

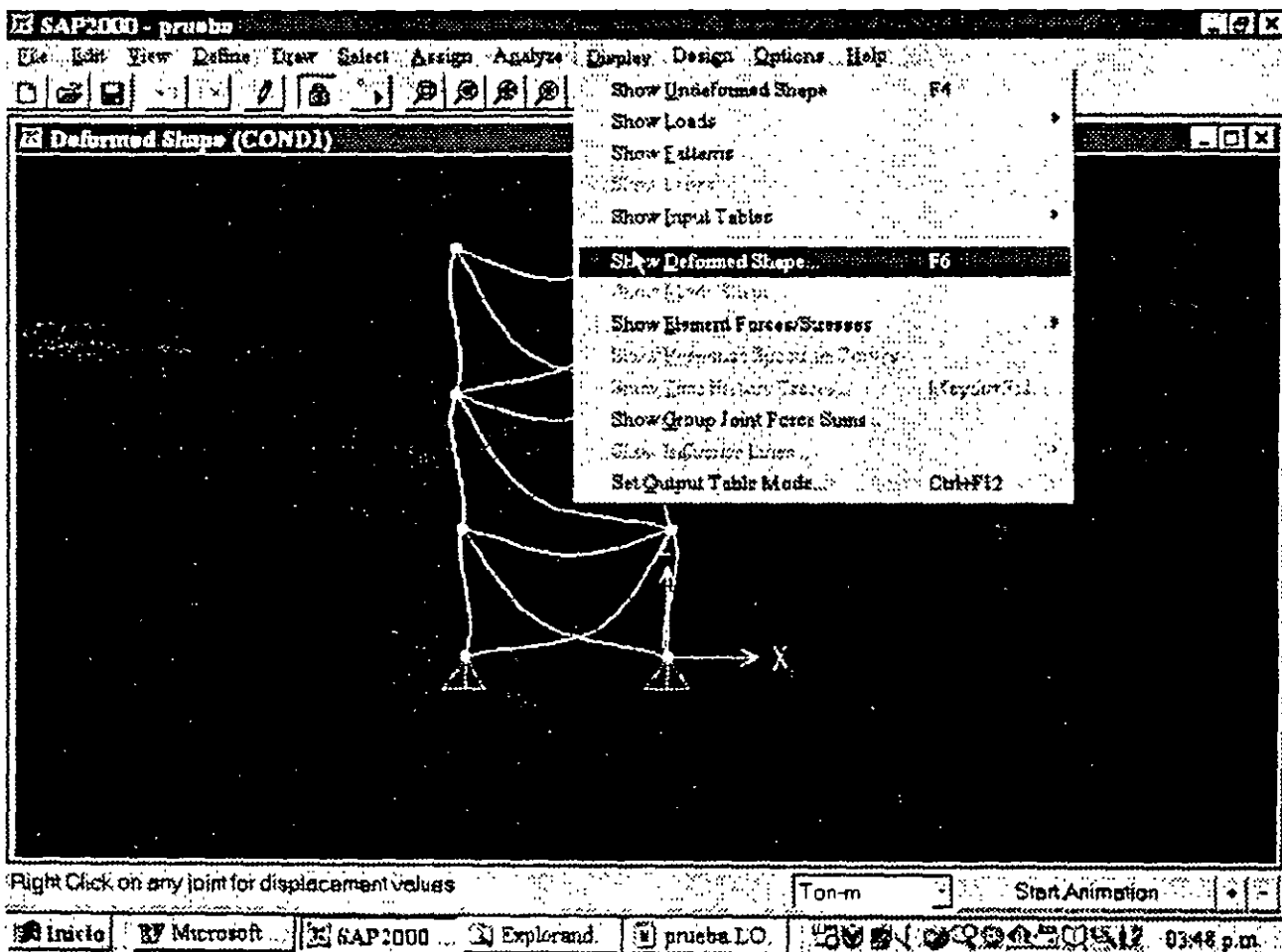


Figura 6.1 Opciones en el menú Display

6.2 VER LA ESTRUCTURA DEFORMADA

Para ello como se indicó en el párrafo anterior se selecciona la opción **Show Deformed Shape** del menú **Display** mostrándose la ventana de la figura 6.2, en esa ventana se selecciona del marco **Load** (parte superior de la ventana) la condición de carga de la cual se quiere ver la estructura deformada; en el marco **Scaling** se presentan dos opciones para la escala que se utilizará al desplegar la configuración deformada en caso de que se seleccione **Scale Factor** se presentará el factor de escala que se utilizará para tal fin, este factor mostrado en la caja en blanco puede ser modificado por el usuario, otras dos opciones se encuentran en el extremo inferior izquierdo de esa ventana, la primera de ellas es decir **Wire Shadow** mostrará además de la configuración deformada la no deformada, la última opción que es **Cubic Curve**, en caso de estar activada mostrará la configuración deformada ajustando una curva a esa configuración, en caso contrario sólo se dibujará la configuración deformada con líneas rectas.

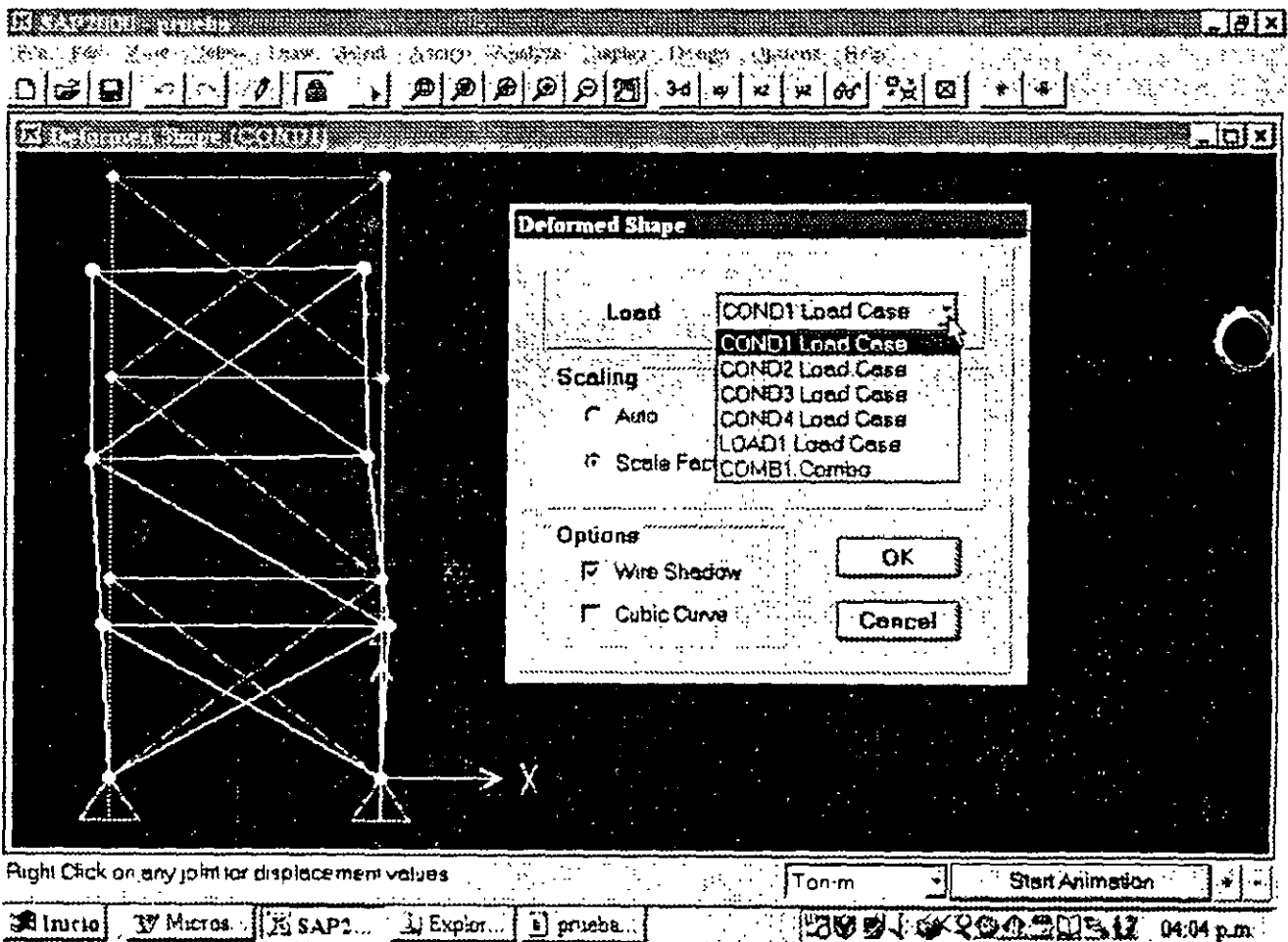


Figura 6.2 Selección de parámetros para despliegue de la configuración deformada.

Una vez mostrada la configuración deformada de la estructura se puede seleccionar algún nudo (p. ej. haciendo clic izquierdo) y después hacer clic derecho en el nudo seleccionado con lo cual se presentará una ventana conteniendo el valor de los desplazamientos de ese nudo (ver figura 6.3).

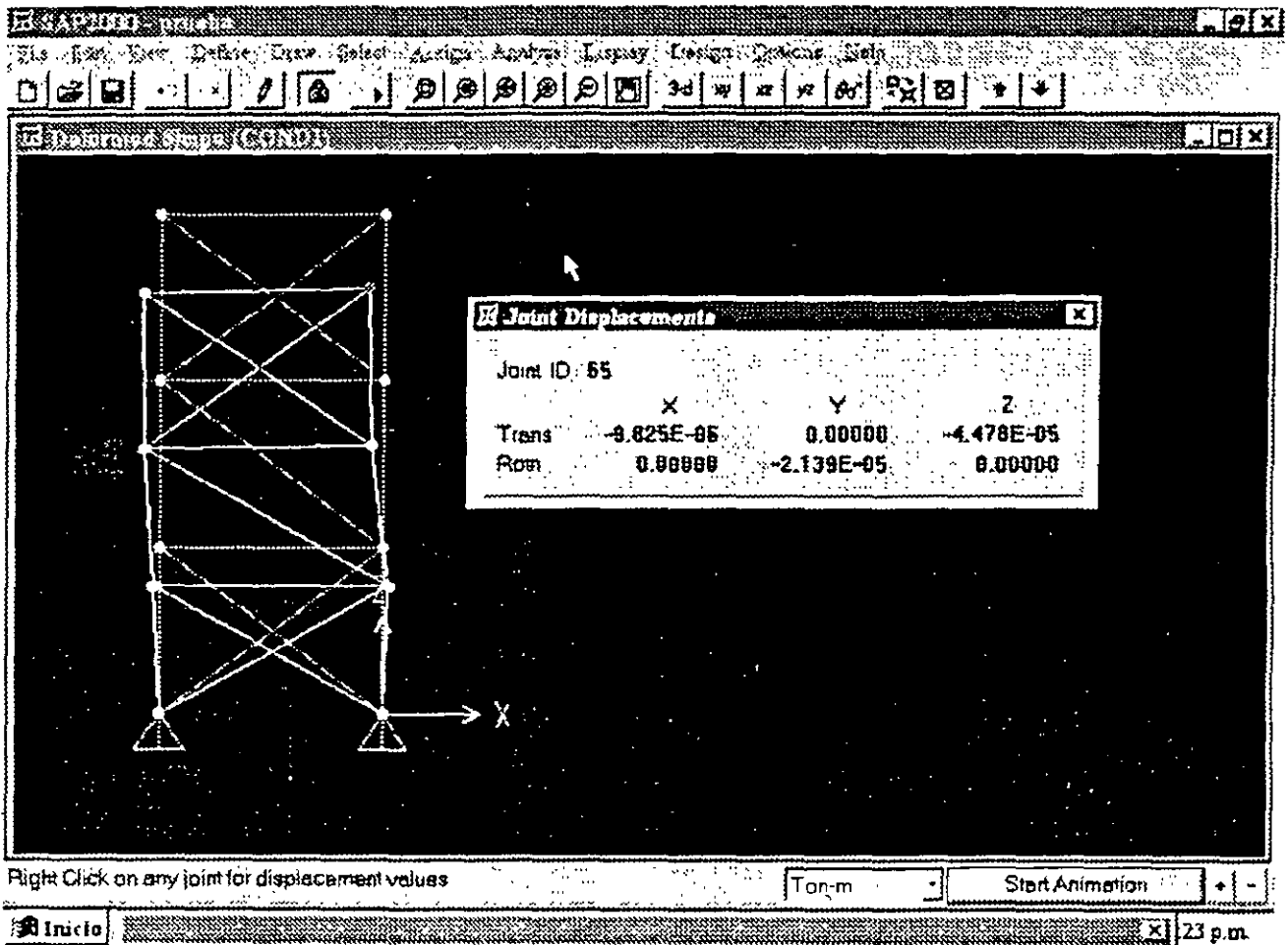


Figura 6.3 Valores del desplazamiento de un nudo seleccionado.

6.3 VER LOS DIAGRAMAS DE ELEMENTOS MECANICOS

Como se ha mencionado, SAP2000 permite mostrar gráficamente los valores de algún elemento mecánico para determinada condición de carga, para ello se selecciona **Frames** de la opción **Show Element Forces/Stresses** en el menú **Display** presentando la ventana de la figura 6.4.

En el marco **Load** se selecciona la condición de carga y en **Component** se selecciona el tipo de elemento mecánico, las opciones en el marco **Scaling** producen el mismo efecto al caso de la configuración deformada, las opciones que se encuentran al final de la ventana nos permiten seleccionar si se desea un diagrama "lleno" y sin despliegue de valores del elemento mecánico o con valores en el diagrama

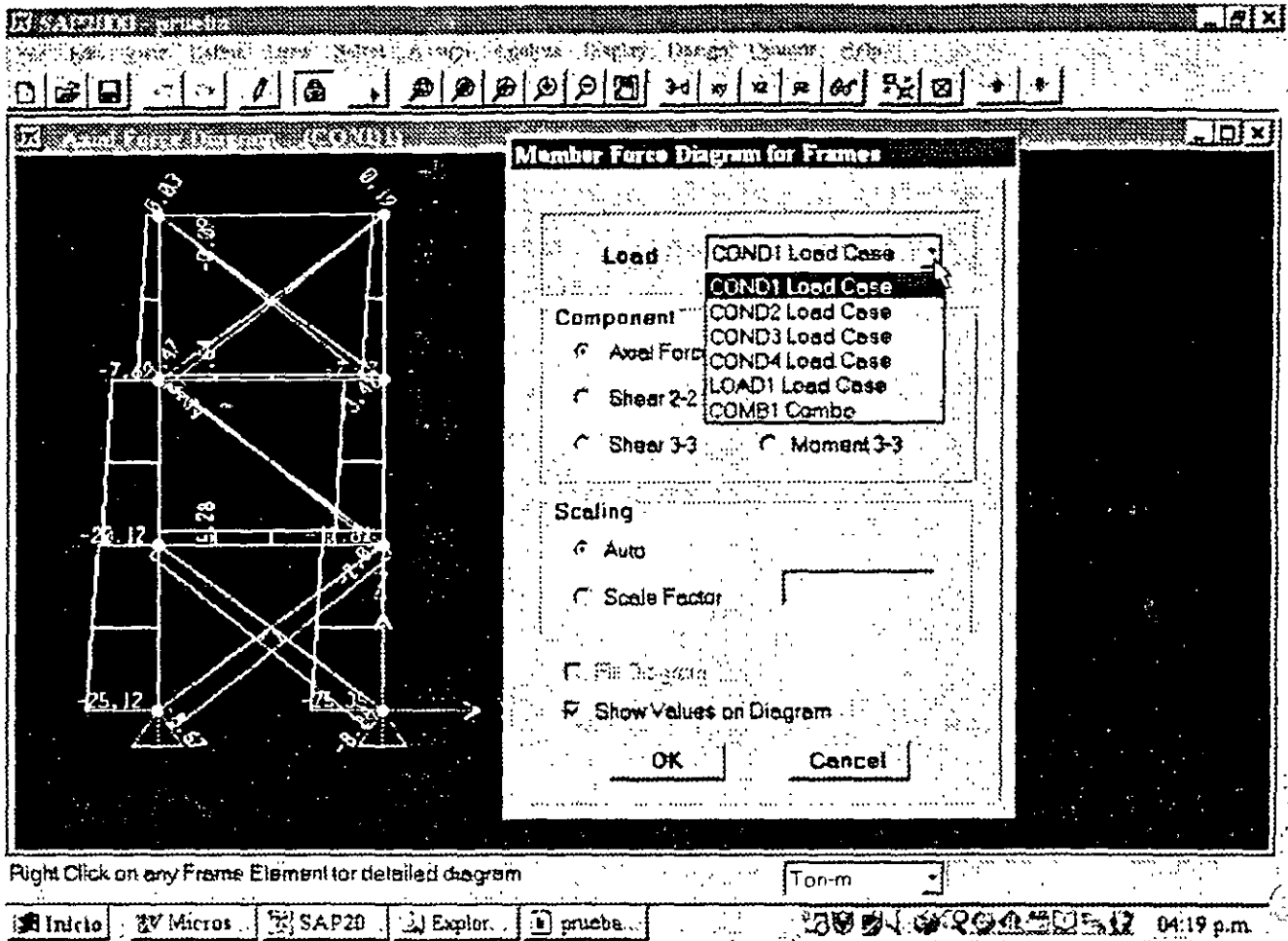


Figura 6.4 Selección de parámetros para despliegue de diagramas de elementos mecánicos.

Una vez mostrado el diagrama se puede seleccionar algún elemento barra haciendo clic sobre él y después de hacer clic derecho sobre el mismo se presenta una ventana mostrando el diagrama del elemento seleccionado, así como el valor del elemento mecánico en una sección transversal situada a la distancia que se muestra en el cuadro en blanco (ver figura 6.5), desplazando el puntero del ratón a lo largo del eje del elemento dentro de la ventana desplegada se muestra tanto la posición de la sección transversal como el valor respectivo del elemento mecánico, el contenido del cuadro puede ser modificado por el usuario desplegándose instantáneamente el valor del elemento mecánico que corresponda a la sección cuya posición se especificó en el cuadro en blanco

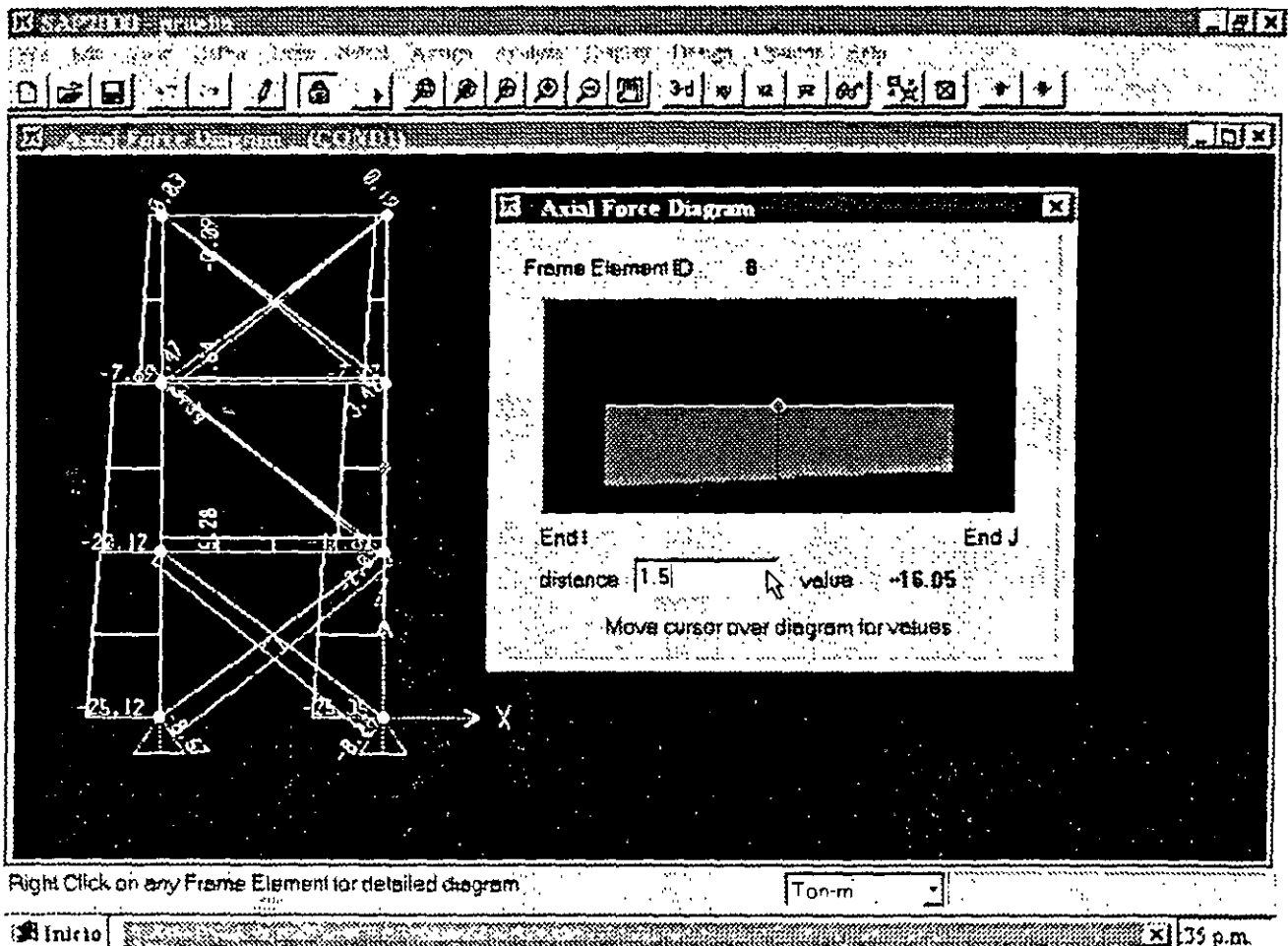


Figura 6.5 Diagrama de un elemento mecánico de una barra seleccionada.

6.4 VER LOS RESULTADOS DE DISEÑO

Algunas opciones de diseño se encuentran disponibles en el menú **Design** una vez realizado el Análisis se pueden tener acceso a ellas.

Como primer paso se seleccionará el tipo de diseño y características a utilizar, por ejemplo en el caso de diseño de concreto se tendrán que especificar algunas características de refuerzo lo cual se deberá de hacer en **Modify/Show Section** de la opción **Define Frame Sections** en el menú **Define**, seleccionando en la ventana que se despliega el botón **Reinforcement** para enseguida especificar el tipo de elemento (columna o viga), la configuración del refuerzo y las características de éste (ver figura 6.6)

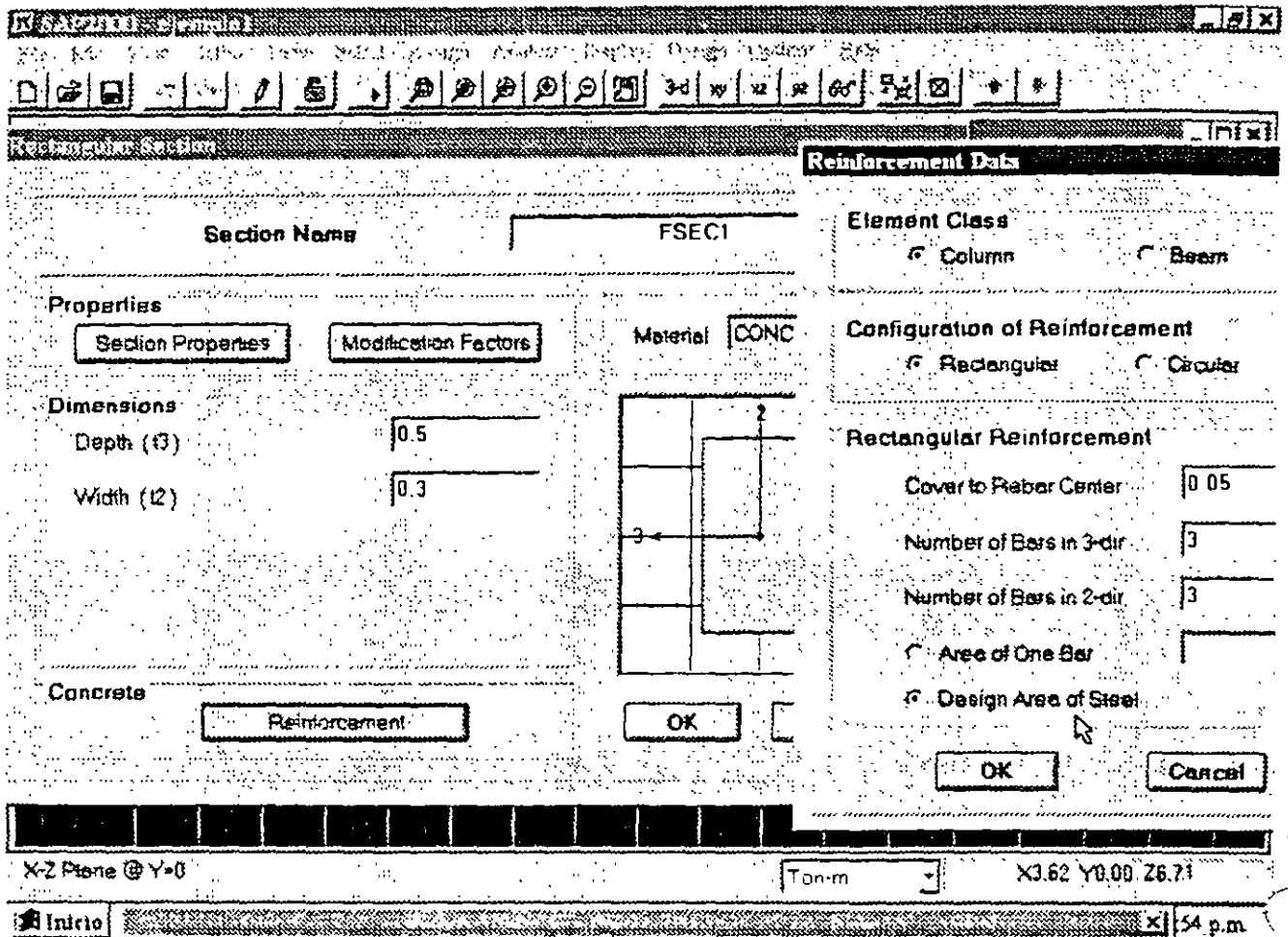


Figura 6.6 Características para diseño de un elemento.

Como segundo paso se deberá especificar las combinaciones de carga que se utilizarán para verificar el diseño activando la que se quiera para ser usada en el diseño, esto se puede hacer en **Add** o **Modify/Show Combo** en la opción **Load Combinations** del menú **Define** (ver figura 6.7).

Load Combination Data

Load Combination Name: COMB1

Load Combination Type: ADD

Title: COMB1

Define Combination

| Case Name | Scale Factor |
|-----------------|--------------|
| LOAD1 Load Case | 1.4 |
| LOAD1 Load Case | 1.4 |

Buttons: Add, Modify, Delete

Use for Steel Design
 Use for Concrete Design

Buttons: OK, Cancel

Figura 6.7 Especificación de combinaciones de carga para diseño.

Una vez realizado el Análisis, como tercer paso se seleccionarán las combinaciones de diseño para ello utiliza la opción **Select Design Combos** del menú **Design** (ver figura 6.8).

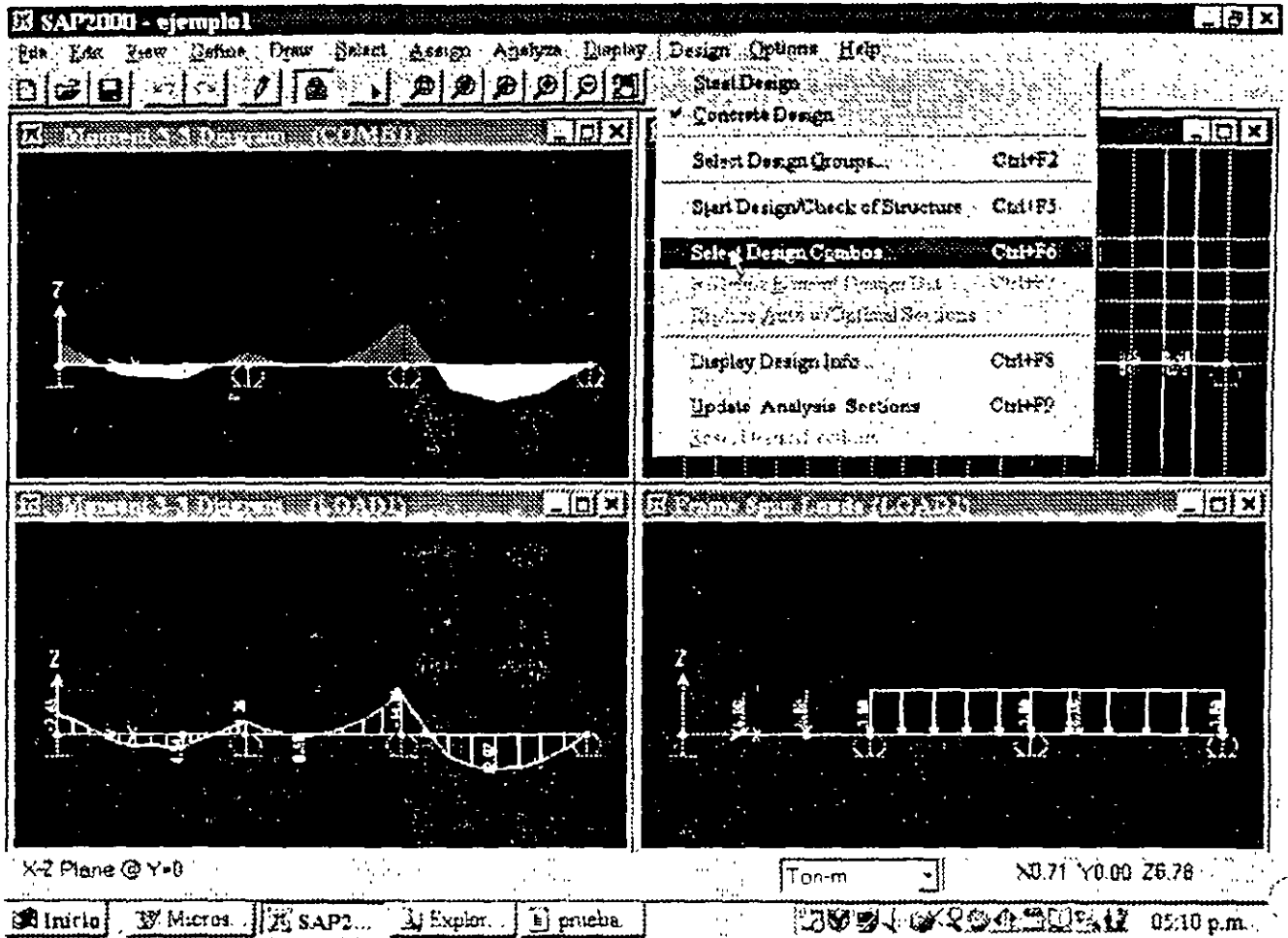


Figura 6.8 Algunas opciones del menú Design.

Como cuarto paso se seleccionará la opción **Start Design...** del menú **Design** (ver figura 6.8) con lo que se desplegarán algunos resultados del diseño, seleccionando una barra y después de hacer clic derecho sobre la misma se muestra una ventana similar a la de la figura 6.9

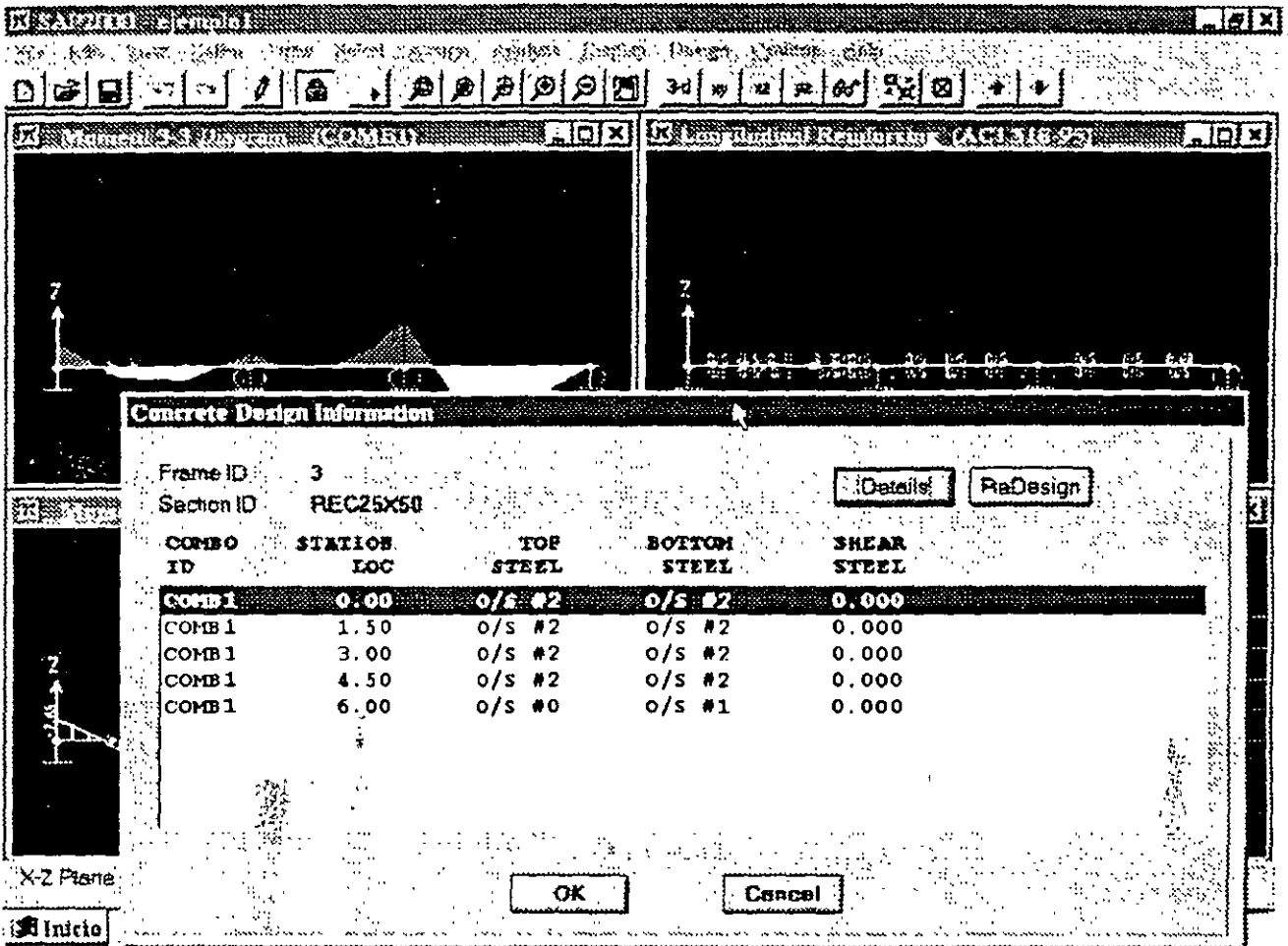


Figura 6.9 Resultados de diseño de un elemento seleccionado

De ella se puede seleccionar el botón **Details** mostrándose información más detallada acerca de las características de diseño del elemento, se puede mostrar información diversa de la ventana arrastrando el mouse (botón izquierdo hacia alguna zona específica de la ventana, ver figura 6.10)

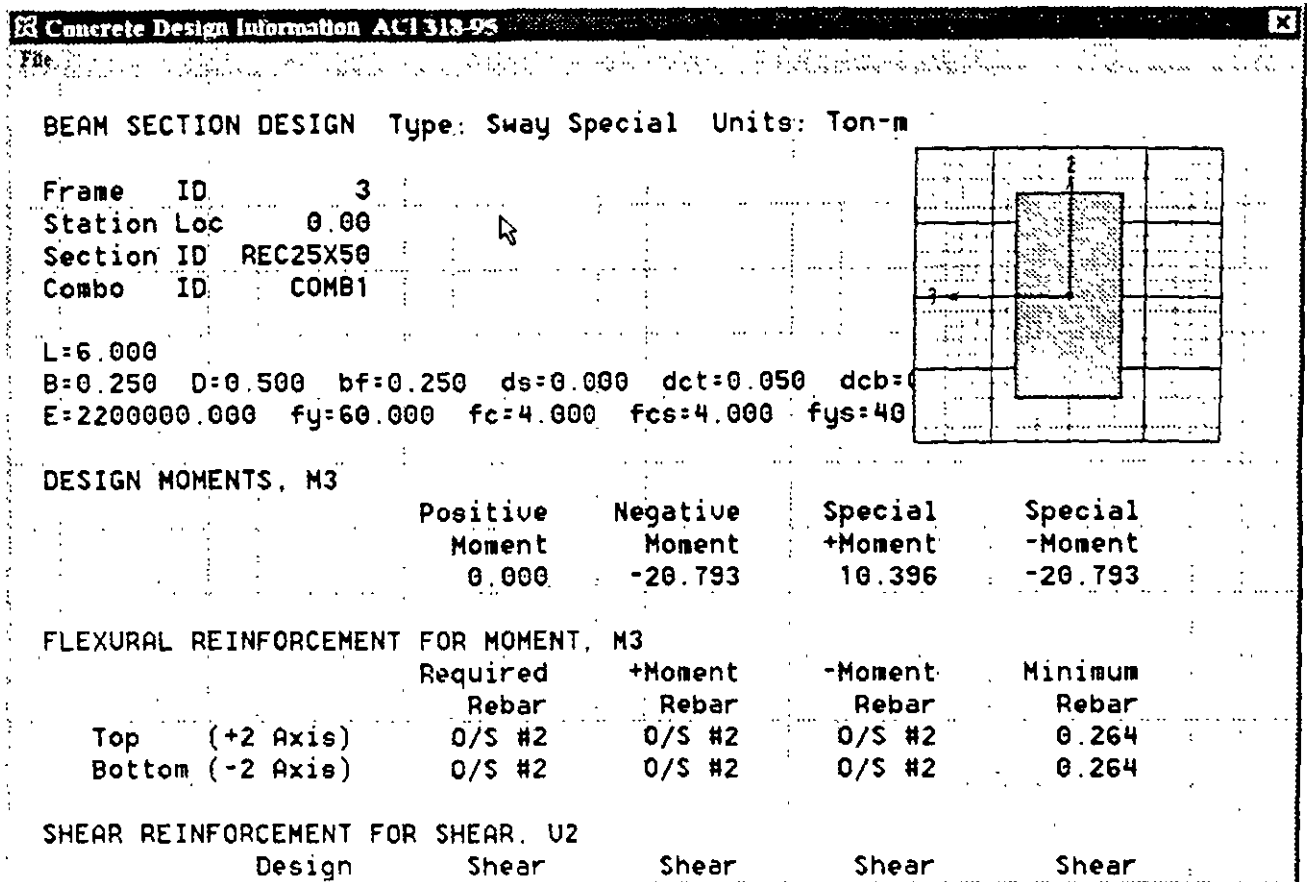


Figura 6.10 Detalle de los resultados de diseño de un elemento seleccionado.

6.4 OTRAS CARACTERISTICAS

El despliegue de reacciones puede ser seleccionado mediante **Joints** de la opción **Show Element...** del menú **Display** mostrándose la ventana de la figura 6.11, en donde se podrá seleccionar la condición de carga, después de hacer clic en **OK** se muestran las reacciones correspondientes a la condición de carga seleccionada (ver figura 6.11)

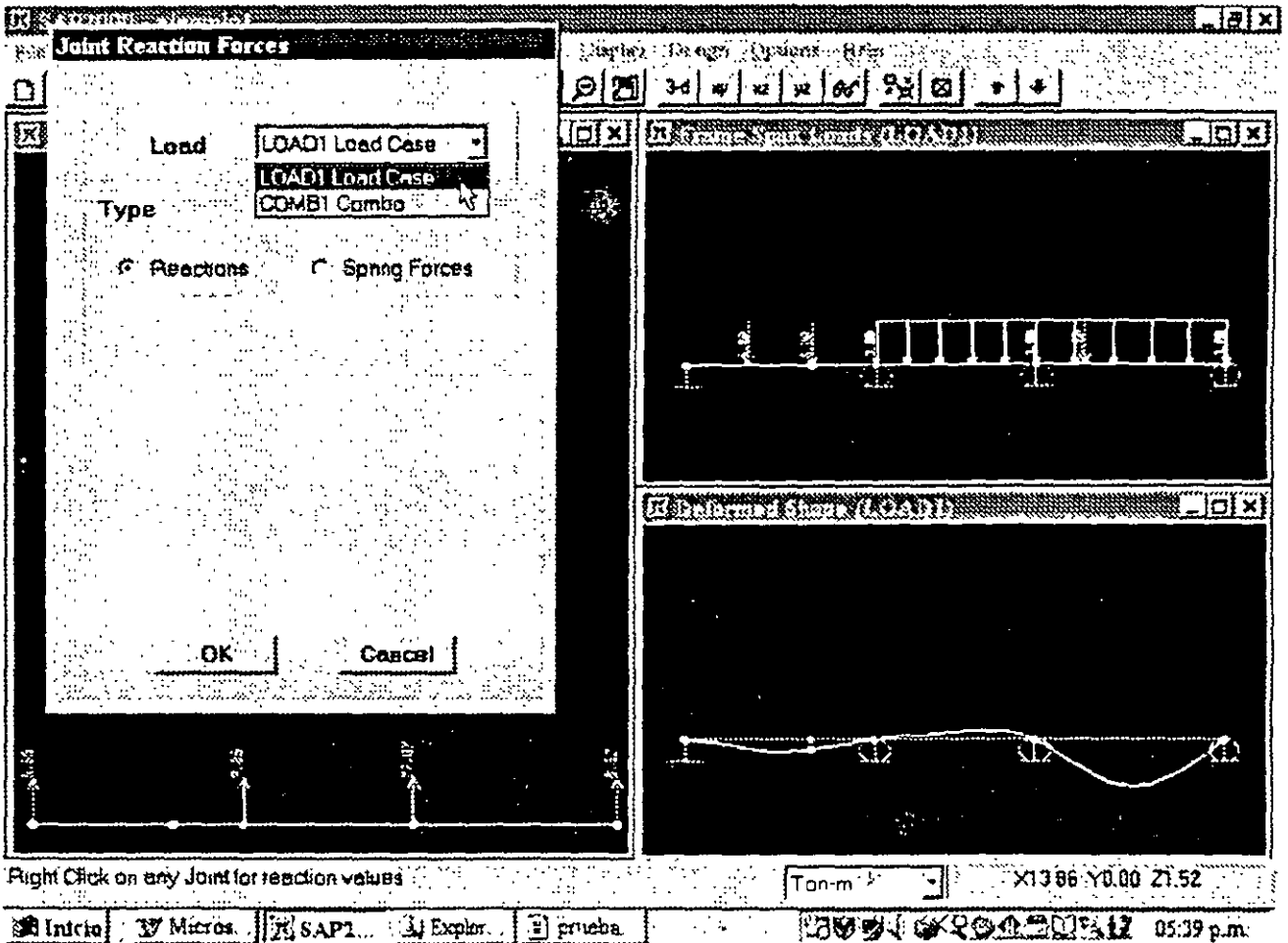


Figura 6.11 Ventana para la selección de reacciones

Están disponibles en el menú **Display** algunas otras características relacionadas con el Análisis Dinámico como el dibujo de formas modales, espectros de respuesta y análisis de la respuesta en el tiempo y otras más

Los resultados del Análisis se pueden almacenar en un archivo a manera de tablas para ello se selecciona la opción **Set Output Table Mode** del menú **Display** mostrándose una ventana en donde se seleccionarán las condiciones de carga de los resultados que se incluirán, después de hacer clic en el botón **OK** se pasa a una ventana con de título **Analysis Output Tables** (ver figura 6.12)

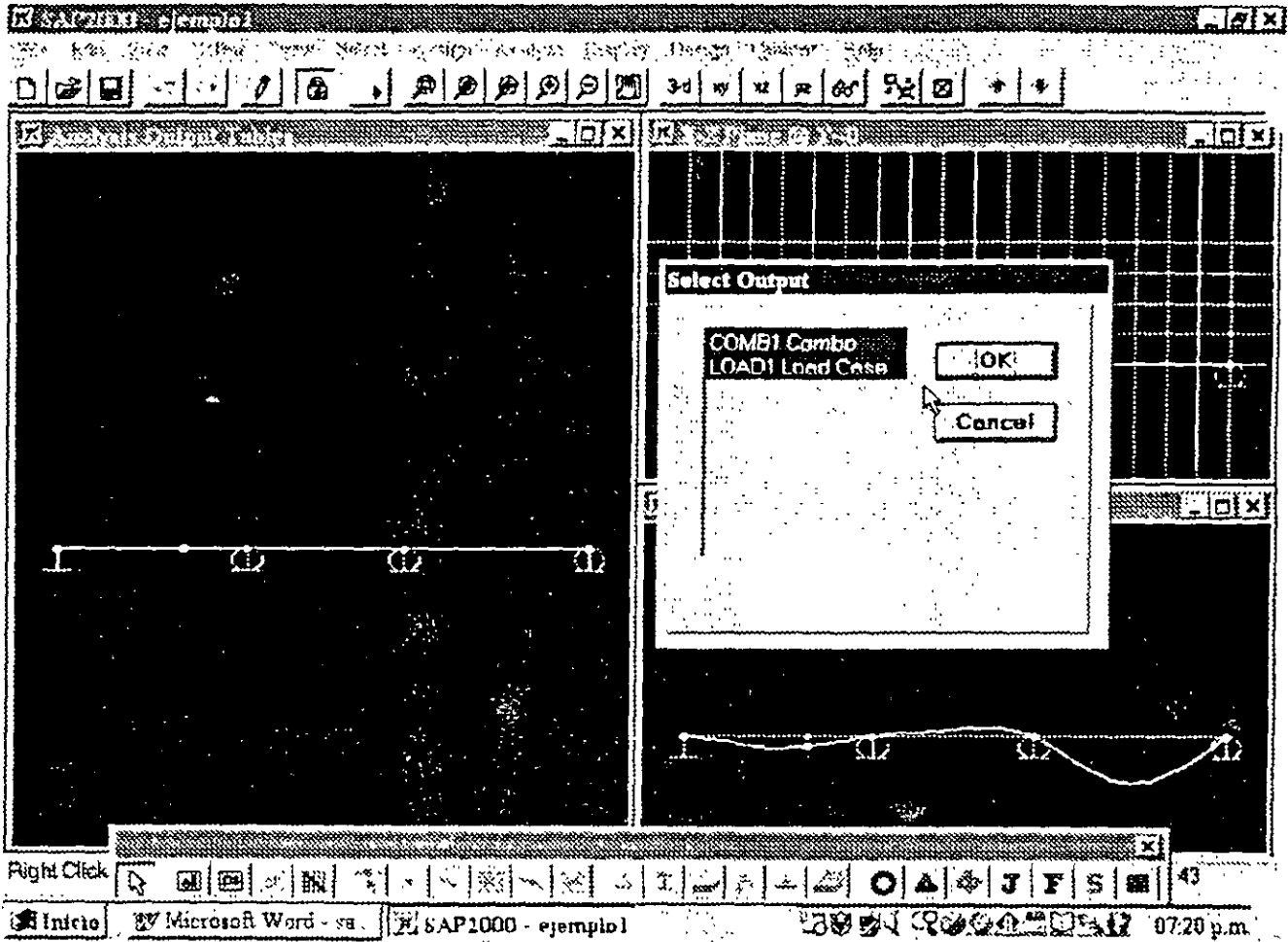


Figura 6.12 Selección de condiciones y para la generación de resultados en forma tabular

En esa ventana se podrá seleccionar algún nudo o elemento después de hacer clic derecho en un nudo seleccionado, se desplegará una ventana conteniendo tanto los desplazamientos como las reacciones del nudo para las condiciones de carga seleccionadas (ver figura 6 13)

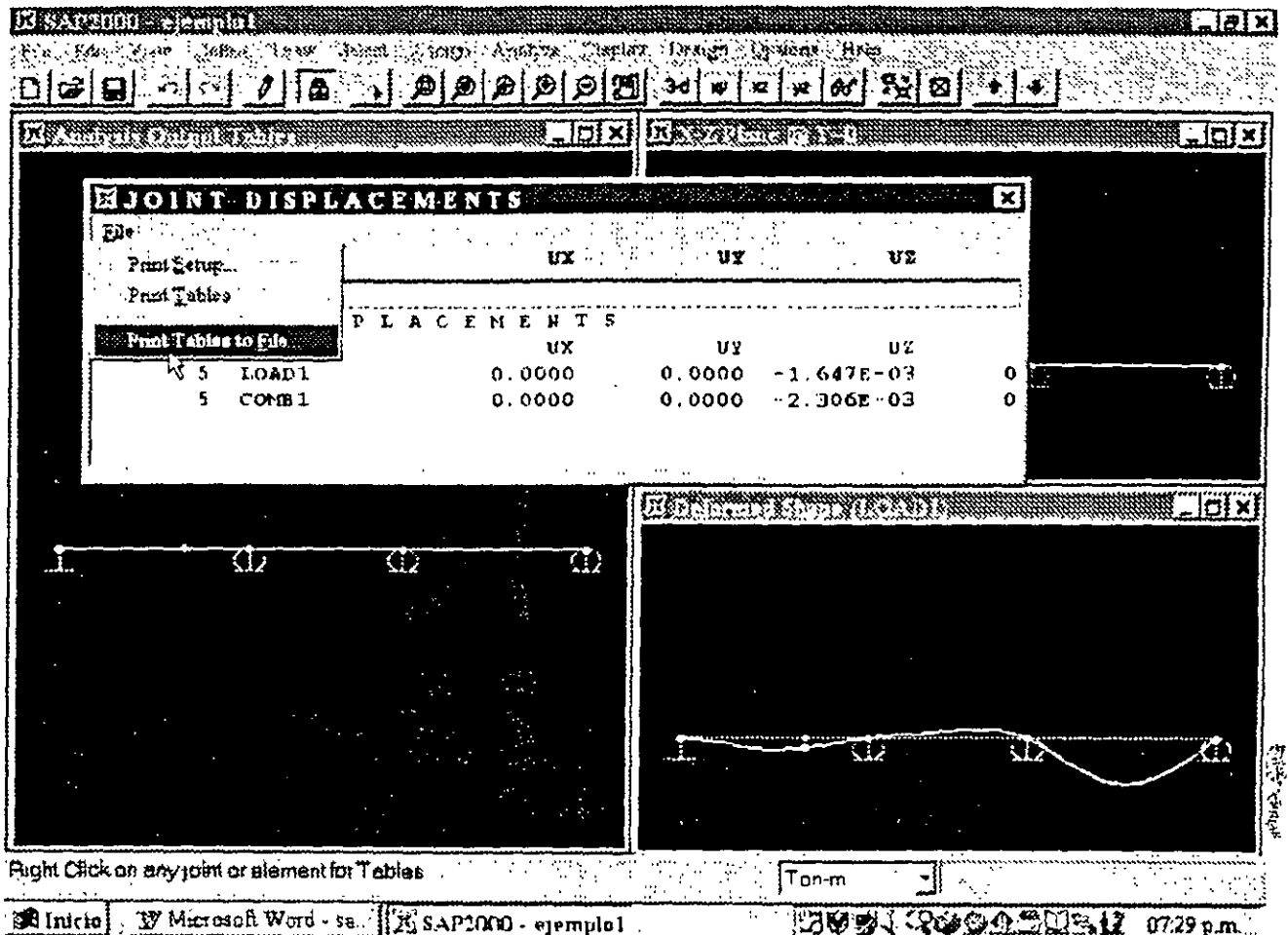


Figura 6.13 Ventana de resultados de un nudo seleccionado

Si el elemento sobre el que se hace clic es una barra entonces la ventana que se despliega contiene los elementos mecánicos de las condiciones de carga seleccionadas (ver figura 6.14).

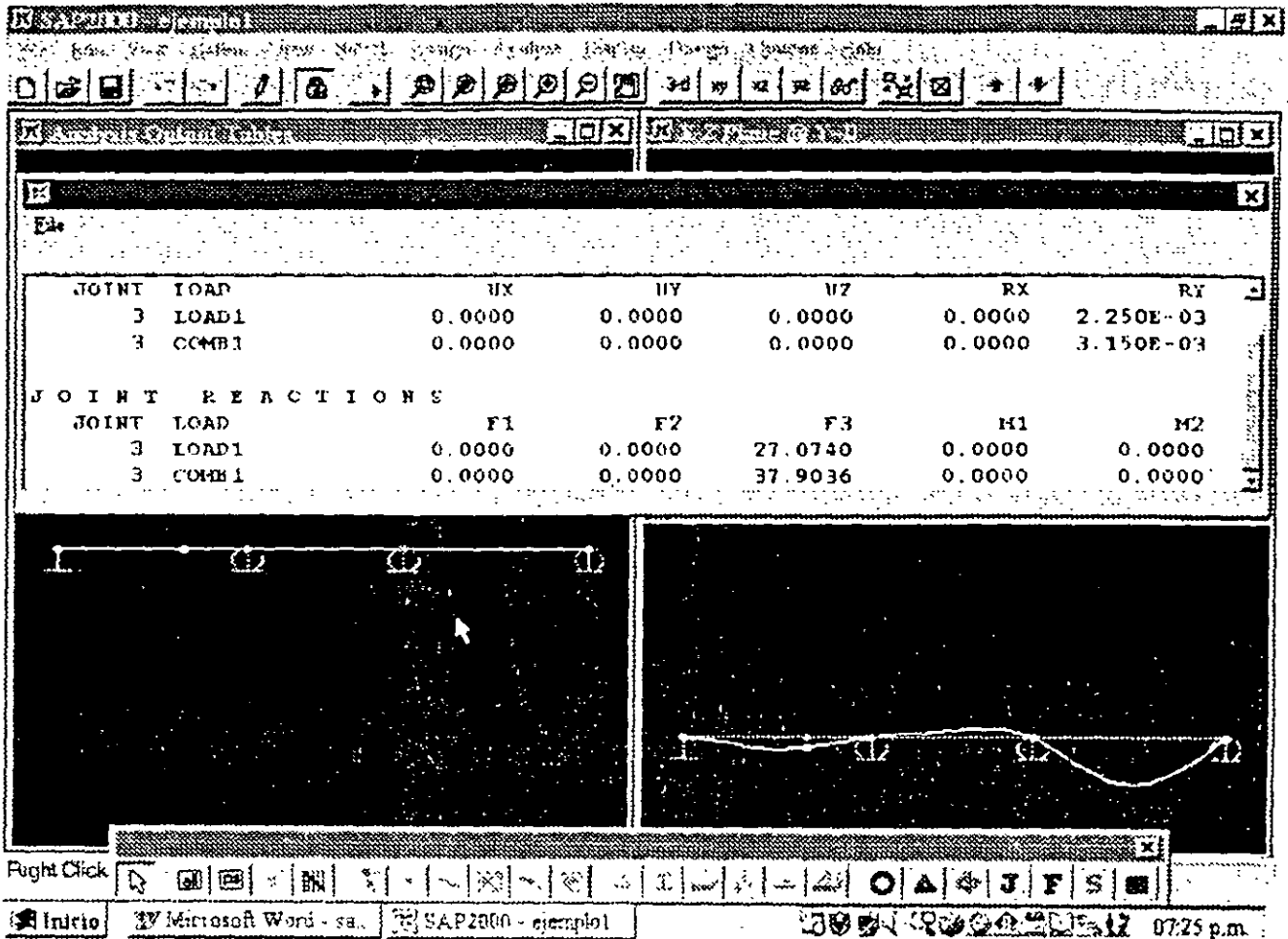


Figura 6.14 Ventana de resultados de una barra seleccionada.

Tanto en la ventana de resultados de nudos como de barras en el extremo superior izquierdo de esta se encuentra la opción File, que permite el almacenamiento de los resultados contenidos en la tabla mostrada en un archivo, para ello después de hacer clic en File, habrá que proporcionar en el cuadro en blanco el nombre del archivo y hacer clic en el botón guardar (ver figura 6.15).

The screenshot displays the SAP interface with a table of frame displacement forces and an open file dialog box.

| FRAME | LOAD | LOC. | F | V2 | V3 | T | M2 |
|-------|-------|------|------|------------|------|------|------|
| 3 | LOAD1 | | | | | | |
| | | 0.00 | 0.00 | -17.48 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 1.50 | 0.00 | -4.98 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 3.00 | 0.00 | -4.753E-01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 4.50 | 0.00 | 4.02 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | | 6.00 | 0.00 | 8.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

The file dialog box, titled "Open File for Printing Tables", shows the following file list:

- manuel Imm
- ejemplo3
- ejemplo33
- ejemplo44
- ejemplo99 OUT

The "Nombre de archivo:" field contains "ejemplo3". The "Guardar como" dropdown is set to "Text Files (*.txt)". The "Guardar" button is highlighted.

Figura 6.15 Almacenamiento de resultados en un archivo.

OPCIONES ADICIONALES

CAPÍTULO 7

7.1 INTRODUCCION

SAP2000 posee varias características, con algunas de ellas se pueden modelar por ejemplo muros y losas mediante elementos **Shell**, las opciones abarcan desde la definición de materiales dibujo de elementos, definición de características geométricas del elemento (**Shell Sections**) así como la asignación de las características anteriores además de las fuerzas (uniformes, presión, etc.) a este tipo de elementos. La estructura y secuencia es muy parecida a la utilizada para los elementos barra, se recomienda consultar la ayuda en línea, los temas relacionados en los manuales o bien ver los ejemplos en la carpeta de ejemplos o en el disco.

En cuanto al elemento finito sólido, este no se puede generar utilizando el editor gráfico de la versión estudiantil (versión 6.1 ó 6.13), por lo que su definición y demás características se tendrán que realizar mediante una serie de instrucciones que se añadirán al archivo de datos mediante un editor, la misma recomendación hecha en el párrafo anterior es aplicable a este caso.

Una gran variedad de opciones para Análisis Dinámico está incluida en el programa **SAP2000**, para usar alguna de ellas se recomienda consultar los ejemplos que acompañan al presente instructivo o que se encuentran en el diskete, o bien los que se encuentran en el manual respectivo.

También existe la posibilidad de Análisis de estructuras de puentes obteniendo mediante el programa por ejemplo líneas de influencia, envolventes de elementos mecánicos, etc., lo anterior para varias condiciones de carga incluyendo uno o varios carriles con cargas vehiculares tipo o definidas por el usuario, la recomendación del párrafo anterior es igualmente aplicable.

Se recomienda consultar al autor ya que se encuentra en proceso un instructivo similar al presente para los fines mencionados en los párrafos anteriores.

7.2 VER EL ARCHIVO DE ENTRADA

Durante una sesión con el programa **SAP2000** las opciones **Save** y **Save as** del menú **File** permiten almacenar en un archivo con extensión **SDB** los datos de la estructura que se han introducido, al archivo así creado sólo se podrá acceder (para fines de este programa) mediante la opción **Open** del mismo menú, sin embargo los datos pueden ser almacenados en un archivo que pueda modificarse y ser reconocido por el programa **SAP2000** para ello se selecciona **SAP2000.S2K** de la opción **Export** en el menú **File** (ver figura 7.1).

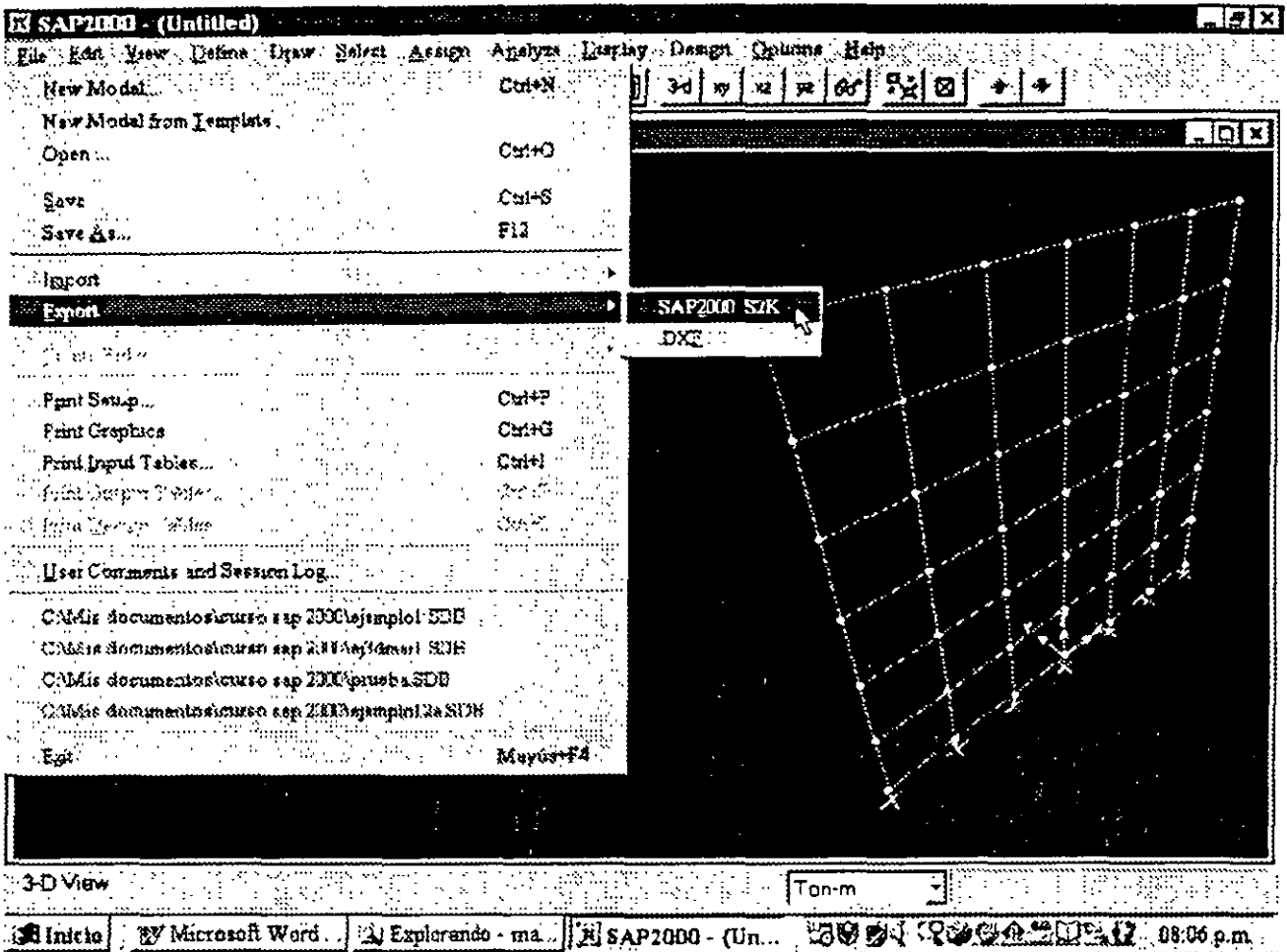


Figura 7.1 Almacenamiento de datos para poder realizar cambios al archivo.

El archivo extensión S2K puede ser modificado con la ayuda de algún editor (por ejemplo Edit, WordPad, etc.), el archivo resultante de la modificación deberá ser almacenado sin ningún caracter de control especial que se almacene en el mismo archivo, y con la misma extensión, si se usan algunos editores o procesadores de palabras se deberá tener especial cuidado de lo anterior, en caso de uso de esos procesadores se recomienda hacer varias copias de respaldo con objeto de no perder los cambios efectuados

Una vez realizados los cambios, el contenido del archivo extensión S2K modificado podrá ser procesado por SAP2000, para ello se selecciona SAP2000.S2K de la opción Import en el menú File, para ambas opciones (Export e Import) será necesario proporcionar el nombre del archivo en el cuadro en blanco correspondiente de la ventana como la que se muestra en la figura 7.2.

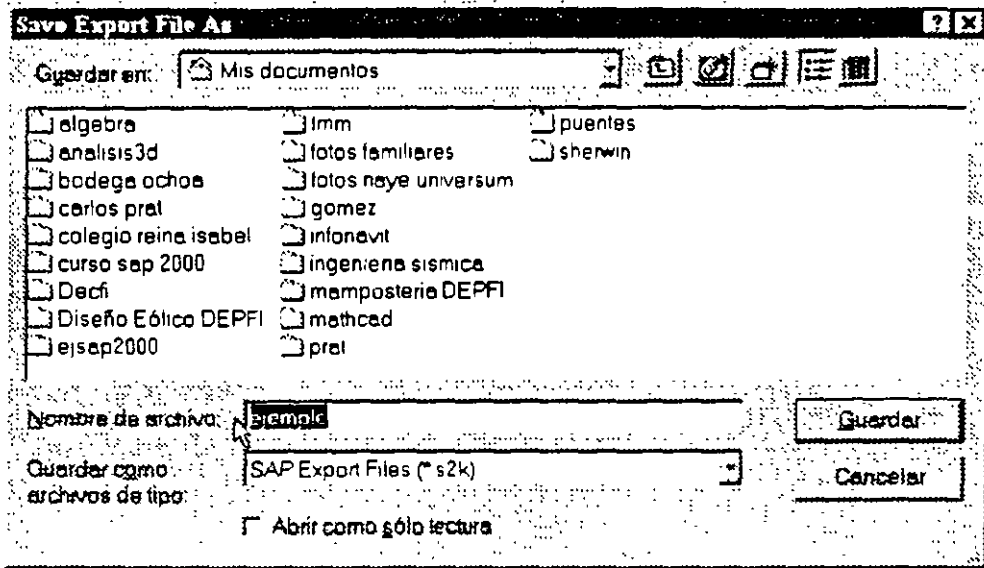


Figura 7.2 Ventana en la opción Export SAP2000.S2K

7.3 VER EL ARCHIVO DE SALIDA

El contenido del archivo de resultados nombre.OUT indicado mediante **Generate Output** en la opción **Analysis Options** del menú **Analyze** se genera después de ejecutar la opción **Run** del menú del mismo nombre, el archivo así generado puede ser consultado mediante cualquier editor o procesador de palabras e inclusive por algunas hojas de cálculo, para ello se seleccionará la opción abrir (**Load** u **Open**) del programa que se vaya a utilizar con ese fin y especificar el nombre del archivo desde luego con extensión OUT (ver figura 7.3)

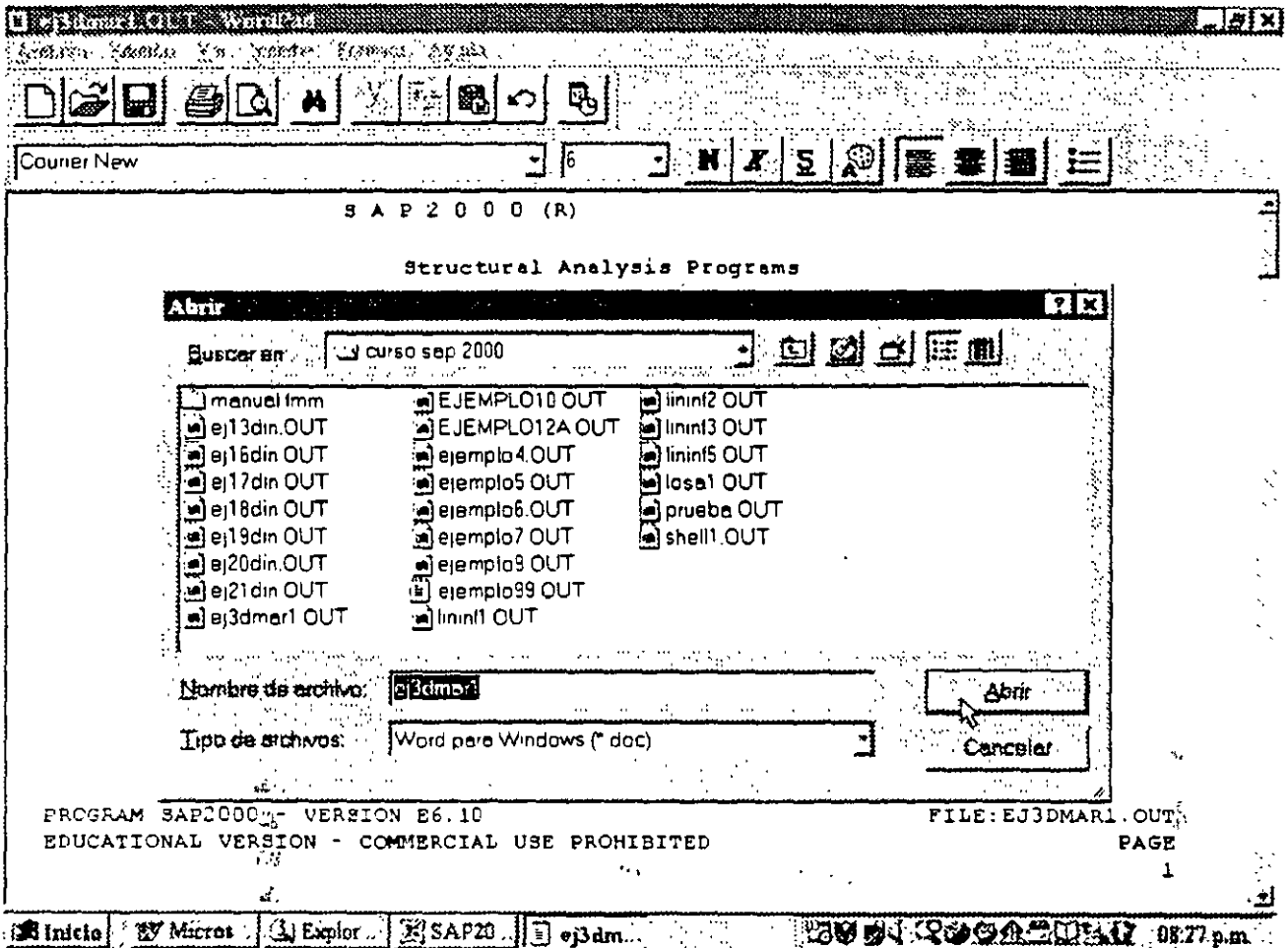


Figura 7.3 Acceso al archivo nombre.OUT mediante el programa WordPad.

7.4 RELACION CON AUTOCAD

La geometría de la estructura puede ser generada por AutoCAD realizando el dibujo de las barras (líneas) en una capa (Layer) de nombre Sap_frames (ver figura 7.4).

La geometría así generada se deberá exportar a un archivo extensión dxf como se muestra en la figura 7.5.

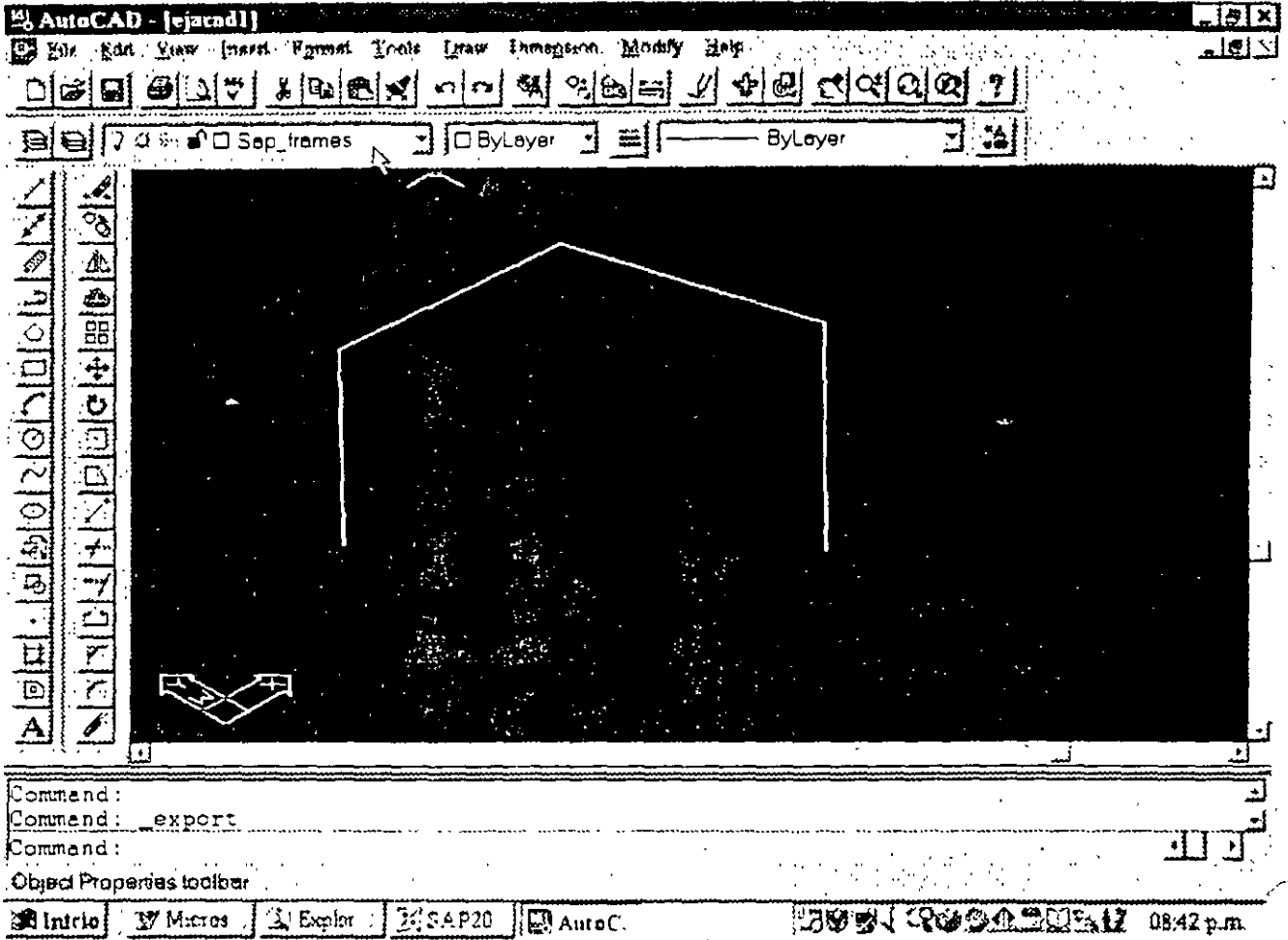


Figura 7.4 Geometria generada en AutoCAD

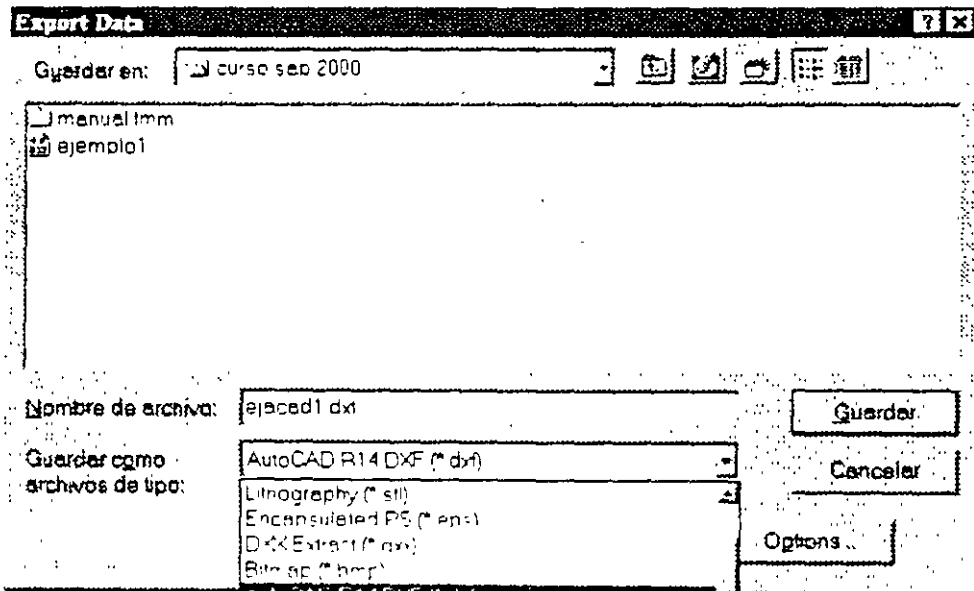


Figura 7.5 Exportando la geometria generada con AutoCAD a un archivo extensión dxf.

Para recuperar la información de un archivo **dxf**, se selecciona **.dxf** de la opción **Import** en el menú **File** (ver figura 7.6).

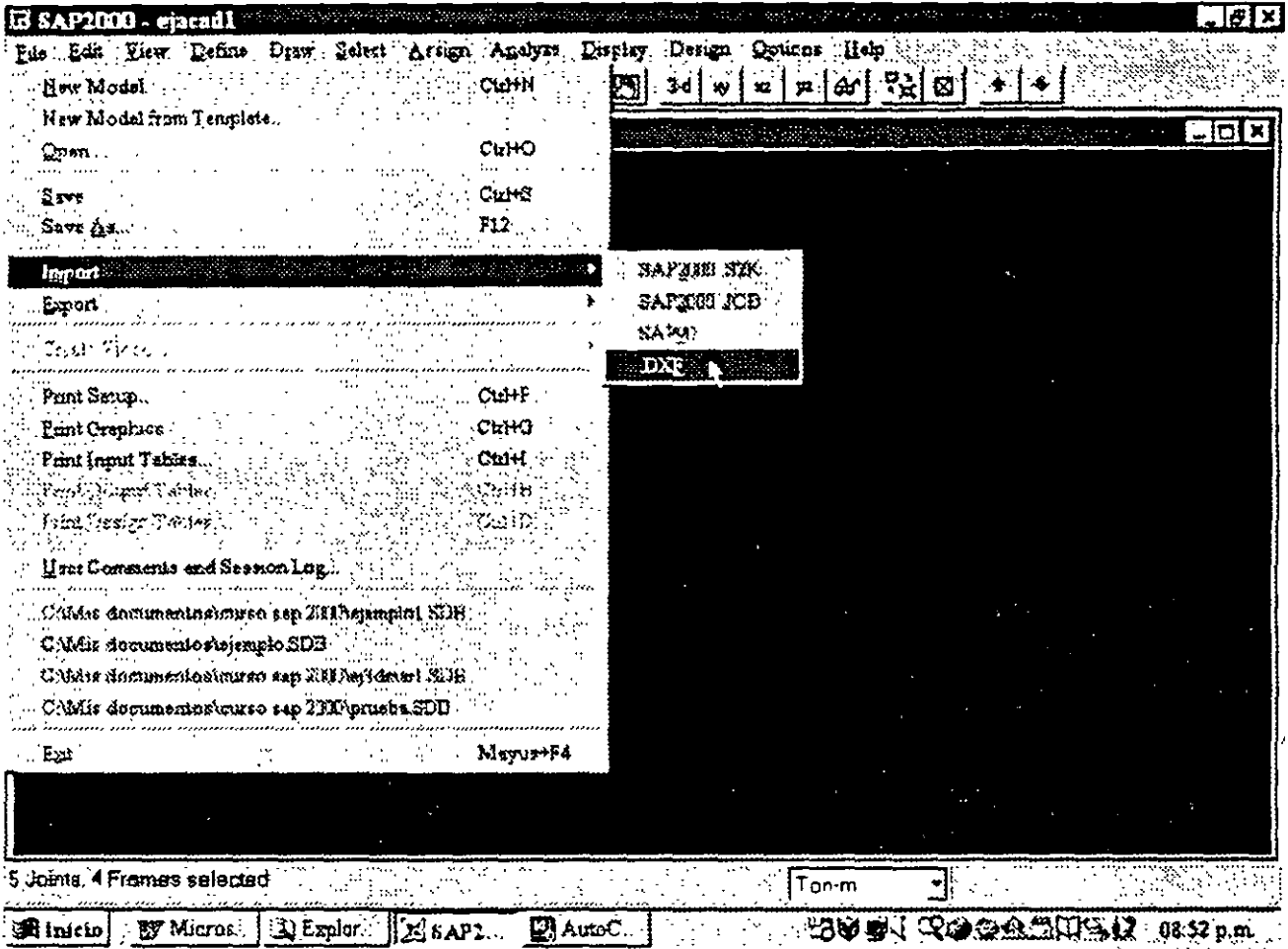


Figura 7.6 Importando datos de un archivo **.dxf**

Desplegándose enseguida la ventana que se muestra en la figura 7.7, en donde se deberá especificar el nombre del archivo cuya extensión es **dxf** después de hacer clic en abrir se seleccionan de la ventana que se muestra en la figura 7.8 la dirección global y las unidades.

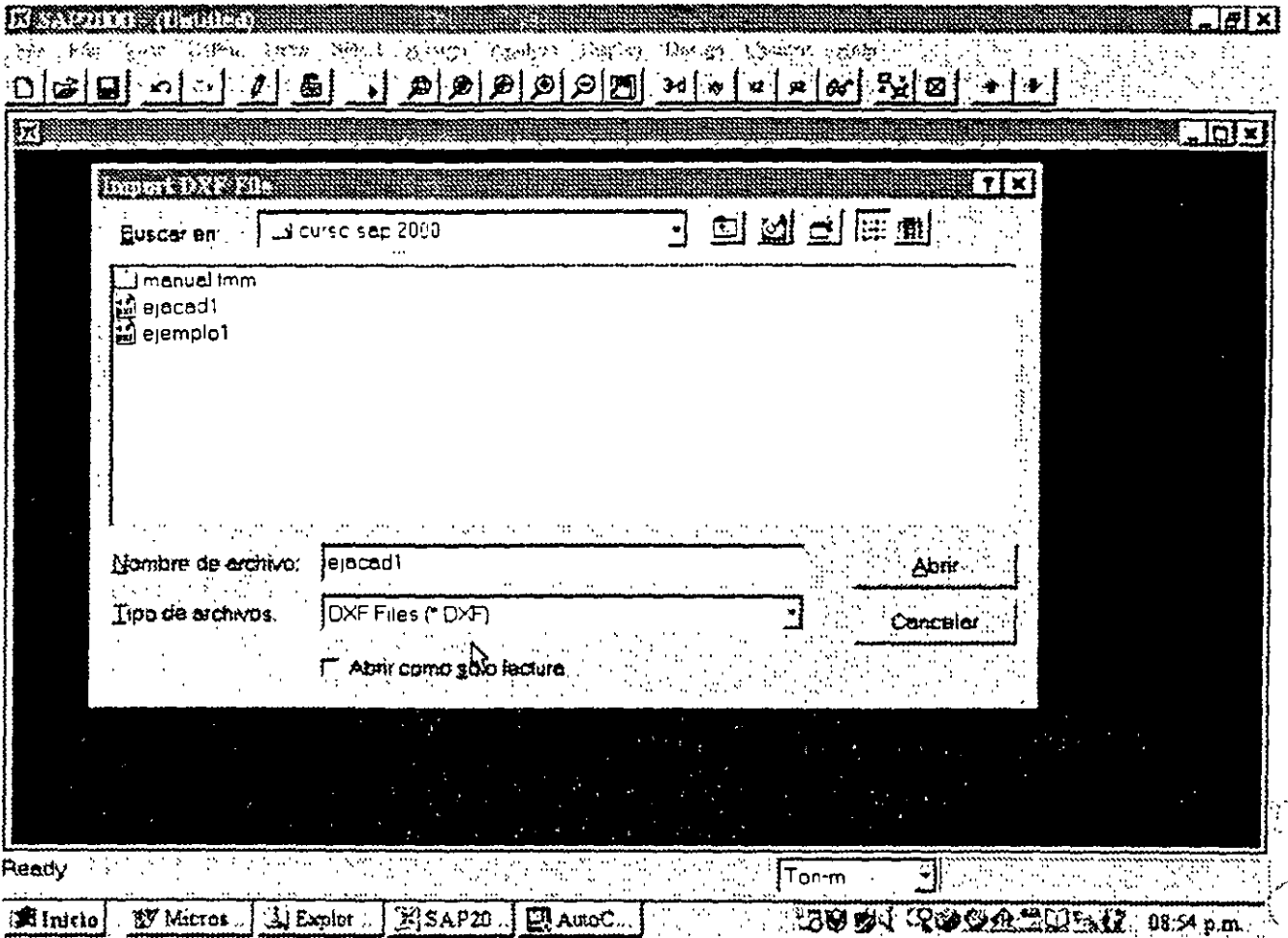


Figura 7.7 Ventana para importar datos de un archivo dxf.

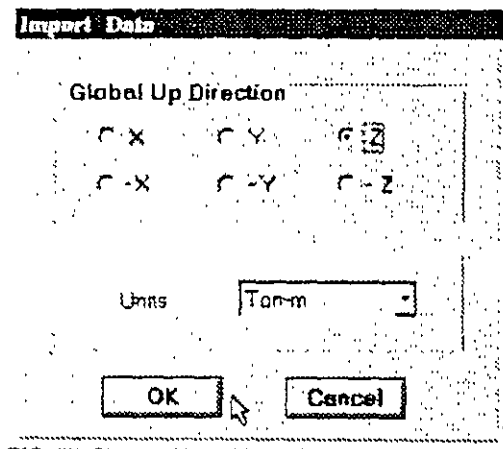


Figura 7.8 Indicando características de los datos a importar de un archivo dxf.

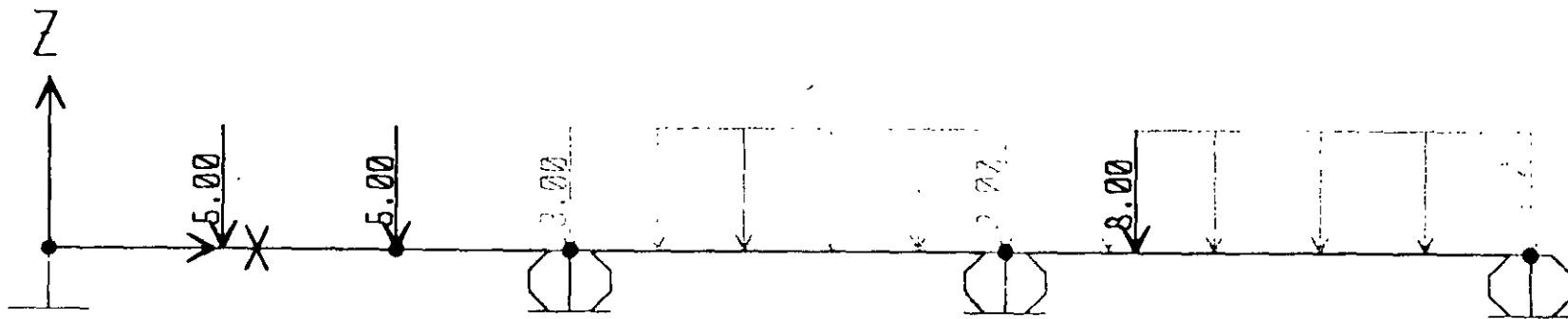
EJEMPLOS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

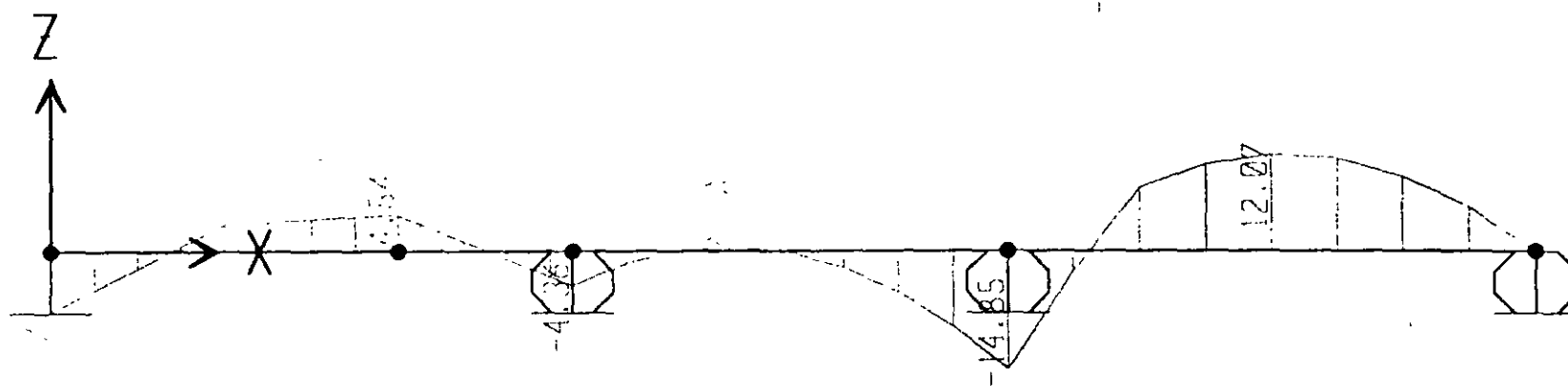
CAPÍTULO 8

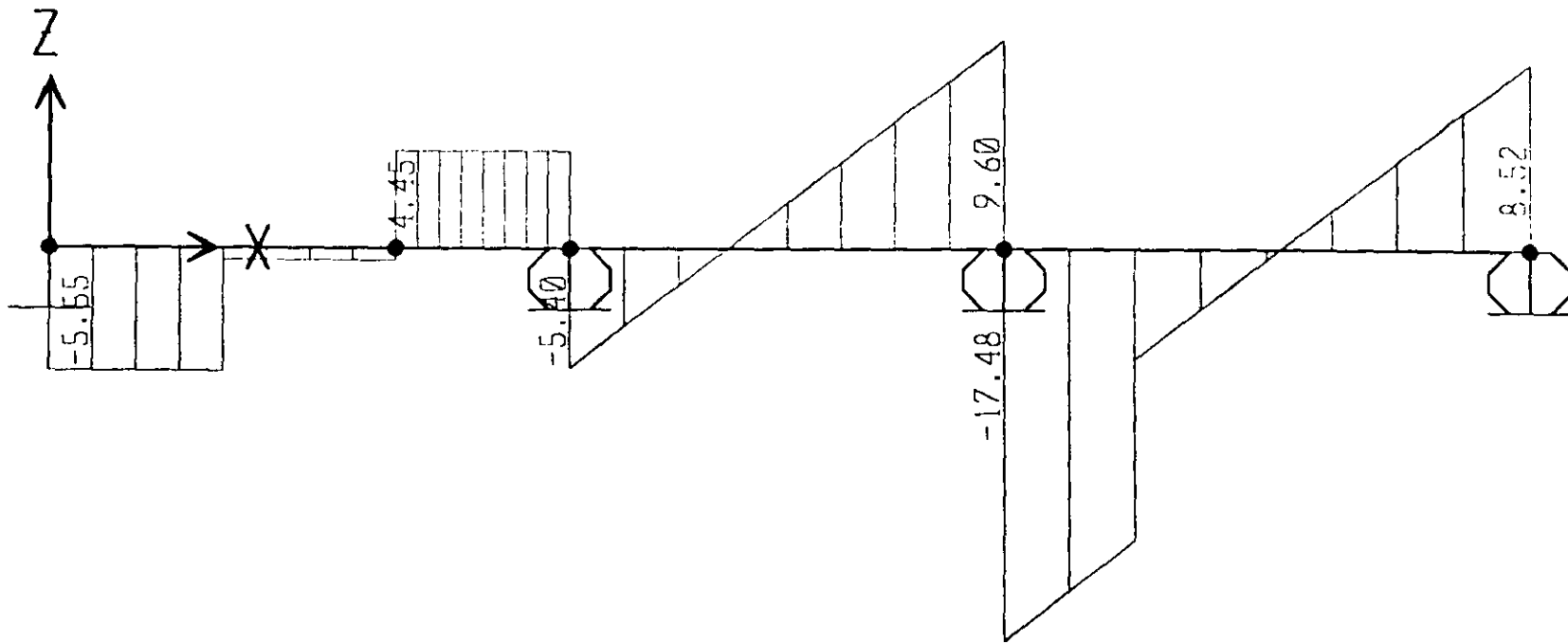
8.1 INTRODUCCION

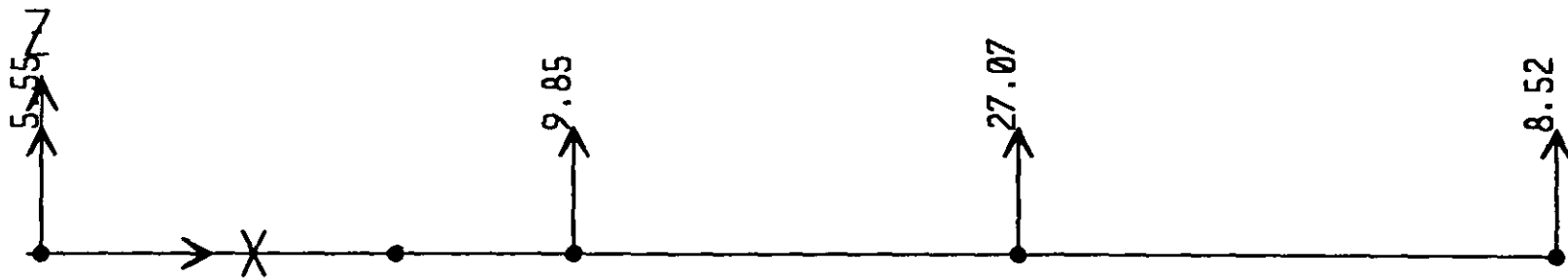
Durante la impartición del curso para uso y manejo del programa **SAP2000** tanto en la División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica como en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se han desarrollado varios ejemplos típicos para el análisis de formas estructurales comunes (vigas continuas, marcos, armaduras, etc.) permitiendo al asistente practicar el uso de los comandos básicos tratados en los capítulos anteriores así como de algunos otros que no se han descrito o mencionado en este instructivo, por lo que sería conveniente que el lector interesado tuviera la oportunidad de asistir a alguno de esos cursos con objeto de despejar algunas dudas, desarrollar una mejor habilidad en el manejo del programa y adquirir una mejor comprensión de algunas de las opciones de Análisis así como de sus ventajas y limitaciones.

A continuación se presentan los listados (datos, resultados numéricos y gráficas) de algunos de los ejemplos que se han desarrollado durante los cursos que ha impartido el autor, los datos y resultados de otros más (incluyendo los que se listan a continuación) se encuentran en el disco que acompaña al presente instructivo, se sugiere que el interesado los consulte ya sea directamente (mediante algún editor) o procese los archivos de datos a través del programa **SAP2000**.









; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplol.s2k saved 3/12/00 20:38:00 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton PAGE=SECTIONS

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=6 Y=0 Z=0
3 X=11 Y=0 Z=0
4 X=17 Y=0 Z=0
5 X=4 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2 DOF=U3
ADD=3 DOF=U3
ADD=4 DOF=U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=MAT2 IDES=N M=.7981 W=7.8334
T=0 E=2200000 U=.25 A=.0000117

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125
NAME=FS1 MAT=MAT2 SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=.1041667,.1041667
NAME=FS2 MAT=MAT2 SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03 AS=.2083333,.2083333

FRAME

2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
4 J=1,5 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
5 J=5,2 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=LOAD1

TYPE=FORCE

ADD=5 UZ=-5

TYPE=CONCENTRATED SPAN

ADD=4 RD=.5 UZ=-5

ADD=3 RD=.25 UZ=-8

TYPE=DISTRIBUTED SPAN

ADD=2 RD=0,1 UZ=-3,-3

ADD=3 RD=0,1 UZ=-3,-3

OUTPUT

; No Output Requested

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.

; This data will be used for graphics and design if this file is imported.

; If changes are made to the analysis data above, then the following data

; should be checked for consistency.

; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" 0

GRID GLOBAL X "2" 1

GRID GLOBAL X "3" 2

GRID GLOBAL X "4" 3

GRID GLOBAL X "5" 4

GRID GLOBAL X "6" 5

GRID GLOBAL X "7" 6

GRID GLOBAL X "8" 7

GRID GLOBAL X "9" 8

GRID GLOBAL X "10" 9

GRID GLOBAL X "11" 10

GRID GLOBAL X "12" 11

GRID GLOBAL X "13" 12

GRID GLOBAL X "14" 13

GRID GLOBAL X "15" 14

GRID GLOBAL X "16" 15

GRID GLOBAL X "17" 16

GRID GLOBAL X "18" 17

GRID GLOBAL Y "19" 0

GRID GLOBAL Z "20" 0

GRID GLOBAL Z "21" 1

GRID GLOBAL Z "22" 2

GRID GLOBAL Z "23" 3

GRID GLOBAL Z "24" 4

MATERIAL STEEL FY 25310.5

MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278

FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50

FRAMESECTION FS2 NAME REC50X50

STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD

END SUPPLEMENTAL DATA

; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplol.f2k saved 3/12/00 20:38:00 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton PAGE=SECTIONS

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=0
2 X=6 Y=0 Z=0
3 X=11 Y=0 Z=0
4 X=17 Y=0 Z=0
5 X=4 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=2 DOF=U3
ADD=3 DOF=U3
ADD=4 DOF=U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=MAT2 IDES=N M=.7981 W=7.8334
T=0 E=2200000 U=.25 A=.0000117

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SHR T=.5 .3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125 .001125 AS=.125 .125
NAME=FS1 MAT=MAT2 SHR T=.5 .25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03 6.510417E-04 AS=.1041667 .1041667
NAME=FS2 MAT=MAT2 SHR T=.5 .5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03 5.208333E-03 AS=.2083333 .2083333

FRAME

2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
4 J=1,5 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
5 J=5,2 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=LOAD1

TYPE=FORCE

ADD=5 UZ=-5
TYPE=CONCENTRATED SPAN
ADD=4 RD=.5 UZ=-5
ADD=3 RD=.25 UZ=-8
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=2 RD=0,1 UZ=-3,-3
ADD=3 RD=0,1 UZ=-3,-3

OUTPUT

; No Output Requested

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.

; This data will be used for graphics and design if this file is imported.

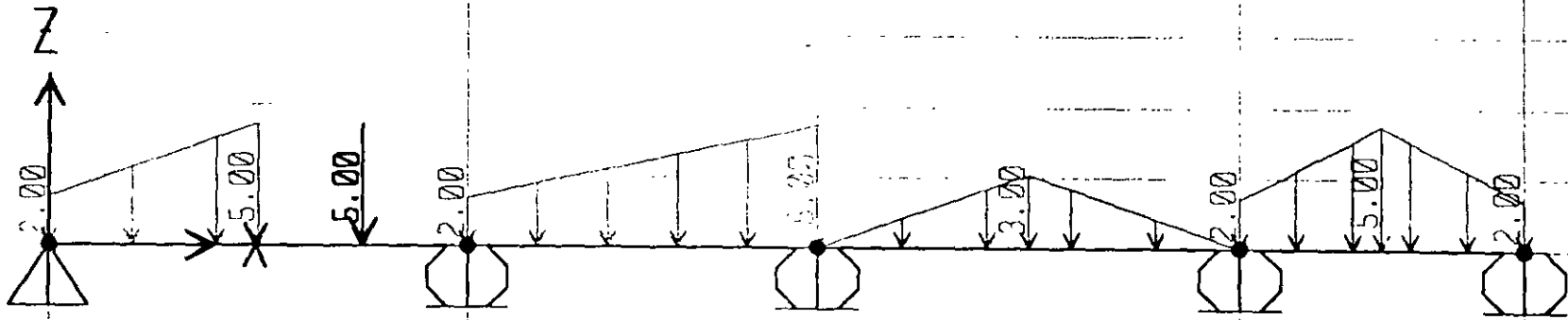
; If changes are made to the analysis data above, then the following data

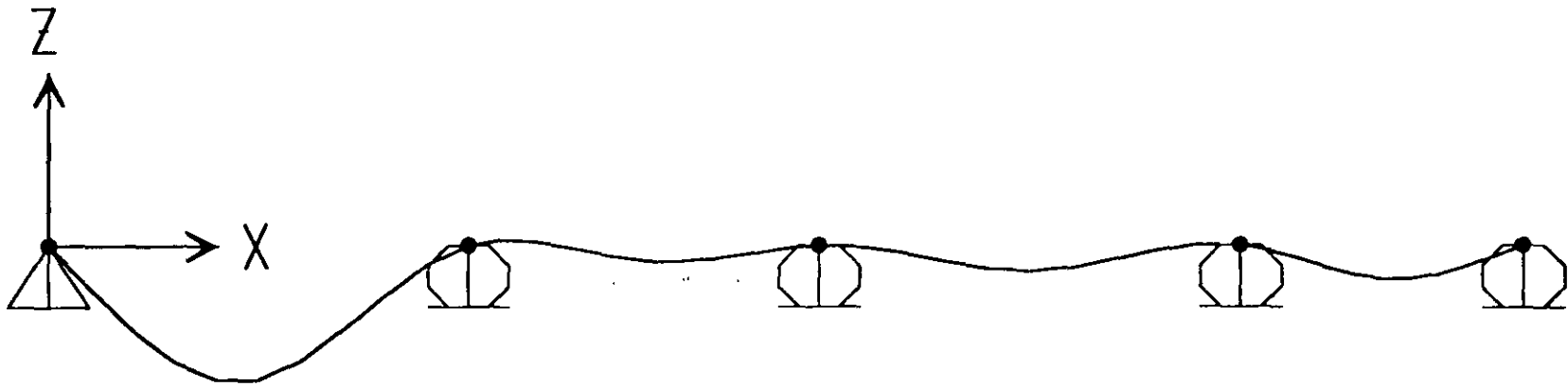
; should be checked for consistency.

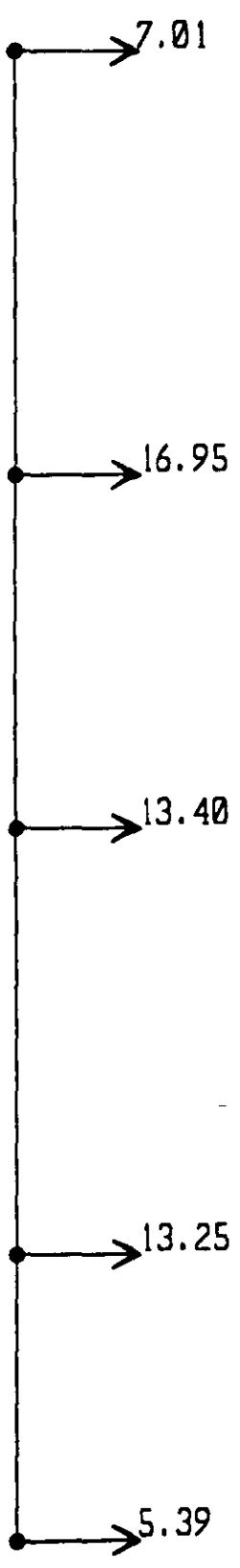
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA.

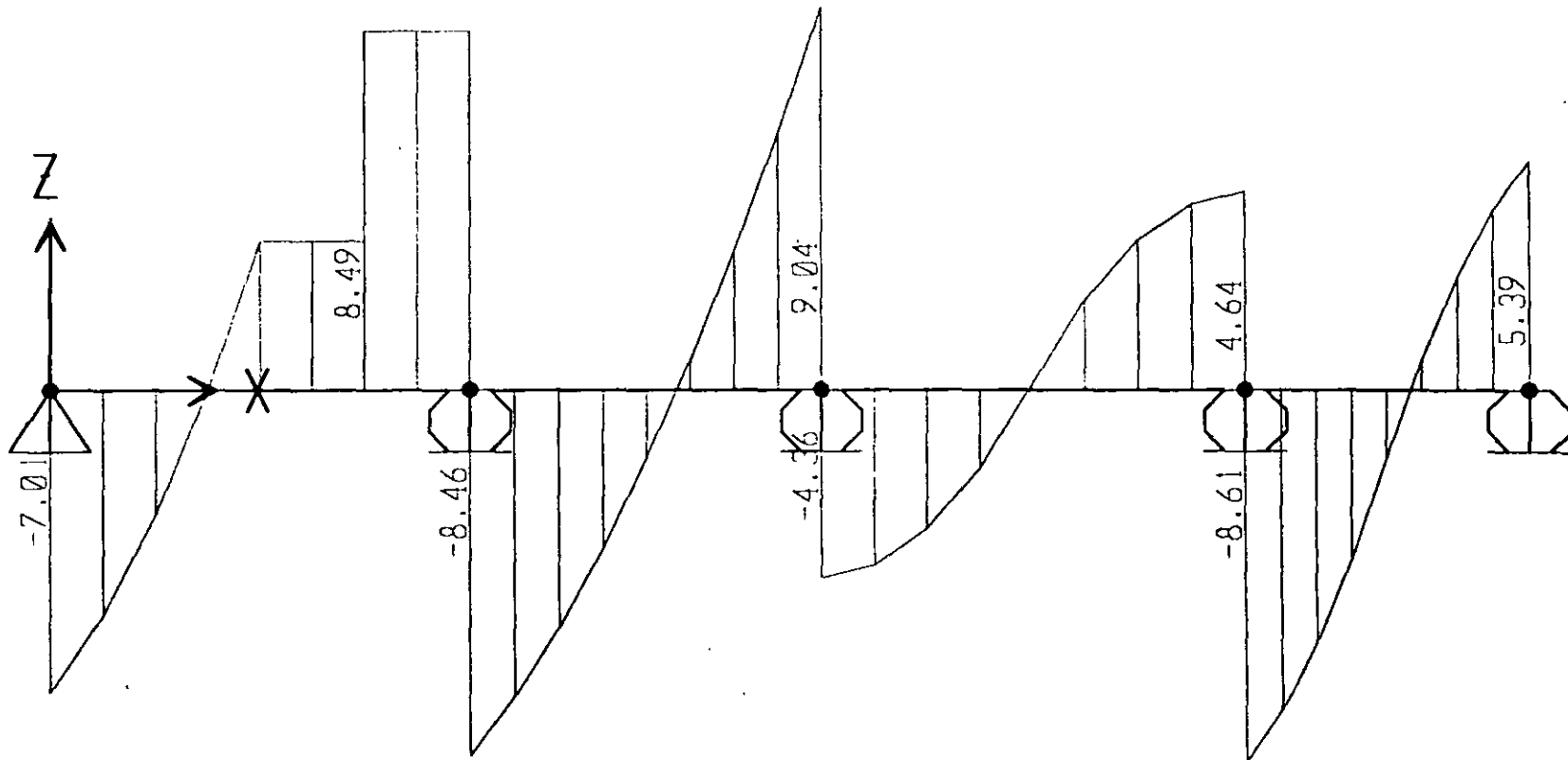
GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 1
GRID GLOBAL X "3" 2
GRID GLOBAL X "4" 3
GRID GLOBAL X "5" 4
GRID GLOBAL X "6" 5
GRID GLOBAL X "7" 6
GRID GLOBAL X "8" 7
GRID GLOBAL X "9" 8
GRID GLOBAL X "10" 9
GRID GLOBAL X "11" 10
GRID GLOBAL X "12" 11
GRID GLOBAL X "13" 12
GRID GLOBAL X "14" 13
GRID GLOBAL X "15" 14
GRID GLOBAL X "16" 15
GRID GLOBAL X "17" 16
GRID GLOBAL X "18" 17
GRID GLOBAL Y "19" 0
GRID GLOBAL Z "20" 0
GRID GLOBAL Z "21" 1
GRID GLOBAL Z "22" 2
GRID GLOBAL Z "23" 3
GRID GLOBAL Z "24" 4
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50
FRAMESECTION FS2 NAME REC50X50
STATICLOAD LOAD1 TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

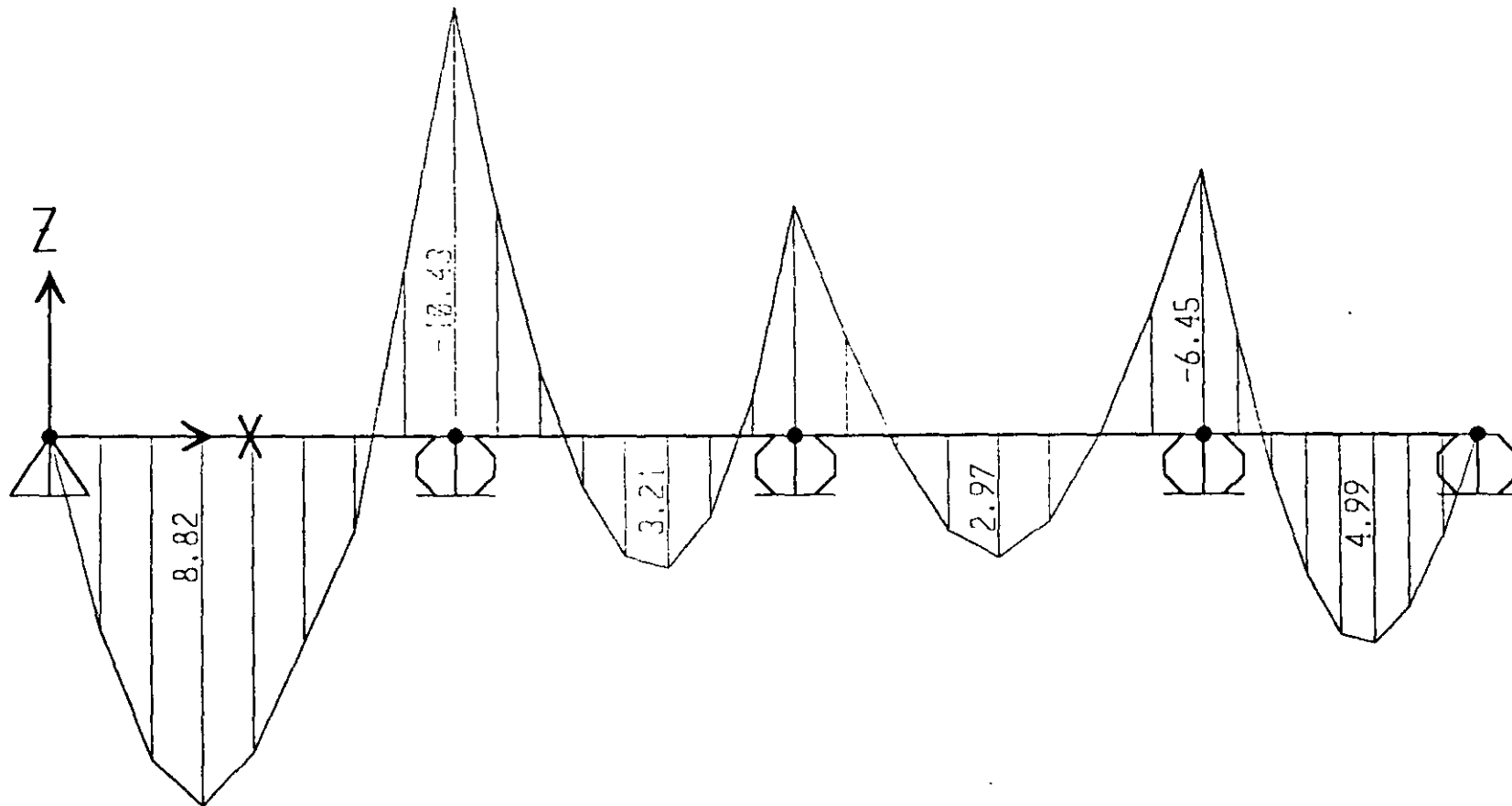






Vertical Displacements (VEPTICAL) - Ton-m Units

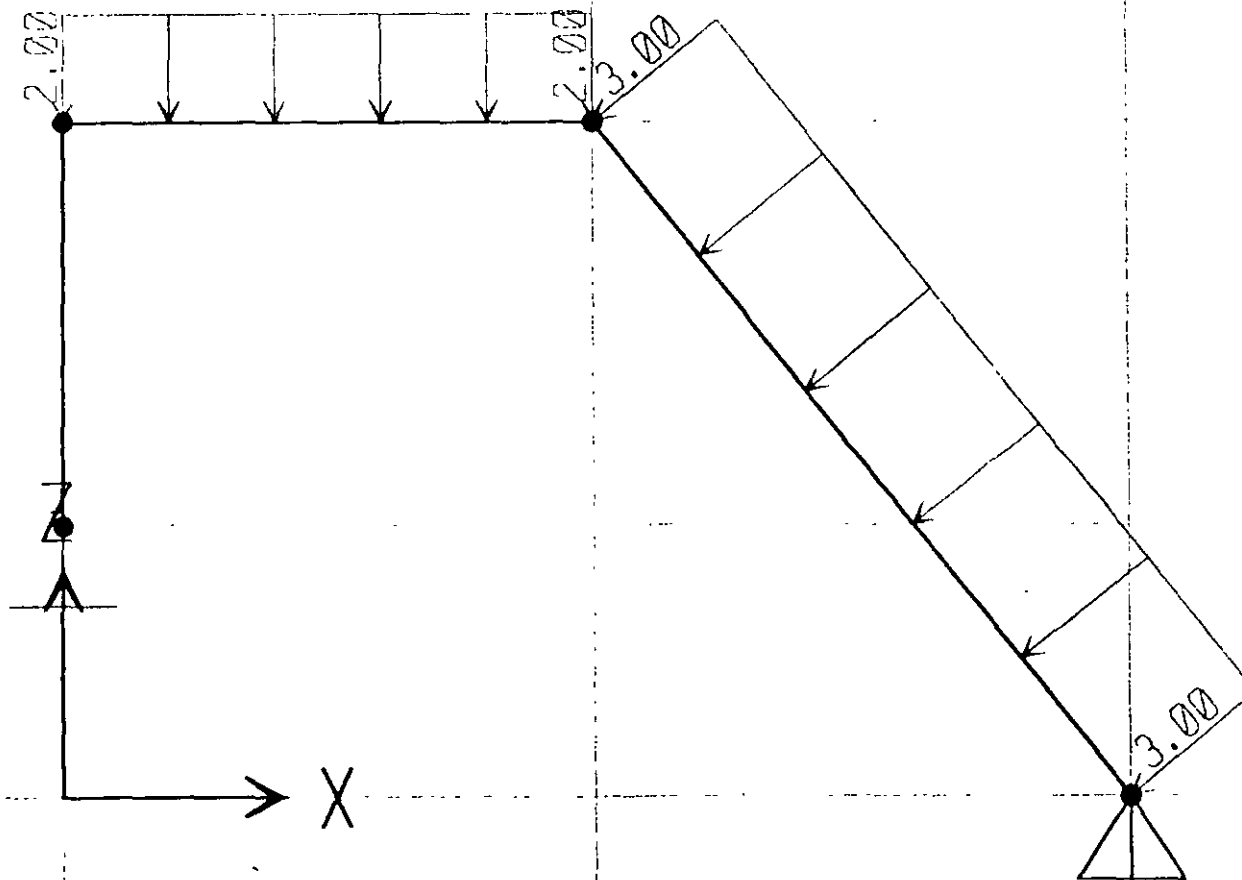


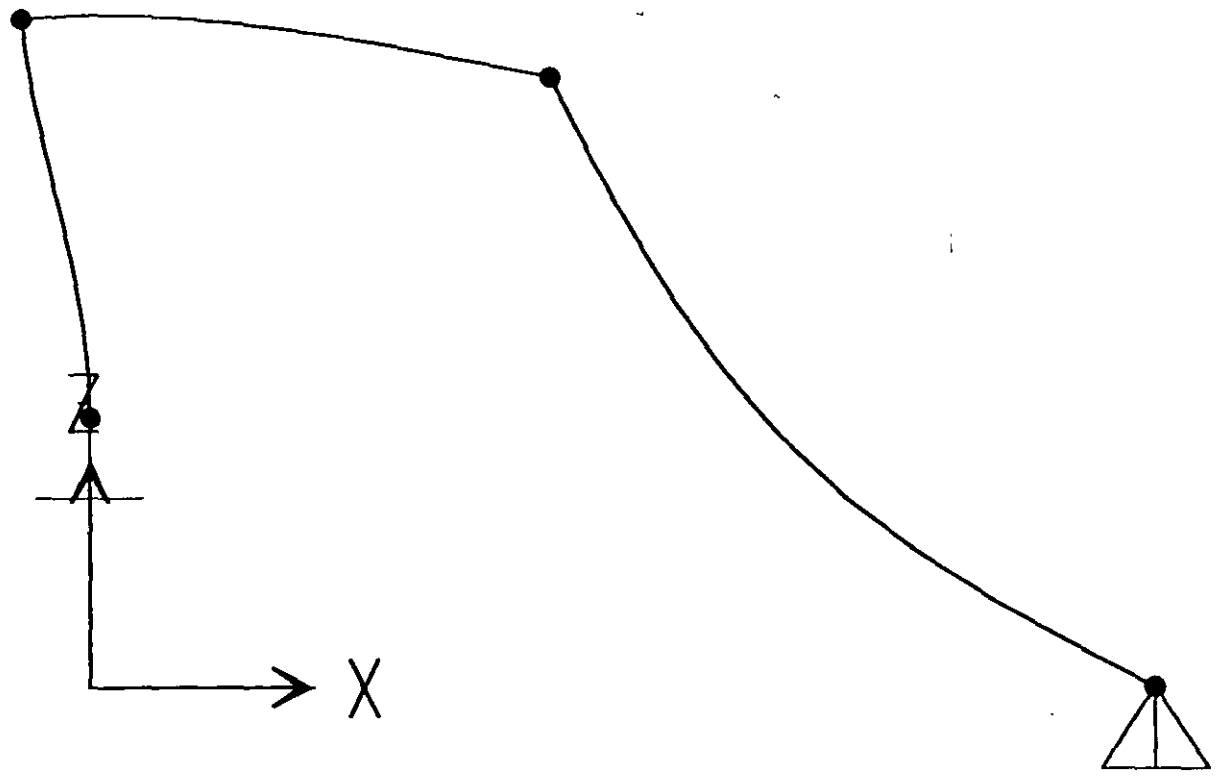


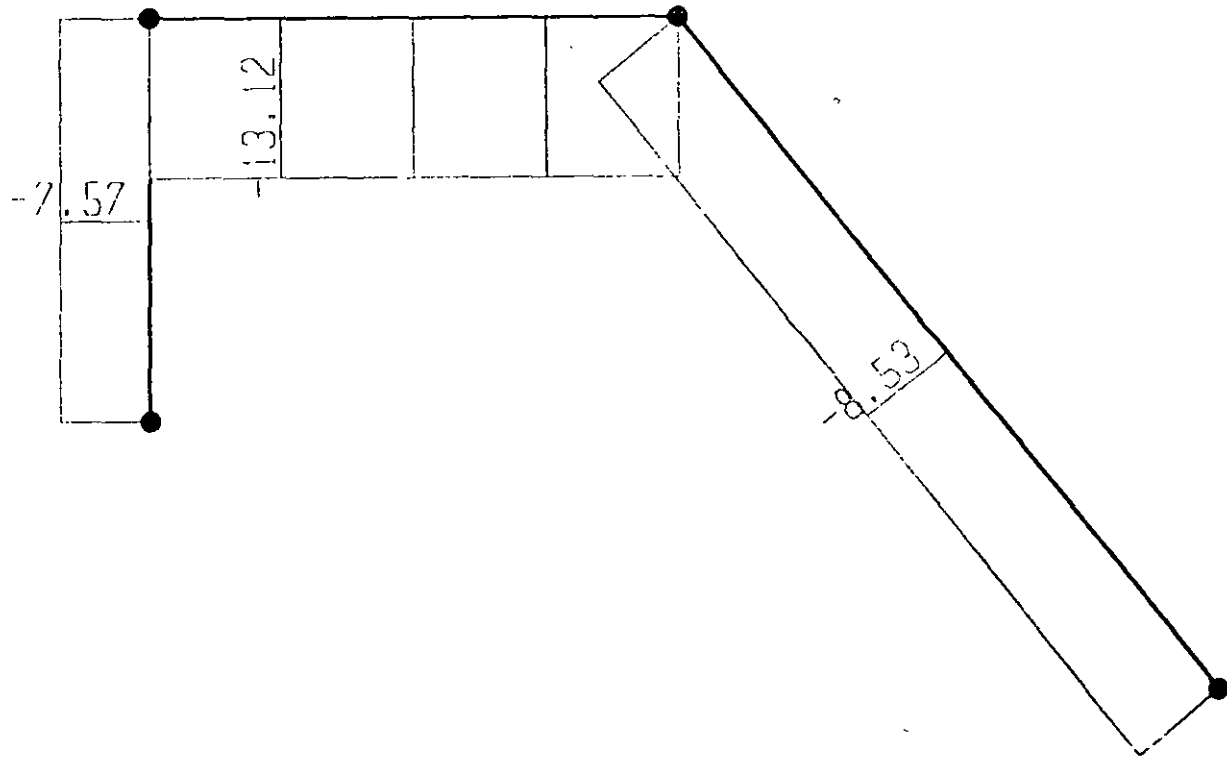
```

Ejemplo 2
; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo2.s2k saved 3/18/00 8:59:59 in Ton-m
SYSTEM
DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59
JOINT
5 X=0 Y=0 Z=0
6 X=6 Y=0 Z=0
7 X=11 Y=0 Z=0
8 X=17 Y=0 Z=0
9 X=21 Y=0 Z=0
RESTRAINT
ADD=5 DOF=U1,U2,U3
ADD=6 DOF=U3
ADD=7 DOF=U3
ADD=8 DOF=U3
ADD=9 DOF=U3
PATTERN
NAME=DEFAULT
MATERIAL
NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=MATD IDES=C M=.7981 W=7.8334
T=0 E=1800000 U=.25 A=.0000117
FRAME SECTION
NAME=FS1 MAT=MATD SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=.1041667,.1041667
FRAME
3 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
4 J=6,7 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
5 J=7,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
6 J=8,9 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
LOAD
NAME=VERTICAL
TYPE=CONCENTRATED SPAN
ADD=3 RD=.75 UZ=-5
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=3 RD=0,.5 UZ=-2,-5
ADD=4 RD=0,1 UZ=-2,-5
ADD=5 RD=0,.5 UZ=0,-3
ADD=5 RD=.5,1 UZ=-3,0
ADD=6 RD=0,.5 UZ=-2,-5
ADD=6 RD=.5,1 UZ=-5,-2
OUTPUT
; No Output Requested
END
; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.
SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA
GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 6
GRID GLOBAL X "3" 11
GRID GLOBAL X "4" 17
GRID GLOBAL X "5" 21
GRID GLOBAL Y "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 0
GRID GLOBAL Z "8" 1
GRID GLOBAL Z "9" 2
GRID GLOBAL Z "10" 3
GRID GLOBAL Z "11" 4
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
MATERIAL MATD FYREBAR 60 FYSHEAR 40 FC 4 FCSHEAR 4
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50
CONCRETESECTION REC25X50 BEAM COVERTOP .05 COVERBOTTOM .05
STATICLOAD VERTICAL TYPE DEAD
END SUPPLEMENTAL DATA

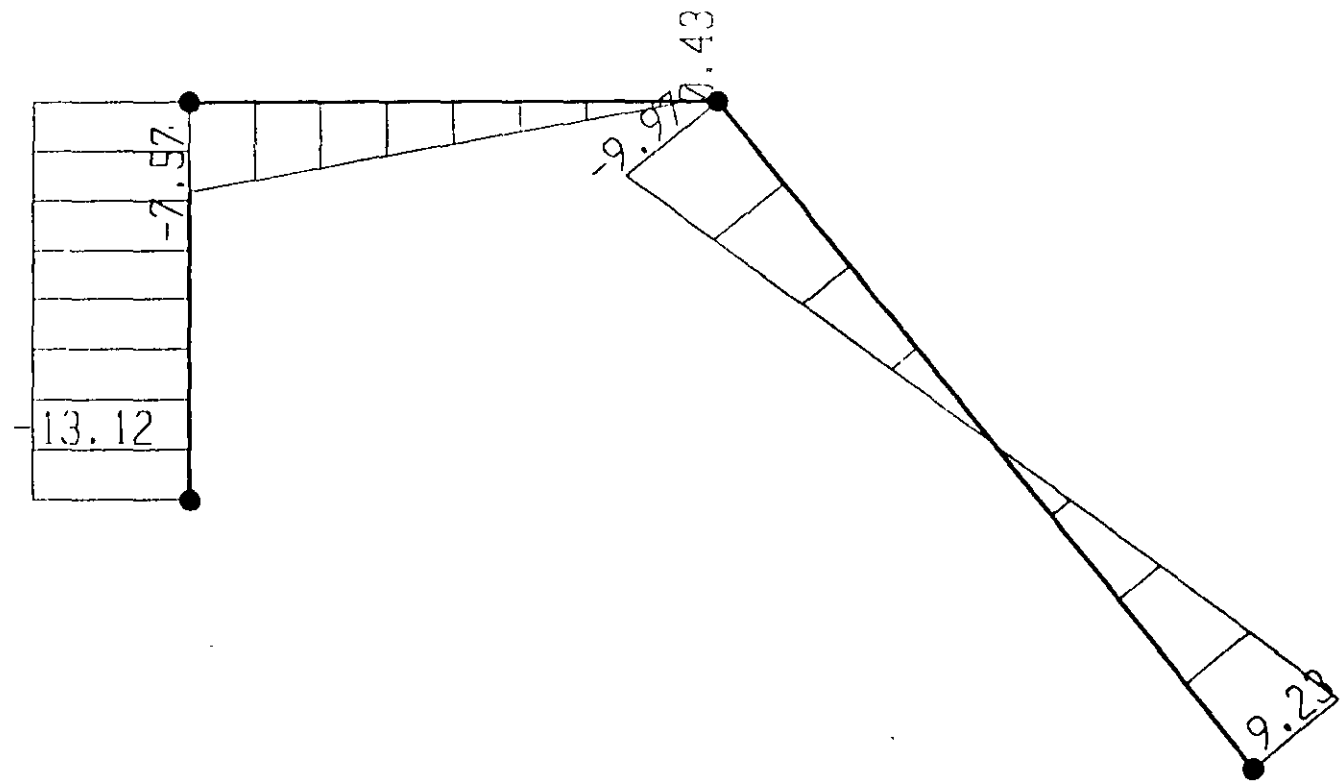
```

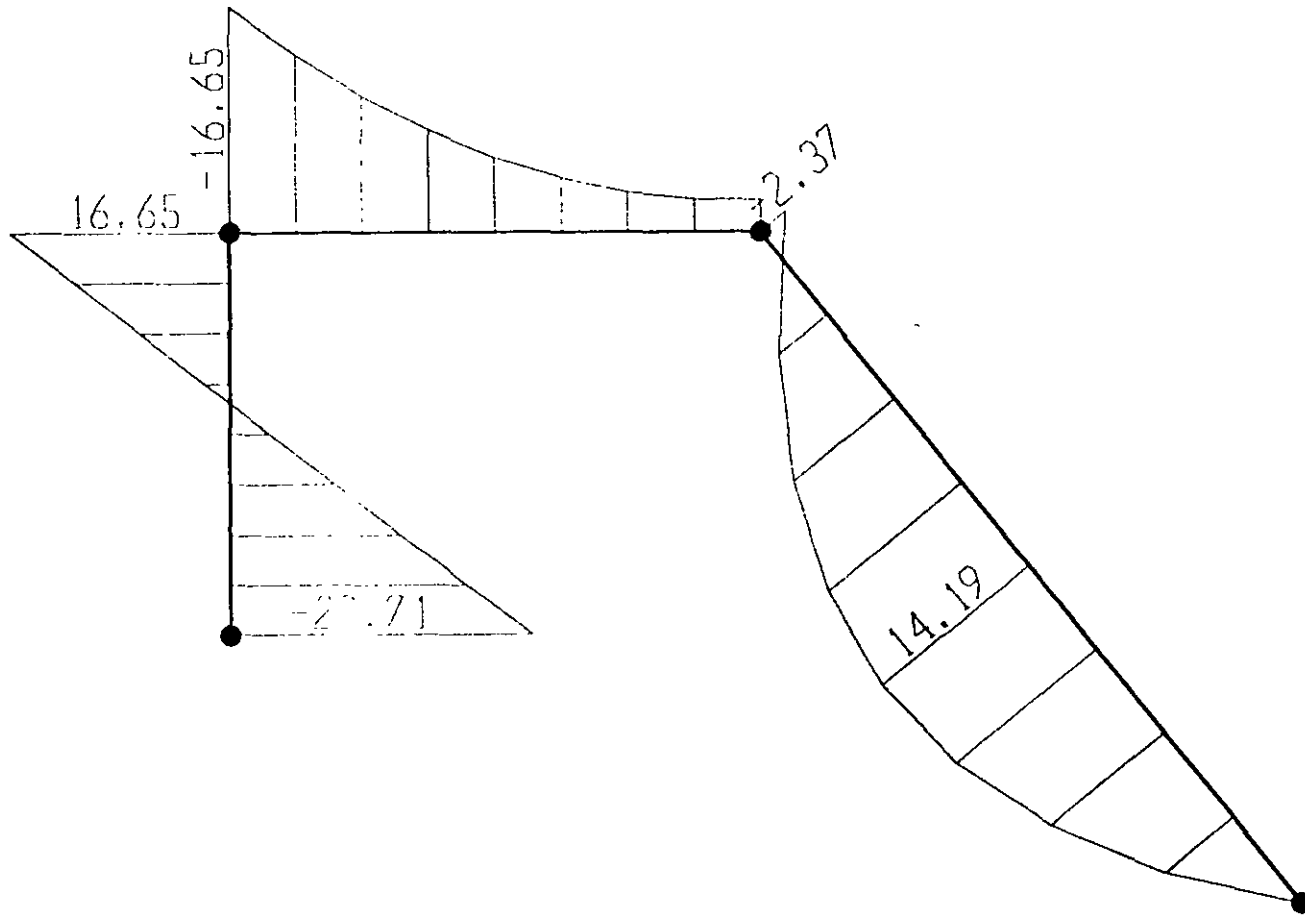


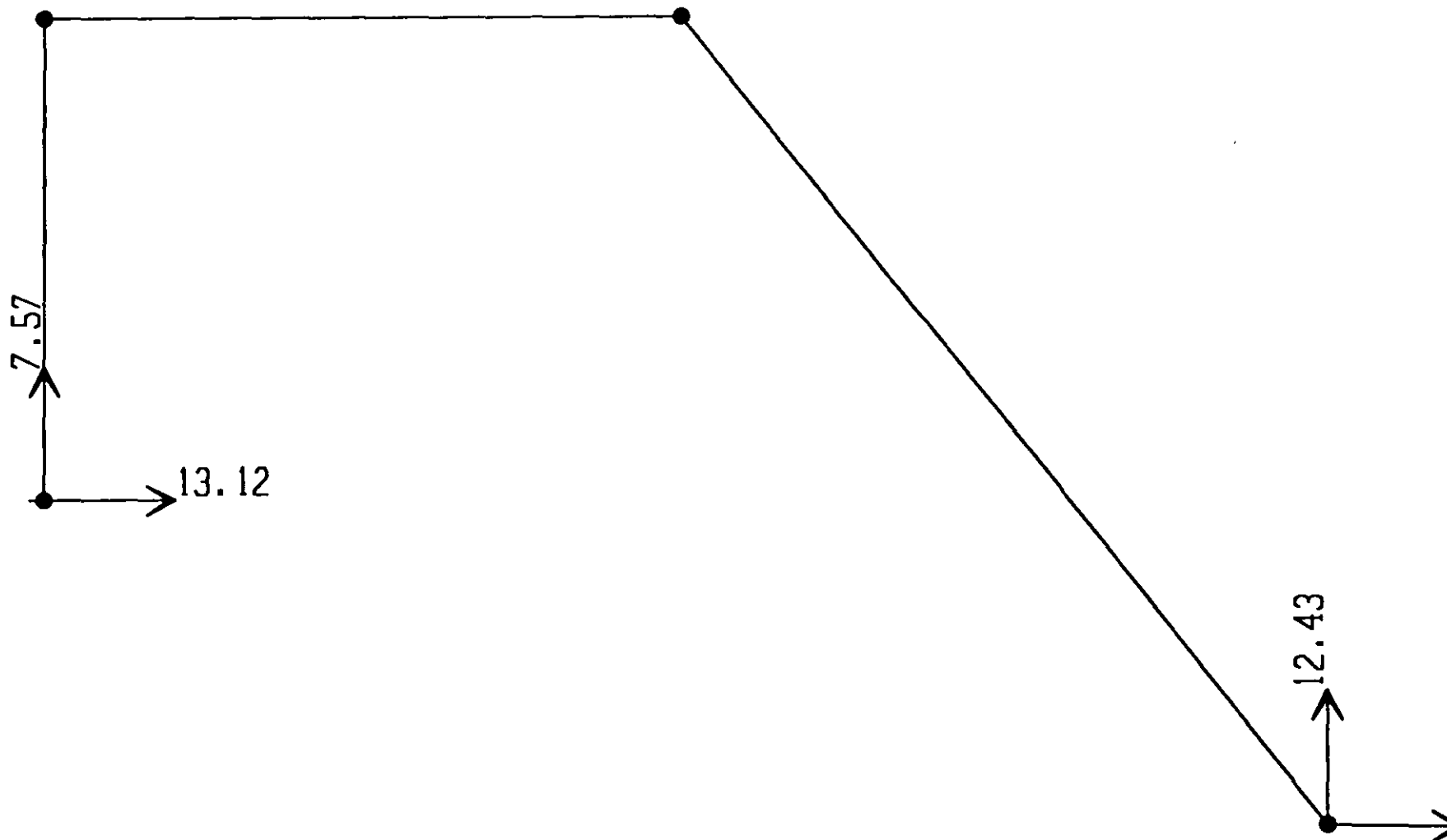


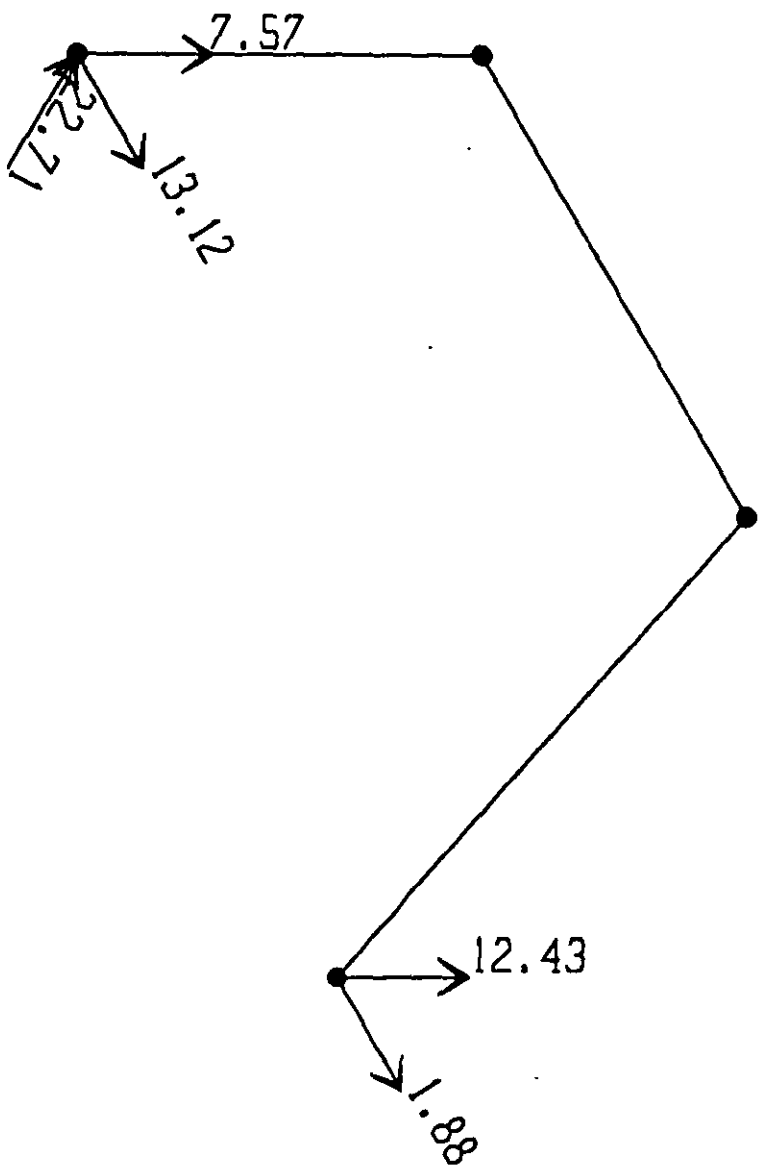


101

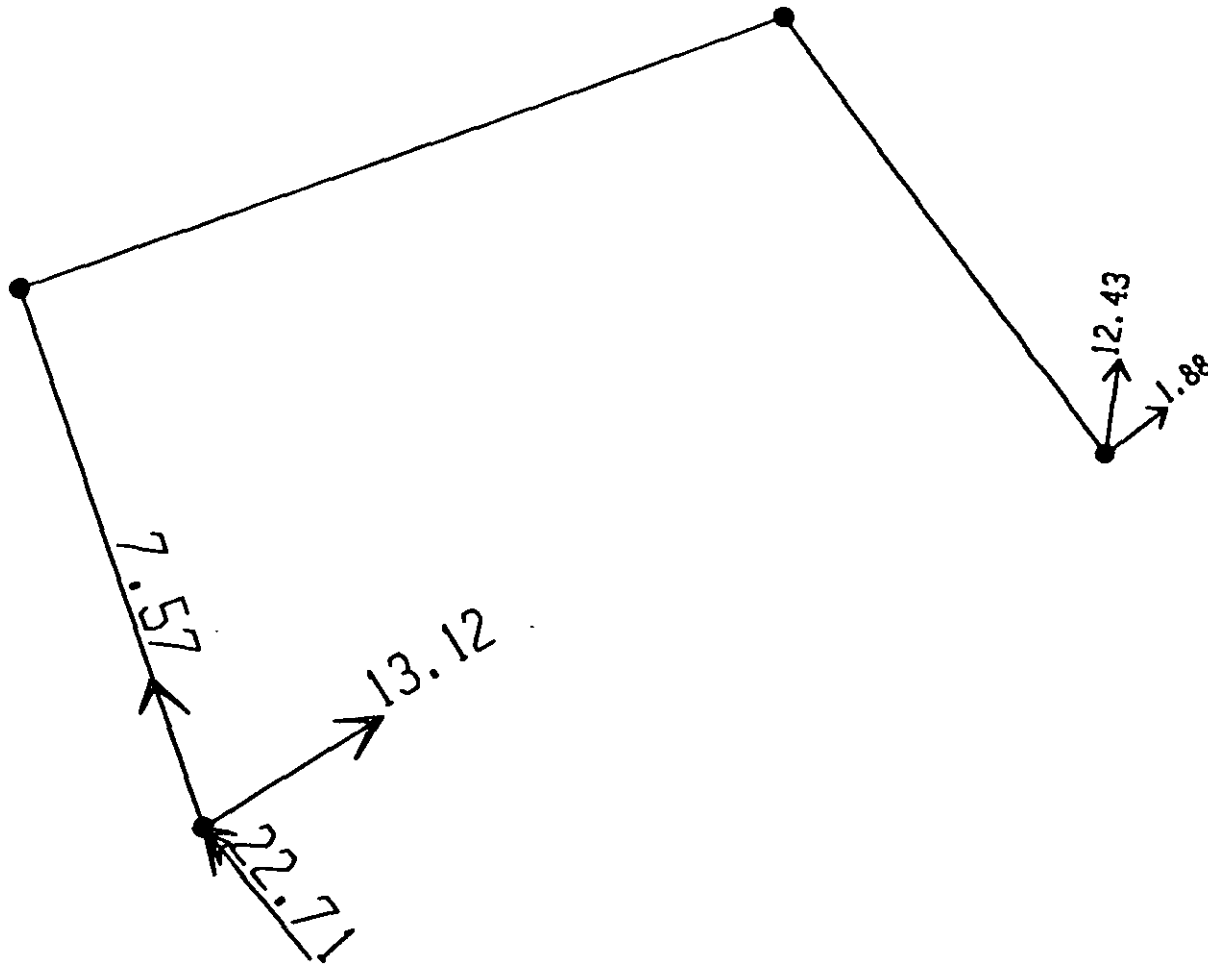








UNITED STATES TON-M INCHES



11 2 1 1

501

; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo3.s2k saved 3/18/00 9:28:09 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RX LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=2
2 X=0 Y=0 Z=5
3 X=4 Y=0 Z=5
4 X=8 Y=0 Z=0

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=4 DOF=U1,U2,U3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=MAT1 IDES=N M=.2448 W=2.4026
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=MAT1 SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=.1041667,.1041667

FRAME

1 J=1,2 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0

LOAD

NAME=UNICA
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=2 RD=0,1 U2=-2,-2
ADD=3 RD=0,1 U2=-3,-3

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=UNICA
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=UNICA
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=UNICA
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=UNICA

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 4
GRID GLOBAL X "3" 8
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Z "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 2
GRID GLOBAL Z "7" 5
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50
STATICLOAD UNICA TYPE OTHER
END SUPPLEMENTAL DATA

S T A T I C L O A D C A S E S

| STATIC CASE | CASE TYPE | SELF WT FACTOR |
|-------------|-----------|----------------|
| UNICA | OTHER | 0.0000 |

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

| MAT LABEL | MODULUS OF ELASTICITY | POISSON'S RATIO | THERMAL COEFF | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL |
|-----------|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------------|
| STEEL | 20389020 | 0.300 | 1.170E-05 | 7.833 | 0.798 |
| CONC | 2531051 | 0.200 | 9.900E-06 | 2.403 | 0.245 |
| MAT1 | 1000000.000 | 0.200 | 9.900E-06 | 2.403 | 0.245 |

M A T E R I A L D E S I G N D A T A

| MAT LABEL | DESIGN CODE | STEEL FY | CONCRETE FC | REBAR FY | CONCRETE FCS | REBAR FYS |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|
| STEEL | S | 25310.500 | | | | |
| CONC | C | | 2812.278 | 42184.180 | 2812.278 | 28122.779 |
| MAT1 | N | | | | | |

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

| SECTION LABEL | MAT LABEL | SECTION TYPE | DEPTH | FLANGE WIDTH TOP | FLANGE THICK TOP | WEB THICK | FLANGE WIDTH BOTTOM | FLANGE THICK BQTTOM |
|---------------|-----------|--------------|-------|------------------|------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| REC25X50 | MAT1 | | 0.500 | 0.250 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

| SECTION LABEL | AREA | TORSIONAL INERTIA | MOMENTS OF INERTIA | | SHEAR AREAS | |
|---------------|-------|-------------------|--------------------|-----------|-------------|-------|
| | | | I33 | I22 | A2 | A3 |
| REC25X50 | 0.125 | 1.788E-03 | 2.604E-03 | 6.510E-04 | 0.104 | 0.104 |

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

| SECTION LABEL | SECTION S33 | MODULII S22 | PLASTIC MODULII | | RADI OF GYRATION | |
|---------------|-------------|-------------|-----------------|-----------|------------------|-----------|
| | | | Z33 | Z22 | R33 | R22 |
| REC25X50 | 1.042E-02 | 5.208E-03 | 1.563E-02 | 7.813E-03 | 0.144 | 7.217E-02 |

F R A M E S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

| SECTION LABEL | TOTAL WEIGHT | TOTAL MASS |
|---------------|--------------|------------|
| REC25X50 | 4.025 | 0.410 |

S H E L L S E C T I O N P R O P E R T Y D A T A

| SECTION LABEL | TOTAL WEIGHT | TOTAL MASS |
|---------------|--------------|------------|
| SSEC1 | 0.000 | 0.000 |

F R A M E S P A N D I S T R I B U T E D L O A D S Load Case UNICA

| FRAME | TYPE | DIRECTION | DISTANCE-A | VALUE-A | DISTANCE-B | VALUE-B |
|-------|-------|-----------|------------|---------|------------|---------|
| 2 | FORCE | GLOBAL-Z | 0.0000 | -2.0000 | 1.0000 | -2.0000 |
| 3 | FORCE | LOCAL-2 | 0.0000 | -3.0000 | 1.0000 | -3.0000 |

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

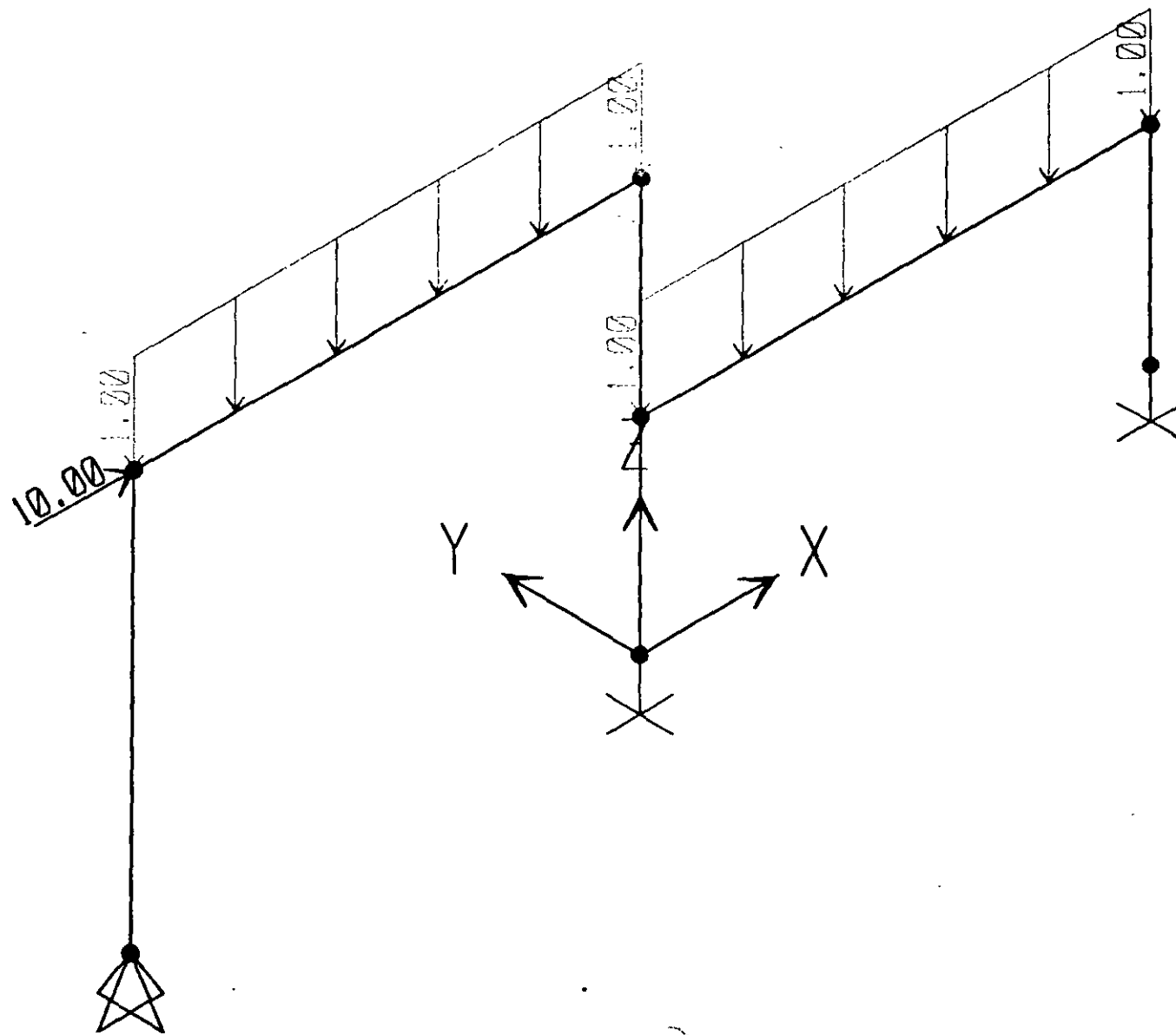
| JOINT | LOAD | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|-------|-------|---------|--------|------------|--------|------------|--------|
| 1 | UNICA | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | UNICA | -0.0175 | 0.0000 | -1.817E-04 | 0.0000 | -3.490E-03 | 0.0000 |
| 3 | UNICA | -0.0179 | 0.0000 | -0.0149 | 0.0000 | 7.018E-03 | 0.0000 |
| 4 | UNICA | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | -0.0153 | 0.0000 |

J O I N T R E A C T I O N S

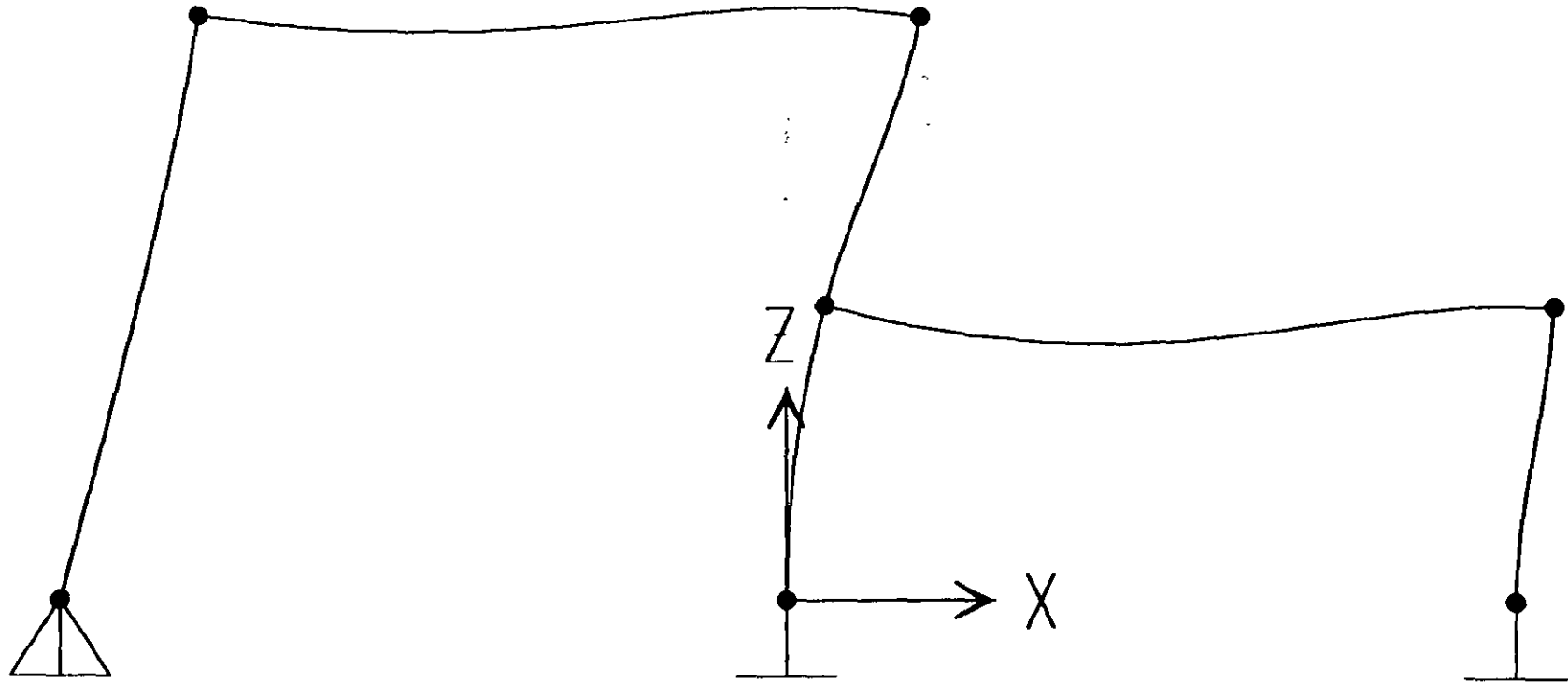
| JOINT | LOAD | F1 | F2 | F3 | M1 | M2 | M3 |
|-------|-------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| 1 | UNICA | 13.1180 | 0.0000 | 7.5697 | 0.0000 | 22.7067 | 0.0000 |
| 4 | UNICA | 1.8820 | 0.0000 | 12.4303 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

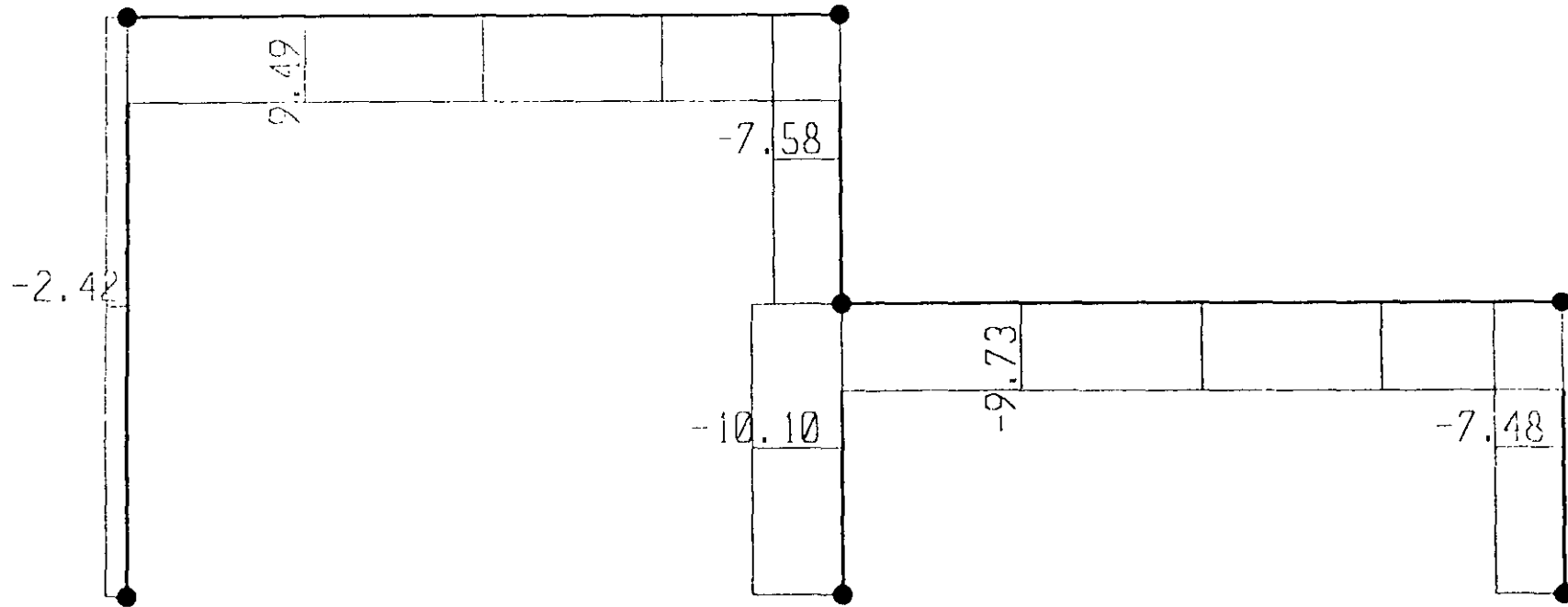
| FRAME | LOAD | LOC | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|-------|-------|------|--------|------------|------|------|------|--------|
| 1 | UNICA | 0.00 | -7.57 | -13.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -22.71 |
| | | 1.50 | -7.57 | -13.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -3.03 |
| | | 3.00 | -7.57 | -13.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.65 |
| 2 | UNICA | 0.00 | -13.12 | -7.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -16.65 |
| | | 1.00 | -13.12 | -5.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -10.08 |
| | | 2.00 | -13.12 | -3.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -5.51 |
| | | 3.00 | -13.12 | -1.57 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.94 |
| | | 4.00 | -13.12 | 4.303E-01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.37 |
| 3 | UNICA | 0.00 | -8.53 | -9.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.37 |
| | | 3.20 | -8.53 | -3.699E-01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 14.19 |
| | | 6.40 | -8.53 | 9.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

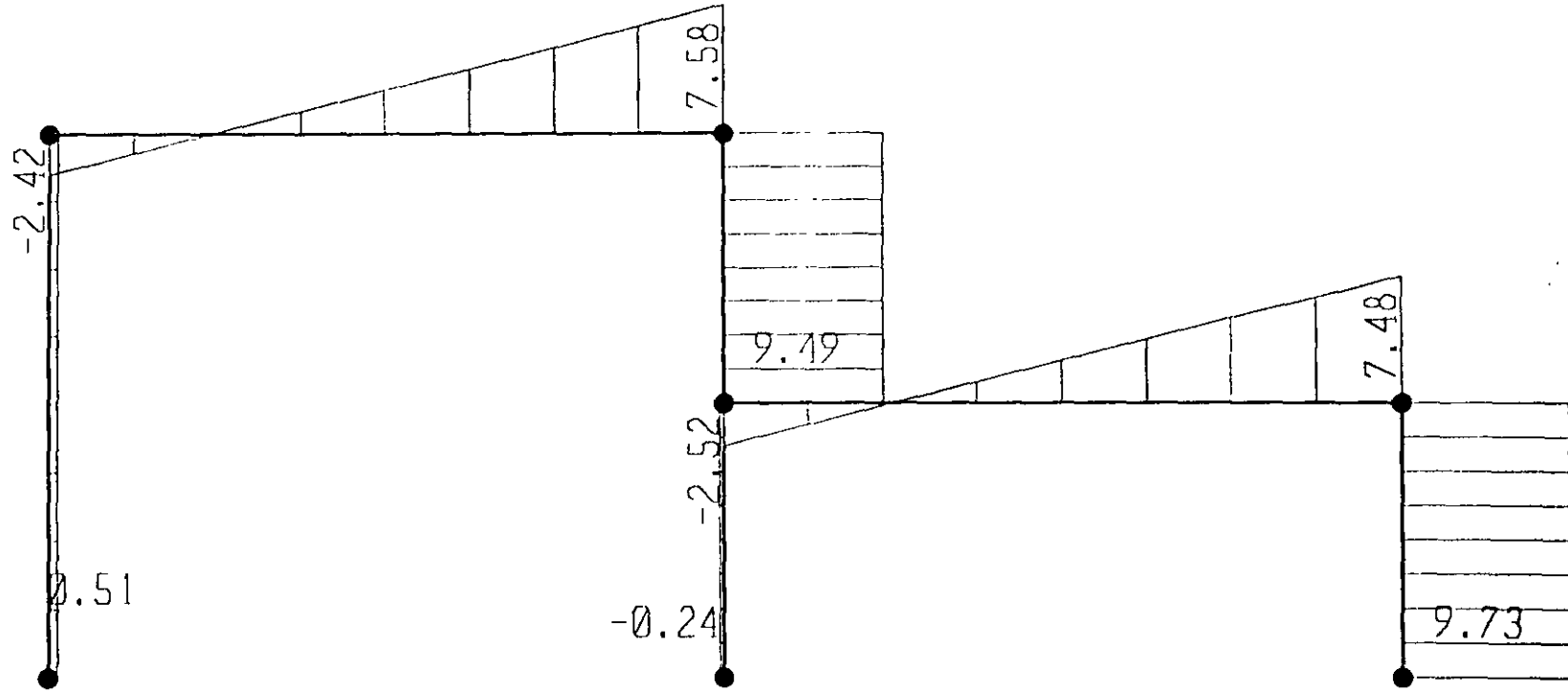


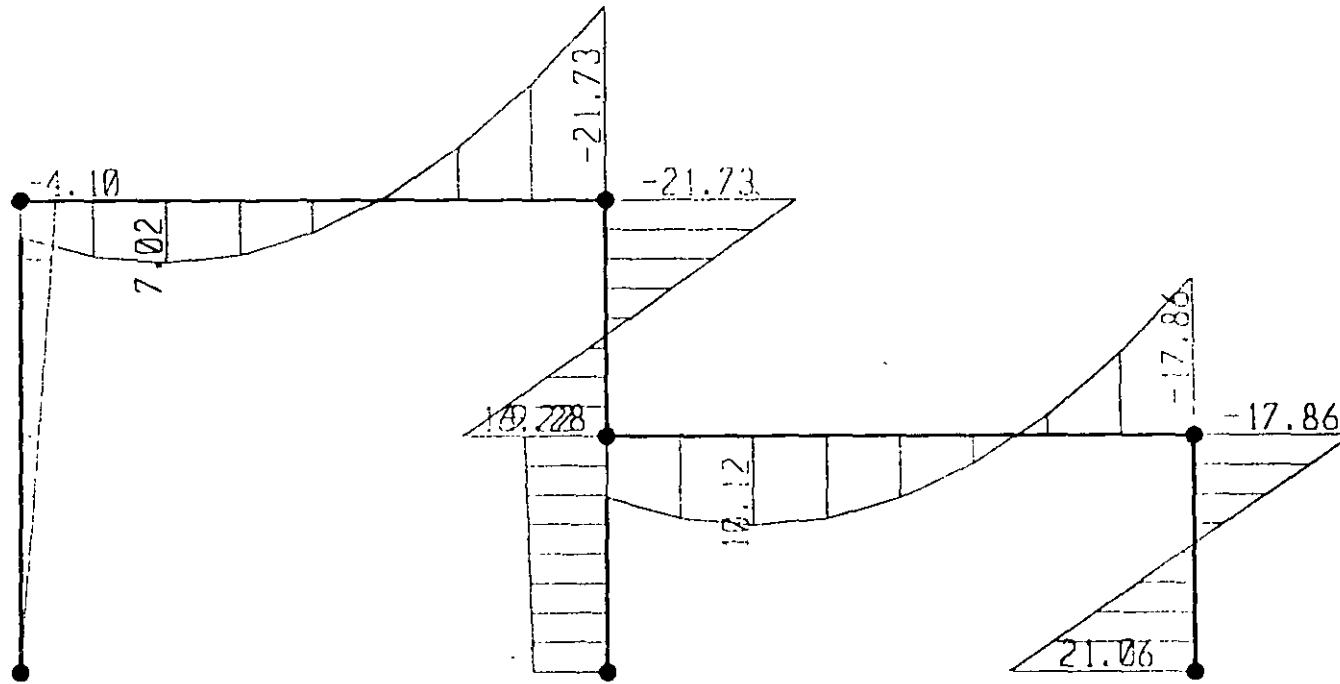
011



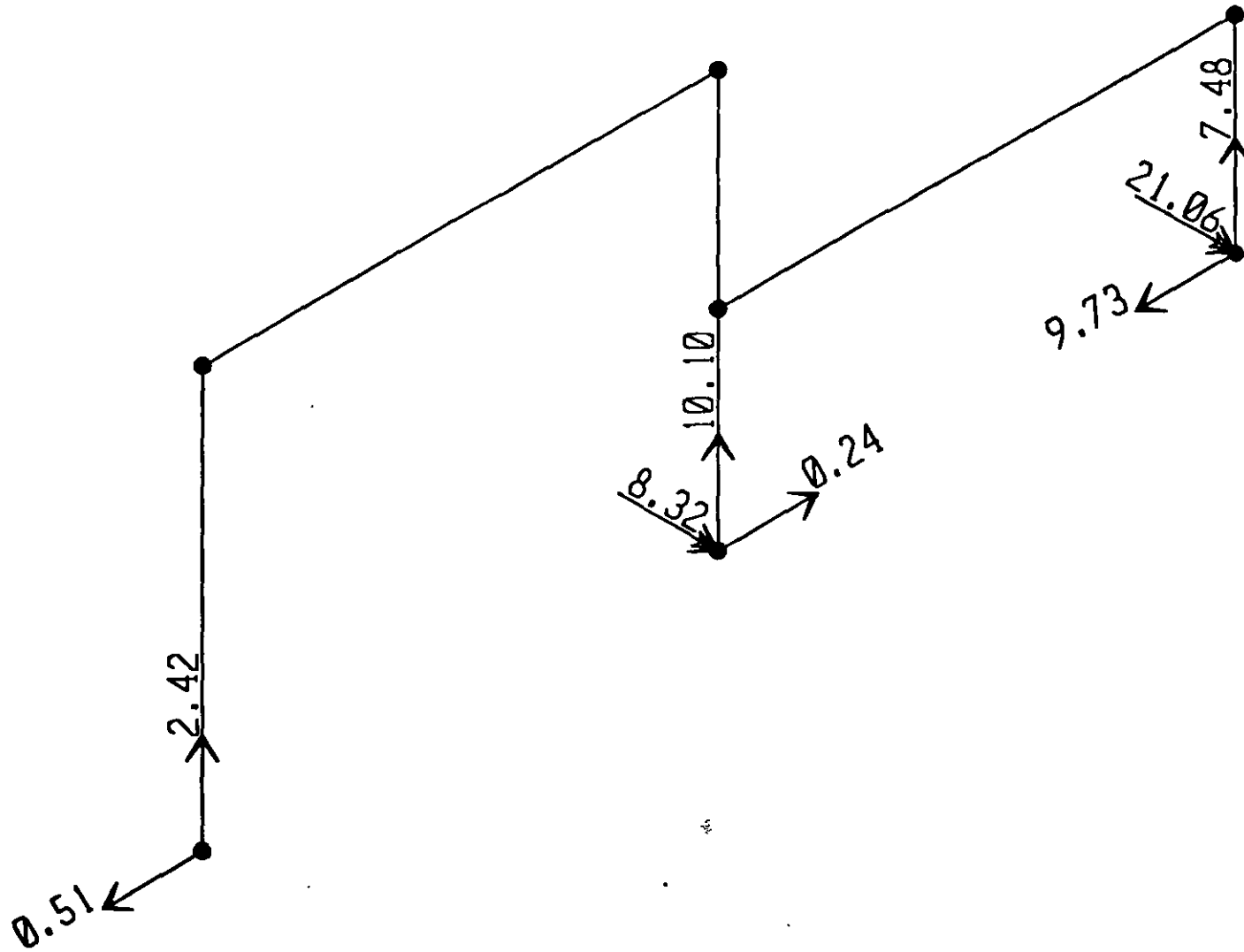
111







111



115

; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo4.s2k saved 3/18/00 11:57:20 in Ton=

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH= FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-10 Y=0 Z=0
3 X=-10 Y=0 Z=8
4 X=0 Y=0 Z=0
5 X=0 Y=0 Z=4
6 X=0 Y=0 Z=8
7 X=10 Y=0 Z=0
8 X=10 Y=0 Z=4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3
ADD=4 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTRO IDES=N M=.2448 W=2.4026
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=OTRO SH=R T=.5,.25 A=.125 J=1.788127E-03 I=2.604167E-03,6.510417E-04 AS=-.1041667,.1041667

FRAME

1 J=1,3 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
3 J=4,5 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
4 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
5 J=7,8 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
6 J=3,6 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
9 J=5,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=UNICA
TYPE=FORCE
ADD=3 UX=10
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=8 RD=0,1 UZ=-1,-1
ADD=9 RD=0,1 UZ=-1,-1

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=UNICA
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=UNICA
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=UNICA
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=UNICA

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" -10
GRID GLOBAL X "2" 0
GRID GLOBAL X "3" 10
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Z "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 4
GRID GLOBAL Z "7" 8

MATERIAL STEEL FY 25310.5

MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278

FRAMESECTION FS1 NAME REC25X50

STATICLOAD UNICA TYPE OTHER

END SUPPLEMENTAL DATA

STATIC LOAD CASES

| STATIC CASE | CASE TYPE | SELF WT FACTOR |
|-------------|-----------|----------------|
| UNICA | OTHER | 0.0000 |

MATERIAL PROPERTY DATA

| MAT LABEL | MODULUS OF ELASTICITY | POISSON'S RATIO | THERMAL COEFF | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL |
|-----------|-----------------------|-----------------|---------------|---------------------|-------------------|
| STEEL | 20389020 | 0.300 | 1.170E-05 | 7.833 | 0.798 |
| CONC | 2531051 | 0.200 | 9.900E-06 | 2.403 | 0.245 |
| OTRO | 1000000.000 | 0.200 | 9.900E-06 | 2.403 | 0.245 |

MATERIAL DESIGN DATA

| MAT LABEL | DESIGN CODE | STEEL FY | CONCRETE FC | REBAR FY | CONCRETE FCS | REBAR FYS |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|
| STEEL | S | 25310.500 | | | | |
| CONC | C | | 2812.278 | 42184.180 | 2812.278 | 28122.779 |
| OTRO | N | | | | | |

FRAME SECTION PROPERTY DATA

| SECTION LABEL | MAT LABEL | SECTION TYPE | DEPTH | FLANGE WIDTH TOP | FLANGE THICK TOP | WEB THICK | FLANGE WIDTH BOTTOM | FLANGE THICK BOTTOM |
|---------------|-----------|--------------|-------|------------------|------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| REC25X50 | OTRO | | 0.500 | 0.250 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

FRAME SECTION PROPERTY DATA

| SECTION LABEL | AREA | TORSIONAL INERTIA | MOMENTS OF INERTIA | | SHEAR AREAS | |
|---------------|-------|-------------------|--------------------|-----------|-------------|-------|
| | | | I33 | I22 | A2 | A3 |
| REC25X50 | 0.125 | 1.788E-03 | 2.604E-03 | 6.510E-04 | 0.104 | 0.104 |

FRAME SECTION PROPERTY DATA

| SECTION LABEL | SECTION MODULII | PLASTIC MODULII | | RADIOI OF GYRATION | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------|--------------------|-------|-----------|
| | S33 | S22 | Z33 | Z22 | R33 | R22 |
| REC25X50 | 1.042E-02 | 5.208E-03 | 1.563E-02 | 7.813E-03 | 0.144 | 7.217E-02 |

FRAME SECTION PROPERTY DATA

| SECTION LABEL | TOTAL WEIGHT | TOTAL MASS |
|---------------|--------------|------------|
| REC25X50 | 12.013 | 1.224 |

| SECTION LABEL | MAT LABEL | SHELL TYPE | MEMBRANE THICK | BENDING THICK | MATERIAL ANGLE |
|---------------|-----------|------------|----------------|---------------|----------------|
| SSEC1 | CONC | 1 | 1.000 | 1.000 | 0.000 |

SAP2000 v6.10 File: EJEMPLO4 Ton-m Units PAGE 9
 Marzo 18, 2000 11:58

SHELL SECTION PROPERTY DATA

| SECTION LABEL | TOTAL WEIGHT | TOTAL MASS |
|---------------|--------------|------------|
| SSEC1 | 0.000 | 0.000 |

SAP2000 v6.10 File: EJEMPLO4 Ton-m Units PAGE 10
 Marzo 18, 2000 11:58

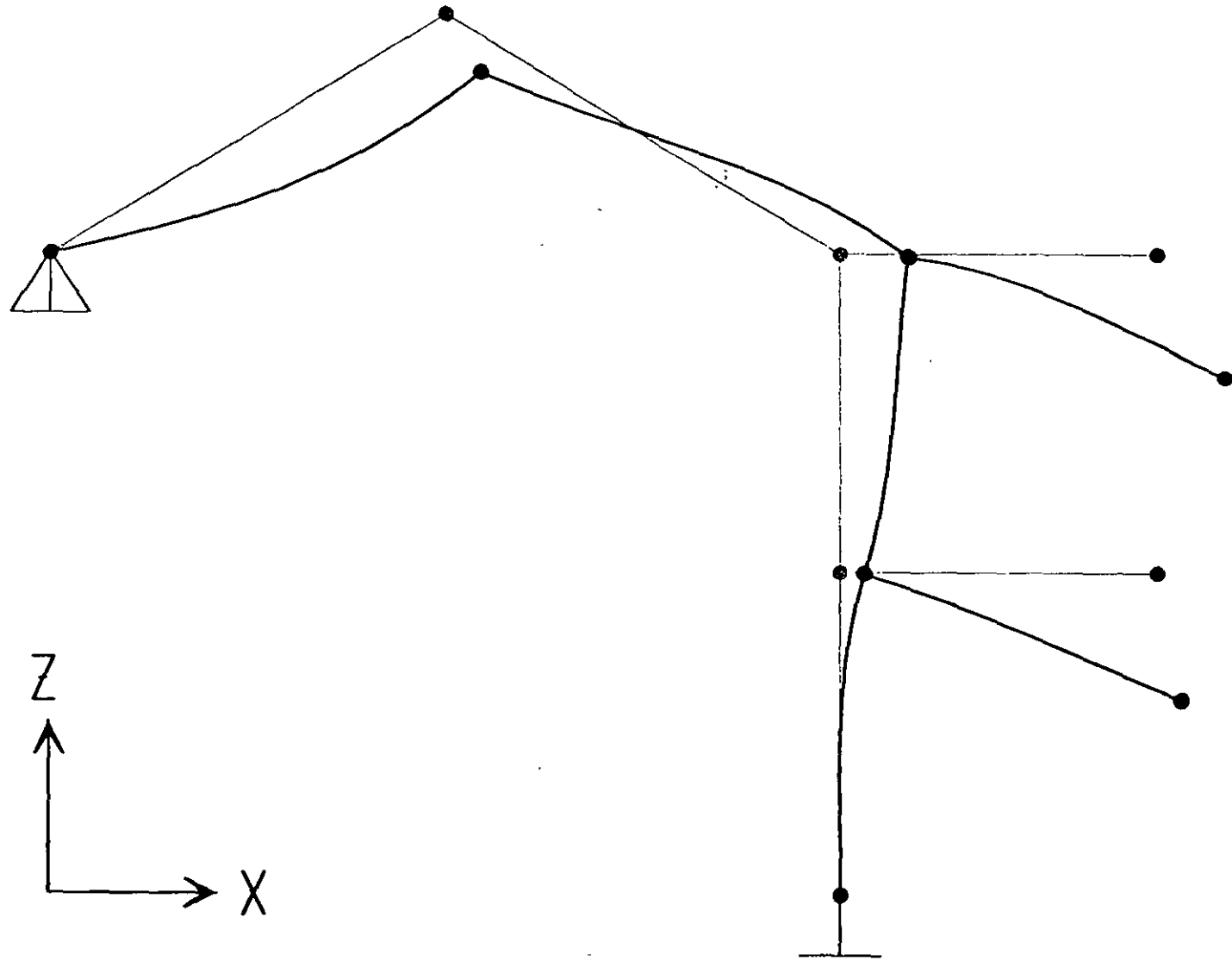
JOINT FORCES Load Case UNICA

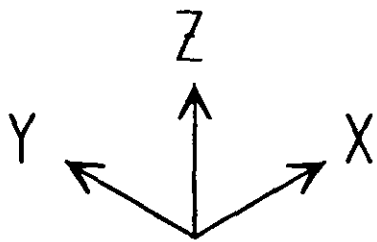
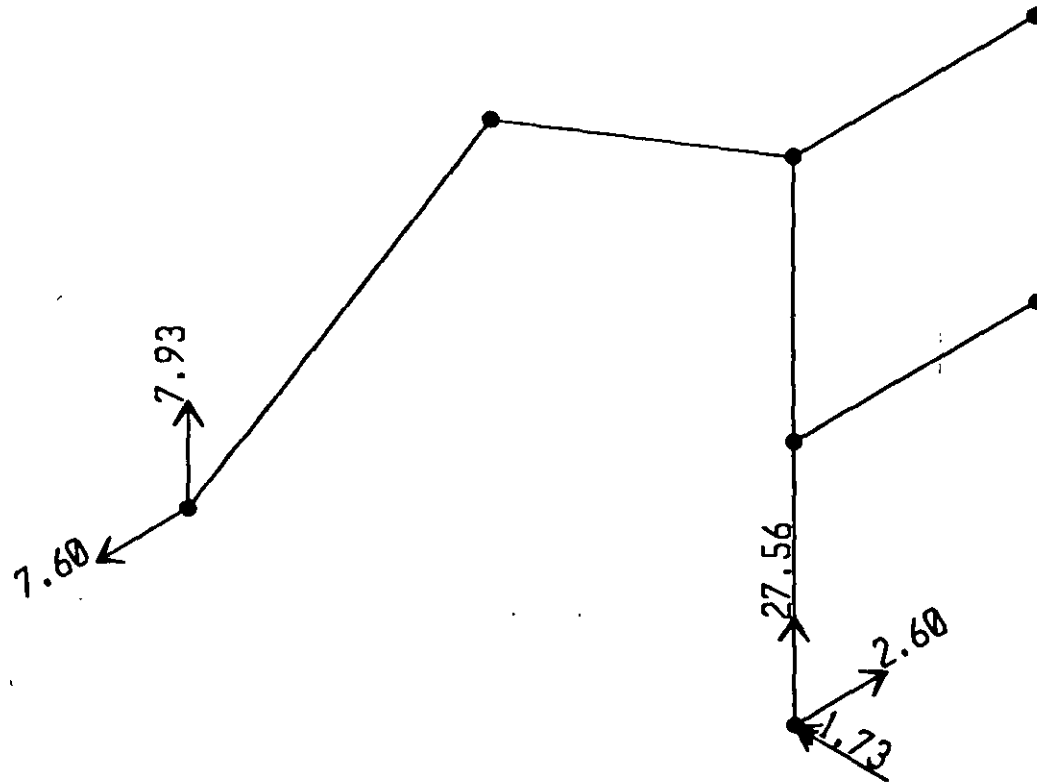
| JOINT | GLOBAL-X | GLOBAL-Y | GLOBAL-Z | GLOBAL-XX | GLOBAL-YY | GLOBAL-ZZ |
|-------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 3 | 10.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

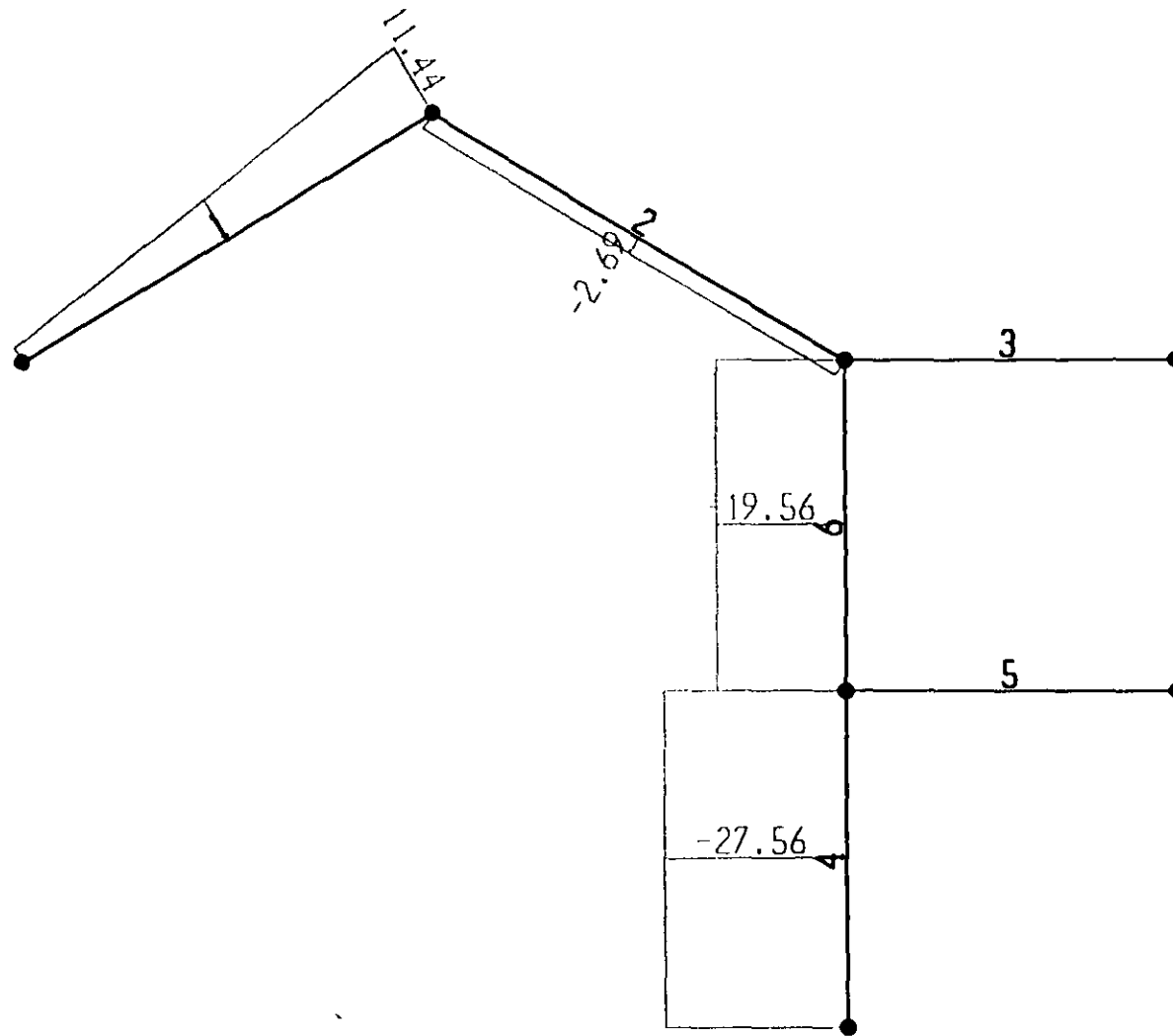
SAP2000 v6.10 File: EJEMPLO4 Ton-m Units PAGE 11
 Marzo 18, 2000 11:58

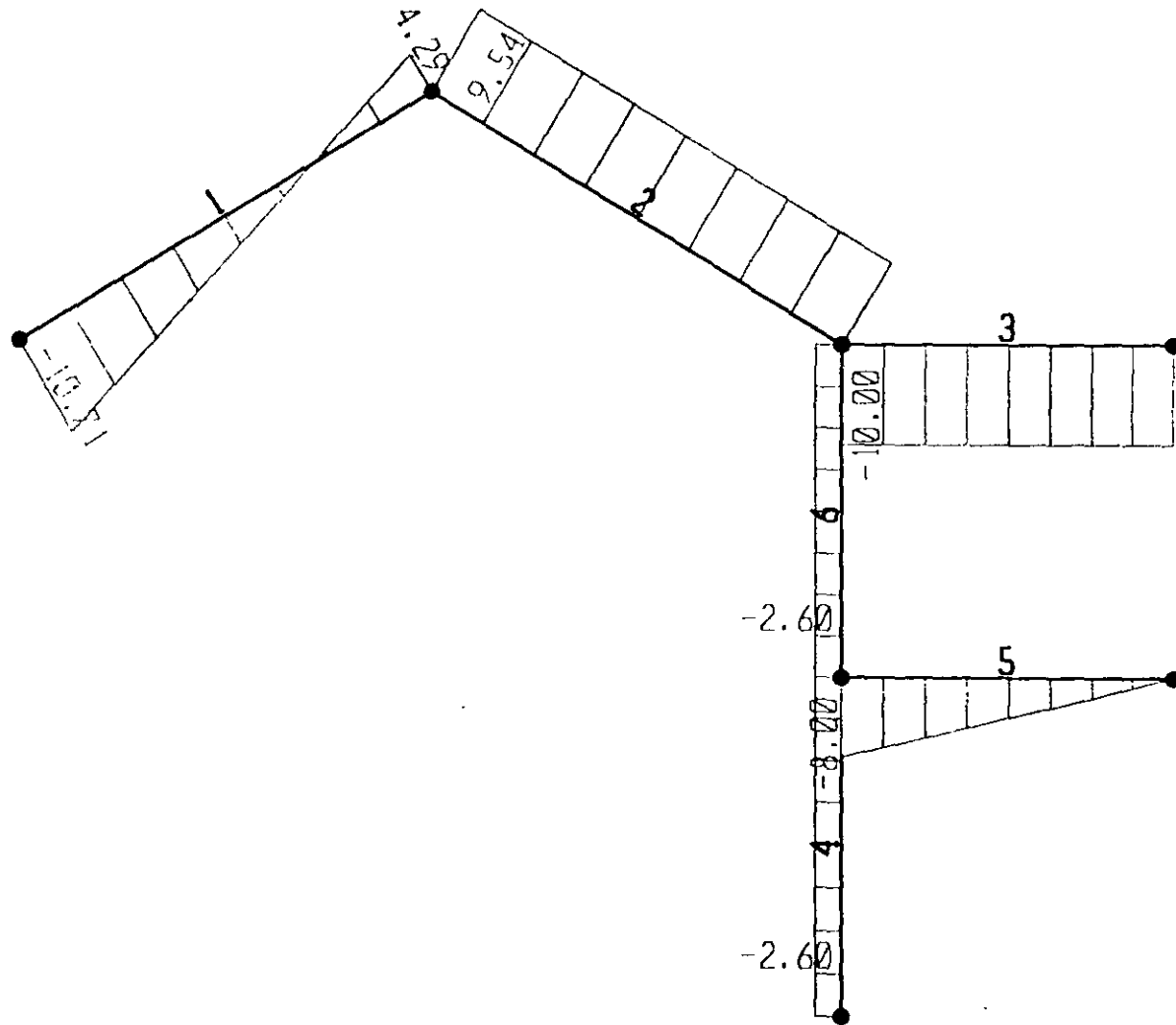
FRAME SPAN DISTRIBUTED LOADS Load Case UNICA

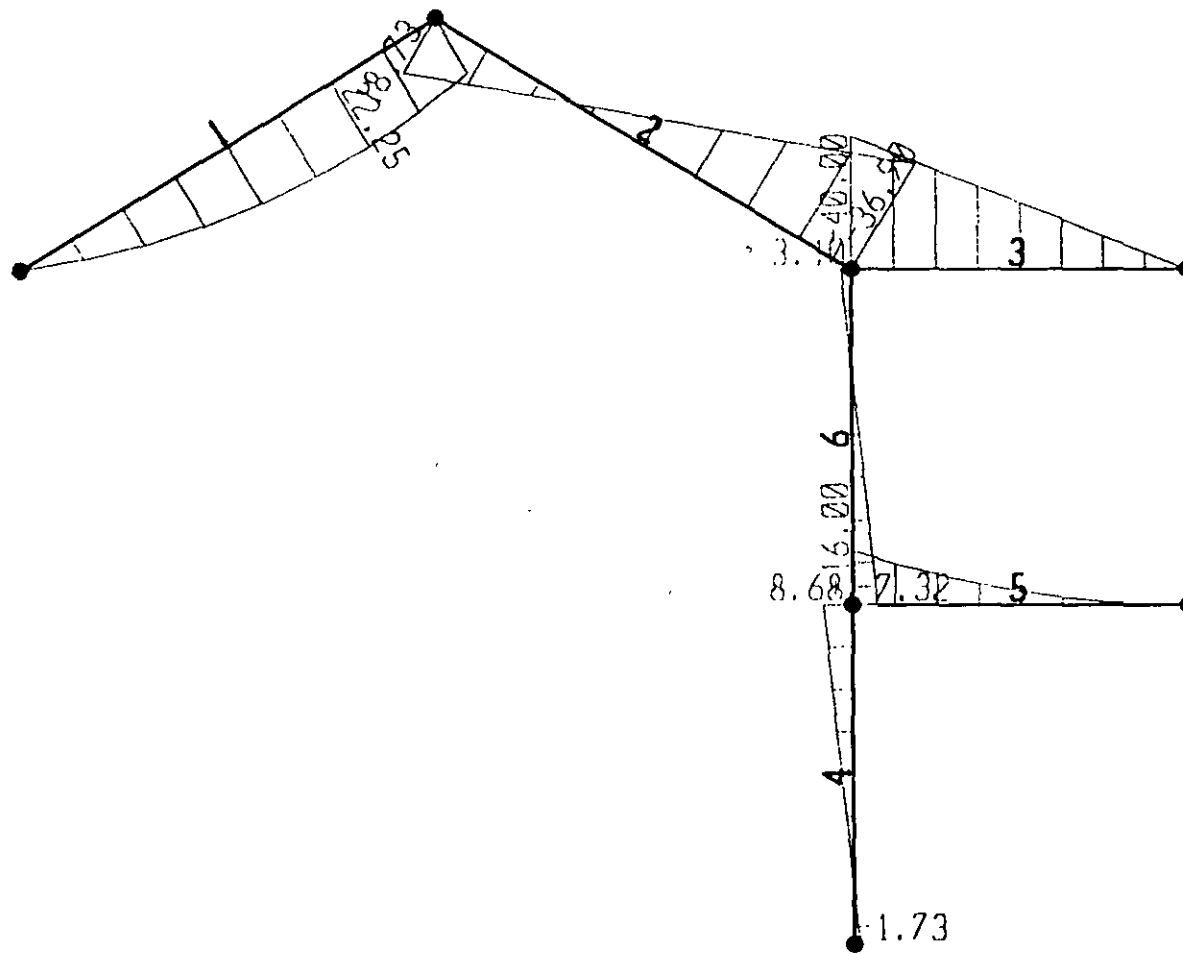
| FRAME | TYPE | DIRECTION | DISTANCE-A | VALUE-A | DISTANCE-B | VALUE-B |
|-------|-------|-----------|------------|---------|------------|---------|
| 8 | FORCE | GLOBAL-Z | 0.0000 | -1.0000 | 1.0000 | -1.0000 |
| 9 | FORCE | GLOBAL-Z | 0.0000 | -1.0000 | 1.0000 | -1.0000 |











; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo5.s2k saved 3/18/00 13:43:48 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=0 Y=0 Z=8
2 X=5 Y=0 Z=11
3 X=10 Y=0 Z=8
4 X=14 Y=0 Z=8
5 X=10 Y=0 Z=0
6 X=10 Y=0 Z=4
7 X=14 Y=0 Z=4

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3
ADD=5 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTRO IDES=N M=.2448 W=2.4026
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=OTRO SH=R T=.3,.3 A=.09 J=1.14075E-03 I=6.750001E-04,6.750001E-04 AS=7.500001E-02,7.500001E-02
NAME=FS2 MAT=OTRO SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125

FRAME

1 J=1,2 SEC=FS2 NSEG=2 ANG=0
2 J=2,3 SEC=FS2 NSEG=2 ANG=0
3 J=3,4 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
4 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
5 J=6,7 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
6 J=6,3 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0

LOAD

NAME=UNICA
TYPE=FORCE
ADD=2 UX=5
ADD=4 UZ=-10
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=1 RD=0,1 UZ=-3,-3
ADD=5 RD=0,1 UZ=-2,-2

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=UNICA
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=UNICA
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=UNICA
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=UNICA

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" 0
GRID GLOBAL X "2" 5
GRID GLOBAL X "3" 10
GRID GLOBAL X "4" 14
GRID GLOBAL Y "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 4
GRID GLOBAL Z "8" 8
GRID GLOBAL Z "9" 11
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
FRAMESECTION FS1 NAME COL30X30
FRAMESECTION FS2 NAME REC30X50
STATICLOAD UNICA TYPE OTHER

END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0

Structural Analysis Programs

Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

18 Mar 2000 13:19:35

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

SYSTEM DATA

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00
LENGTH UNITS - - - - - M
FORCE UNITS - - - - - TON
UP DIRECTION - - - - - +Z
GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX
- - - - - UZ
- - - - - RY
PAGINATION BY - - - - - LINES
NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59
INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

GENERATED JOINT COORDINATES

| JOINT | X | Y | Z |
|-------|--------|-------|--------|
| 1 | 0.000 | 0.000 | 8.000 |
| 2 | 5.000 | 0.000 | 11.000 |
| 3 | 10.000 | 0.000 | 8.000 |
| 4 | 14.000 | 0.000 | 8.000 |
| 5 | 10.000 | 0.000 | 0.000 |
| 6 | 10.000 | 0.000 | 4.000 |
| 7 | 14.000 | 0.000 | 4.000 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

PATTERNS

| PATTERN | JOINT | VALUE |
|---------|-------|-------|
| DEFAULT | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

RESTRAINT DATA

| JOINT | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

MATERIAL PROPERTY DATA

| MAT LABEL | NUMBER TEMPS | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL | DESIGN CODE |
|-----------|--------------|---------------------|-------------------|-------------|
| STEEL | 1 | 0.7833E+01 | 0.7981E+00 | S |
| CONC | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | C |
| OTRO | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | N |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | MODULUS OF ELASTICITY | | | SHEAR MODULI | | |
|-----------|------|-----------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | | E1 | E2 | E3 | G12 | G13 | G23 |
| STEEL | 0.00 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.784E+07 | 0.784E+07 | 0.784E+07 |
| CONC | 0.00 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 |
| OTRO | 0.00 | 0.100E+07 | 0.100E+07 | 0.100E+07 | 0.417E+06 | 0.417E+06 | 0.417E+06 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

| MAT LABEL | TEMP | COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION | | | | | |
|-----------|------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A1 | A2 | A3 | A12 | A13 | A23 |
| STEEL | 0.00 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONC | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| OTRO | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | POISSONS RATIO | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | U12 | U13 | U23 | U14 | U24 | U34 | U15 | U25 | U35 | U45 | U16 | U26 | U36 | U46 | U56 |
| STEEL | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CONC | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| OTRO | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | YIELD FY |
|-----------|------|----------|
| CONC | 0.00 | 36.00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | SHAPE TYPE | DEPTH | FLANGE WIDTH TOP | FLANGE THICK TOP | WEB THICK | FLANGE WIDTH BOTTOM | FLANGE THICK BOTTOM |
|---------------|------------|-------|------------------|------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| FS1 | R | 0.300 | 0.300 | | | | |
| FS2 | R | 0.500 | 0.300 | | | | |

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | AXIAL AREA | TORSIONAL CONSTANT | MOMENTS OF INERTIA | | SHEAR AREA | AREAS |
|---------------|------------|--------------------|--------------------|-----------|------------|-----------|
| | | | I33 | I22 | A2 | A3 |
| FS1 | 0.900E-01 | 0.114E-02 | 0.675E-03 | 0.675E-03 | 0.750E-01 | 0.750E-01 |
| FS2 | 0.150E+00 | 0.282E-02 | 0.313E-02 | 0.113E-02 | 0.125E+00 | 0.125E+00 |

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | MAT LABEL | ADDITIONAL MASS PER LENGTH | ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH |
|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| FS1 | OTRO | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| FS2 | OTRO | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | JOINT END-I | JOINT END-J | ELEMENT LENGTH | END-OFFSET-LENGTHS | RIGID-END FACTOR | NUMBER OF SEGMENTS |
|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------------|------------------|--------------------|
| | | | | END-I END-J | | |
| 1 | 1 | 2 | 5.831 | 0.000 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 5.831 | 0.000 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 3 | 3 | 4 | 4.000 | 0.000 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 4 | 5 | 6 | 4.000 | 0.000 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 5 | 6 | 7 | 4.000 | 0.000 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 6 | 6 | 3 | 4.000 | 0.000 0.000 | 0.0000 | 2 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | SECTION LABEL | LOCAL PLANE | COORD SYSTEM | PLN 1ST 2ND | PLANE JOINTA JOINTB | COORD ANGLE |
|---------------|---------------|-------------|--------------|-------------|---------------------|-------------|
| 1 | FS2 | 12 | 0 +2 +X | 0 0 | 0 0 | 0.00 |
| 2 | FS2 | 12 | 0 +2 +X | 0 0 | 0 0 | 0.00 |
| 3 | FS2 | 12 | 0 +2 +X | 0 0 | 0 0 | 0.00 |
| 4 | FS1 | 12 | 0 +2 +X | 0 0 | 0 0 | 0.00 |
| 5 | FS2 | 12 | 0 +2 +X | 0 0 | 0 0 | 0.00 |
| 6 | FS1 | 12 | 0 +2 +X | 0 0 | 0 0 | 0.00 |

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

| SECTION LABEL | WEIGHT | MASS |
|---------------|--------|--------|
| FS1 | 1.7299 | 0.1763 |
| FS2 | 7.0860 | 0.7220 |
| TOTAL | 8.8158 | 0.8982 |

LOAD CONDITION UNICA

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

| JOINT LABEL | FORCE 1 | FORCE 2 | FORCE 3 | MOMENT 1 | MOMENT 2 | MOMENT 3 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | 0.500E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 4 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.100E+02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

DISTRIBUTED SPAN LOADS ON FRAME ELEMENTS

| ELEMENT LABEL | LOC DOF | DISTANCE AT START | DISTANCE AT END | FORCE AT START | FORCE AT END | MOMENT AT START | MOMENT AT END |
|---------------|---------|-------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 1 | U1 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.154E+01 | -0.154E+01 | | |
| 1 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.257E+01 | -0.257E+01 | | |
| 5 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

UNICA

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

UNICA

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

UNICA

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

UNICA

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo5.EKO

INPUT COMPLETE

S A P 2 0 0 0 (R)

Structural Analysis Programs

Version E6.10

Copyright (C) 1978-1997
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

18 Mar 2000 13:19:37

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLOS.OUT
PAGE
1

D I S P L A C E M E N T D E G R E E S O F F R E E D O M

(A) = Active DOF, equilibrium equation
(-) = Restrained DOF, reaction computed
(+) = Constrained DOF
() = Null DOF

| JOINTS | | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | - | | - | | A | |
| 2 TO | 4 | A | | A | | A | |
| 5 | | - | | - | | - | |
| 6 TO | 7 | A | | A | | A | |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLOS.OUT
PAGE
2

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD UNICA -----

| JOINT | UX | UZ | RY |
|-------|----------|-----------|-----------|
| 1 | .000000 | .000000 | 0.022226 |
| 2 | 0.029221 | -0.048177 | -0.008848 |
| 3 | 0.056748 | -0.002094 | 0.008103 |
| 4 | 0.056748 | -0.103539 | 0.033703 |
| 5 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 6 | 0.020272 | -0.001225 | 0.020592 |
| 7 | 0.020272 | -0.104378 | 0.027418 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLOS.OUT
PAGE
3

A P P L I E D L O A D S

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FZ | MY |
|-------|-----------|------------|-----------|
| 1 | -8.33E-16 | -8.746428 | 7.288690 |
| 2 | 5.000000 | -8.746428 | -7.288690 |
| 4 | .000000 | -10.000000 | .000000 |
| 6 | .000000 | -4.000000 | 2.666667 |
| 7 | .000000 | -4.000000 | -2.666667 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLOS.OUT
PAGE
4

G L O B A L F O R C E B A L A N C E

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD UNICA -----

| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------|-----------|---------|------------|---------|-------------|---------|
| APPLIED | 5.000000 | .000000 | -35.492856 | .000000 | 334.732139 | .000000 |
| REACTNS | -5.000000 | .000000 | 35.492856 | .000000 | -334.732139 | .000000 |
| TOTAL | 2.90E-13 | .000000 | -1.07E-13 | .000000 | 1.88E-12 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO5.OUT
 PAGE
 5

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 1 -----

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|----------|---------|------------|---------|
| 1 | -7.604415 | .000000 | 7.929773 | .000000 | -3.55E-15 | .000000 |
| 2 | 7.604415 | .000000 | 9.563083 | .000000 | -18.729972 | .000000 |

ELEM 2 -----

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 2 | -2.604415 | .000000 | -9.563083 | .000000 | 18.729972 | .000000 |
| 3 | 2.604415 | .000000 | 9.563083 | .000000 | 36.898686 | .000000 |

ELEM 3 -----

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 3 | 1.13E-14 | .000000 | 10.000000 | .000000 | -40.000000 | .000000 |
| 4 | -1.13E-14 | .000000 | -10.000000 | .000000 | -6.06E-15 | .000000 |

ELEM 4 -----

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 5 | 2.604415 | .000000 | 27.563083 | .000000 | 1.734009 | .000000 |
| 6 | -2.604415 | .000000 | -27.563083 | .000000 | 8.683652 | .000000 |

ELEM 5 -----

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|------------|---------|
| 6 | 2.30E-13 | .000000 | 8.000000 | .000000 | -16.000000 | .000000 |
| 7 | -2.30E-13 | .000000 | -6.66E-15 | .000000 | 9.33E-15 | .000000 |

ELEM 6 -----

LOAD UNICA -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 6 | 2.604415 | .000000 | 19.563083 | .000000 | 7.316348 | .000000 |
| 3 | -2.604415 | .000000 | -19.563083 | .000000 | 3.101314 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO5.OUT
 PAGE
 6

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 1 ----- LENGTH = 5.830952

LOAD UNICA -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|------------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 2.440898 | -10.712164 | .000000 | .000000 | .000000 | -2.45E-15 |
| 0.50000 | 6.940898 | -3.212164 | .000000 | .000000 | .000000 | 20.298021 |
| 1.00000 | 11.440898 | 4.287836 | .000000 | .000000 | .000000 | 18.729972 |

ELEM 2 ----- LENGTH = 5.830952

LOAD UNICA -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -2.686898 | 9.540236 | .000000 | .000000 | .000000 | 18.729972 |
| 0.50000 | -2.686898 | 9.540236 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.084357 |
| 1.00000 | -2.686898 | 9.540236 | .000000 | .000000 | .000000 | -36.898686 |

ELEM 3 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|------------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -1.13E-14 | -10.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -40.000000 |
| 0.25000 | -1.13E-14 | -10.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -30.000000 |
| 0.50000 | -1.13E-14 | -10.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -20.000000 |
| 0.75000 | -1.13E-14 | -10.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -10.000000 |
| 1.00000 | -1.13E-14 | -10.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.55E-15 |

ELEM 4 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|------------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -27.563083 | -2.604415 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.734009 |
| 0.50000 | -27.563083 | -2.604415 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.474822 |
| 1.00000 | -27.563083 | -2.604415 | .000000 | .000000 | .000000 | 8.683652 |

ELEM 5 ----- LENGTH = 4.000000

LOAD UNICA -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -2.30E-13 | -8.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -16.000000 |
| 0.25000 | -2.30E-13 | -6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.000000 |
| 0.50000 | -2.30E-13 | -4.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -4.000000 |
| 0.75000 | -2.30E-13 | -2.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.000000 |
| 1.00000 | -2.30E-13 | -5.33E-15 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.78E-14 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

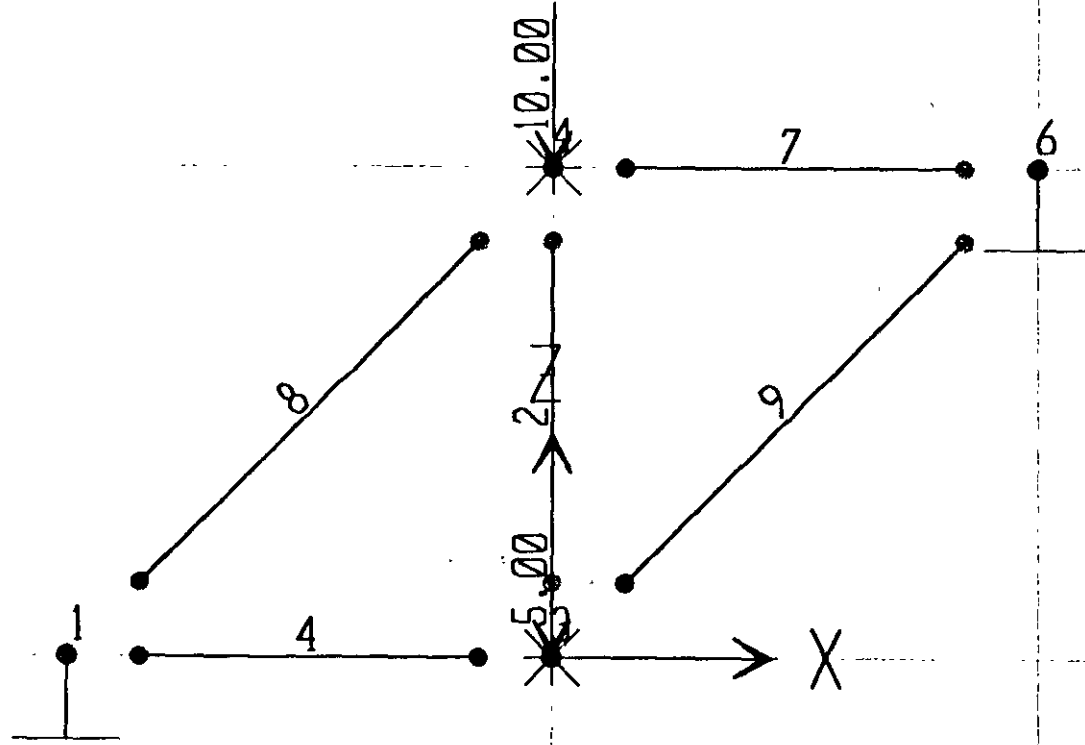
FILE:EJEMPLOS.OUT
 PAGE
 7

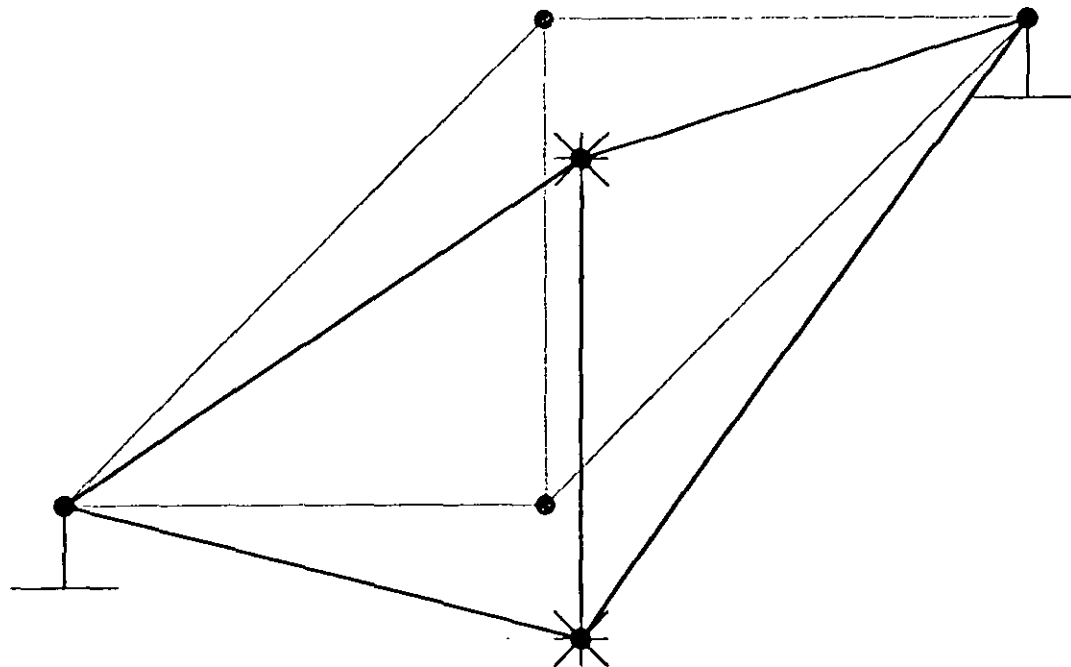
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 6 ----- LENGTH = 4.000000

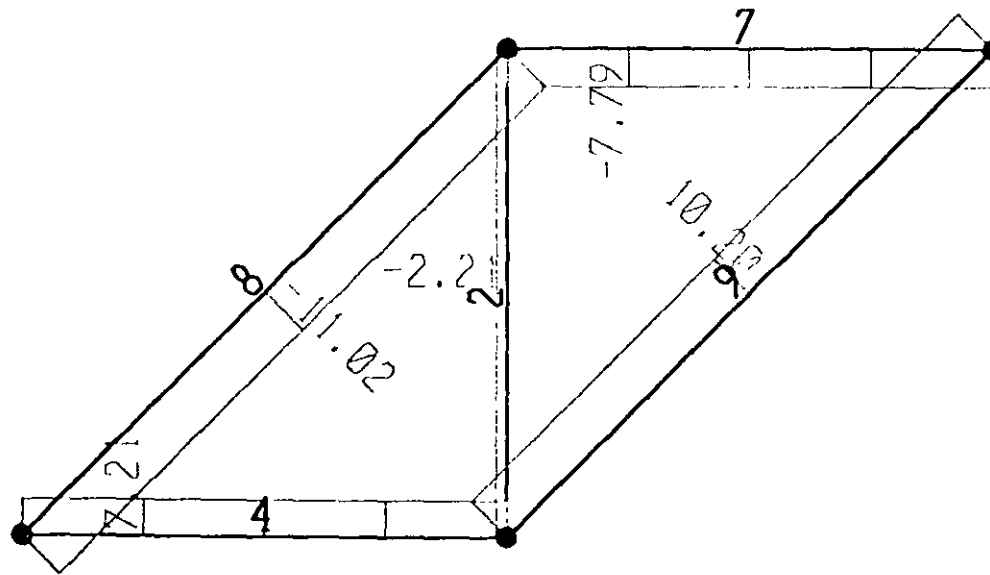
LOAD UNICA -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|------------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -19.563083 | -2.604415 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.316348 |
| 0.50000 | -19.563083 | -2.604415 | .000000 | .000000 | .000000 | -2.107517 |
| 1.00000 | -19.563083 | -2.604415 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.101314 |





133



; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo6.s2k saved 3/18/00 14:39:08 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-2 Y=0 Z=0
3 X=0 Y=0 Z=0
4 X=0 Y=0 Z=2
6 X=2 Y=0 Z=2

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=6 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=3 DOF=U2,R1,R2,R3
ADD=4 DOF=U2,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=RARO IDES=N M=.2448 W=2.4026
T=0 E=1000000 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125

FRAME

2 J=3,4 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
4 J=1,3 SEC=FSEC1 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
7 J=4,6 SEC=FSEC1 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
8 J=1,4 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
9 J=3,6 SEC=FSEC1 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3

LOAD

NAME=VERTICAL
TYPE=FORCE
ADD=4 UZ=-10
ADD=3 UZ=-5

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERTICAL
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERTICAL
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERTICAL
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERTICAL

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" -2
GRID GLOBAL X "2" 0
GRID GLOBAL X "3" 2
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Z "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 2
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
STATICLOAD VERTICAL TYPE OTHER
END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0

Structural Analysis Programs

Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

18 Mar 2000 14:26:16

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00
LENGTH UNITS - - - - - M
FORCE UNITS - - - - - TON
UP DIRECTION - - - - - +Z
GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX
- - - - - UZ
- - - - - RY
PAGINATION BY - - - - - LINES
NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59
INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

| JOINT | X | Y | Z |
|-------|--------|-------|-------|
| 1 | -2.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 2.000 |
| 6 | 2.000 | 0.000 | 2.000 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

P A T T E R N S

| PATTERN | JOINT | VALUE |
|---------|-------|-------|
| DEFAULT | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

R E S T R A I N T D A T A

| JOINT | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | | | R1 | R2 | R3 |
| 3 | | U2 | | R1 | R2 | R3 |
| 4 | | U2 | | R1 | R2 | R3 |
| 6 | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

| MAT LABEL | NUMBER TEMPS | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL | DESIGN CODE |
|-----------|--------------|---------------------|-------------------|-------------|
| STEEL | 1 | 0.7833E+01 | 0.7981E+00 | S |
| CONC | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | C |
| RARO | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | N |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | MODULUS OF ELASTICITY | | | SHEAR MODULII | | |
|-----------|------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| | | E1 | E2 | E3 | G12 | G13 | G23 |
| STEEL | 0.00 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.784E+07 | 0.784E+07 | 0.784E+07 |
| CONC | 0.00 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 |
| RARO | 0.00 | 0.100E+07 | 0.100E+07 | 0.100E+07 | 0.417E+06 | 0.417E+06 | 0.417E+06 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

| MAT LABEL | TEMP | COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION | | | | | |
|-----------|------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A1 | A2 | A3 | A12 | A13 | A23 |
| STEEL | 0.00 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONC | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| RARO | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | POISSONS RATIO | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | U12 | U13 | U23 | U14 | U24 | U34 | U15 | U25 | U35 | U45 | U16 | U26 | U36 | U46 | U56 |
| STEEL | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CONC | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| RARO | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | YIELD FY |
|-----------|------|----------|
| CONC | 0.00 | 36.00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | SHAPE TYPE | DEPTH | FLANGE | FLANGE | WEB | FLANGE | FLANGE |
|---------------|------------|-------|-----------|-----------|-------|--------------|--------------|
| | | | WIDTH TOP | THICK TOP | THICK | WIDTH BOTTOM | THICK BOTTOM |
| FSEC1 | R | 0.500 | 0.300 | | | | |

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | AXIAL AREA | TORSIONAL CONSTANT | MOMENTS OF INERTIA | | SHEAR A2 | AREAS A3 |
|---------------|------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | I33 | I22 | | |
| FSEC1 | 0.150E+00 | 0.282E-02 | 0.313E-02 | 0.113E-02 | 0.125E+00 | 0.125E+00 |

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | MAT LABEL | ADDITIONAL MASS PER LENGTH | ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH |
|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| FSEC1 | STEEL | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | JOINT END-I | JOINT END-J | ELEMENT LENGTH | END-OFFSET-LENGTHS END-I | END-OFFSET-LENGTHS END-J | RIGID-END FACTOR | NUMBER OF SEGMENTS |
|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| 2 | 3 | 4 | 2.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 4 | 1 | 3 | 2.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 7 | 4 | 6 | 2.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 8 | 1 | 4 | 2.828 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 9 | 3 | 6 | 2.828 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | SECTION LABEL | LOCAL PLANE | COORD SYSTEM | PLN 1ST | PLN 2ND | PLANE JOINTA | PLANE JOINTB | COORD ANGLE |
|---------------|---------------|-------------|--------------|---------|---------|--------------|--------------|-------------|
| 2 | FSEC1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | FSEC1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 7 | FSEC1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 8 | FSEC1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 9 | FSEC1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | END-I RELEASE CODES | END-J RELEASE CODES |
|---------------|---------------------|---------------------|
| 2 | | R3 |
| 4 | | R3 |
| 7 | | R3 |
| 8 | | R3 |
| 9 | | R3 |

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

| SECTION LABEL | WEIGHT | MASS |
|---------------|---------|--------|
| FSEC1 | 13.6969 | 1.3956 |
| TOTAL | 13.6969 | 1.3956 |

LOAD CONDITION VERTICAL

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

| JOINT LABEL | FORCE 1 | FORCE 2 | FORCE 3 | MOMENT 1 | MOMENT 2 | MOMENT 3 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 3 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.500E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 4 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.100E+02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERTICAL

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERTICAL

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERTICAL

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERTICAL

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 19
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo6.EKO

INPUT COMPLETE

S A P 2 0 0 0 (R)
 Structural Analysis Programs
 Version E6.10
 Copyright (C) 1978-1997
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of
 THE LICENSEE
 Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws
 It is the responsibility of the user to verify all
 results produced by this program

18 Mar 2000 14:26:17

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT
 PAGE
 1

DISPLACEMENT DEGREES OF FREEDOM

(A) = Active DOF, equilibrium equation
 (-) = Restrained DOF, reaction computed
 (+) = Constrained DOF
 () = Null DOF

| JOINTS | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------|----|----|----|----|----|----|
| 1 | - | - | - | - | - | - |
| 3 TO 6 | A | A | A | - | - | - |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT
 PAGE
 2

JOINT DISPLACEMENTS
 TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOADVERTICAL -----

| JOINT | UX | UZ | RY |
|-------|----------|-----------|---------|
| 1 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 3 | 4.72E-06 | -1.81E-05 | .000000 |
| 4 | 5.09E-06 | -1.95E-05 | .000000 |
| 6 | .000000 | .000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT
 PAGE
 3

A P P L I E D L O A D S
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOADVERTICAL -----

| JOINT | FX | FZ | MY |
|-------|---------|------------|---------|
| 3 | .000000 | -5.000000 | .000000 |
| 4 | .000000 | -10.000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT
 PAGE
 4

G L O B A L F O R C E B A L A N C E
 TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOADVERTICAL -----

| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------|----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| APPLIED | .000000 | .000000 | -15.000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| REACTNS | 1.78E-15 | .000000 | 15.000000 | .000000 | 1.78E-15 | .000000 |
| TOTAL | 1.78E-15 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.78E-15 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO6.OUT
 PAGE
 5

F R A M E E L E M E N T J O I N T F O R C E S
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 2 -----

LOADVERTICAL -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 3 | .000000 | .000000 | 2.211211 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | .000000 | .000000 | -2.211211 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 4 -----

LOADVERTICAL -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | -7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 3 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 7 -----

LOADVERTICAL -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 4 | 7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 6 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 8 -----

LOADVERTICAL -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 1 | 7.788789 | .000000 | 7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | -7.788789 | .000000 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 9 -----

LOADVERTICAL -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 3 | -7.211211 | .000000 | -7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 6 | 7.211211 | .000000 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO6.OUT
PAGE
6

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 2 ----- LENGTH = 2.000000

LOADVERTICAL -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | -2.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | -2.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | -2.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 4 ----- LENGTH = 2.000000

LOADVERTICAL -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 7.211211 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 7 ----- LENGTH = 2.000000

LOADVERTICAL -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | -7.788789 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 8 ----- LENGTH = 2.828427

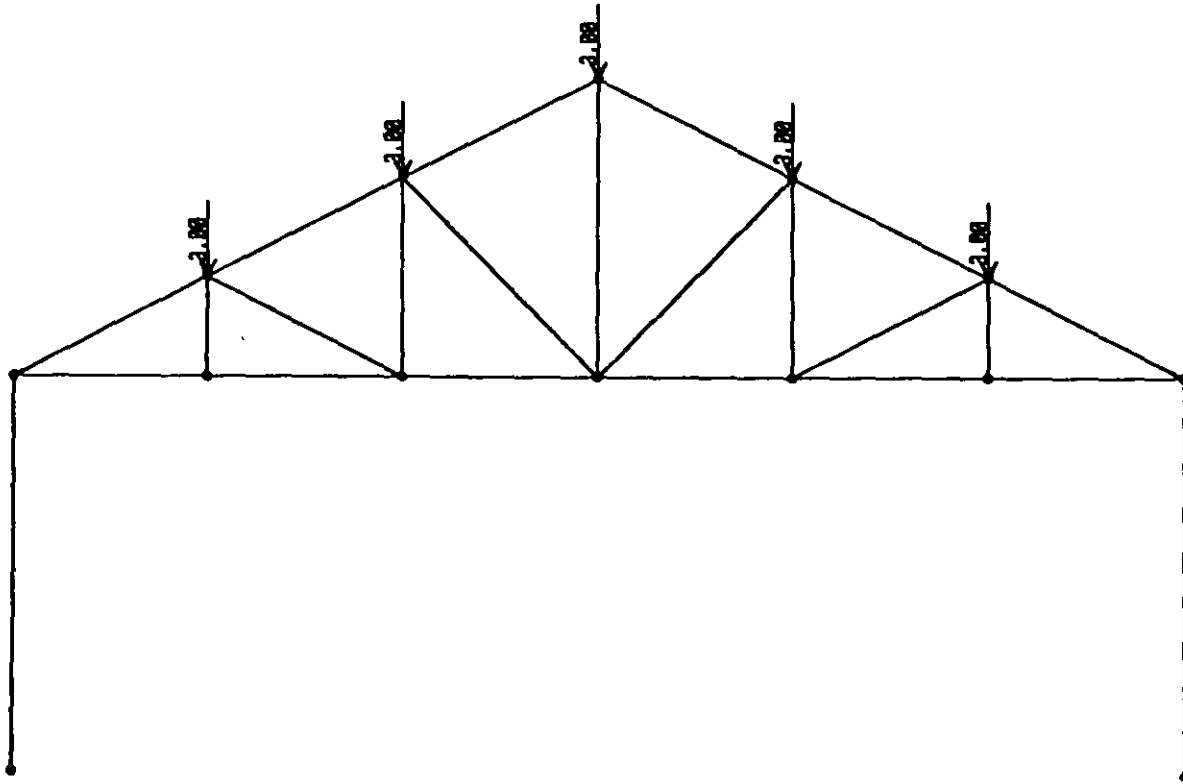
LOADVERTICAL -----

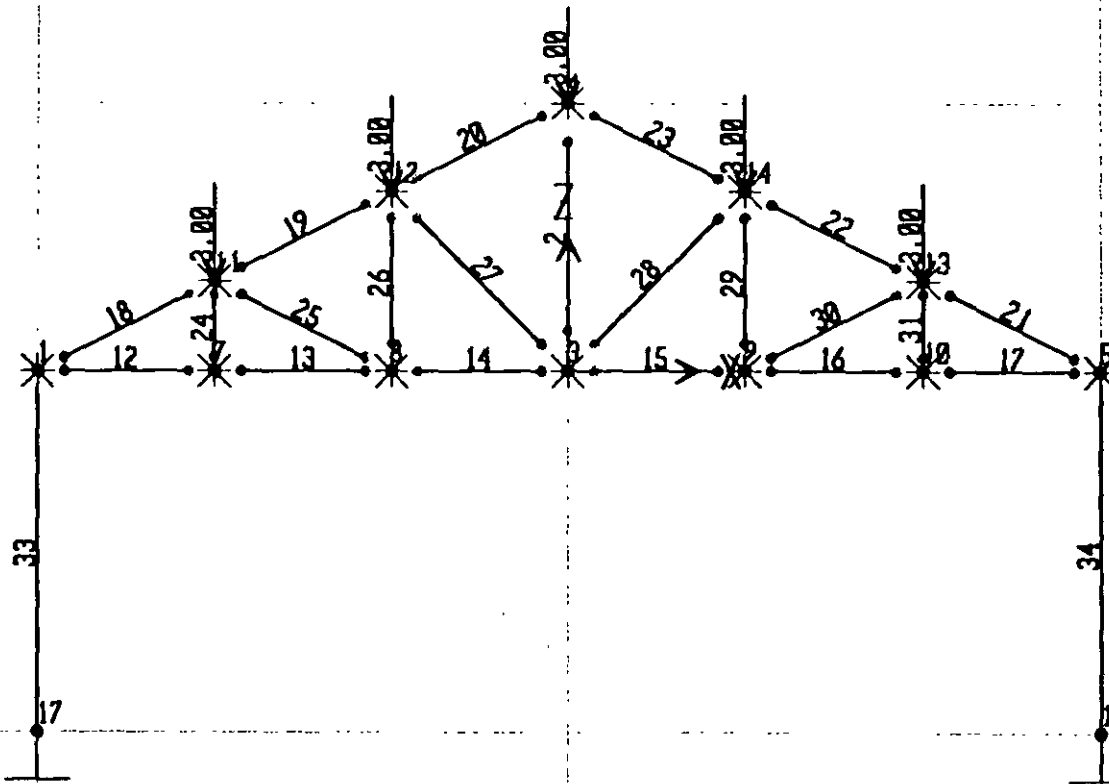
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | -11.015010 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | -11.015010 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | -11.015010 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 9 ----- LENGTH = 2.828427

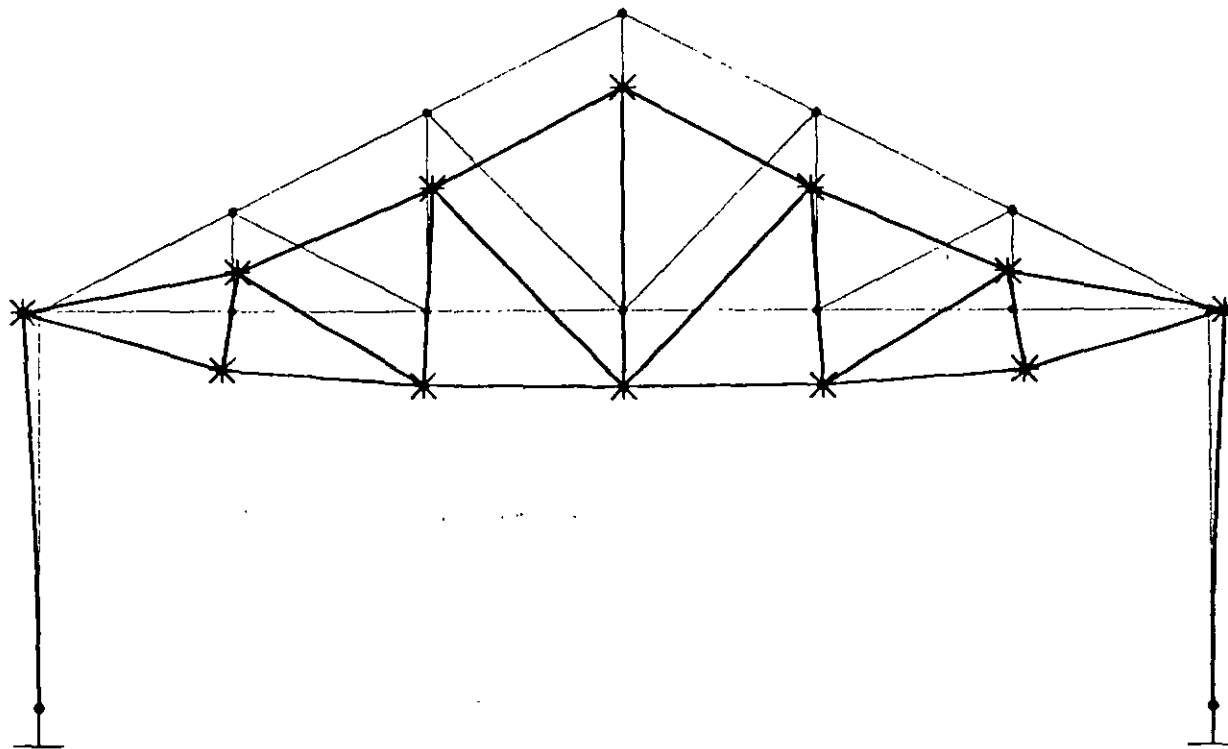
LOADVERTICAL -----

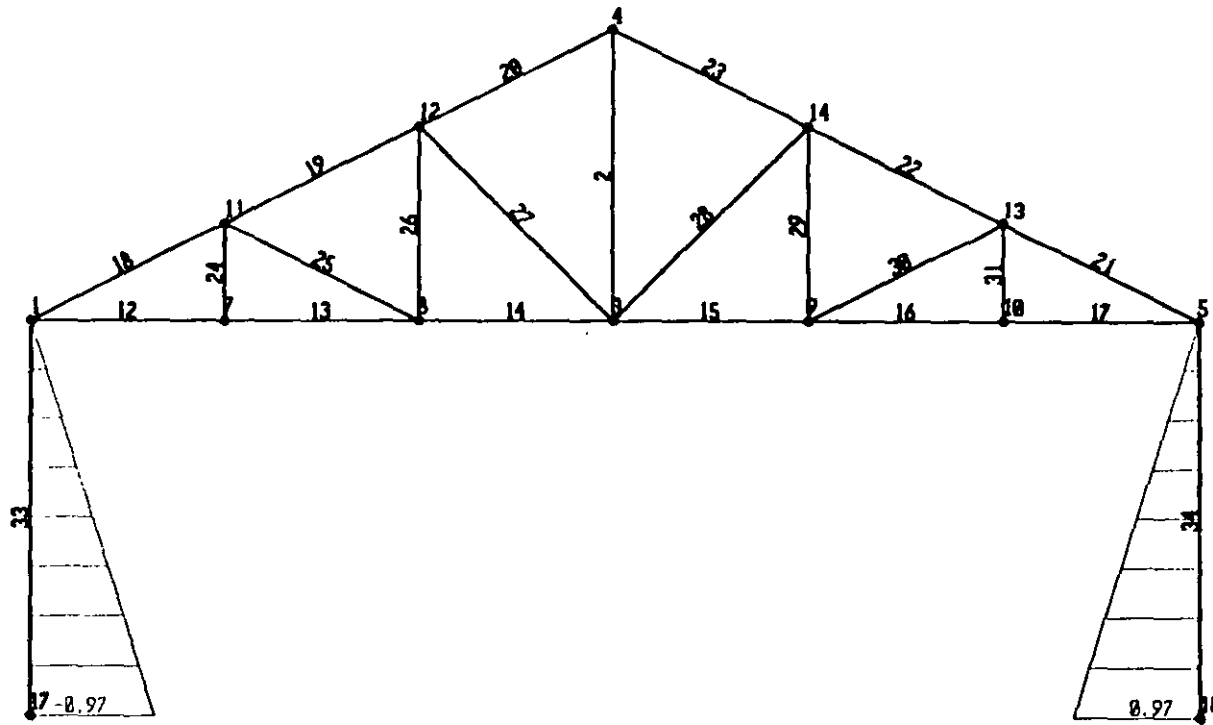
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 10.198193 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 10.198193 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 10.198193 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

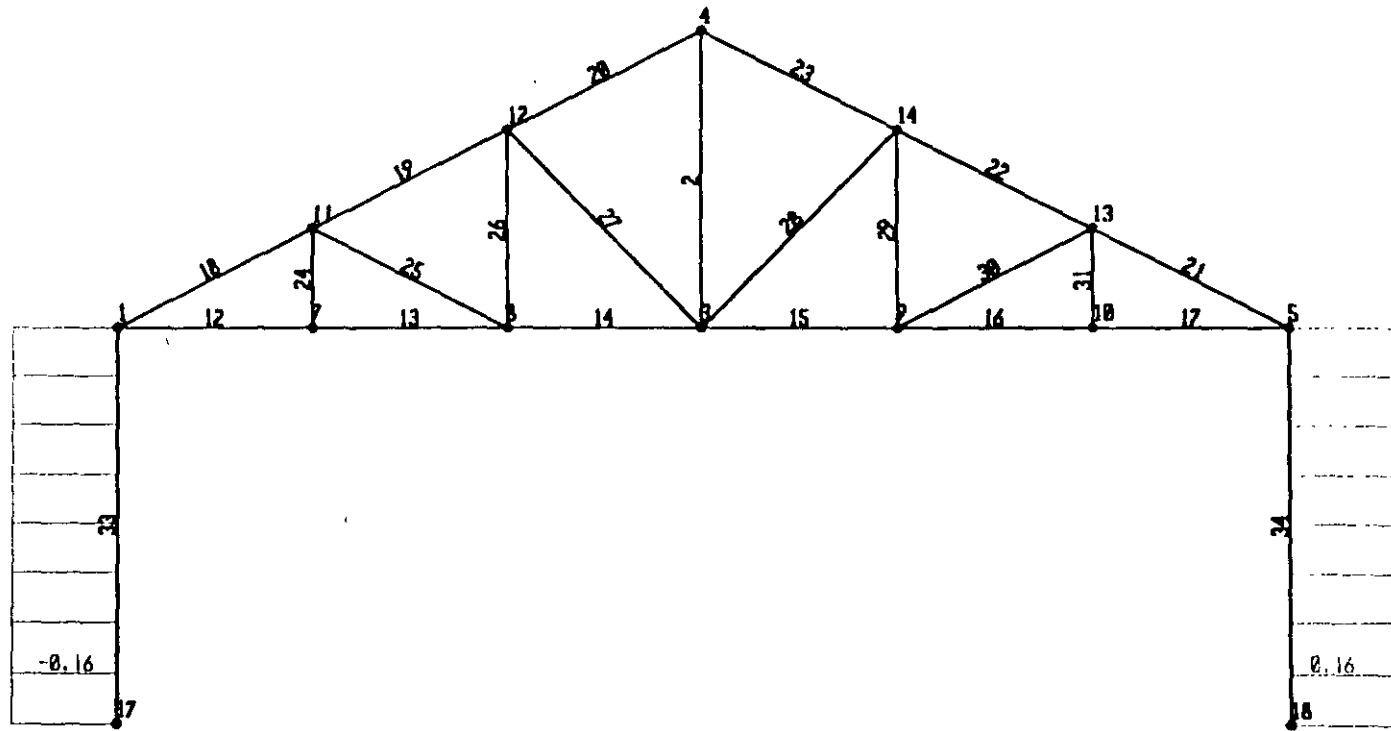




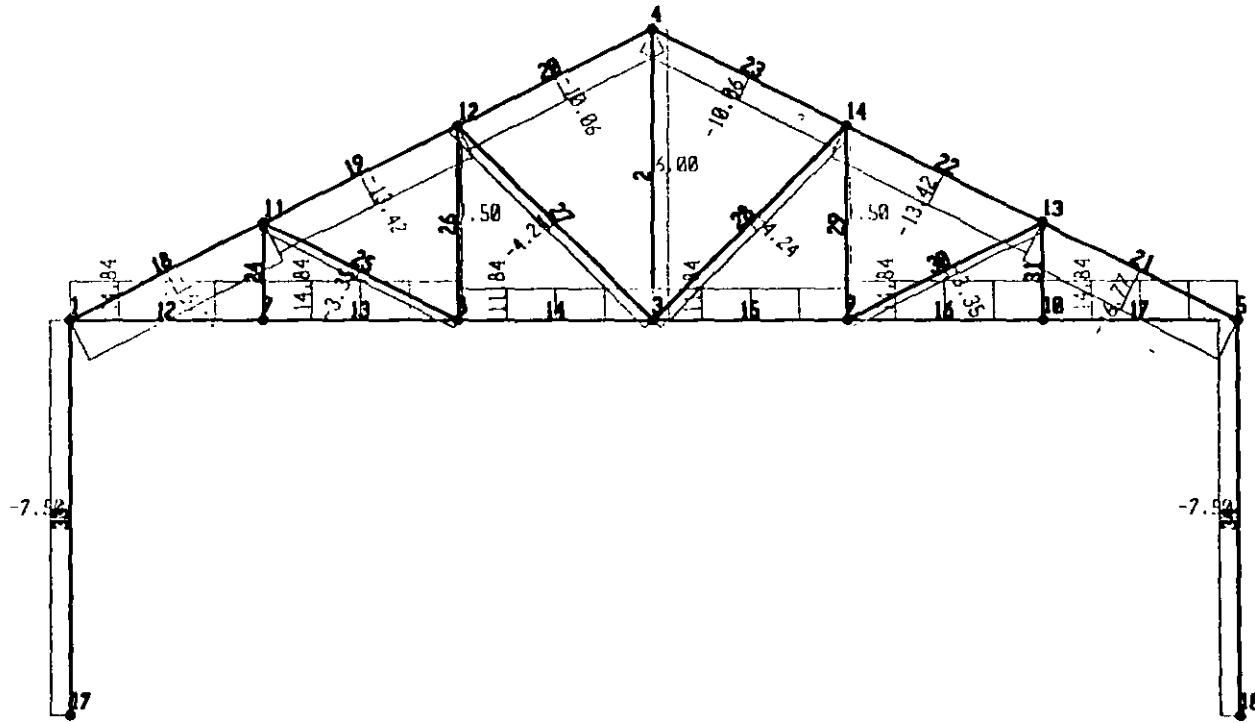
143







144



; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo7.s2k saved 3/18/00 15:22:55 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-9 Y=0 Z=0
3 X=0 Y=0 Z=0
4 X=0 Y=0 Z=4.5
5 X=9 Y=0 Z=0
7 X=-6 Y=0 Z=0
8 X=-3 Y=0 Z=0
9 X=3 Y=0 Z=0
10 X=6 Y=0 Z=0
11 X=-6 Y=0 Z=1.5
12 X=-3 Y=0 Z=3
13 X=6 Y=0 Z=1.5
14 X=3 Y=0 Z=3
17 X=-9 Y=0 Z=-6
18 X=9 Y=0 Z=-6

RESTRAINT

ADD=17 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=18 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=1 DOF=U2,R1,R3
ADD=3 DOF=U2,R1,R3
ADD=4 DOF=U2,R1,R3
ADD=5 DOF=U2,R1,R3
ADD=7 DOF=U2,R1,R3
ADD=8 DOF=U2,R1,R3
ADD=9 DOF=U2,R1,R3
ADD=10 DOF=U2,R1,R3
ADD=11 DOF=U2,R1,R3
ADD=12 DOF=U2,R1,R3
ADD=13 DOF=U2,R1,R3
ADD=14 DOF=U2,R1,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=ACERO IDES=N M=.2448 W=2.4026
T=0 E=2E+07 U=.3 A=.0000099
NAME=CONCRETO IDES=N M=.7981 W=7.8334
T=0 E=1800000 U=.25 A=.0000117

FRAME SECTION

NAME=FSEC1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125
NAME=FSEC2 MAT=ACERO A=.005 J=0 I=0,0 AS=0,0 S=1,1 2=1,1 R=1,1 T=.4572,.254
NAME=FSEC3 MAT=CONCRETO SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03
AS=.2083333,.2083333

FRAME

2 J=3,4 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
12 J=1,7 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
13 J=7,8 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
14 J=8,3 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
15 J=3,9 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
16 J=9,10 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
17 J=10,5 SEC=FSEC2 NSEG=4 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
18 J=1,11 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
19 J=11,12 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
20 J=12,4 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
21 J=5,13 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
22 J=13,14 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3


```

23 J=14,4 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
24 J=7,11 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
25 J=11,8 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
26 J=8,12 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
27 J=12,3 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
28 J=3,14 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
29 J=14,9 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
30 J=9,13 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
31 J=10,13 SEC=FSEC2 NSEG=2 ANG=0 IREL=R3 JREL=R3
33 J=17,1 SEC=FSEC3 NSEG=2 ANG=0
34 J=18,5 SEC=FSEC3 NSEG=2 ANG=0

```

LOAD

```

NAME=VERT
TYPE=FORCE
ADD=4 UZ=-3
ADD=11 UZ=-3
ADD=12 UZ=-3
ADD=13 UZ=-3
ADD=14 UZ=-3

```

OUTPUT

```

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERT

```

END

```

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.

```

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

```

GRID GLOBAL X "1" -9
GRID GLOBAL X "2" 0
GRID GLOBAL X "3" 9
GRID GLOBAL Y "4" 0
GRID GLOBAL Z "5" -6
GRID GLOBAL Z "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 4.5

```

MATERIAL STEEL FY 25310.5

MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278

STATICLOAD VERT TYPE OTHER

END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0

Structural Analysis Programs

Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

18 Mar 2000 15:10:44

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00
LENGTH UNITS - - - - - M
FORCE UNITS - - - - - TON
UP DIRECTION - - - - - +Z
GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX
- - - - - UZ
- - - - - RY
PAGINATION BY - - - - - LINES
NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59
INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

| JOINT | X | Y | Z |
|-------|--------|-------|--------|
| 1 | -9.000 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 0.000 | 0.000 | 4.500 |
| 5 | 9.000 | 0.000 | 0.000 |
| 7 | -6.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8 | -3.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9 | 3.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10 | 6.000 | 0.000 | 0.000 |
| 11 | -6.000 | 0.000 | 1.500 |
| 12 | -3.000 | 0.000 | 3.000 |
| 13 | 6.000 | 0.000 | 1.500 |
| 14 | 3.000 | 0.000 | 3.000 |
| 17 | -9.000 | 0.000 | -6.000 |
| 18 | 9.000 | 0.000 | -6.000 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

P A T T E R N S

PATTERN JOINT VALUE
DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

R E S T R A I N T D A T A

| JOINT | | | | | |
|-------|----|----|----|----|-------|
| 1 | | U2 | | R1 | R3 |
| 3 | | U2 | | R1 | R3 |
| 4 | | U2 | | R1 | R3 |
| 5 | | U2 | | R1 | R3 |
| 7 | | U2 | | R1 | R3 |
| 8 | | U2 | | R1 | R3 |
| 9 | | U2 | | R1 | R3 |
| 10 | | U2 | | R1 | R3 |
| 11 | | U2 | | R1 | R3 |
| 12 | | U2 | | R1 | R3 |
| 13 | | U2 | | R1 | R3 |
| 14 | | U2 | | R1 | R3 |
| 17 | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 R3 |
| 18 | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 R3 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

| MAT LABEL | NUMBER | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL | DESIGN CODE |
|-----------|--------|---------------------|-------------------|-------------|
| STEEL | 1 | 0.7833E+01 | 0.7981E+00 | S |
| CONC | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | C |
| ACERO | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | N |
| CONCRETO | 1 | 0.7833E+01 | 0.7981E+00 | N |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | MODULUS OF ELASTICITY | | | SHEAR MODULI | | |
|-----------|------|-----------------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|
| | | E1 | E2 | E3 | G12 | G13 | G23 |
| STEEL | 0.00 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.784E+07 | 0.784E+07 | 0.784E+07 |
| CONC | 0.00 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 |
| ACERO | 0.00 | 0.200E+08 | 0.200E+08 | 0.200E+08 | 0.769E+07 | 0.769E+07 | 0.769E+07 |
| CONCRETO | 0.00 | 0.180E+07 | 0.180E+07 | 0.180E+07 | 0.720E+06 | 0.720E+06 | 0.720E+06 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

| MAT LABEL | TEMP | COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION | | | | | |
|-----------|------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A1 | A2 | A3 | A12 | A13 | A23 |
| STEEL | 0.00 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONC | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| ACERO | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONCRETO | 0.00 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | POISSONS RATIO | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | U12 | U13 | U23 | U14 | U24 | U34 | U15 | U25 | U35 | U45 | U16 | U26 | U36 | U46 | U56 | |
| STEEL | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| CONC | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| ACERO | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| CONCRETO | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | YIELD FY |
|-----------|------|----------|
| CONC | 0.00 | 36.00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | SHAPE TYPE | DEPTH | FLANGE WIDTH TOP | FLANGE THICK TOP | WEB THICK | FLANGE WIDTH BOTTOM | FLANGE THICK BOTTOM |
|---------------|------------|-------|------------------|------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| FSEC1 | R | 0.500 | 0.300 | | | | |
| FSEC2 | G | | | | | | |
| FSEC3 | R | 0.500 | 0.500 | | | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | AXIAL AREA | TORSIONAL CONSTANT | MOMENTS OF INERTIA | | SHEAR A2 | AREAS A3 |
|---------------|------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | I33 | I22 | | |
| FSEC1 | 0.150E+00 | 0.282E-02 | 0.313E-02 | 0.113E-02 | 0.125E+00 | 0.125E+00 |

FSEC2 0.500E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
 FSEC3 0.250E+00 0.880E-02 0.521E-02 0.521E-02 0.208E+00 0.208E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | MAT LABEL | ADDITIONAL MASS PER LENGTH | ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH |
|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| FSEC1 | STEEL | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| FSEC2 | ACERO | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| FSEC3 | CONCRETO | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 13
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | JOINT END-I | JOINT END-J | ELEMENT LENGTH | END-OFFSET-LENGTHS END-I | END-OFFSET-LENGTHS END-J | RIGID-END FACTOR | NUMBER OF SEGMENTS |
|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| 2 | 3 | 4 | 4.500 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 12 | 1 | 7 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 13 | 7 | 8 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 14 | 8 | 3 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 15 | 3 | 9 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 16 | 9 | 10 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 17 | 10 | 5 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 18 | 1 | 11 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 19 | 11 | 12 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 20 | 12 | 4 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 21 | 5 | 13 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 22 | 13 | 14 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 23 | 14 | 4 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 24 | 7 | 11 | 1.500 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 25 | 11 | 8 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 26 | 8 | 12 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 27 | 12 | 3 | 4.243 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 28 | 3 | 14 | 4.243 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 29 | 14 | 9 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 30 | 9 | 13 | 3.354 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 31 | 10 | 13 | 1.500 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 33 | 17 | 1 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 34 | 18 | 5 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 14
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | SECTION LABEL | LOCAL PLANE | COORD SYSTEM | PLN 1ST | PLN 2ND | PLANE JOINTA | PLANE JOINTB | COORD ANGLE |
|---------------|---------------|-------------|--------------|---------|---------|--------------|--------------|-------------|
| 2 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 12 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 13 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 14 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 15 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 16 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 17 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 18 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 19 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 20 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 21 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 22 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 23 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 24 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 25 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 26 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 27 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 28 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 29 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 30 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 31 | FSEC2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 33 | FSEC3 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 34 | FSEC3 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 15
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | END-I RELEASE CODES | END-J RELEASE CODES |
|---------------|---------------------|---------------------|
| 2 | | R3 |
| 12 | | R3 |
| 13 | | R3 |
| 14 | | R3 |
| 15 | | R3 |
| 16 | | R3 |
| 17 | | R3 |

| | | |
|----|----|----|
| 18 | R3 | R3 |
| 19 | R3 | R3 |
| 20 | R3 | R3 |
| 21 | R3 | R3 |
| 22 | R3 | R3 |
| 23 | R3 | R3 |
| 24 | R3 | R3 |
| 25 | R3 | R3 |
| 26 | R3 | R3 |
| 27 | R3 | R3 |
| 28 | R3 | R3 |
| 29 | R3 | R3 |
| 30 | R3 | R3 |
| 31 | R3 | R3 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 16
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

| SECTION LABEL | WEIGHT | MASS |
|---------------|---------|--------|
| FSEC2 | 0.8027 | 0.0818 |
| FSEC3 | 23.5002 | 2.3943 |
| TOTAL | 24.3029 | 2.4761 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

LOAD CONDITION VERT

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

| JOINT LABEL | FORCE 1 | FORCE 2 | FORCE 3 | MOMENT 1 | MOMENT 2 | MOMENT 3 |
|-------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| 4 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.300E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 11 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.300E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 12 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.300E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 13 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.300E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 14 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | -0.300E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| VERT | | | | | |

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| VERT | | | | | |

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| VERT | | | | | |

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| VERT | | | | | |

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 19
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo7.EKO

INPUT COMPLETE

BEGIN ANALYSIS PHASE 2000/03/18 15:10:46

MEMORY AVAILABLE FOR DATA (BYTES) = 1000000

JOINT ELEMENT FORMATION 15:10:46

NUMBER OF JOINT ELEMENTS FORMED = 5
NUMBER OF SPRING ELEMENTS FORMED = 0

FRAME ELEMENT FORMATION 15:10:46

NUMBER OF FRAME ELEMENTS FORMED = 23

EQUATION SOLUTION 15:10:47

TOTAL NUMBER OF EQUILIBRIUM EQUATIONS = 26
APPROXIMATE "EFFECTIVE" BAND WIDTH = 4

NUMBER OF EQUATION STORAGE BLOCKS = 1
MAXIMUM BLOCK SIZE (NUMBER OF TERMS) = 116
SIZE OF STIFFNESS FILE (BYTES) = 1048

NUMBER OF EQUATIONS TO SOLVE = 26
NUMBER OF STATIC LOAD CASES = 1
NUMBER OF ACCELERATION LOADS = 3
NUMBER OF NONLINEAR DEFORMATION LOADS = 0

JOINT OUTPUT 15:10:48

GLOBAL FORCE BALANCE RELATIVE ERRORS

PERCENT FORCE AND MOMENT ERROR AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|
| VERT | 3.51E-14 | .000000 | 1.66E-13 | .000000 | 6.77E-14 | .000000 |

ELEMENT JOINT - FORCE OUTPUT 15:10:48

NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 23

FRAME ELEMENT OUTPUT 15:10:49

NUMBER OF FRAME ELEMENTS SAVED = 23
NUMBER OF FRAME ELEMENTS PRINTED = 23

ANALYSIS COMPLETE 2000/03/18 15:10:49

S A P 2 0 0 0 (R)
 Structural Analysis Programs
 Version E6.10

Copyright (C) 1978-1997
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of

THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
 results produced by this program

18 Mar 2000 15:10:46

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT
 PAGE

1

D I S P L A C E M E N T D E G R E E S O F F R E E D O M

(A) - Active DOF, equilibrium equation
 (-) - Restrained DOF, reaction computed
 (+) - Constrained DOF
 () - Null DOF

| JOINTS | | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | A | | A | | A | |
| 3 TO | 4 | A | | A | | | |
| 5 | | A | | A | | A | |
| 7 TO | 14 | A | | A | | | |
| 17 TO | 18 | - | | - | | - | |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT
 PAGE

2

J O I N T D I S P L A C E M E N T S

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD VERT -----

| JOINT | UX | UZ | RY |
|-------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | -0.001245 | -0.000100 | -0.000310 |
| 3 | -3.99E-17 | -0.005880 | .000000 |
| 4 | -4.17E-17 | -0.005610 | .000000 |
| 5 | 0.001245 | -0.000100 | 0.000310 |
| 7 | -0.000800 | -0.004571 | .000000 |
| 8 | -0.000355 | -0.005753 | .000000 |
| 9 | 0.000355 | -0.005753 | .000000 |
| 10 | 0.000800 | -0.004571 | .000000 |
| 11 | 0.000361 | -0.004571 | .000000 |
| 12 | 0.000426 | -0.005708 | .000000 |
| 13 | -0.000361 | -0.004571 | .000000 |
| 14 | -0.000426 | -0.005708 | .000000 |
| 17 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 18 | .000000 | .000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT
 PAGE

3

A P P L I E D L O A D S

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FZ | MY |
|-------|---------|-----------|---------|
| 4 | .000000 | -3.000000 | .000000 |
| 11 | .000000 | -3.000000 | .000000 |
| 12 | .000000 | -3.000000 | .000000 |
| 13 | .000000 | -3.000000 | .000000 |
| 14 | .000000 | -3.000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL07.OUT
 PAGE

4

G L O B A L F O R C E B A L A N C E

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD VERT -----

| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------|----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| APPLIED | .000000 | .000000 | -15.000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| REACTNS | 1.05E-14 | .000000 | 15.000000 | .000000 | 1.04E-13 | .000000 |
| TOTAL | 1.05E-14 | .000000 | -4.97E-14 | .000000 | 1.04E-13 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL07.OUT

FRAME ELEMENT JOINT FORCES
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 2 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 3 | .000000 | .000000 | -6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | .000000 | .000000 | 6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 12 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | -14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 7 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 13 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 7 | -14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 8 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 14 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 8 | -11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 3 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 15 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3 | -11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 9 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 16 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 9 | -14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 10 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

FRAME ELEMENT JOINT FORCES
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 17 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10 | -14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 5 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 18 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 1 | 15.000000 | .000000 | 7.500000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 11 | -15.000000 | .000000 | -7.500000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 19 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|------------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 11 | 12.000000 | .000000 | 6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 12 | -12.000000 | .000000 | -6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 20 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 12 | 9.000000 | .000000 | 4.500000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | -9.000000 | .000000 | -4.500000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 21 -----


```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
 5 -15.000000 .000000  7.500000 .000000 .000000 .000000
13  15.000000 .000000 -7.500000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 22 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
13 -12.000000 .000000  6.000000 .000000 .000000 .000000
14  12.000000 .000000 -6.000000 .000000 .000000 .000000

```

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT
PAGE 7

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 23 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
14 -9.000000 .000000  4.500000 .000000 .000000 .000000
 4  9.000000 .000000 -4.500000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 24 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
 7 .000000 .000000  5.55E-17 .000000 .000000 .000000
11 .000000 .000000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 25 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
11  3.000000 .000000 -1.500000 .000000 .000000 .000000
 8 -3.000000 .000000  1.500000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 26 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
 8 .000000 .000000 -1.500000 .000000 .000000 .000000
12 .000000 .000000  1.500000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 27 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
12  3.000000 .000000 -3.000000 .000000 .000000 .000000
 3 -3.000000 .000000  3.000000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 28 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
 3  3.000000 .000000  3.000000 .000000 .000000 .000000
14 -3.000000 .000000 -3.000000 .000000 .000000 .000000

```

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPLO7.OUT
PAGE 8

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 29 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
14 .000000 .000000  1.500000 .000000 .000000 .000000
 9 .000000 .000000 -1.500000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 30 -----

```

LOAD VERT -----
JOINT   FX      FY      FZ      MX      MY      MZ
 9  3.000000 .000000  1.500000 .000000 .000000 .000000
13 -3.000000 .000000 -1.500000 .000000 .000000 .000000

```

ELEM 31 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| 10 | .000000 | .000000 | -3.89E-15 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 13 | .000000 | .000000 | 3.89E-15 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 33 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 17 | 0.161332 | .000000 | 7.500000 | .000000 | 0.967990 | .000000 |
| 1 | -0.161332 | .000000 | -7.500000 | .000000 | -7.55E-17 | .000000 |

ELEM 34 -----

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 18 | -0.161332 | .000000 | 7.500000 | .000000 | -0.967990 | .000000 |
| 5 | 0.161332 | .000000 | -7.500000 | .000000 | -2.14E-17 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO7.OUT
PAGE 9

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 2 ----- LENGTH = 4.500000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 6.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 12 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 13 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 14 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 15 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 11.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO7.OUT
PAGE 10

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 16 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.25000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.75000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 14.838668 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 17 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.25000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.75000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 14.838668 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 18 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 19 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 20 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPL07.OUT
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED PAGE 11

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 21 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -16.770510 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 22 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -13.416408 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 23 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -10.062306 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 24 ----- LENGTH = 1.500000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -5.55E-17 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 25 ----- LENGTH = 3.354102
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -3.354102 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 -3.354102 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 1.00000 -3.354102 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

ELEM 26 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 1.500000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000
 0.50000 1.500000 .000000 .000000 .000000 .000000 .000000

1.00000 1.50000 .00000 .00000 .00000 .00000 .00000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO7.OUT
PAGE
12

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 27 ----- LENGTH = 4.242641

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | -4.242641 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | -4.242641 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | -4.242641 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 28 ----- LENGTH = 4.242641

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | -4.242641 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | -4.242641 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | -4.242641 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 29 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 1.500000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 1.500000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 1.500000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 30 ----- LENGTH = 3.354102

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | -3.354102 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | -3.354102 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | -3.354102 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 31 ----- LENGTH = 1.500000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.00000 | 3.89E-15 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 0.50000 | 3.89E-15 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 1.00000 | 3.89E-15 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

ELEM 33 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -7.500000 | -0.161332 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.967990 |
| 0.50000 | -7.500000 | -0.161332 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.483995 |
| 1.00000 | -7.500000 | -0.161332 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.44E-16 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

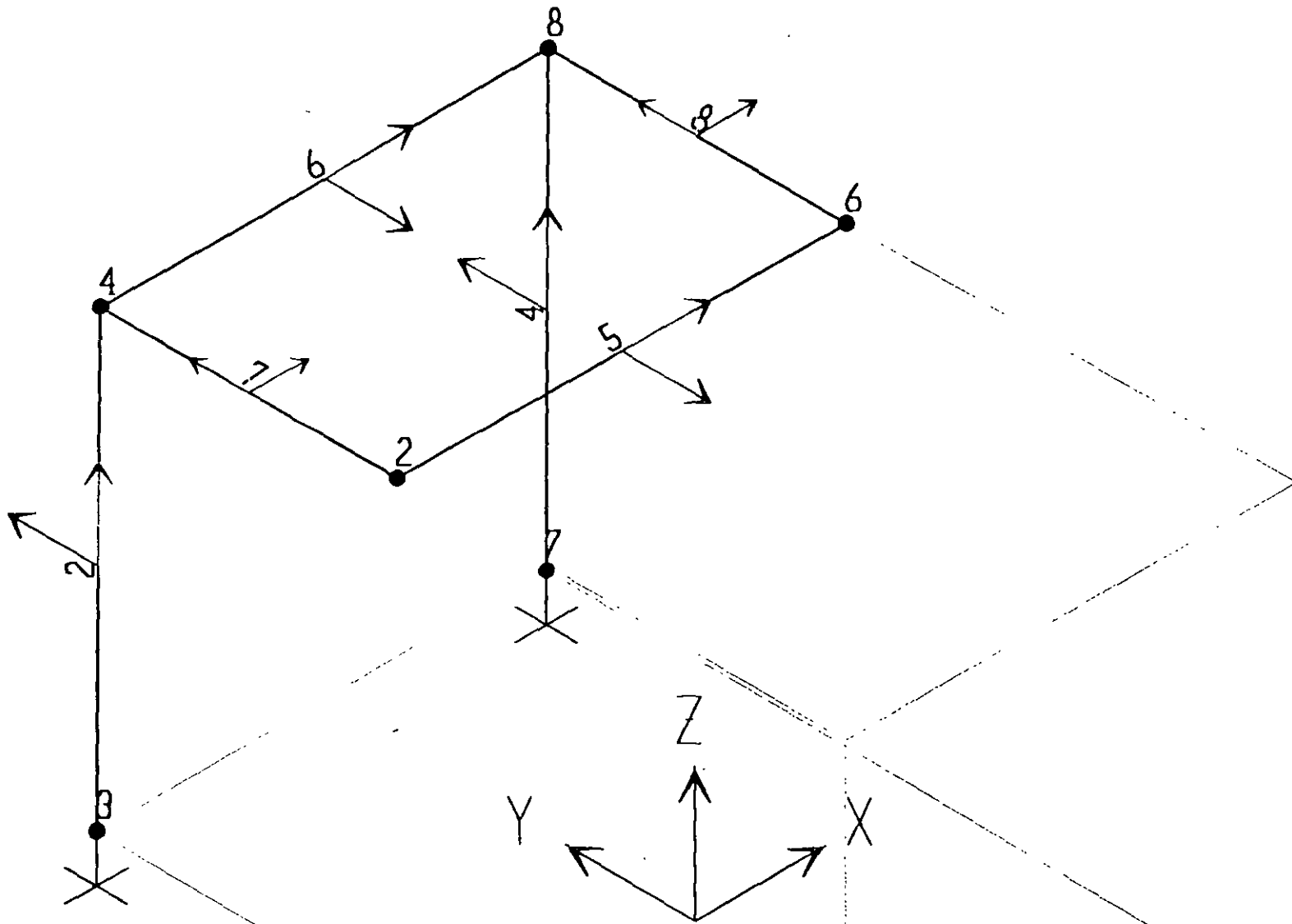
FILE: EJEMPLO7.OUT
PAGE
13

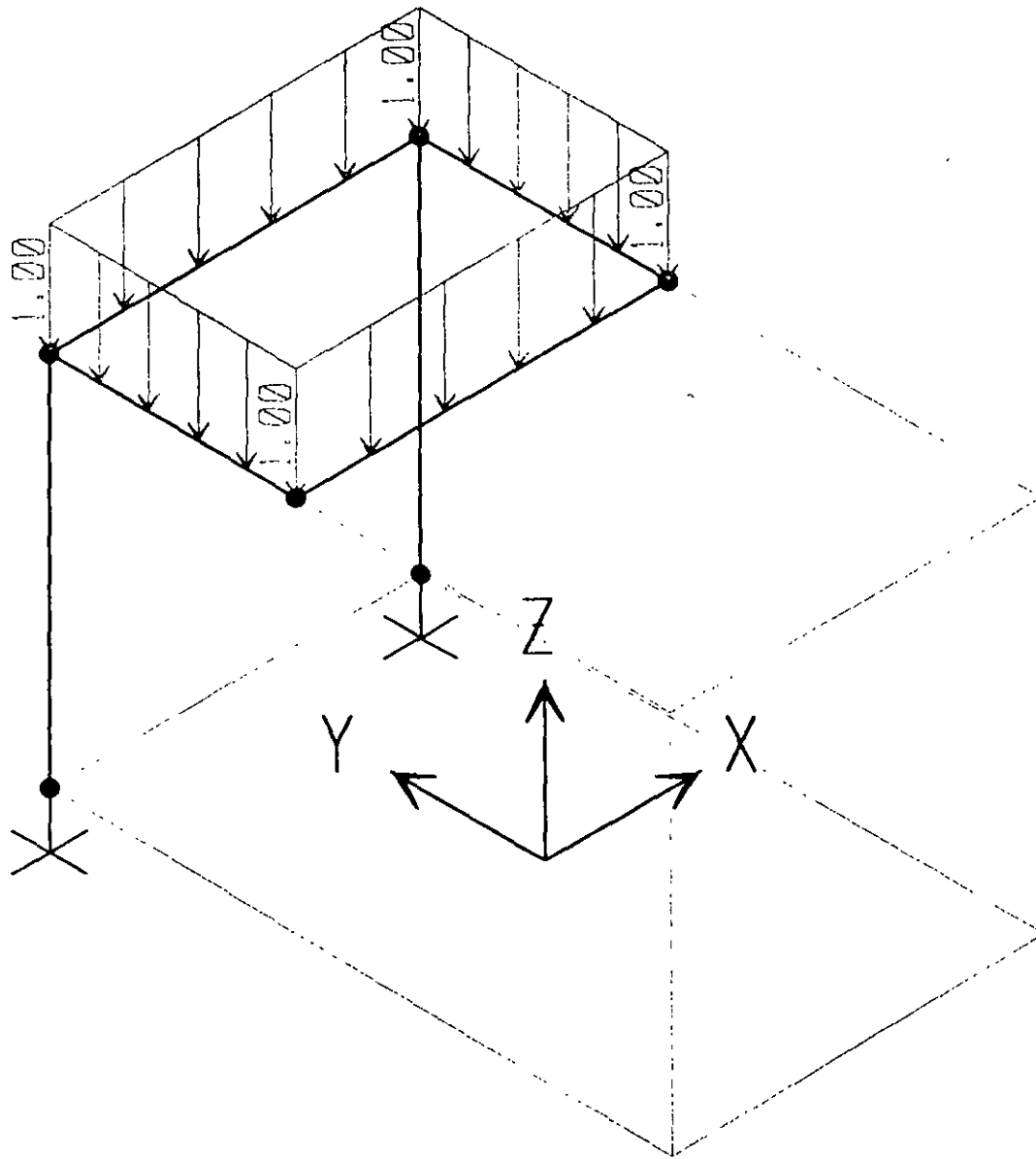
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

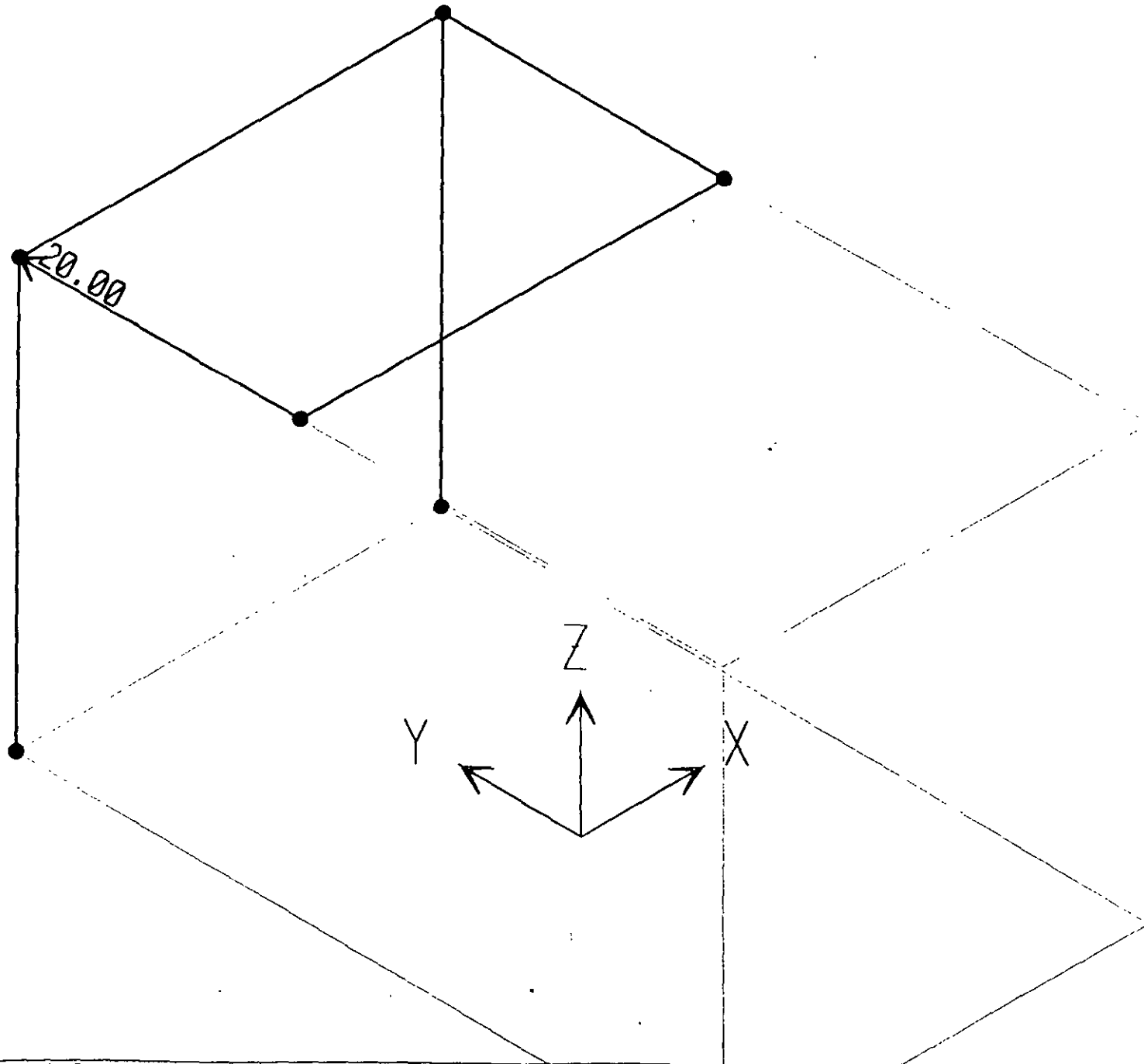
ELEM 34 ----- LENGTH = 6.000000

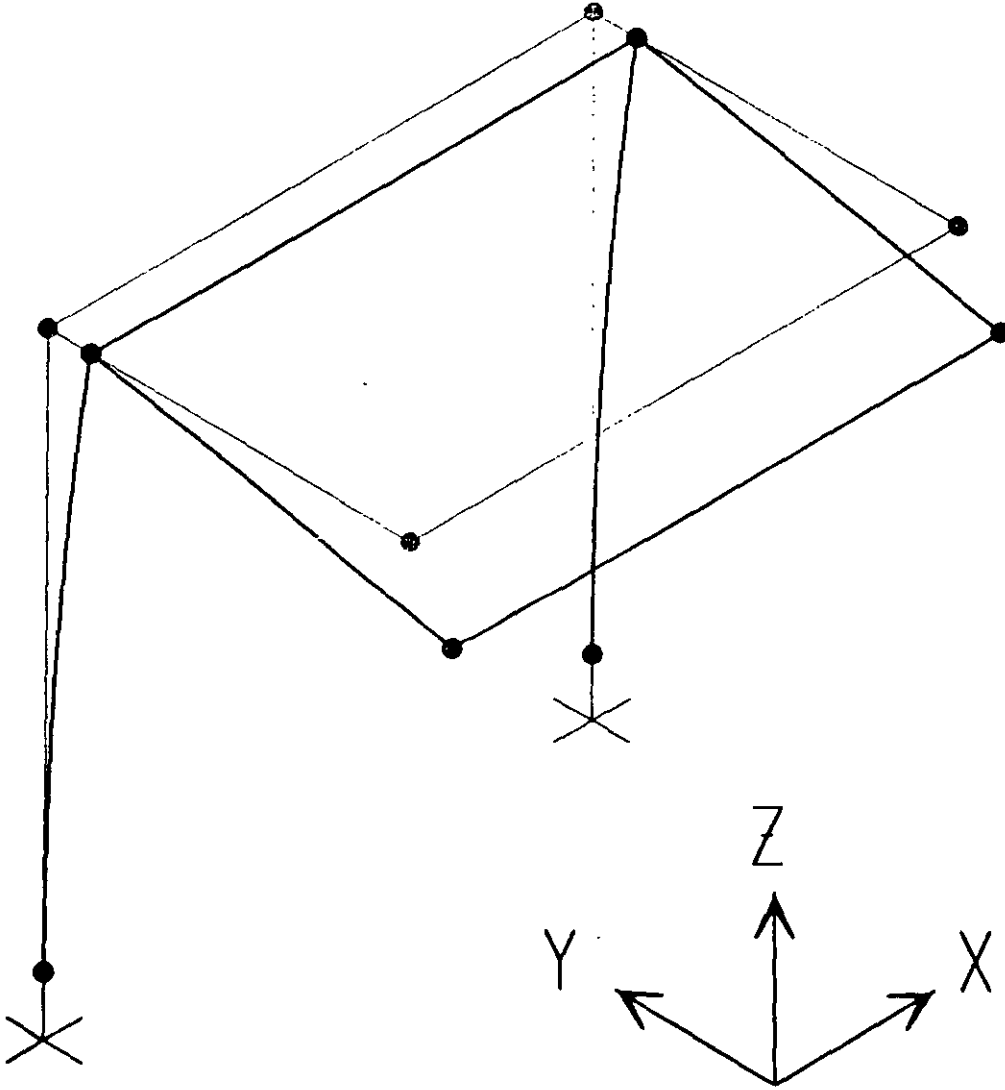
LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -7.500000 | 0.161332 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.967990 |
| 0.50000 | -7.500000 | 0.161332 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.483995 |
| 1.00000 | -7.500000 | 0.161332 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.39E-16 |

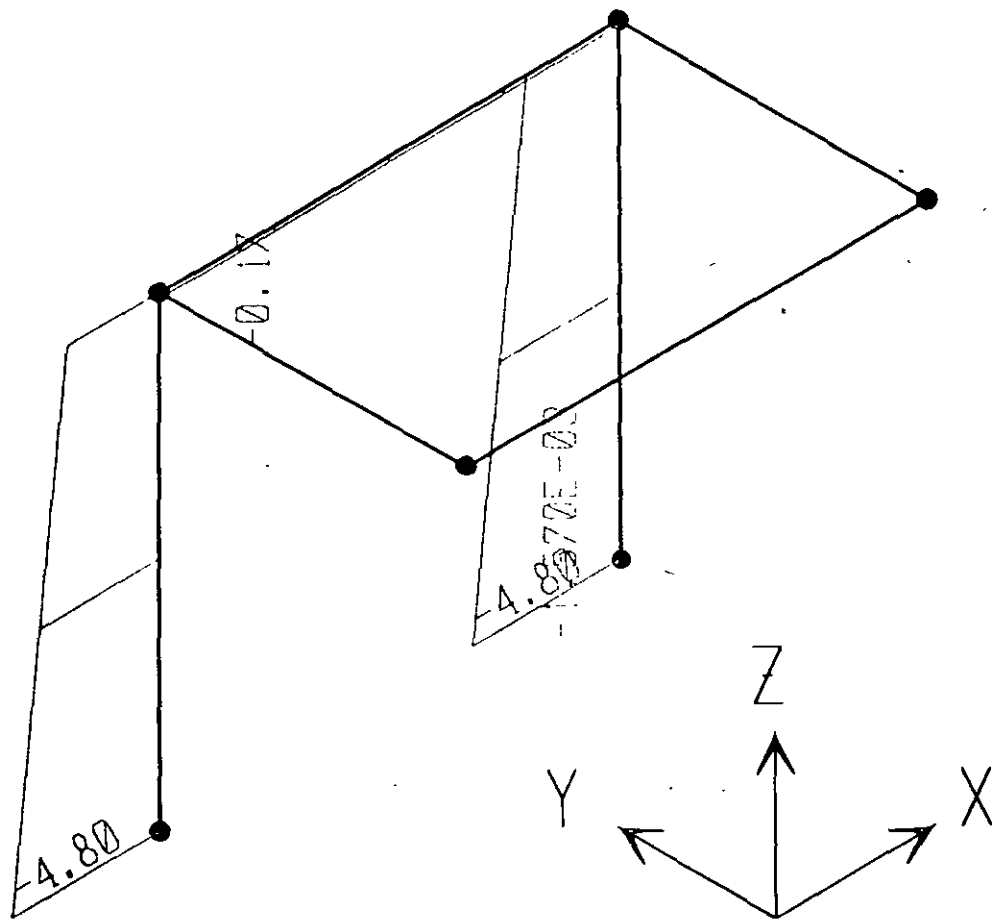


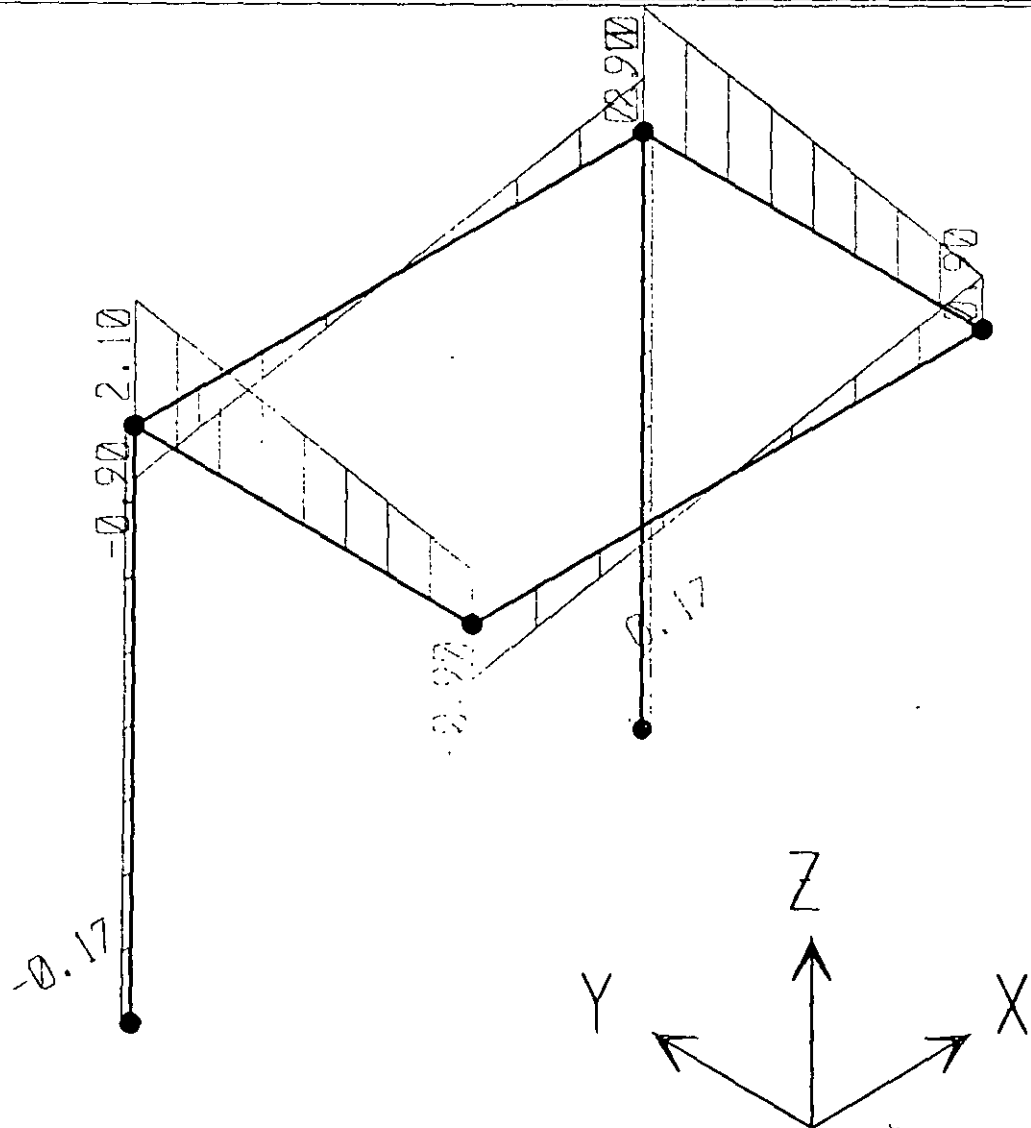


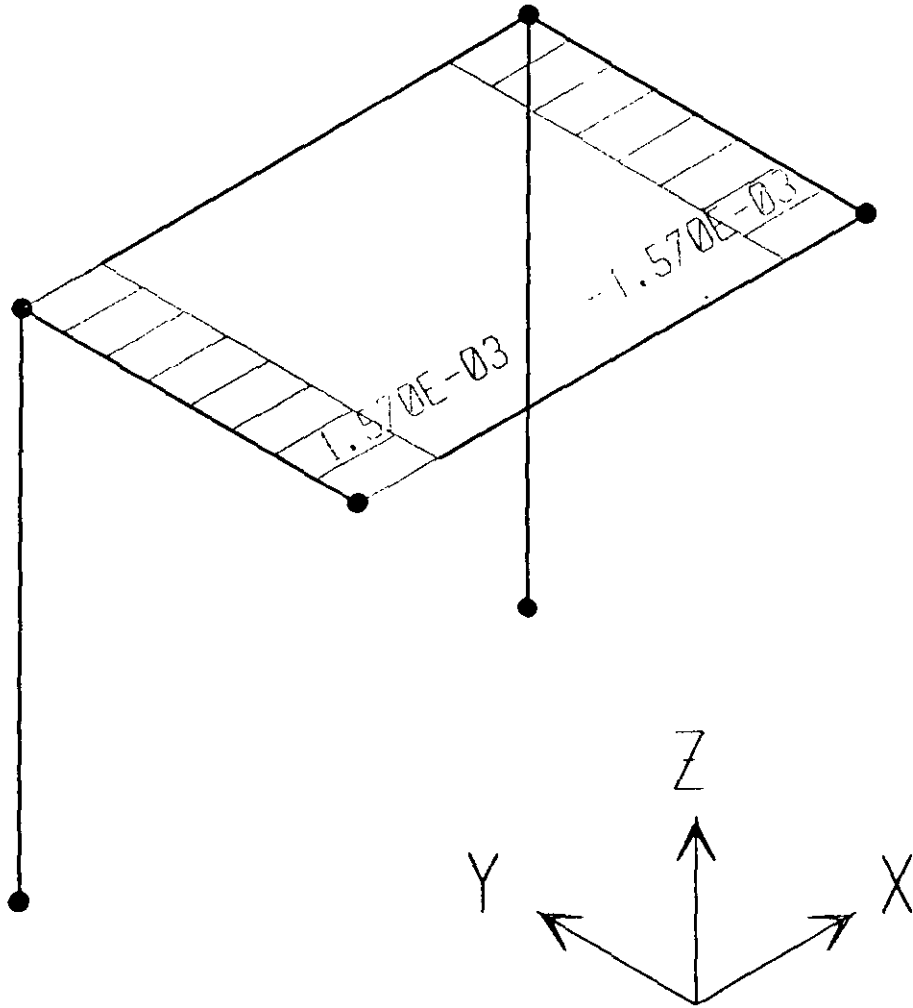


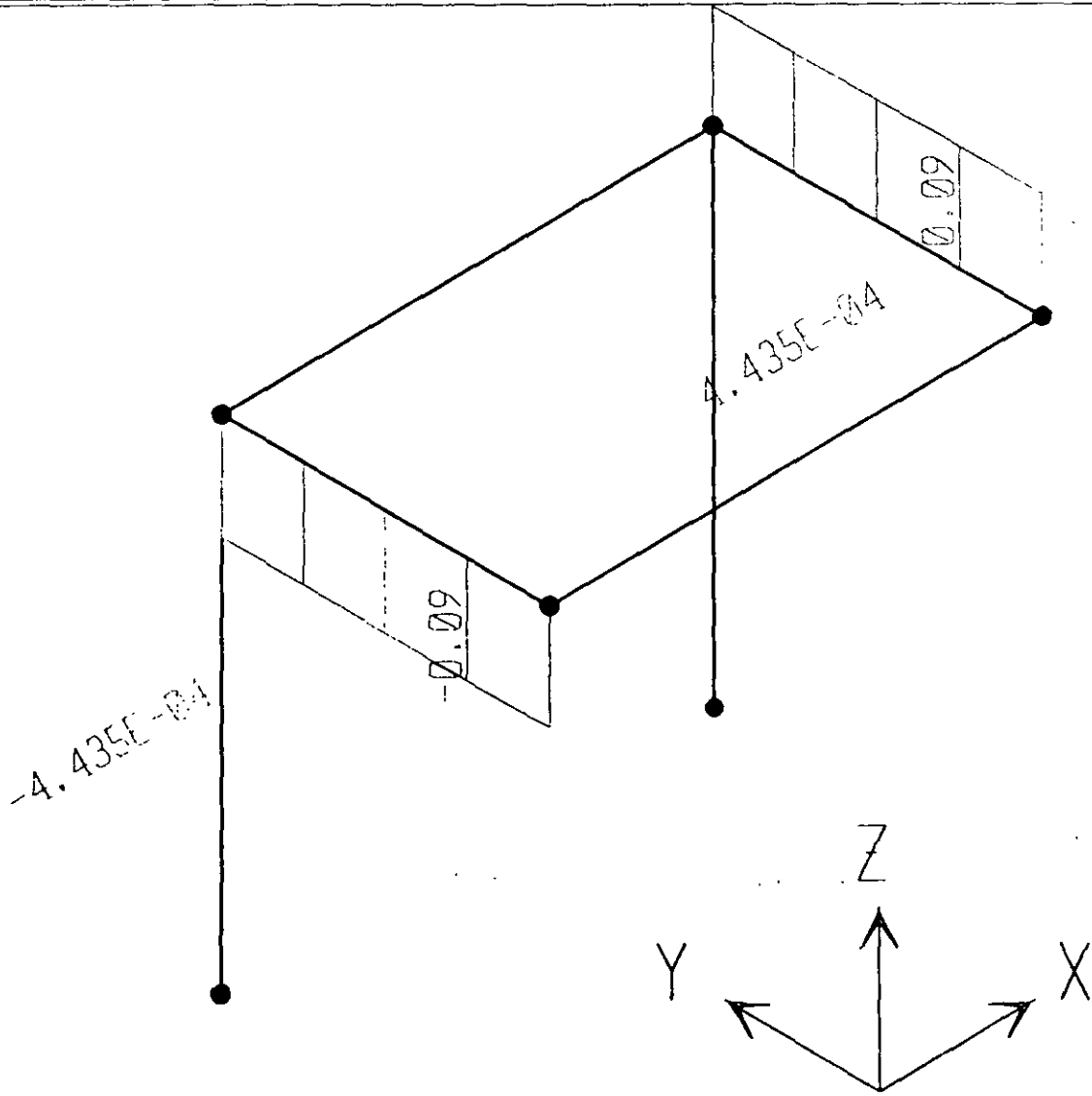


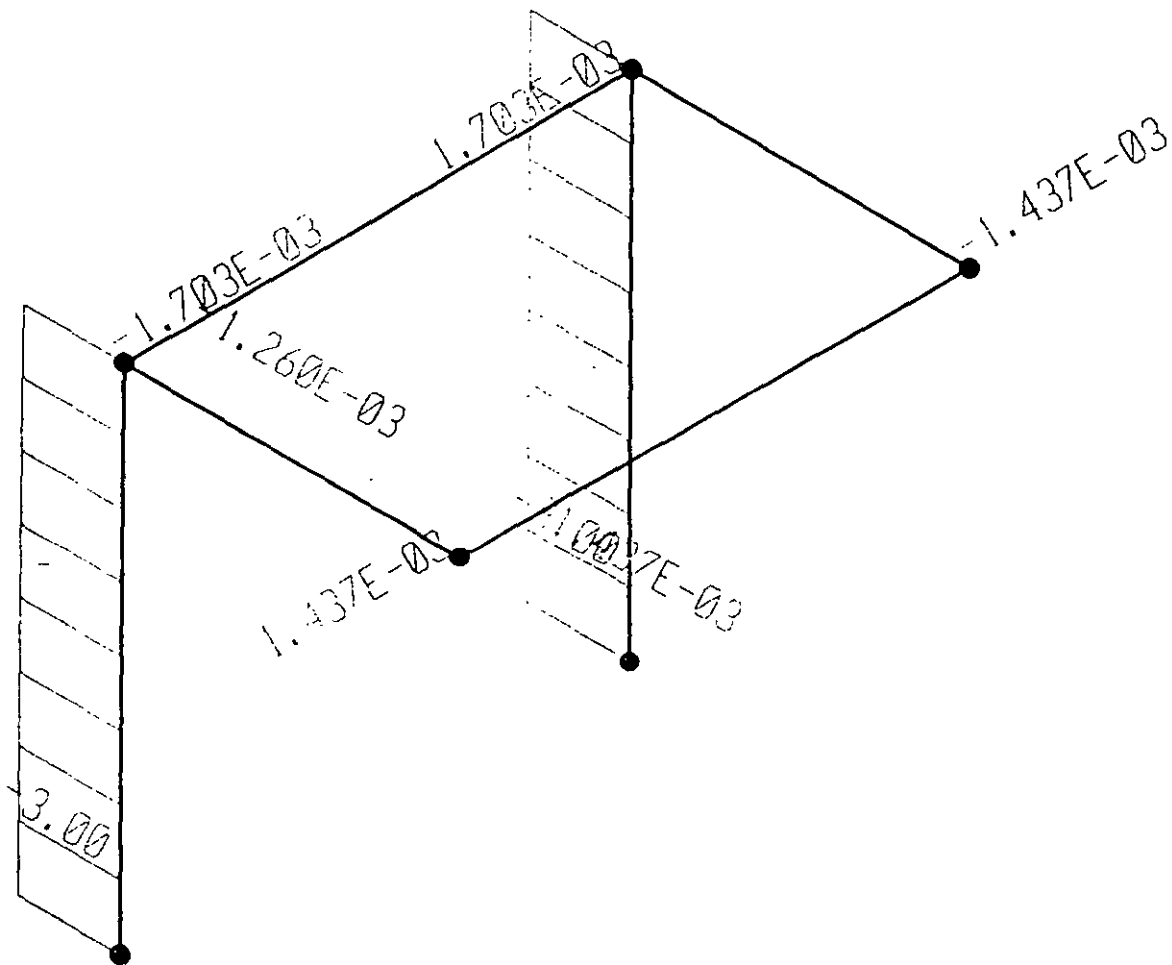
73E

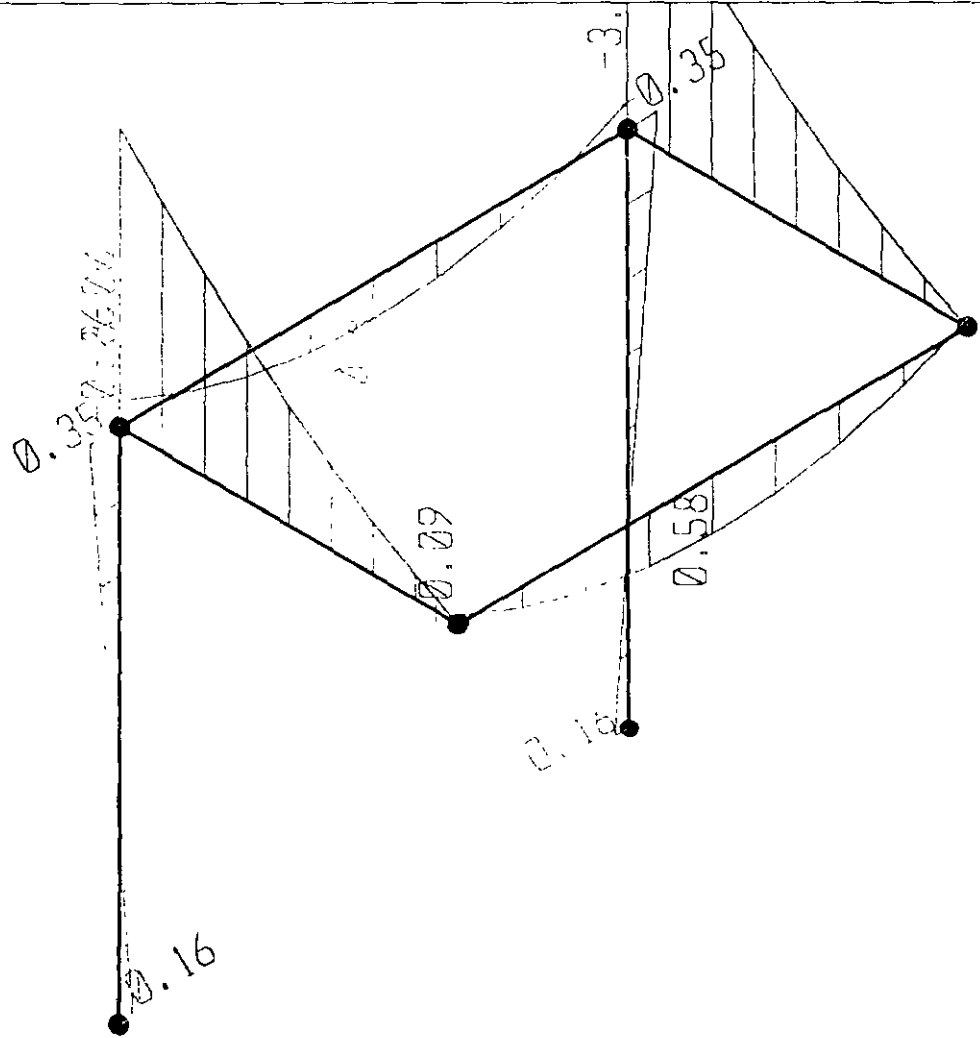


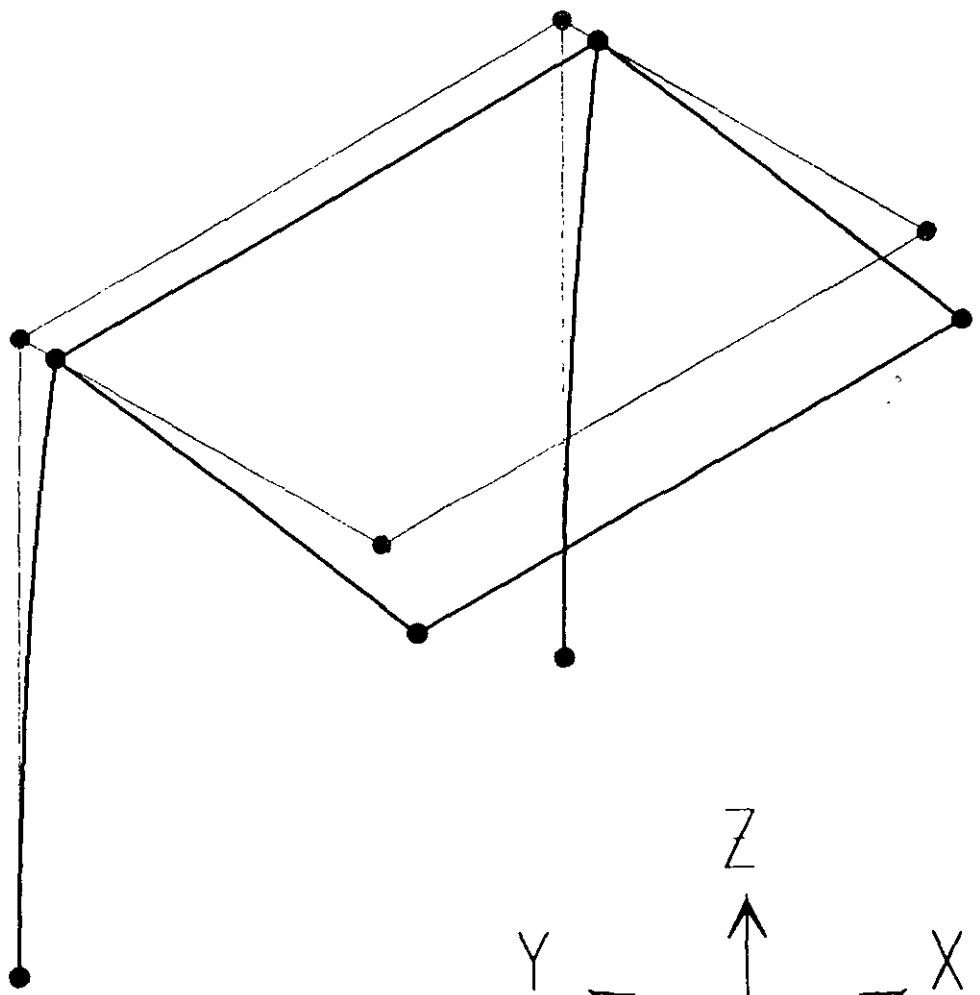


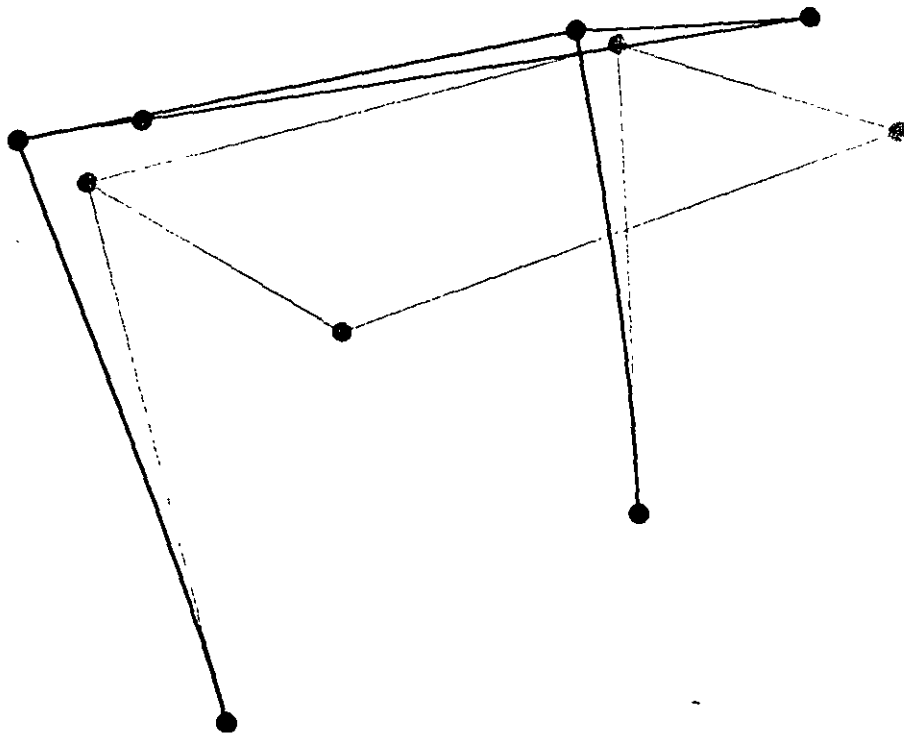


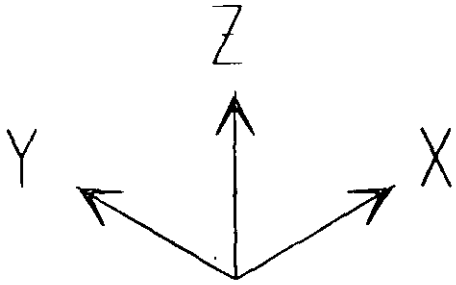
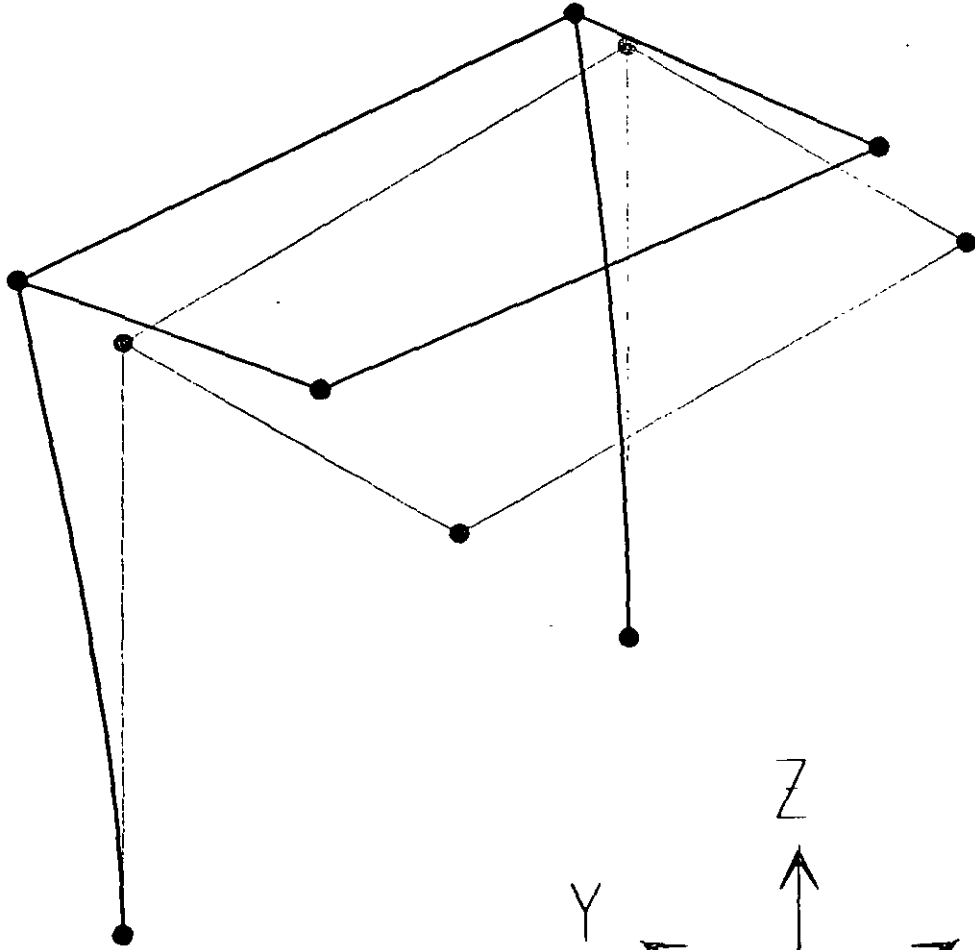


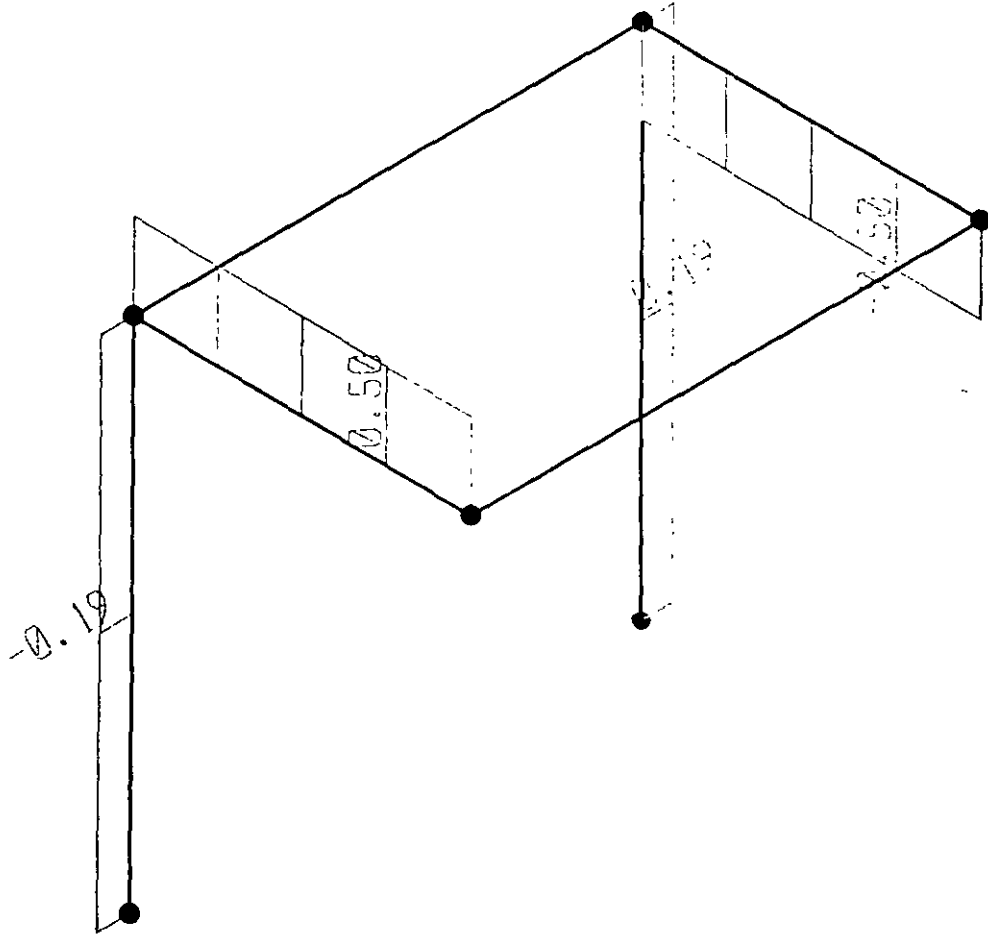


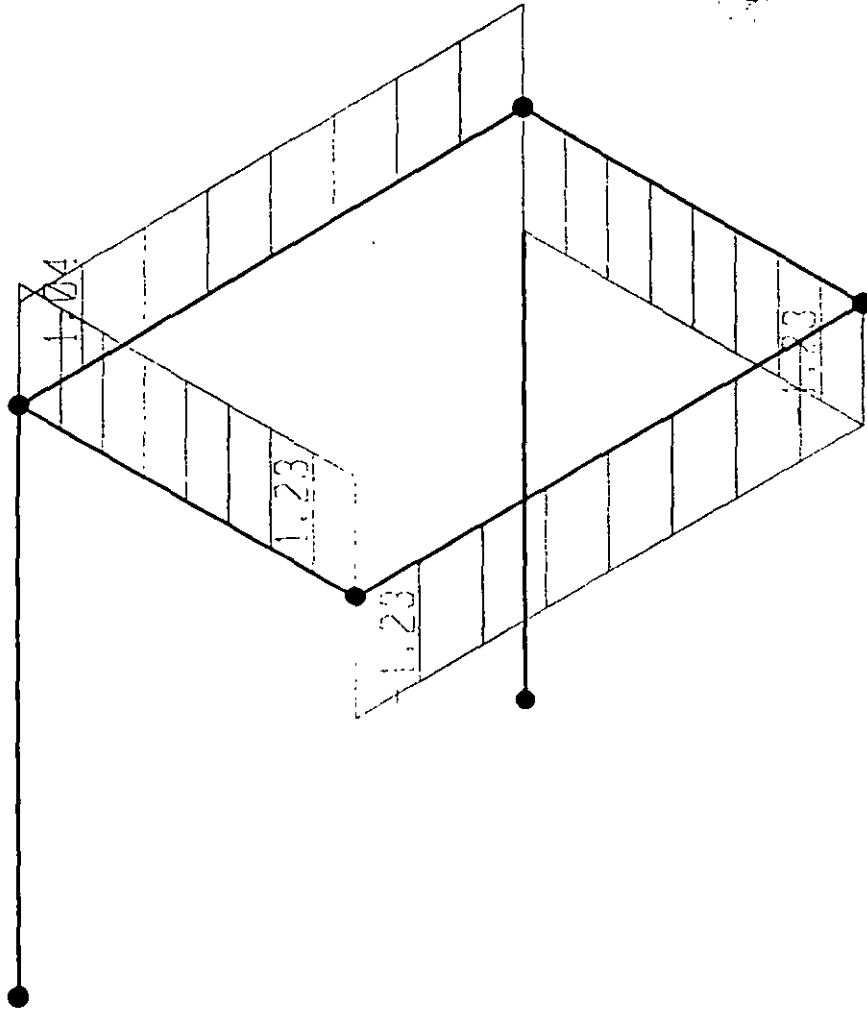


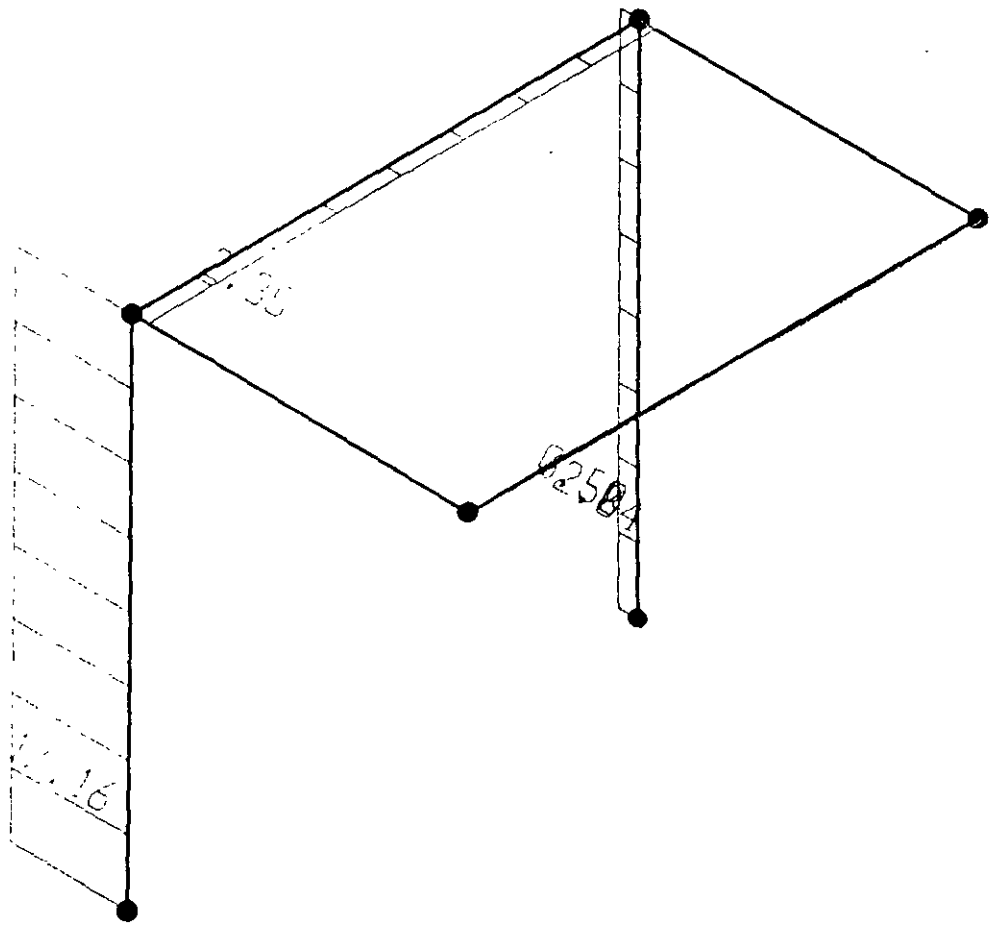




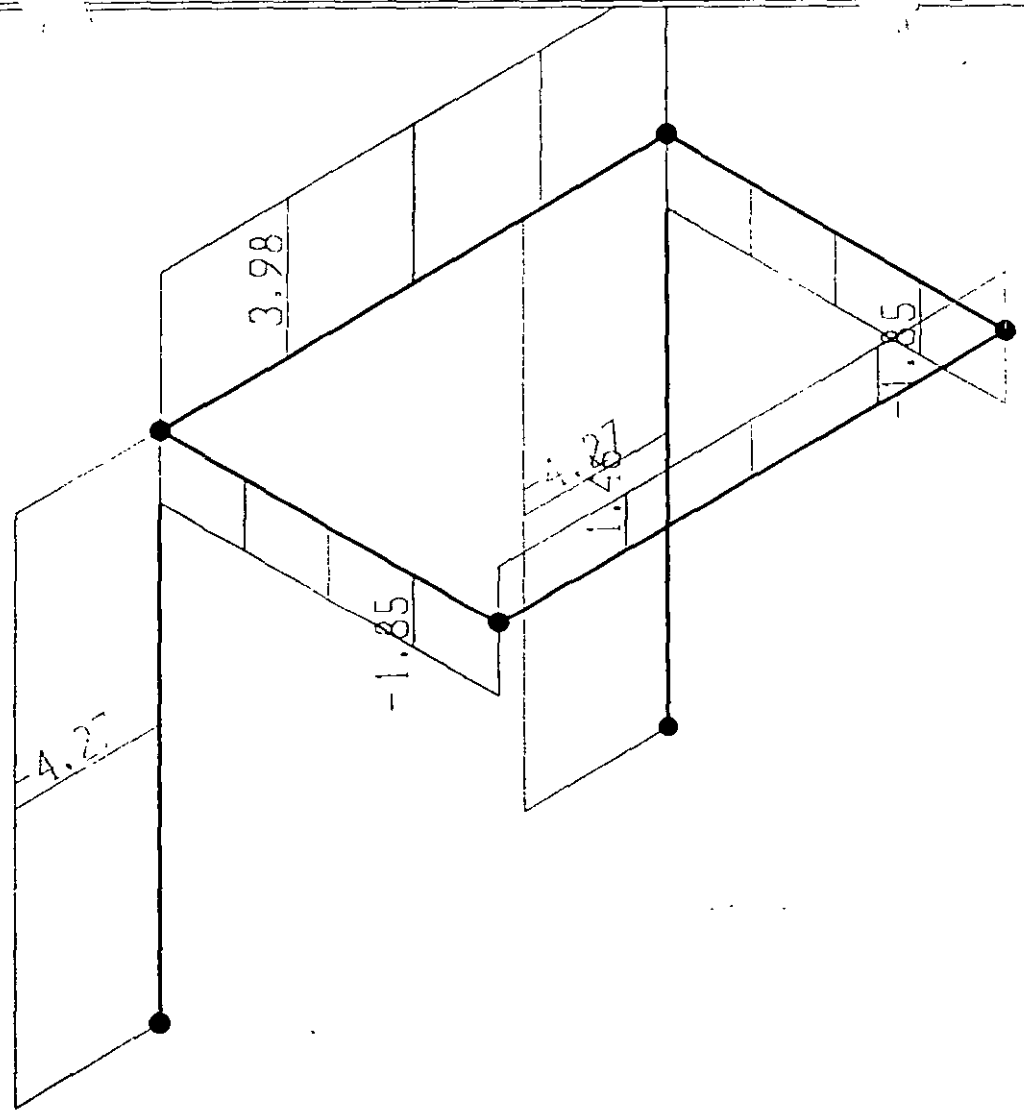


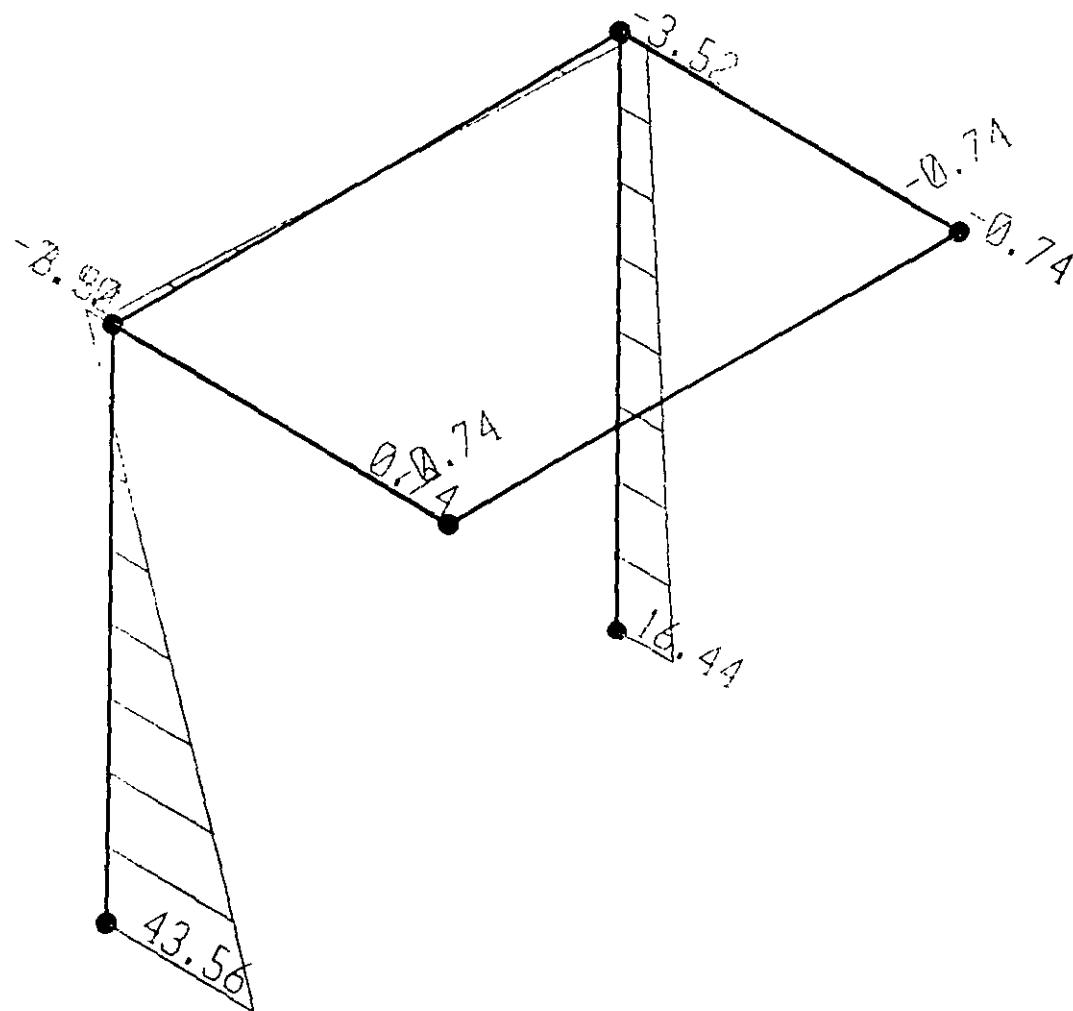




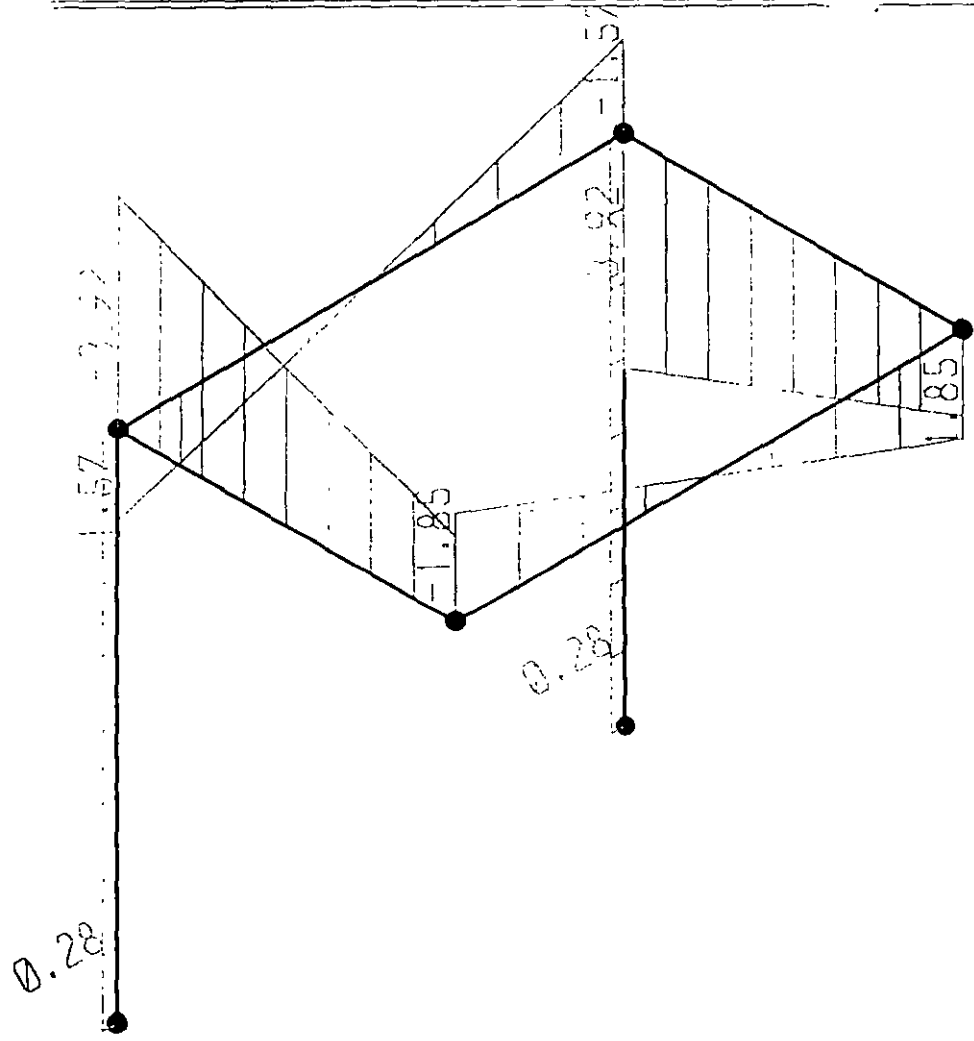


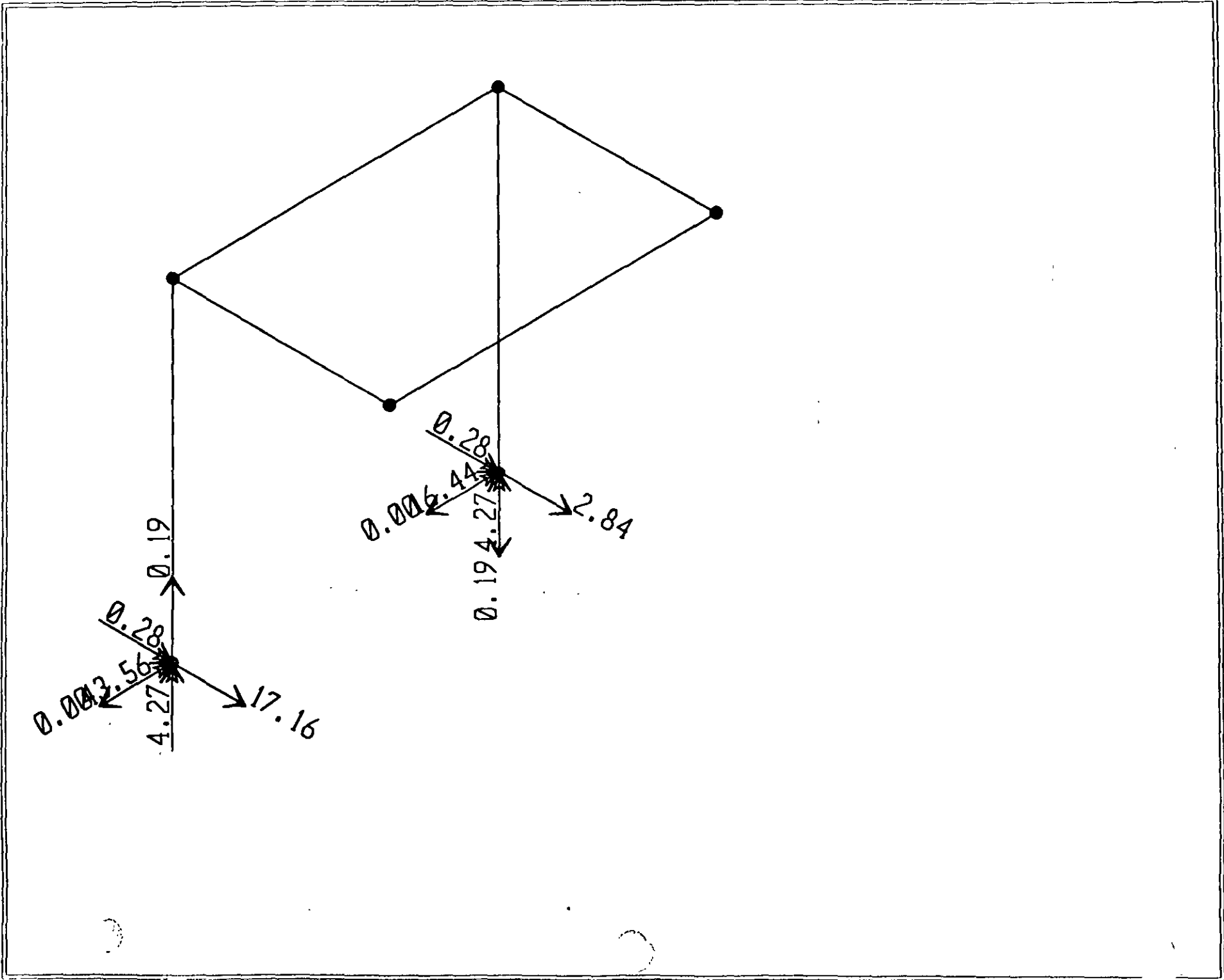
176





1.3





100

; File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo8.s2k saved 3/19/00 15:01:06 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UY,UZ,RX,RY,RZ LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

2 X=-1.5 Y=.5 Z=3
3 X=-1.5 Y=2.5 Z=0
4 X=-1.5 Y=2.5 Z=3
6 X=1.5 Y=.5 Z=3
7 X=1.5 Y=2.5 Z=0
8 X=1.5 Y=2.5 Z=3

RESTRAINT

ADD=3 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3
ADD=7 DOF=U1,U2,U3,R1,R2,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=CONC250 IDES=C M=.244 W=2.4
T=0 E=2213510 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125
NAME=FS1 MAT=CONC250 SH=R T=.5,.5 A=.25 J=8.802084E-03 I=5.208333E-03,5.208333E-03 AS=.2083333,.2083333

FRAME

2 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
4 J=7,8 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
5 J=2,6 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
6 J=4,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
7 J=2,4 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0
8 J=6,8 SEC=FS1 NSEG=4 ANG=0

LOAD

NAME=PESOP SW=1
NAME=VERT
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=5 RD=0,1 UZ=-1,-1
ADD=6 RD=0,1 UZ=-1,-1
ADD=7 RD=0,1 UZ=-1,-1
ADD=8 RD=0,1 UZ=-1,-1
NAME=SISMOY
TYPE=FORCE
ADD=4 UY=20

OUTPUT

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=PESOP
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=PESOP
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=PESOP
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=PESOP
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERT

END

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.

; This data will be used for graphics and design if this file is imported.

; If changes are made to the analysis data above, then the following data

; should be checked for consistency.

; Any errors in importing the following data are ignored without warning

SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

GRID GLOBAL X "1" -1.5
GRID GLOBAL Y "2" 1.5
GRID GLOBAL Y "3" -2.5
GRID GLOBAL Y "4" 2.5
GRID GLOBAL Z "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 3
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
MATERIAL CONC250 FYREBAR 42 FYSHEAR 21 FC 2.5 FCSHEAR 2
FRAMESECTION FS1 NAME REC50X50
CONCRETESECTION REC50X50 COLUMN COVER .05 REBAR RR-3-3
STATICLOAD PESOP TYPE DEAD
STATICLOAD VERT TYPE LIVE
STATICLOAD SISMOY TYPE QUAKE
END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0
Structural Analysis Programs
Version 6.10

Copyright (C) 1978-1997
COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of
THE LICENSEE

Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws

It is the responsibility of the user to verify all
results produced by this program

19 Mar 2000 13:35:45

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00
LENGTH UNITS - - - - - M
FORCE UNITS - - - - - TON
UP DIRECTION - - - - - +Z
GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - ALL
PAGINATION BY - - - - - LINES
NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59
INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

| JOINT | X | Y | Z |
|-------|--------|-------|-------|
| 2 | -1.500 | 0.500 | 3.000 |
| 3 | -1.500 | 2.500 | 0.000 |
| 4 | -1.500 | 2.500 | 3.000 |
| 6 | 1.500 | 0.500 | 3.000 |
| 7 | 1.500 | 2.500 | 0.000 |
| 8 | 1.500 | 2.500 | 3.000 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

P A T T E R N S

PATTERN JOINT VALUE
DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

R E S T R A I N T D A T A

| JOINT | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
|-------|----|----|----|----|----|----|
| 3 | | | | | | |
| 7 | | | | | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

M A T E R I A L P R O P E R T Y D A T A

| MAT LABEL | NUMBER | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL | DESIGN CODE |
|-----------|--------|---------------------|-------------------|-------------|
| STEEL | 1 | 0.7833E+01 | 0.7981E+00 | S |
| CONC | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | C |
| CONC250 | 1 | 0.2400E+01 | 0.2440E+00 | C |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

T E M P E R A T U R E D E P E N D E N T D A T A

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | MODULUS OF ELASTICITY | | | SHEAR MODULII | | |
|-----------|------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| | | E1 | E2 | E3 | G12 | G13 | G23 |
| STEEL | 0.00 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.784E+07 | 0.784E+07 | 0.784E+07 |
| CONC | 0.00 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 |
| CONC250 | 0.00 | 0.221E+07 | 0.221E+07 | 0.221E+07 | 0.922E+06 | 0.922E+06 | 0.922E+06 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA
THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

| MAT LABEL | TEMP | COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION | | | | | |
|-----------|------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A1 | A2 | A3 | A12 | A13 | A23 |
| STEEL | 0.00 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONC | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONC250 | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA
MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | POISSONS RATIO | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | U12 | U13 | U23 | U14 | U24 | U34 | U15 | U25 | U35 | U45 | U16 | U26 | U36 | U46 | U56 |
| STEEL | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CONC | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CONC250 | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | YIELD FY |
|-----------|------|----------|
| CONC | 0.00 | 36.00 |
| CONC250 | 0.00 | 36.00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | SHAPE TYPE | DEPTH | FLANGE | | WEB THICK | FLANGE | |
|---------------|------------|-------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|
| | | | WIDTH TOP | THICK TOP | | WIDTH BOTTOM | THICK BOTTOM |
| FSEC1 | R | 0.500 | | 0.300 | | | |
| FS1 | R | 0.500 | 0.500 | 0.500 | | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | AXIAL AREA | TORSIONAL CONSTANT | MOMENTS OF INERTIA | | SHEAR A2 | AREAS A3 |
|---------------|------------|--------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | I33 | I22 | | |
| FSEC1 | 0.150E+00 | 0.282E-02 | 0.313E-02 | 0.113E-02 | 0.125E+00 | 0.125E+00 |
| FS1 | 0.250E+00 | 0.880E-02 | 0.521E-02 | 0.521E-02 | 0.208E+00 | 0.208E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | MAT LABEL | ADDITIONAL MASS PER LENGTH | ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH |
|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| FSEC1 | STEEL | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| FS1 | CONC250 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | JOINT END-I | JOINT END-J | ELEMENT LENGTH | END-OFFSET-LENGTHS END-I | END-OFFSET-LENGTHS END-J | RIGID-END FACTOR | NUMBER OF SEGMENTS |
|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------------------|--------------------------|------------------|--------------------|
| 2 | 3 | 4 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 4 | 7 | 8 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 5 | 2 | 6 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 6 | 4 | 8 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 7 | 2 | 4 | 2.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 8 | 6 | 8 | 2.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | SECTION LABEL | LOCAL PLANE | COORD SYSTEM | PLN 1ST | PLN 2ND | PLANE JOINTA | PLANE JOINTB | COORD ANGLE |
|---------------|---------------|-------------|--------------|---------|---------|--------------|--------------|-------------|
| 2 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 5 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 6 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 7 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 8 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |

TOTAL WEIGHTS AND MASSES

| SECTION LABEL | WEIGHT | MASS |
|---------------|--------|--------|
| FS1 | 9.6000 | 0.9760 |
| TOTAL | 9.6000 | 0.9760 |

LOAD CONDITION PESOP

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.1000E+01

LOAD CONDITION VERT

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

DISTRIBUTED SPAN LOADS ON FRAME ELEMENTS

| ELEMENT LABEL | LOC DOF | DISTANCE AT START | DISTANCE AT END | FORCE AT START | FORCE AT END | MOMENT AT START | MOMENT AT END |
|---------------|---------|-------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 5 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.100E+01 | -0.100E+01 | | |
| 6 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.100E+01 | -0.100E+01 | | |
| 7 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.100E+01 | -0.100E+01 | | |
| 8 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.100E+01 | -0.100E+01 | | |

LOAD CONDITION SISMO1

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

JOINT FORCES IN LOCAL COORDINATES

| JOINT LABEL | FORCE 1 | FORCE 2 | FORCE 3 | MOMENT 1 | MOMENT 2 | MOMENT 3 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 4 | 0.000E+00 | 0.200E+02 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
| PESOP | | | | | |
| VERT | | | | | |

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

| LOAD | MODES | SPEC | HIST | MOVE | COMB |
|------|-------|------|------|------|------|
|------|-------|------|------|------|------|

LABEL LABEL LABEL LABEL LABEL

PESOP
VERT

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|

PESOP
VERT

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|

PESOP
VERT

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18
PROGRAM: SAP2000/FILE\M1\documentos\cursosap2000\ejemplo8.EKO

INPUT COMPLETE

S A P 2 0 0 0 (R)
 Structural Analysis Programs
 Version E6.10
 Copyright (C) 1978-1997
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
 All rights reserved

This copy of SAP2000 is for the exclusive use of
 THE LICENSEE
 Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws
 It is the responsibility of the user to verify all
 results produced by this program

19 Mar 2000 15:11:40

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO8.OUT
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED PAGE
1

DISPLACEMENT DEGREES OF FREEDOM

(A) = Active DOF, equilibrium equation
 (-) = Restrained DOF, reaction computed
 (+) = Constrained DOF
 () = Null DOF

| JOINTS | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|--------|----|----|----|----|----|----|
| 2 | A | A | A | A | A | A |
| 3 | - | - | - | - | - | - |
| 4 TO 6 | A | A | A | A | A | A |
| 7 | - | - | - | - | - | - |
| 8 | A | A | A | A | A | A |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO8.OUT
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED PAGE
2

JOINT DISPLACEMENTS

TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD PESOP -----

| JOINT | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 2 | 4.26E-09 | -0.001171 | -0.001910 | 0.001006 | 4.68E-05 | -1.87E-07 |
| 3 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | 4.62E-07 | -0.001171 | -2.11E-05 | 0.000781 | 2.45E-05 | -1.64E-07 |
| 6 | -4.26E-09 | -0.001171 | -0.001910 | 0.001006 | -4.68E-05 | 1.87E-07 |
| 7 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 8 | -4.62E-07 | -0.001171 | -2.11E-05 | 0.000781 | -2.45E-05 | 1.64E-07 |

LOAD VERT -----

| JOINT | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 2 | 7.09E-09 | -0.001952 | -0.003176 | 0.001677 | 7.80E-05 | -3.12E-07 |
| 3 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | 7.70E-07 | -0.001952 | -2.71E-05 | 0.001301 | 4.08E-05 | -2.73E-07 |
| 6 | -7.09E-09 | -0.001952 | -0.003176 | 0.001677 | -7.80E-05 | 3.12E-07 |
| 7 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 8 | -7.70E-07 | -0.001952 | -2.71E-05 | 0.001301 | -4.08E-05 | 2.73E-07 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|-------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 2 | -0.003173 | 0.010573 | 0.008727 | -0.004173 | 0.000527 | -0.001706 |
| 3 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | 0.000109 | 0.010575 | -1.01E-06 | -0.004639 | 7.27E-05 | -0.001577 |
| 6 | -0.003173 | 0.005352 | 0.006886 | -0.003634 | 0.000527 | -0.001706 |
| 7 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 8 | 0.000109 | 0.005350 | 1.01E-06 | -0.003167 | 7.27E-05 | -0.001577 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO8.OUT
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED PAGE
3

APPLIED LOADS

FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 2 | .000000 | .000000 | -1.500000 | -0.200000 | 0.450000 | .000000 |
| 3 | .000000 | .000000 | -0.900000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | .000000 | .000000 | -2.400000 | 0.200000 | 0.450000 | .000000 |
| 6 | .000000 | .000000 | -1.500000 | -0.200000 | -0.450000 | .000000 |
| 7 | .000000 | .000000 | -0.900000 | .000000 | .000000 | .000000 |
| 8 | .000000 | .000000 | -2.400000 | 0.200000 | -0.450000 | .000000 |

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 2 | .000000 | .000000 | -2.500000 | -0.333333 | 0.750000 | .000000 |
| 4 | .000000 | .000000 | -2.500000 | 0.333333 | 0.750000 | .000000 |
| 6 | .000000 | .000000 | -2.500000 | -0.333333 | -0.750000 | .000000 |
| 8 | .000000 | .000000 | -2.500000 | 0.333333 | -0.750000 | .000000 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| 4 | .000000 | 20.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL08.OUT
PAGE
4

GLOBAL FORCE BALANCE

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD PESOP -----

| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------|----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|
| APPLIED | .000000 | .000000 | -9.600000 | -18.000000 | 6.66E-16 | .000000 |
| REACTNS | 1.39E-16 | 5.09E-14 | 9.600000 | 18.000000 | -3.11E-15 | -1.01E-13 |
| TOTAL | 1.39E-16 | 5.09E-14 | -1.78E-15 | -1.53E-13 | -2.44E-15 | -1.01E-13 |

LOAD VERT -----

| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------|----------|----------|------------|------------|-----------|-----------|
| APPLIED | .000000 | .000000 | -10.000000 | -15.000000 | 1.11E-15 | .000000 |
| REACTNS | 3.33E-16 | 8.33E-14 | 10.000000 | 15.000000 | -1.33E-15 | -1.70E-13 |
| TOTAL | 3.33E-16 | 8.33E-14 | .000000 | -2.45E-13 | -2.22E-16 | -1.70E-13 |

LOAD SISMOY -----

| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|---------|-----------|------------|----------|------------|-----------|------------|
| APPLIED | .000000 | 20.000000 | .000000 | -60.000000 | .000000 | -30.000000 |
| REACTNS | -2.61E-14 | -20.000000 | 4.55E-15 | 60.000000 | -6.40E-14 | 30.000000 |
| TOTAL | -2.61E-14 | -4.83E-13 | 4.55E-15 | 1.44E-12 | -6.40E-14 | 8.56E-13 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE:EJEMPL08.OUT
PAGE
5

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 2 -----

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 3 | 0.172089 | 4.97E-14 | 4.800000 | -3.000000 | 0.164021 | 0.000443 |
| 4 | -0.172089 | -4.97E-14 | -3.000000 | 3.000000 | 0.352246 | -0.000443 |

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| 3 | 0.286815 | 8.22E-14 | 5.000000 | -5.000000 | 0.273369 | 0.000739 |
| 4 | -0.286815 | -8.22E-14 | -5.000000 | 5.000000 | 0.587077 | -0.000739 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 3 | -1.33E-14 | -17.155639 | 0.186242 | 43.562544 | -0.279363 | 4.266542 |
| 4 | 1.33E-14 | 17.155639 | -0.186242 | 7.904373 | 0.279363 | -4.266542 |

ELEM 4 -----

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 7 | -0.172089 | 1.20E-15 | 4.800000 | -3.000000 | -0.164021 | -0.000443 |
| 8 | 0.172089 | -1.20E-15 | -3.000000 | 3.000000 | -0.352246 | 0.000443 |

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 7 | -0.286815 | 1.02E-15 | 5.000000 | -5.000000 | -0.273369 | -0.000739 |
| 8 | 0.286815 | -1.02E-15 | -5.000000 | 5.000000 | -0.587077 | 0.000739 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 7 | -1.28E-14 | -2.844361 | -0.186242 | 16.437456 | -0.279363 | 4.266542 |
| 8 | 1.28E-14 | 2.844361 | 0.186242 | -7.904373 | 0.279363 | -4.266542 |

ELEM 5 -----

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | 0.001570 | -2.41E-15 | 0.900000 | 4.16E-15 | -0.090470 | -0.001437 |
| 6 | -0.001570 | 2.41E-15 | 0.900000 | -4.16E-15 | 0.090470 | 0.001437 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO8.OUT
 PAGE
 6

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | 0.002617 | -3.20E-15 | 1.500000 | 7.28E-15 | -0.150784 | -0.002395 |
| 6 | -0.002617 | 3.20E-15 | 1.500000 | -7.28E-15 | 0.150784 | 0.002395 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 2 | -1.93E-14 | 0.495706 | 1.230498 | -1.459080 | -1.845747 | 0.743559 |
| 6 | 1.93E-14 | -0.495706 | -1.230498 | 1.459080 | -1.845747 | 0.743559 |

ELEM 6 -----

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 4 | 0.170519 | -7.39E-15 | 0.900000 | 1.26E-14 | -0.261775 | -0.001260 |
| 8 | -0.170519 | 7.39E-15 | 0.900000 | -1.26E-14 | 0.261775 | 0.001260 |

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 4 | 0.284199 | -1.34E-14 | 1.500000 | 2.11E-14 | -0.436292 | -0.002099 |
| 8 | -0.284199 | 1.34E-14 | 1.500000 | -2.11E-14 | 0.436292 | 0.002099 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 4 | 3.82E-15 | 2.348655 | -1.044256 | -3.984296 | 1.566385 | 3.522982 |
| 8 | -3.82E-15 | -2.348655 | 1.044256 | 3.984296 | 1.566385 | 3.522982 |

ELEM 7 -----

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 2 | -0.001570 | -1.94E-16 | -0.900000 | -7.52E-15 | 0.090470 | 0.001437 |
| 4 | 0.001570 | 1.94E-16 | 2.100000 | -3.000000 | -0.090470 | 0.001703 |

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 2 | -0.002617 | 4.07E-14 | -1.500000 | -8.60E-15 | 0.150784 | 0.002395 |
| 4 | 0.002617 | -4.07E-14 | 3.500000 | -5.000000 | -0.150784 | 0.002838 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | 1.29E-14 | -0.495706 | -1.230498 | 1.459080 | 1.845747 | -0.743559 |
| 4 | -1.29E-14 | 0.495706 | 1.230498 | -3.920077 | -1.845747 | 0.743559 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE EJEMPLO8.OUT
 PAGE
 7

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 8 -----

LOAD PESOP -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6 | 0.001570 | 3.49E-14 | -0.900000 | 5.22E-15 | -0.090470 | -0.001437 |
| 8 | -0.001570 | -3.49E-14 | 2.100000 | -3.000000 | 0.090470 | -0.001703 |

LOAD VERT -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6 | 0.002617 | 7.92E-14 | -1.500000 | 1.08E-14 | -0.150784 | -0.002395 |
| 8 | -0.002617 | -7.92E-14 | 3.500000 | -5.000000 | 0.150784 | -0.002838 |

LOAD SISMOY -----

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 6 | 1.33E-14 | 0.495706 | 1.230498 | -1.459080 | 1.845747 | -0.743559 |
| 8 | -1.33E-14 | -0.495706 | -1.230498 | 3.920077 | -1.845747 | 0.743559 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO8.OUT
 PAGE

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 2 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -4.800000 | -0.172089 | -4.97E-14 | -0.000443 | -3.000000 | -0.164021 |
| 0.50000 | -3.900000 | -0.172089 | -4.97E-14 | -0.000443 | -3.000000 | 0.094112 |
| 1.00000 | -3.000000 | -0.172089 | -4.97E-14 | -0.000443 | -3.000000 | 0.352246 |

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -5.000000 | -0.286815 | -8.22E-14 | -0.000739 | -5.000000 | -0.273369 |
| 0.50000 | -5.000000 | -0.286815 | -8.22E-14 | -0.000739 | -5.000000 | 0.156854 |
| 1.00000 | -5.000000 | -0.286815 | -8.22E-14 | -0.000739 | -5.000000 | 0.587077 |

LOAD SISMOY -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 0.00000 | -0.186242 | 1.33E-14 | 17.155639 | -4.266542 | 43.562544 | 0.279363 |
| 0.50000 | -0.186242 | 1.33E-14 | 17.155639 | -4.266542 | 17.829086 | 0.279363 |
| 1.00000 | -0.186242 | 1.33E-14 | 17.155639 | -4.266542 | -7.904373 | 0.279363 |

ELEM 4 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -4.800000 | 0.172089 | -1.20E-15 | 0.000443 | -3.000000 | 0.164021 |
| 0.50000 | -3.900000 | 0.172089 | -1.20E-15 | 0.000443 | -3.000000 | -0.094112 |
| 1.00000 | -3.000000 | 0.172089 | -1.20E-15 | 0.000443 | -3.000000 | -0.352246 |

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -5.000000 | 0.286815 | -1.02E-15 | 0.000739 | -5.000000 | 0.273369 |
| 0.50000 | -5.000000 | 0.286815 | -1.02E-15 | 0.000739 | -5.000000 | -0.156854 |
| 1.00000 | -5.000000 | 0.286815 | -1.02E-15 | 0.000739 | -5.000000 | -0.587077 |

LOAD SISMOY -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|
| 0.00000 | 0.186242 | 1.28E-14 | 2.844361 | -4.266542 | 16.437456 | 0.279363 |
| 0.50000 | 0.186242 | 1.28E-14 | 2.844361 | -4.266542 | 12.170914 | 0.279363 |
| 1.00000 | 0.186242 | 1.28E-14 | 2.844361 | -4.266542 | 7.904373 | 0.279363 |

ELEM 5 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -0.001570 | -0.900000 | -2.41E-15 | -4.16E-15 | -0.001437 | -0.090470 |
| 0.25000 | -0.001570 | -0.450000 | -2.41E-15 | -4.16E-15 | -0.001437 | 0.415780 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: EJEMPLO8.OUT
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED PAGE 9

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.50000 | -0.001570 | 5.80E-15 | -2.41E-15 | -4.16E-15 | -0.001437 | 0.584530 |
| 0.75000 | -0.001570 | 0.450000 | -2.41E-15 | -4.16E-15 | -0.001437 | 0.415780 |
| 1.00000 | -0.001570 | 0.900000 | -2.41E-15 | -4.16E-15 | -0.001437 | -0.090470 |

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -0.002617 | -1.500000 | -3.20E-15 | -7.28E-15 | -0.002395 | -0.150784 |
| 0.25000 | -0.002617 | -0.750000 | -3.20E-15 | -7.28E-15 | -0.002395 | 0.692966 |
| 0.50000 | -0.002617 | 8.66E-15 | -3.20E-15 | -7.28E-15 | -0.002395 | 0.974216 |
| 0.75000 | -0.002617 | 0.750000 | -3.20E-15 | -7.28E-15 | -0.002395 | 0.692966 |
| 1.00000 | -0.002617 | 1.500000 | -3.20E-15 | -7.28E-15 | -0.002395 | -0.150784 |

LOAD SISMOY -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | 1.93E-14 | -1.230498 | 0.495706 | 1.459080 | 0.743559 | -1.845747 |
| 0.25000 | 1.93E-14 | -1.230498 | 0.495706 | 1.459080 | 0.371780 | -0.922874 |
| 0.50000 | 1.93E-14 | -1.230498 | 0.495706 | 1.459080 | -4.30E-15 | 3.83E-15 |
| 0.75000 | 1.93E-14 | -1.230498 | 0.495706 | 1.459080 | -0.371780 | 0.922874 |
| 1.00000 | 1.93E-14 | -1.230498 | 0.495706 | 1.459080 | -0.743559 | 1.845747 |

ELEM 6 ----- LENGTH = 3.000000

LOAD PESOP -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -0.170519 | -0.900000 | -7.39E-15 | -1.26E-14 | -0.001260 | -0.261775 |
| 0.25000 | -0.170519 | -0.450000 | -7.39E-15 | -1.26E-14 | -0.001260 | 0.244475 |
| 0.50000 | -0.170519 | -2.97E-15 | -7.39E-15 | -1.26E-14 | -0.001260 | 0.413225 |

| | | | | | | |
|---------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.75000 | -0.170519 | 0.450000 | -7.39E-15 | -1.26E-14 | -0.001260 | 0.244475 |
| 1.00000 | -0.170519 | 0.900000 | -7.39E-15 | -1.26E-14 | -0.001260 | -0.261775 |

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -0.284199 | -1.500000 | -1.34E-14 | -2.11E-14 | -0.002099 | -0.436292 |
| 0.25000 | -0.284199 | -0.750000 | -1.34E-14 | -2.11E-14 | -0.002099 | 0.407458 |
| 0.50000 | -0.284199 | -5.11E-15 | -1.34E-14 | -2.11E-14 | -0.002099 | 0.688708 |
| 0.75000 | -0.284199 | 0.750000 | -1.34E-14 | -2.11E-14 | -0.002099 | 0.407458 |
| 1.00000 | -0.284199 | 1.500000 | -1.34E-14 | -2.11E-14 | -0.002099 | -0.436292 |

LOAD SISMOY -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -3.82E-15 | 1.044256 | 2.348655 | 3.984296 | 3.522982 | 1.566385 |
| 0.25000 | -3.82E-15 | 1.044256 | 2.348655 | 3.984296 | 1.761491 | 0.783192 |
| 0.50000 | -3.82E-15 | 1.044256 | 2.348655 | 3.984296 | -4.44E-16 | -4.44E-16 |
| 0.75000 | -3.82E-15 | 1.044256 | 2.348655 | 3.984296 | -1.761491 | -0.783192 |
| 1.00000 | -3.82E-15 | 1.044256 | 2.348655 | 3.984296 | -3.522982 | -1.566385 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO8.OUT
 PAGE
 10

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 7 ----- LENGTH = 2.000000

LOAD PESOP -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | 1.94E-16 | 0.900000 | 0.001570 | -0.090470 | 0.001437 | 4.82E-15 |
| 0.25000 | 1.94E-16 | 1.200000 | 0.001570 | -0.090470 | 0.000652 | -0.525000 |
| 0.50000 | 1.94E-16 | 1.500000 | 0.001570 | -0.090470 | -0.000133 | -1.200000 |
| 0.75000 | 1.94E-16 | 1.800000 | 0.001570 | -0.090470 | -0.000918 | -2.025000 |
| 1.00000 | 1.94E-16 | 2.100000 | 0.001570 | -0.090470 | -0.001703 | -3.000000 |

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -4.07E-14 | 1.500000 | 0.002617 | -0.150784 | 0.002395 | 6.40E-15 |
| 0.25000 | -4.07E-14 | 2.000000 | 0.002617 | -0.150784 | 0.001087 | -0.875000 |
| 0.50000 | -4.07E-14 | 2.500000 | 0.002617 | -0.150784 | -0.000222 | -2.000000 |
| 0.75000 | -4.07E-14 | 3.000000 | 0.002617 | -0.150784 | -0.001530 | -3.375000 |
| 1.00000 | -4.07E-14 | 3.500000 | 0.002617 | -0.150784 | -0.002838 | -5.000000 |

LOAD SISMOY -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | 0.495706 | 1.230498 | -1.29E-14 | -1.845747 | -0.743559 | -1.459080 |
| 0.25000 | 0.495706 | 1.230498 | -1.29E-14 | -1.845747 | -0.743559 | -2.074329 |
| 0.50000 | 0.495706 | 1.230498 | -1.29E-14 | -1.845747 | -0.743559 | -2.689578 |
| 0.75000 | 0.495706 | 1.230498 | -1.29E-14 | -1.845747 | -0.743559 | -3.304828 |
| 1.00000 | 0.495706 | 1.230498 | -1.29E-14 | -1.845747 | -0.743559 | -3.920077 |

ELEM 8 ----- LENGTH = 2.000000

LOAD PESOP -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -3.49E-14 | 0.900000 | -0.001570 | 0.090470 | -0.001437 | -4.36E-15 |
| 0.25000 | -3.49E-14 | 1.200000 | -0.001570 | 0.090470 | -0.000652 | -0.525000 |
| 0.50000 | -3.49E-14 | 1.500000 | -0.001570 | 0.090470 | 0.000133 | -1.200000 |
| 0.75000 | -3.49E-14 | 1.800000 | -0.001570 | 0.090470 | 0.000918 | -2.025000 |
| 1.00000 | -3.49E-14 | 2.100000 | -0.001570 | 0.090470 | 0.001703 | -3.000000 |

LOAD VERT -----

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 0.00000 | -7.92E-14 | 1.500000 | -0.002617 | 0.150784 | -0.002395 | -1.30E-14 |
| 0.25000 | -7.92E-14 | 2.000000 | -0.002617 | 0.150784 | -0.001087 | -0.875000 |
| 0.50000 | -7.92E-14 | 2.500000 | -0.002617 | 0.150784 | 0.000222 | -2.000000 |
| 0.75000 | -7.92E-14 | 3.000000 | -0.002617 | 0.150784 | 0.001530 | -3.375000 |
| 1.00000 | -7.92E-14 | 3.500000 | -0.002617 | 0.150784 | 0.002838 | -5.000000 |

LOAD SISMOY -----

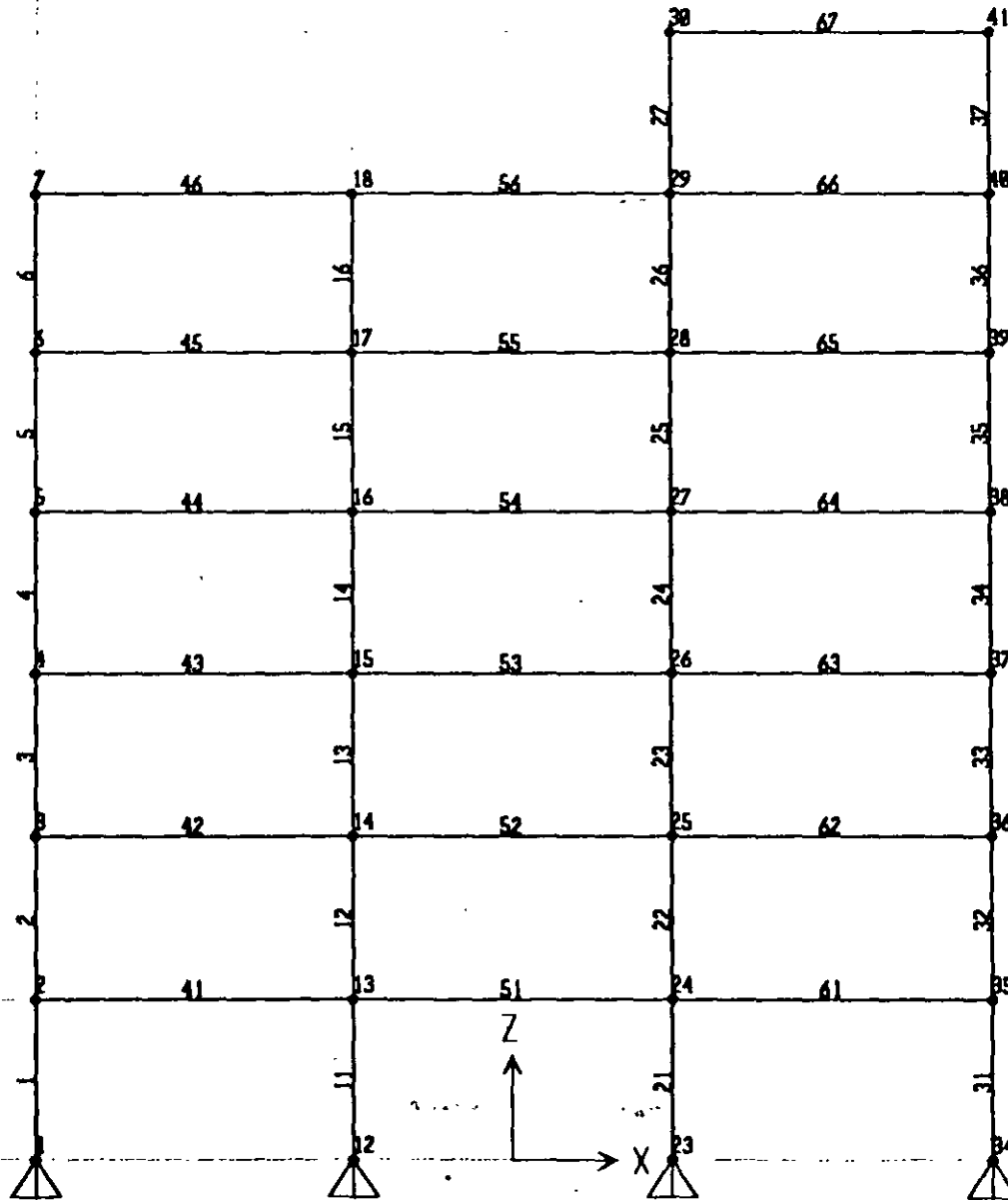
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 0.00000 | -0.495706 | -1.230498 | -1.33E-14 | -1.845747 | -0.743559 | 1.459080 |

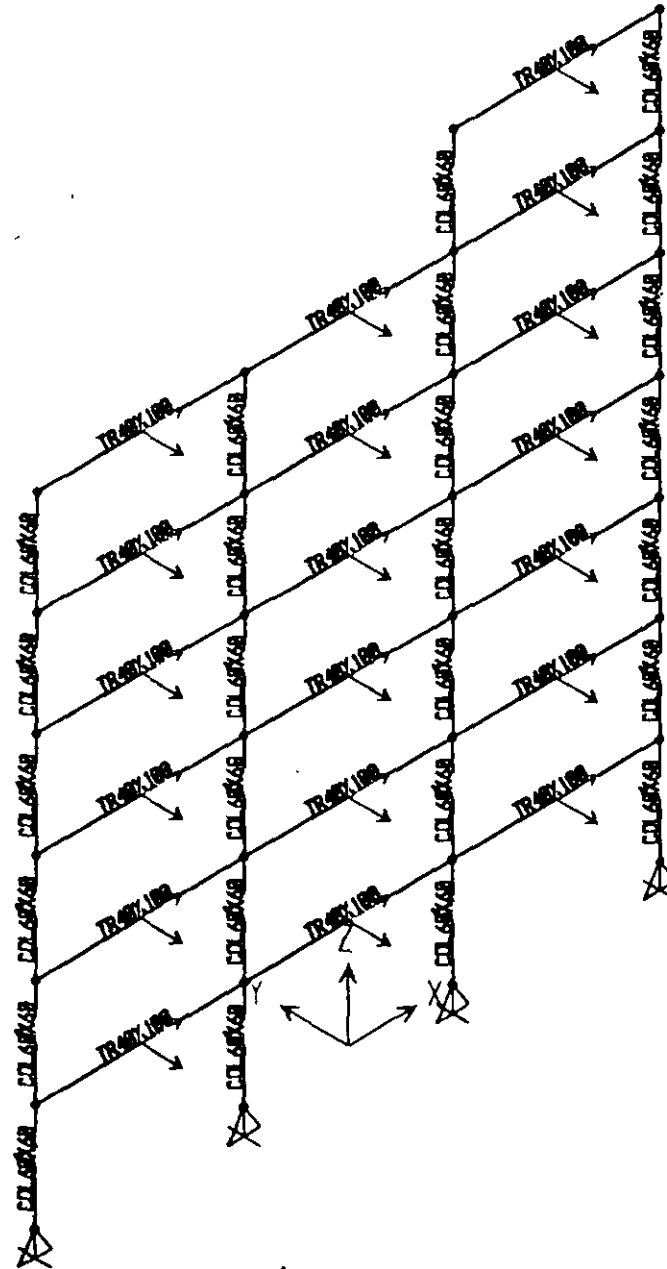
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
 EDUCATIONAL VERSION - COMMERCIAL USE PROHIBITED

FILE: EJEMPLO8.OUT
 PAGE
 11

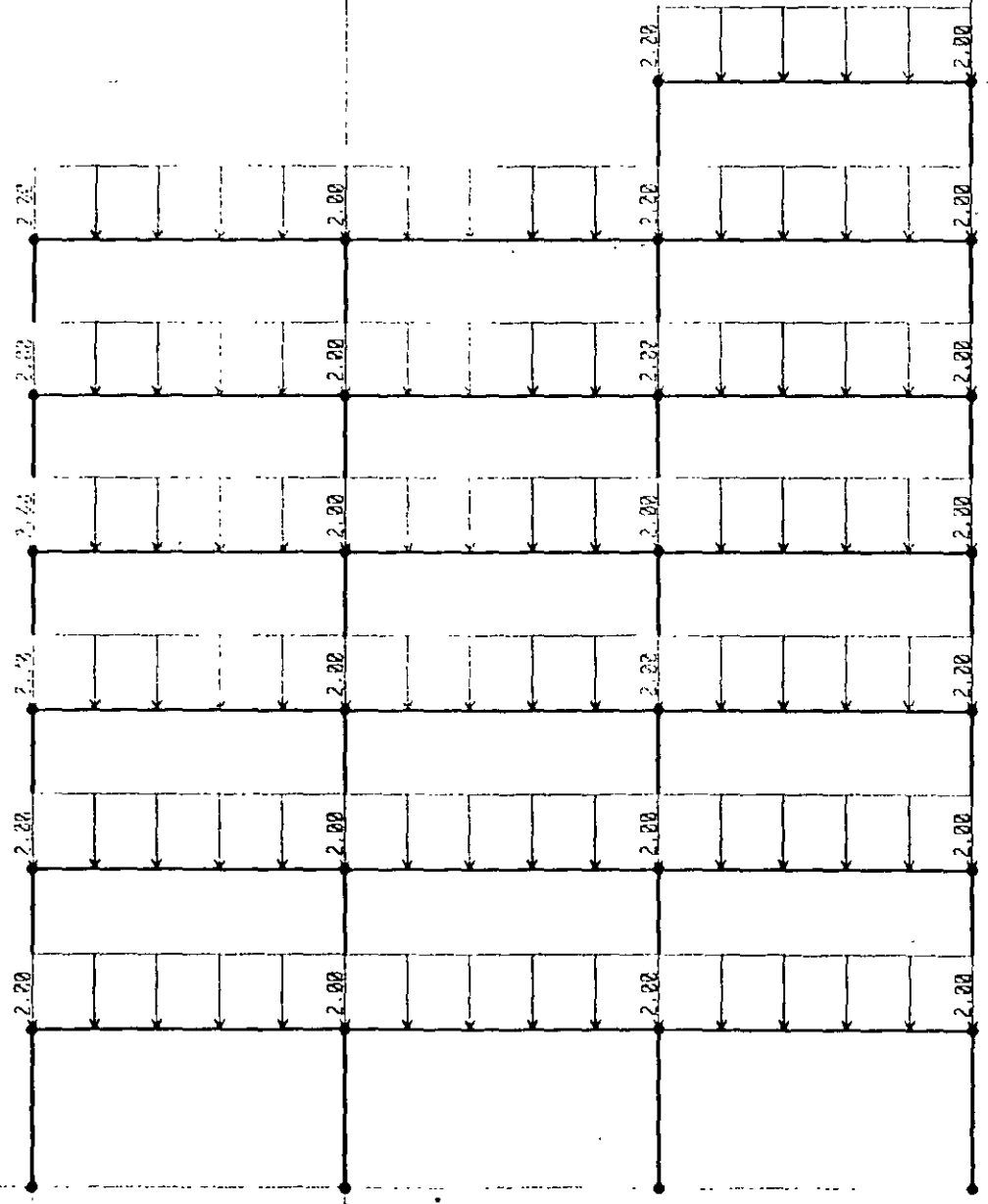
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

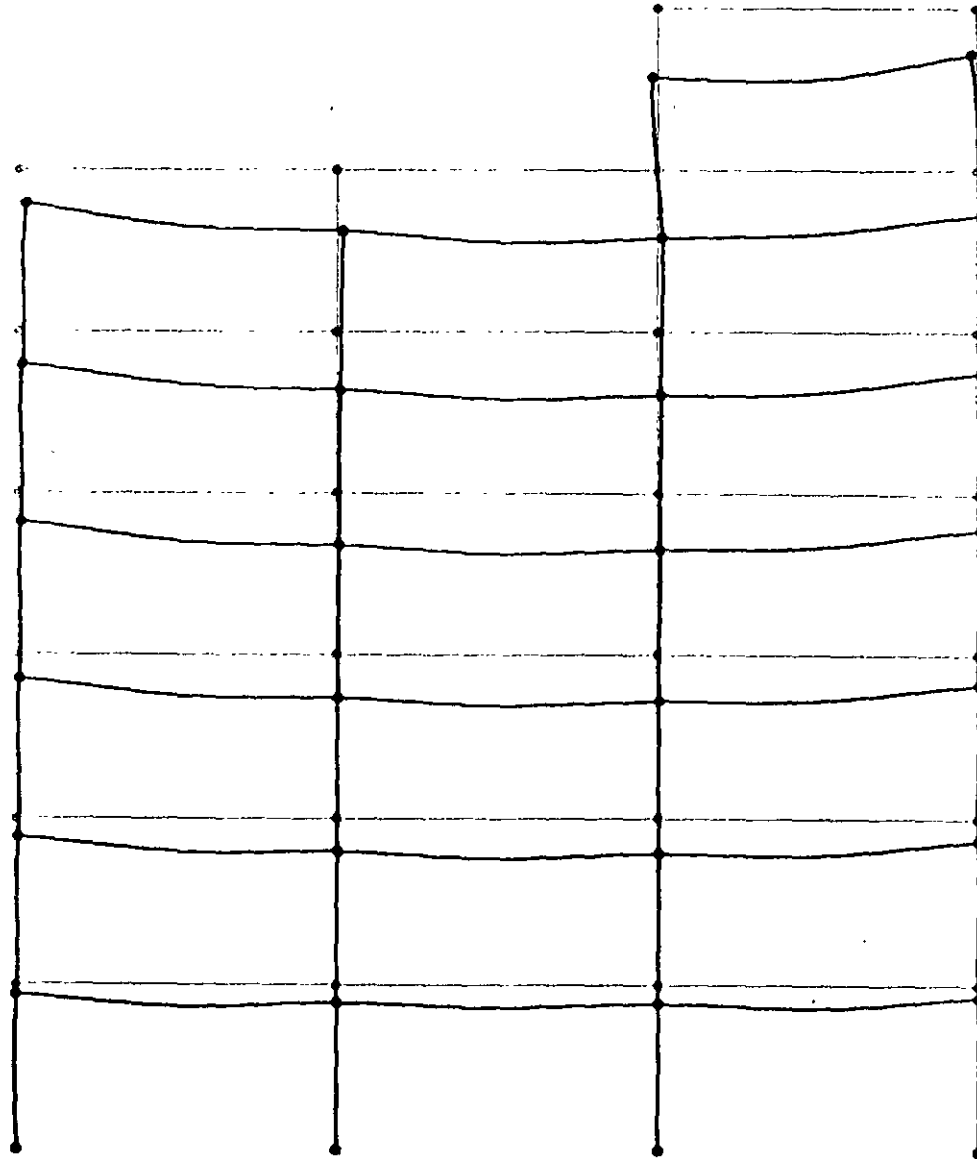
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 0.25000 | -0.495706 | -1.230498 | -1.33E-14 | -1.845747 | -0.743559 | 2.074329 |
| 0.50000 | -0.495706 | -1.230498 | -1.33E-14 | -1.845747 | -0.743559 | 2.689578 |
| 0.75000 | -0.495706 | -1.230498 | -1.33E-14 | -1.845747 | -0.743559 | 3.304828 |
| 1.00000 | -0.495706 | -1.230498 | -1.33E-14 | -1.845747 | -0.743559 | 3.920077 |

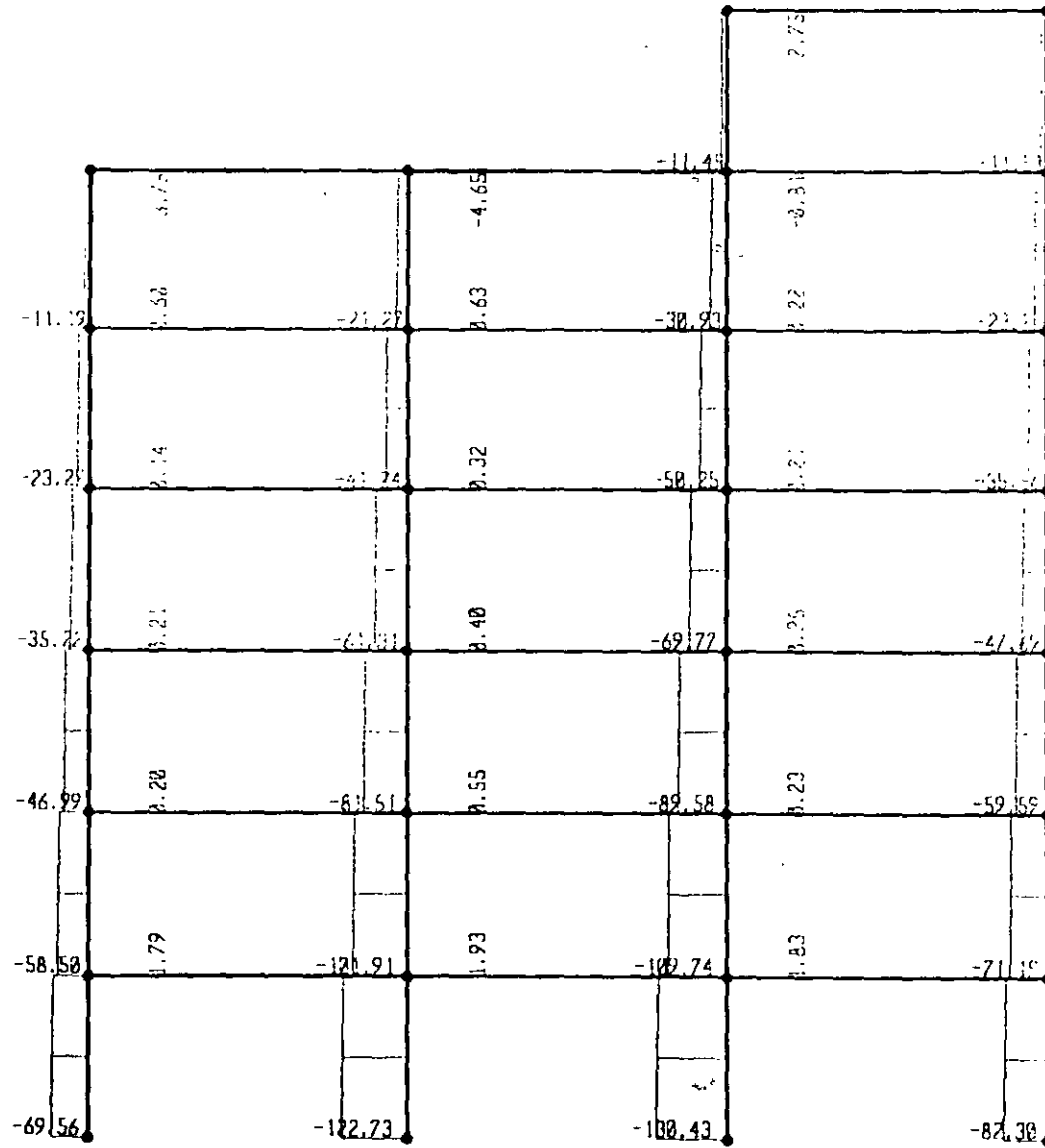


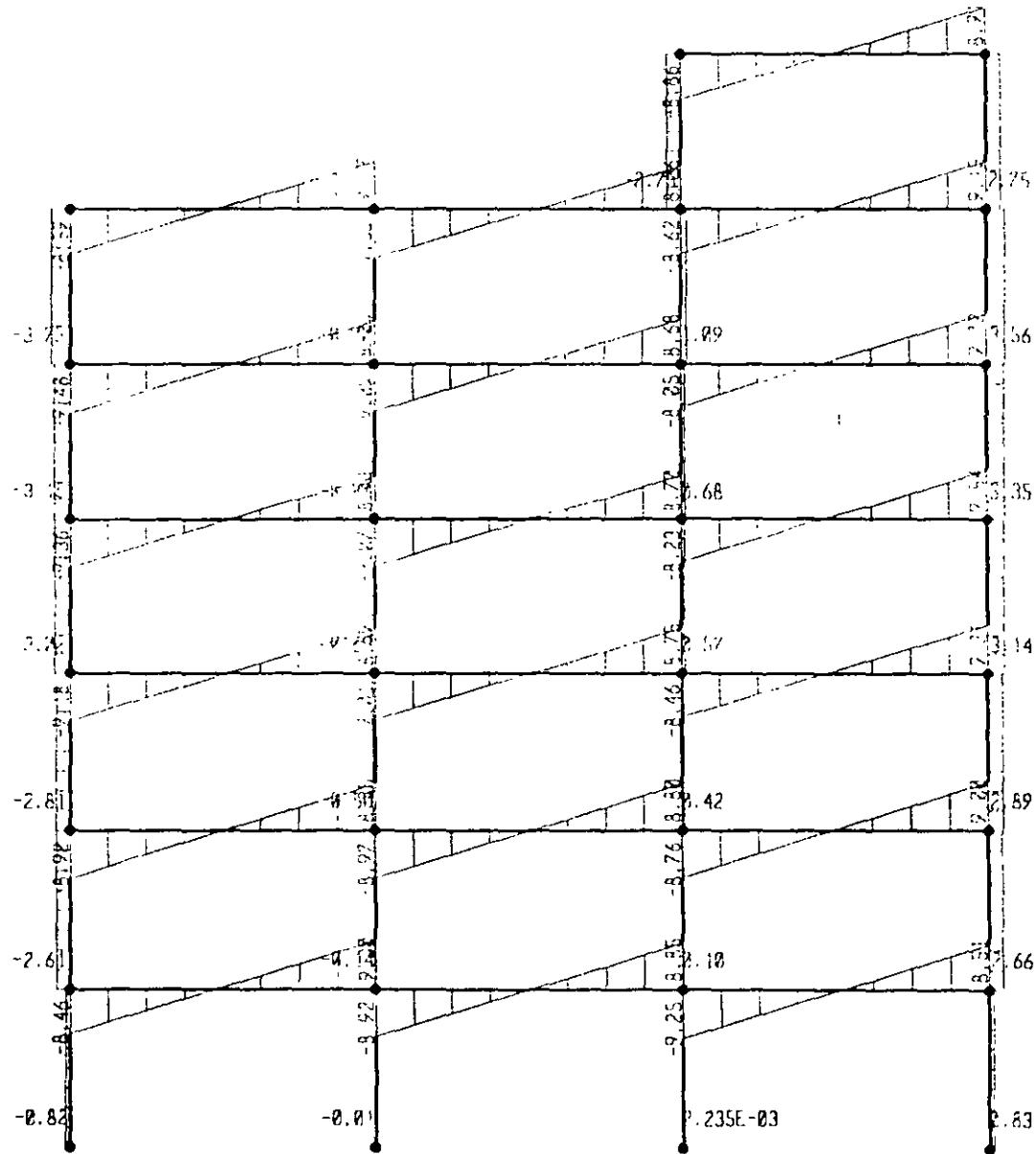


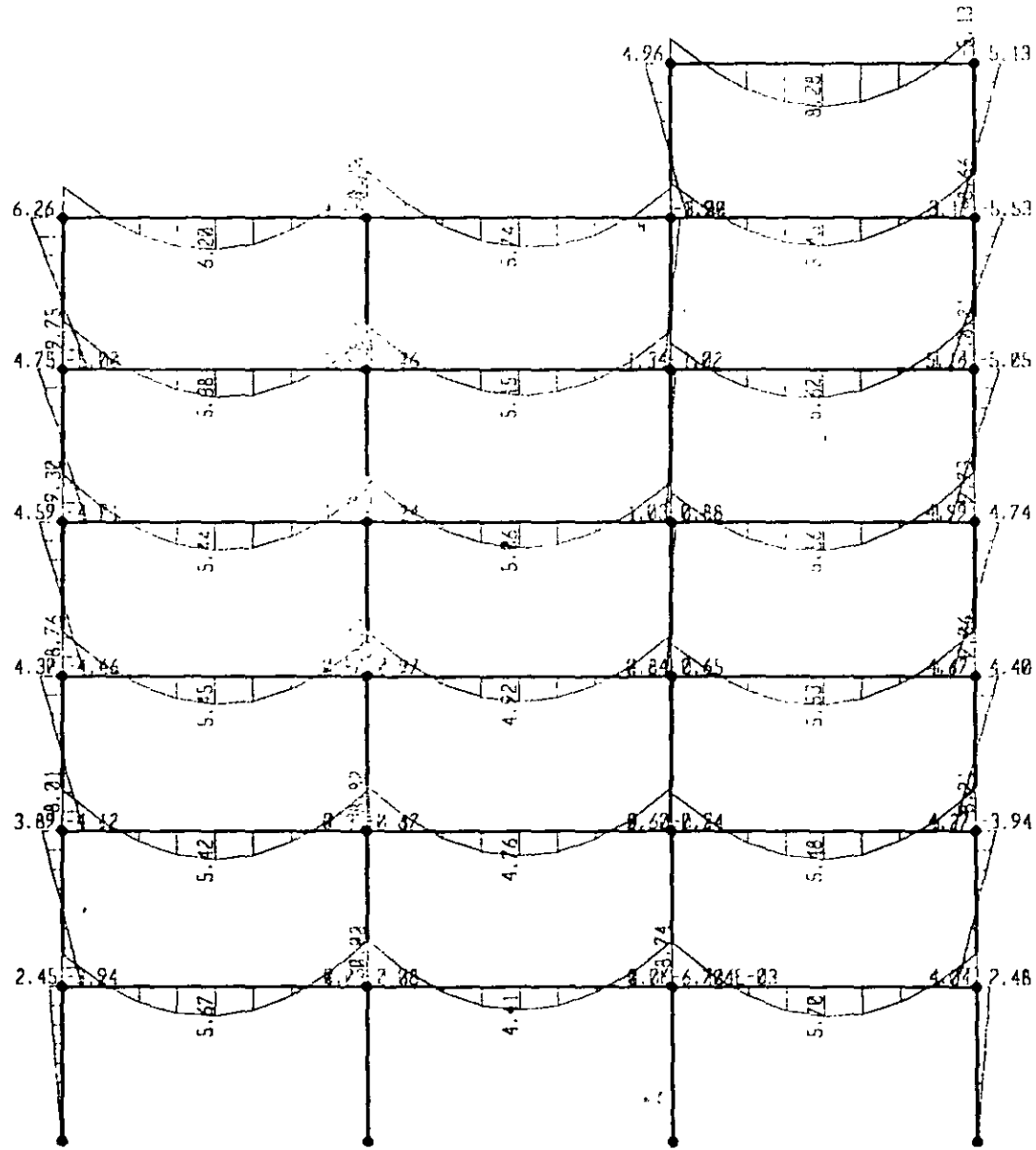
001

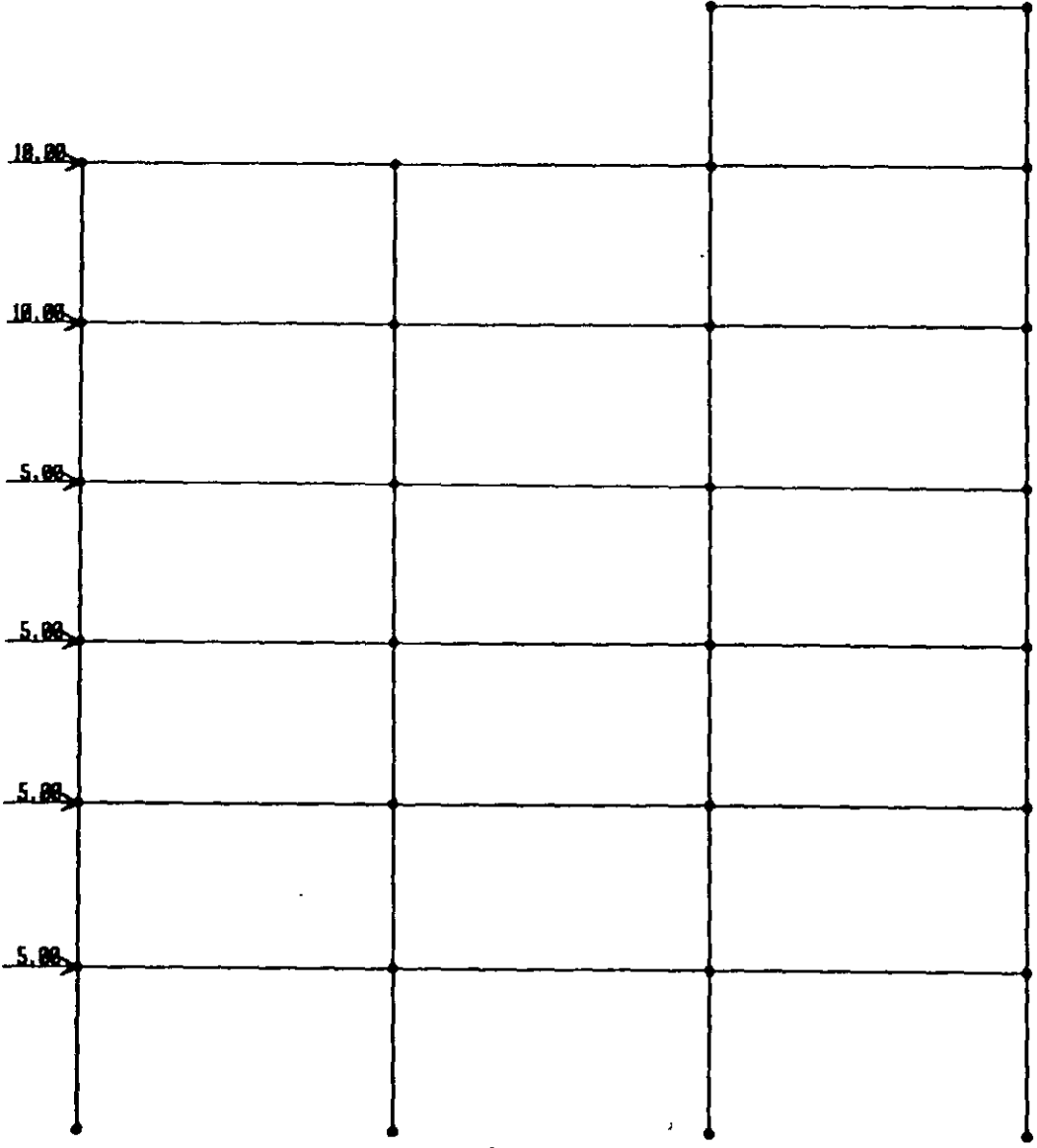








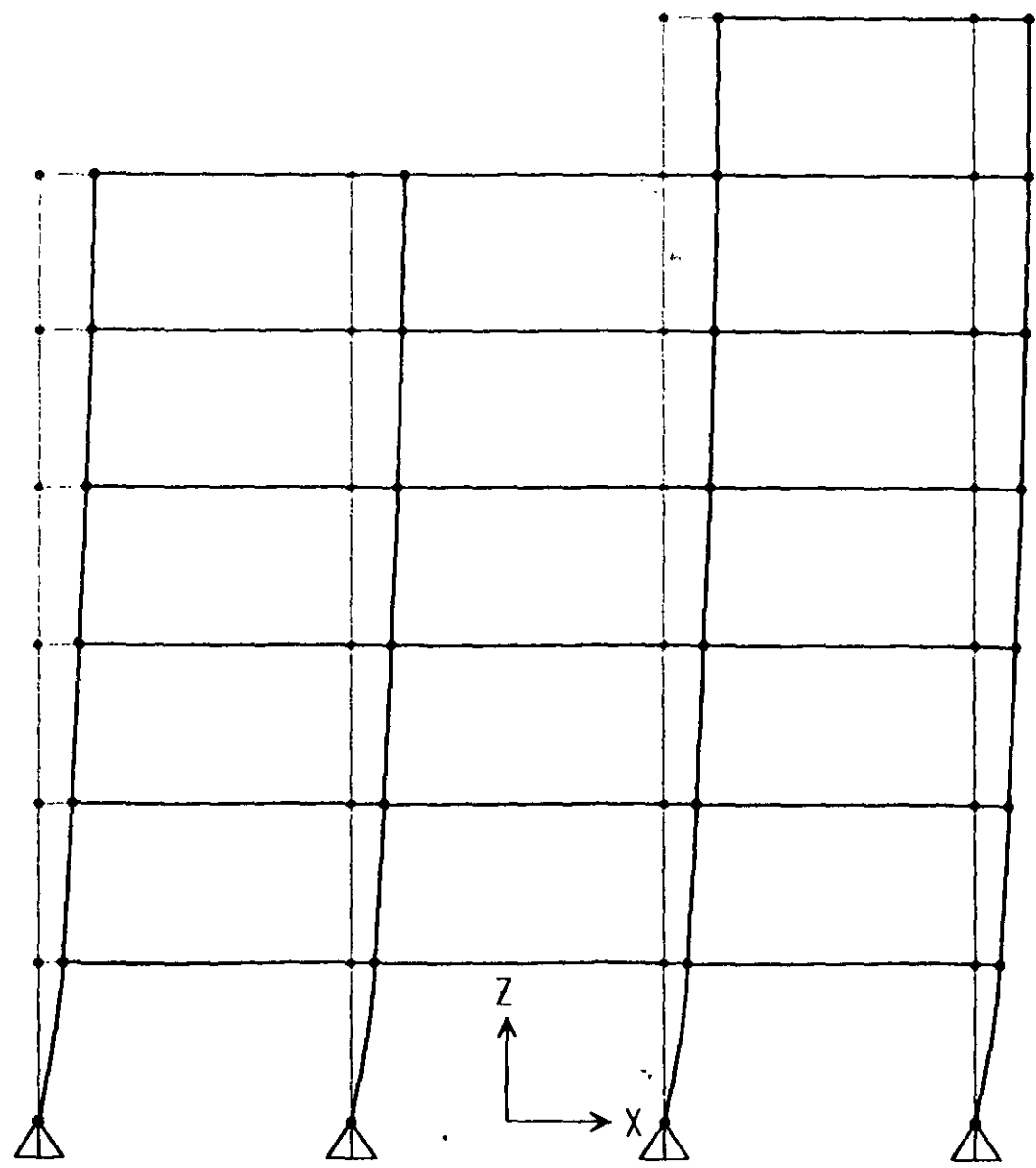


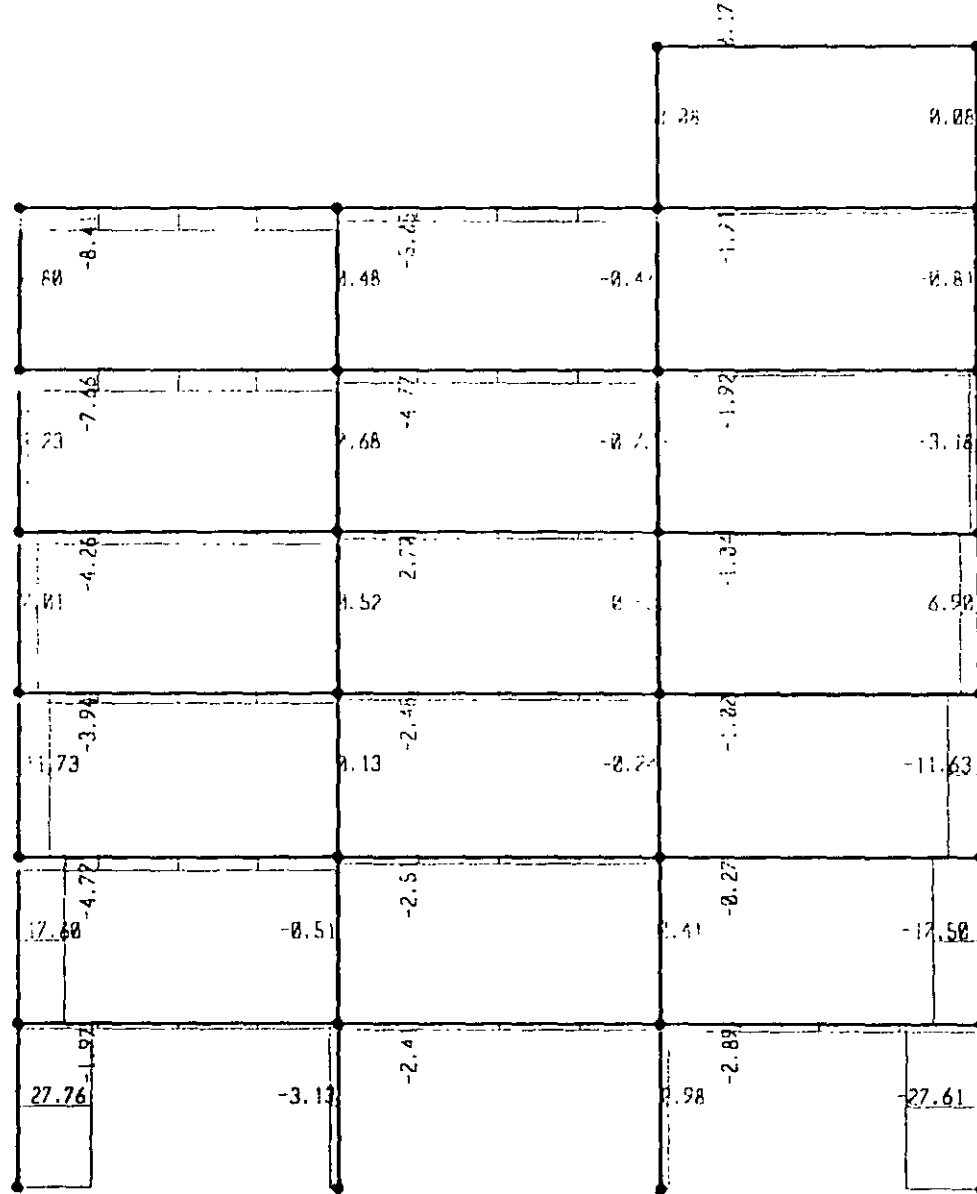


100

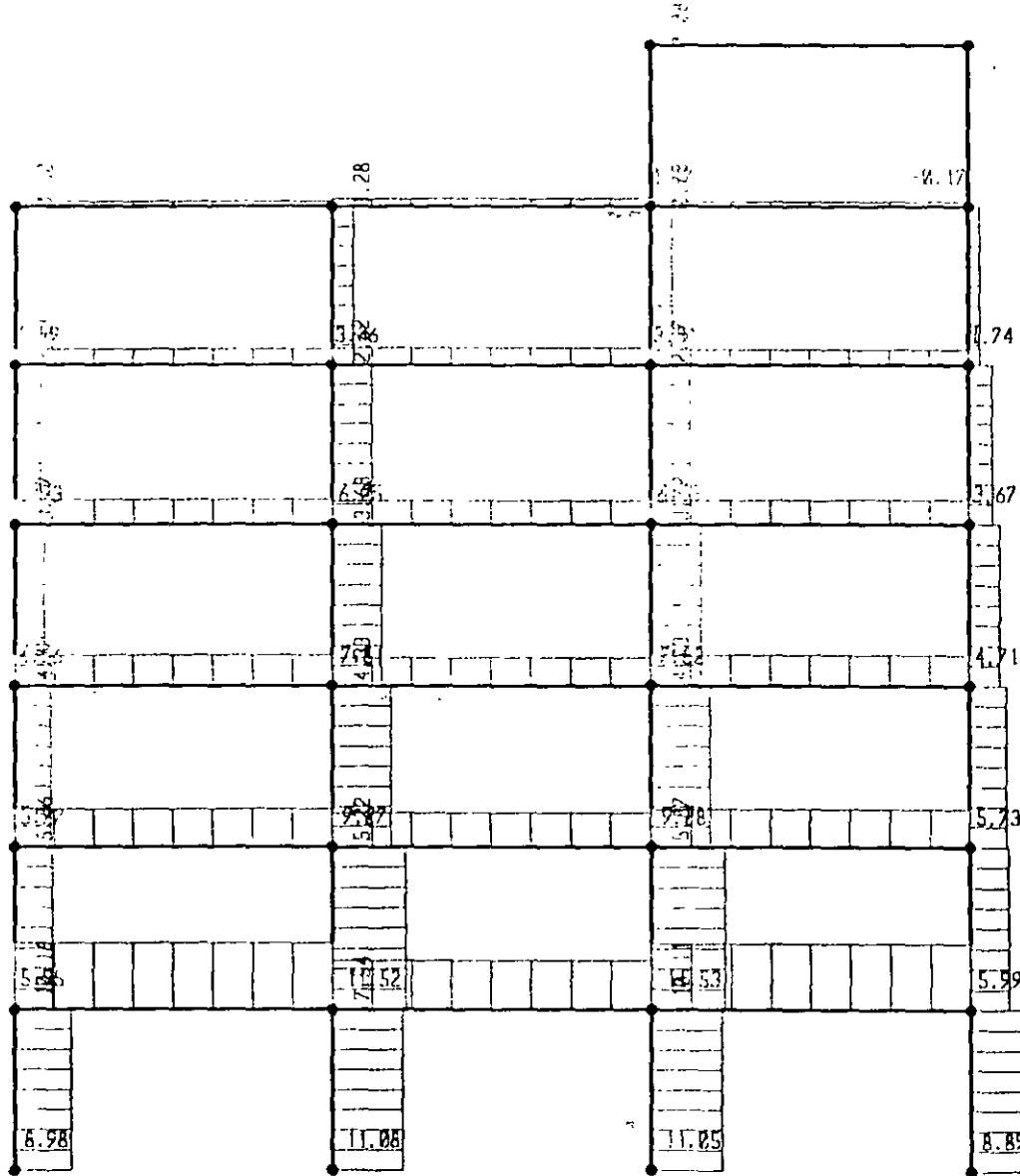
2

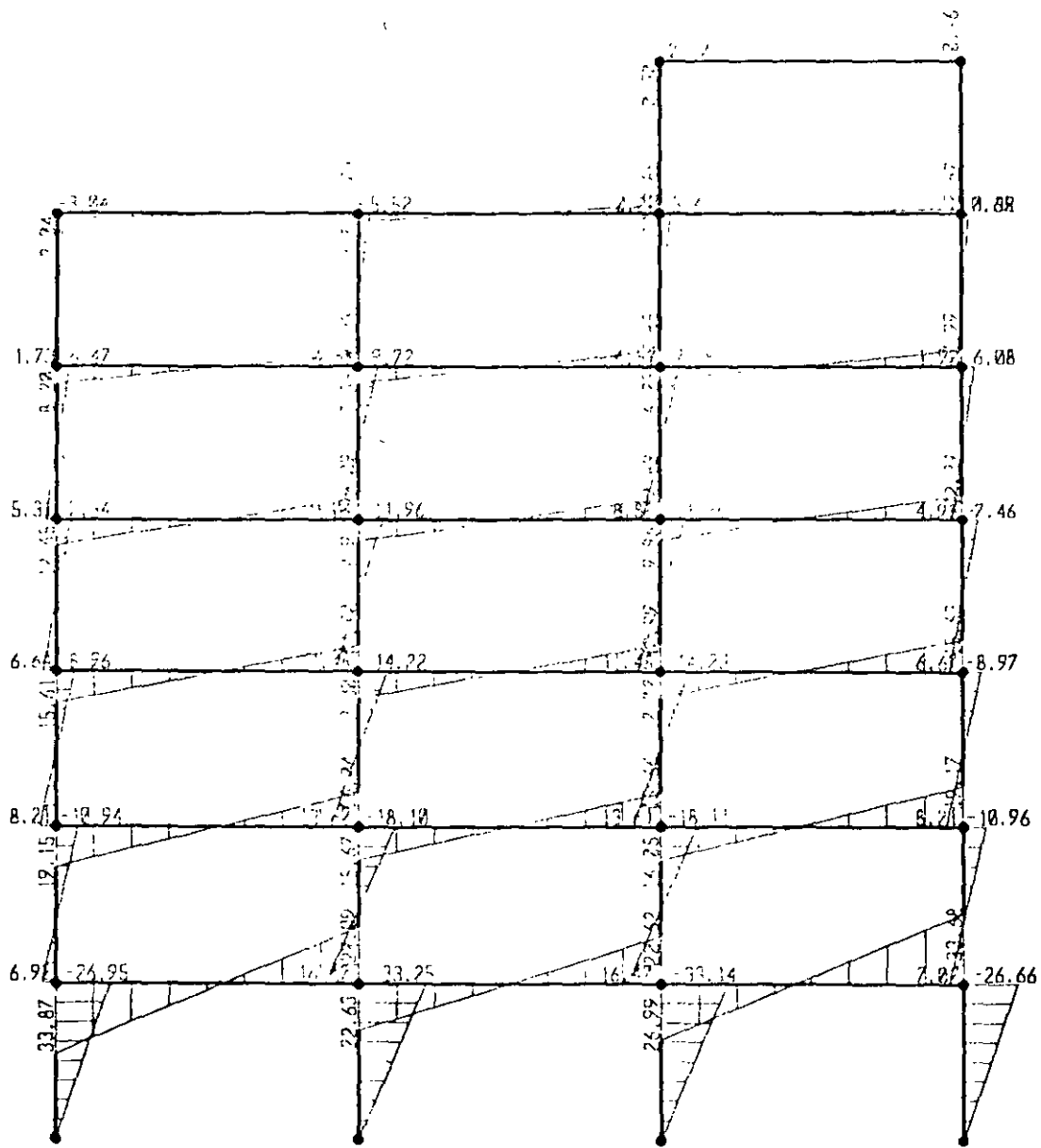
3





UVU





File C:\Mis documentos\curso sap 2000\ejemplo9.s2k saved 3/21/00 10:12:33 in Ton-m

SYSTEM

DOF=UX,UZ,RY LENGTH=m FORCE=Ton LINES=59

JOINT

1 X=-9 Y=0 Z=0
2 X=-9 Y=0 Z=3
3 X=-9 Y=0 Z=6
4 X=-9 Y=0 Z=9
5 X=-9 Y=0 Z=12
6 X=-9 Y=0 Z=15
7 X=-9 Y=0 Z=18
12 X=-3 Y=0 Z=0
13 X=-3 Y=0 Z=3
14 X=-3 Y=0 Z=6
15 X=-3 Y=0 Z=9
16 X=-3 Y=0 Z=12
17 X=-3 Y=0 Z=15
18 X=-3 Y=0 Z=18
23 X=3 Y=0 Z=0
24 X=3 Y=0 Z=3
25 X=3 Y=0 Z=6
26 X=3 Y=0 Z=9
27 X=3 Y=0 Z=12
28 X=3 Y=0 Z=15
29 X=3 Y=0 Z=18
30 X=3 Y=0 Z=21
34 X=9 Y=0 Z=0
35 X=9 Y=0 Z=3
36 X=9 Y=0 Z=6
37 X=9 Y=0 Z=9
38 X=9 Y=0 Z=12
39 X=9 Y=0 Z=15
40 X=9 Y=0 Z=18
41 X=9 Y=0 Z=21

RESTRAINT

ADD=1 DOF=U1,U2,U3,R1,R3
ADD=12 DOF=U1,U2,U3,R1,R3
ADD=23 DOF=U1,U2,U3,R1,R3
ADD=34 DOF=U1,U2,U3,R1,R3

PATTERN

NAME=DEFAULT

MATERIAL

NAME=STEEL IDES=S M=.798142 W=7.833413
T=0 E=2.038902E+07 U=.3 A=.0000117
NAME=CONC IDES=C M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099
NAME=OTHER IDES=N M=.2448012 W=2.402616
T=0 E=2531051 U=.2 A=.0000099

FRAME SECTION

NAME=FS1 MAT=STEEL SH=R T=.5,.3 A=.15 J=2.817371E-03 I=.003125,.001125 AS=.125,.125
NAME=FS1 MAT=CONC SH=R T=.6,.6 A=.36 J=1.825201E-02 I=.0108,.0108 AS=.3,.3
NAME=FS2 MAT=CONC SH=R T=1,.4 A=.4 J=.0159688 I=3.333334E-02,5.333334E-03 AS=.3333333,.3333333

FRAME

1 J=1,2 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
2 J=2,3 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
3 J=3,4 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
4 J=4,5 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
5 J=5,6 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
6 J=6,7 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
11 J=12,13 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
12 J=13,14 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
13 J=14,15 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
14 J=15,16 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
15 J=16,17 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
16 J=17,18 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
21 J=23,24 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
22 J=24,25 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
23 J=25,26 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
24 J=26,27 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
25 J=27,28 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
26 J=28,29 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
27 J=29,30 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
31 J=34,35 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
32 J=35,36 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
33 J=36,37 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
34 J=37,38 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
35 J=38,39 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
36 J=39,40 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
37 J=40,41 SEC=FS1 NSEG=2 ANG=0
41 J=2,13 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
42 J=3,14 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
43 J=4,15 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
44 J=5,16 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
45 J=6,17 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
46 J=7,18 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
51 J=13,24 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

```

52 J=14,25 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
53 J=15,26 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
54 J=16,27 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
55 J=17,28 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
56 J=18,29 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
61 J=24,35 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
62 J=25,36 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
63 J=26,37 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
64 J=27,38 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
65 J=28,39 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
66 J=29,40 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0
67 J=30,41 SEC=FS2 NSEG=4 ANG=0

```

LOAD

```

NAME=VERT SW=1
TYPE=DISTRIBUTED SPAN
ADD=41 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=42 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=43 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=44 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=45 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=46 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=51 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=52 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=53 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=54 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=55 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=56 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=61 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=62 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=63 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=64 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=65 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=66 RD=0,1 UZ=-2,-2
ADD=67 RD=0,1 UZ=-2,-2

```

```

NAME=LATERAL
TYPE=FORCE
ADD=2 UX=5
ADD=3 UX=5
ADD=4 UX=5
ADD=5 UX=5
ADD=6 UX=10
ADD=7 UX=10

```

COMBO

```

NAME=DCON1
LOAD=VERT SF=1.4
NAME=DCON2
LOAD=VERT SF=1.4
NAME=DCON3
LOAD=VERT SF=1.05
LOAD=LATERAL SF=1.4025
NAME=DCON4
LOAD=VERT SF=1.05
LOAD=LATERAL SF=-1.4025
NAME=DCON5
LOAD=VERT SF=.9
LOAD=LATERAL SF=1.43
NAME=DCON6
LOAD=VERT SF=.9
LOAD=LATERAL SF=-1.43

```

OUTPUT

```

ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=DISP LOAD=LATERAL
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=VERT
ELEM=JOINT TYPE=APPL LOAD=LATERAL
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=FORCE LOAD=LATERAL
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=VERT
ELEM=FRAME TYPE=JOINTF LOAD=LATERAL

```

END

```

; The following data is not required for analysis. It is written here as a backup.
; This data will be used for graphics and design if this file is imported.
; If changes are made to the analysis data above, then the following data
; should be checked for consistency.
; Any errors in importing the following data are ignored without warning.
SAP2000 V6.10 SUPPLEMENTAL DATA

```

```

GRID GLOBAL X "1" -9
GRID GLOBAL X "2" -3
GRID GLOBAL X "3" 3
GRID GLOBAL X "4" 9
GRID GLOBAL Y "5" 0
GRID GLOBAL Z "6" 0
GRID GLOBAL Z "7" 3
GRID GLOBAL Z "8" 6
GRID GLOBAL Z "9" 9
GRID GLOBAL Z "10" 12
GRID GLOBAL Z "11" 15
GRID GLOBAL Z "12" 18
GRID GLOBAL Z "13" 21
GRID GLOBAL Z "14" 24
GRID GLOBAL Z "15" 27

```



```

GRID GLOBAL Z "16" 30
CONCRETEGROUP "COLS"
CONCRETEGROUP "TRABES"
GROUP "COLS" JOINT 1
GROUP "COLS" JOINT 2
GROUP "COLS" JOINT 3
GROUP "COLS" JOINT 4
GROUP "COLS" JOINT 5
GROUP "COLS" JOINT 6
GROUP "COLS" JOINT 7
GROUP "COLS" JOINT 12
GROUP "COLS" JOINT 13
GROUP "COLS" JOINT 14
GROUP "COLS" JOINT 15
GROUP "COLS" JOINT 16
GROUP "COLS" JOINT 17
GROUP "COLS" JOINT 18
GROUP "COLS" JOINT 23
GROUP "COLS" JOINT 24
GROUP "COLS" JOINT 25
GROUP "COLS" JOINT 26
GROUP "COLS" JOINT 27
GROUP "COLS" JOINT 28
GROUP "COLS" JOINT 29
GROUP "COLS" JOINT 30
GROUP "COLS" JOINT 34
GROUP "COLS" JOINT 35
GROUP "COLS" JOINT 36
GROUP "COLS" JOINT 37
GROUP "COLS" JOINT 38
GROUP "COLS" JOINT 39
GROUP "COLS" JOINT 40
GROUP "COLS" JOINT 41
GROUP "COLS" FRAME 1
GROUP "COLS" FRAME 2
GROUP "COLS" FRAME 3
GROUP "COLS" FRAME 4
GROUP "COLS" FRAME 5
GROUP "COLS" FRAME 6
GROUP "COLS" FRAME 11
GROUP "COLS" FRAME 12
GROUP "COLS" FRAME 13
GROUP "COLS" FRAME 14
GROUP "COLS" FRAME 15
GROUP "COLS" FRAME 16
GROUP "COLS" FRAME 21
GROUP "COLS" FRAME 22
GROUP "COLS" FRAME 23
GROUP "COLS" FRAME 24
GROUP "COLS" FRAME 25
GROUP "COLS" FRAME 26
GROUP "COLS" FRAME 27
GROUP "COLS" FRAME 31
GROUP "COLS" FRAME 32
GROUP "COLS" FRAME 33
GROUP "COLS" FRAME 34
GROUP "COLS" FRAME 35
GROUP "COLS" FRAME 36
GROUP "COLS" FRAME 37
GROUP "TRABES" JOINT 2
GROUP "TRABES" JOINT 3
GROUP "TRABES" JOINT 4
GROUP "TRABES" JOINT 5
GROUP "TRABES" JOINT 6
GROUP "TRABES" JOINT 7
GROUP "TRABES" JOINT 13
GROUP "TRABES" JOINT 14
GROUP "TRABES" JOINT 15
GROUP "TRABES" JOINT 16
GROUP "TRABES" JOINT 17
GROUP "TRABES" JOINT 18
GROUP "TRABES" JOINT 24
GROUP "TRABES" JOINT 25
GROUP "TRABES" JOINT 26
GROUP "TRABES" JOINT 27
GROUP "TRABES" JOINT 28
GROUP "TRABES" JOINT 29
GROUP "TRABES" JOINT 30
GROUP "TRABES" JOINT 35
GROUP "TRABES" JOINT 36
GROUP "TRABES" JOINT 37
GROUP "TRABES" JOINT 38
GROUP "TRABES" JOINT 39
GROUP "TRABES" JOINT 40
GROUP "TRABES" JOINT 41
GROUP "TRABES" FRAME 41
GROUP "TRABES" FRAME 42
GROUP "TRABES" FRAME 43
GROUP "TRABES" FRAME 44
GROUP "TRABES" FRAME 45
GROUP "TRABES" FRAME 46
GROUP "TRABES" FRAME 51
GROUP "TRABES" FRAME 52
GROUP "TRABES" FRAME 53
GROUP "TRABES" FRAME 54

```

GROUP "TRABES" FRAME 55
GROUP "TRABES" FRAME 56
GROUP "TRABES" FRAME 61
GROUP "TRABES" FRAME 62
GROUP "TRABES" FRAME 63
GROUP "TRABES" FRAME 64
GROUP "TRABES" FRAME 65
GROUP "TRABES" FRAME 66
GROUP "TRABES" FRAME 67
MATERIAL STEEL FY 25310.5
MATERIAL CONC FYREBAR 42184.18 FYSHEAR 28122.78 FC 2812.278 FCSHEAR 2812.278
FRAMESECTION FS1 NAME COL60X60
FRAMESECTION FS2 NAME TR40X100
CONCRETESECTION COL60X60 COLUMN COVER .06 REBAR RR-3-3
CONCRETESECTION TR40X100 COLUMN COVER .04572 REBAR RR-3-3
STATICLOAD VERT TYPE DEAD
STATICLOAD LATERAL TYPE QUAKE
COMBO DCON1 DESIGN CONCRETE
COMBO DCON2 DESIGN CONCRETE
COMBO DCON3 DESIGN CONCRETE
COMBO DCON4 DESIGN CONCRETE
COMBO DCON5 DESIGN CONCRETE
COMBO DCON6 DESIGN CONCRETE
CONCRETEDESIGN "ACI 318-95"
END SUPPLEMENTAL DATA

S A P 2 0 0 0
 Structural Analysis Programs
 Version 6.10
 Copyright (C) 1978-1997
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.
 All rights reserved
 This copy of SAP2000 is for the exclusive use of
 THE LICENSEE
 Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws
 It is the responsibility of the user to verify all
 results produced by this program
 21 Mar 2000 09:11:27

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Mlsdocuments\cursosap2000\ejemplo9.EKO

S Y S T E M D A T A

STEADY STATE LOAD FREQUENCY - - - - - 0.0000E+00
 LENGTH UNITS - - - - - M
 FORCE UNITS - - - - - TON
 UP DIRECTION - - - - - +Z
 GLOBAL DEGREES OF FREEDOM - - - - - UX
 - - - - - UZ
 - - - - - RY
 PAGINATION BY - - - - - LINES
 NUMBER OF LINES PER PAGE - - - - - 59
 INCLUDE WARNING MESSAGES IN OUTPUT FILE - - Y

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 2
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Mlsdocuments\cursosap2000\ejemplo9.EKO

G E N E R A T E D J O I N T C O O R D I N A T E S

| JOINT | X | Y | Z |
|-------|--------|-------|--------|
| 1 | -9.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | -9.000 | 0.000 | 3.000 |
| 3 | -9.000 | 0.000 | 6.000 |
| 4 | -9.000 | 0.000 | 9.000 |
| 5 | -9.000 | 0.000 | 12.000 |
| 6 | -9.000 | 0.000 | 15.000 |
| 7 | -9.000 | 0.000 | 18.000 |
| 12 | -3.000 | 0.000 | 0.000 |
| 13 | -3.000 | 0.000 | 3.000 |
| 14 | -3.000 | 0.000 | 6.000 |
| 15 | -3.000 | 0.000 | 9.000 |
| 16 | -3.000 | 0.000 | 12.000 |
| 17 | -3.000 | 0.000 | 15.000 |
| 18 | -3.000 | 0.000 | 18.000 |
| 23 | 3.000 | 0.000 | 0.000 |
| 24 | 3.000 | 0.000 | 3.000 |
| 25 | 3.000 | 0.000 | 6.000 |
| 26 | 3.000 | 0.000 | 9.000 |
| 27 | 3.000 | 0.000 | 12.000 |
| 28 | 3.000 | 0.000 | 15.000 |
| 29 | 3.000 | 0.000 | 18.000 |
| 30 | 3.000 | 0.000 | 21.000 |
| 34 | 9.000 | 0.000 | 0.000 |
| 35 | 9.000 | 0.000 | 3.000 |
| 36 | 9.000 | 0.000 | 6.000 |
| 37 | 9.000 | 0.000 | 9.000 |
| 38 | 9.000 | 0.000 | 12.000 |
| 39 | 9.000 | 0.000 | 15.000 |
| 40 | 9.000 | 0.000 | 18.000 |
| 41 | 9.000 | 0.000 | 21.000 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 3
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Mlsdocuments\cursosap2000\ejemplo9.EKO

P A T T E R N S

PATTERN JOINT VALUE
 DEFAULT

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 4
 PROGRAM:SAP2000/FILE:\Mlsdocuments\cursosap2000\ejemplo9.EKO

R E S T R A I N T D A T A

| JOINT | U1 | U2 | U3 | R1 | R3 |
|-------|----|----|----|----|----|
| 1 | U1 | U2 | U3 | R1 | R3 |
| 12 | U1 | U2 | U3 | R1 | R3 |
| 23 | U1 | U2 | U3 | R1 | R3 |
| 34 | U1 | U2 | U3 | R1 | R3 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 5

MATERIAL PROPERTY DATA

| MAT LABEL | NUMBER TEMPS | WEIGHT PER UNIT VOL | MASS PER UNIT VOL | DESIGN CODE |
|-----------|--------------|---------------------|-------------------|-------------|
| STEEL | 1 | 0.7833E+01 | 0.7981E+00 | S |
| CONC | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | C |
| OTHER | 1 | 0.2403E+01 | 0.2448E+00 | N |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 6
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | MODULUS OF ELASTICITY | | | SHEAR MODULII | | |
|-----------|------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|
| | | E1 | E2 | E3 | G12 | G13 | G23 |
| STEEL | 0.00 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.204E+08 | 0.784E+07 | 0.784E+07 | 0.784E+07 |
| CONC | 0.00 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 |
| OTHER | 0.00 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.253E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 | 0.105E+07 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 7
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

THERMAL EXPANSION COEFFICIENTS

| MAT LABEL | TEMP | COEFFICIENTS OF THERMAL EXPANSION | | | | | |
|-----------|------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | A1 | A2 | A3 | A12 | A13 | A23 |
| STEEL | 0.00 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.117E-04 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| CONC | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| OTHER | 0.00 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.990E-05 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 8
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

TEMPERATURE DEPENDENT DATA

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | POISSONS RATIO | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | U12 | U13 | U23 | U14 | U24 | U34 | U15 | U25 | U35 | U45 | U16 | U26 | U36 | U46 | U56 |
| STEEL | 0.00 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| CONC | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| OTHER | 0.00 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 9
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

MATERIAL PROPERTIES

| MAT LABEL | TEMP | YIELD FY |
|-----------|------|----------|
| CONC | 0.00 | 36.00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 10
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | SHAPE TYPE | DEPTH | FLANGE | FLANGE | WEB | FLANGE | FLANGE |
|---------------|------------|-------|-----------|-----------|-------|--------------|--------------|
| | | | WIDTH TOP | THICK TOP | THICK | WIDTH BOTTOM | THICK BOTTOM |
| FSEC1 | R | 0.500 | 0.300 | | | | |
| FS1 | R | 0.600 | 0.600 | | | | |
| FS2 | R | 1.000 | 0.400 | | | | |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 11
PROGRAM:SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION | AXIAL | TORSIONAL | MOMENTS OF INERTIA | SHEAR | AREAS |
|---------|-------|-----------|--------------------|-------|-------|
|---------|-------|-----------|--------------------|-------|-------|

| LABEL | AREA | CONSTANT | I33 | I22 | A2 | A3 |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| FSEC1 | 0.150E+00 | 0.282E-02 | 0.313E-02 | 0.113E-02 | 0.125E+00 | 0.125E+00 |
| FS1 | 0.360E+00 | 0.183E-01 | 0.108E-01 | 0.108E-01 | 0.300E+00 | 0.300E+00 |
| FS2 | 0.400E+00 | 0.160E-01 | 0.333E-01 | 0.533E-02 | 0.333E+00 | 0.333E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 12
PROGRAM:SAP2000/FILE:\M:\documents\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME SECTION PROPERTY DATA - PRISMATIC

| SECTION LABEL | MAT LABEL | ADDITIONAL MASS PER LENGTH | ADDITIONAL WEIGHT PER LENGTH |
|---------------|-----------|----------------------------|------------------------------|
| FSEC1 | STEEL | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| FS1 | CONC | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| FS2 | CONC | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 13
PROGRAM:SAP2000/FILE:\M:\documents\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | JOINT END-I | JOINT END-J | ELEMENT LENGTH | END-OFFSET-LENGTHS END-I | RIGID-END-LENGTHS END-J | FACTOR | NUMBER OF SEGMENTS |
|---------------|-------------|-------------|----------------|--------------------------|-------------------------|--------|--------------------|
| 1 | 1 | 2 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 3 | 3 | 4 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 4 | 4 | 5 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 5 | 5 | 6 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 6 | 6 | 7 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 11 | 12 | 13 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 12 | 13 | 14 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 13 | 14 | 15 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 14 | 15 | 16 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 15 | 16 | 17 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 16 | 17 | 18 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 21 | 23 | 24 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 22 | 24 | 25 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 23 | 25 | 26 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 24 | 26 | 27 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 25 | 27 | 28 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 26 | 28 | 29 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 27 | 29 | 30 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 31 | 34 | 35 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 32 | 35 | 36 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 33 | 36 | 37 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 34 | 37 | 38 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 35 | 38 | 39 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 36 | 39 | 40 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 37 | 40 | 41 | 3.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 2 |
| 41 | 2 | 13 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 42 | 3 | 14 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 43 | 4 | 15 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 44 | 5 | 16 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 45 | 6 | 17 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 46 | 7 | 18 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 51 | 13 | 24 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 52 | 14 | 25 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 53 | 15 | 26 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 54 | 16 | 27 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 55 | 17 | 28 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 56 | 18 | 29 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 61 | 24 | 35 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 62 | 25 | 36 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 63 | 26 | 37 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 64 | 27 | 38 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 65 | 28 | 39 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 66 | 29 | 40 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |
| 67 | 30 | 41 | 6.000 | 0.000 | 0.000 | 0.0000 | 4 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 14
PROGRAM:SAP2000/FILE:\M:\documents\cursosap2000\ejemplo9.EKO

FRAME ELEMENT DATA

| ELEMENT LABEL | SECTION LABEL | LOCAL PLANE | COORD SYSTEM | PLN 1ST | PLN 2ND | PLANE JOINTA | PLANE JOINTB | COORD ANGLE |
|---------------|---------------|-------------|--------------|---------|---------|--------------|--------------|-------------|
| 1 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 2 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 3 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 4 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 5 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 6 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 11 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 12 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 13 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 14 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 15 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |

| | | | | | | | | |
|----|-----|----|---|----|----|---|---|------|
| 16 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 21 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 22 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 23 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 24 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 25 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 26 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 27 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 31 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 32 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 33 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 34 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 35 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 36 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 37 | FS1 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 41 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 42 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 43 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 44 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 45 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 46 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 51 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 52 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 53 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 54 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 55 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 56 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 61 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 62 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 63 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 64 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 65 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 66 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |
| 67 | FS2 | 12 | 0 | +Z | +X | 0 | 0 | 0.00 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 15
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

T O T A L W E I G H T S A N D M A S S E S

| SECTION LABEL | WEIGHT | MASS |
|---------------|----------|---------|
| FS1 | 67.4655 | 6.8740 |
| FS2 | 109.5593 | 11.1629 |
| TOTAL | 177.0247 | 18.0370 |

C S I / S A P 2 0 0 0 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 16
PROGRAM: SAP2000/FILE:\MISDOCUMENTOS\CURSOSAP2000\ejemplo9.EKO

L O A D C O N D I T I O N V E R T

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.1000E+01

D I S T R I B U T E D S P A N L O A D S O N F R A M E E L E M E N T S

| ELEMENT LABEL | LOC DOF | DISTANCE AT START | DISTANCE AT END | FORCE AT START | FORCE AT END | MOMENT AT START | MOMENT AT END |
|---------------|---------|-------------------|-----------------|----------------|--------------|-----------------|---------------|
| 41 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 42 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 43 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 44 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 45 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 46 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 51 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 52 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 53 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 54 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 55 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 56 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 61 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 62 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 63 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 64 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 65 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 66 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |
| 67 | U2 | 0.000E+00 | 0.100E+01 | -0.200E+01 | -0.200E+01 | | |

L O A D C O N D I T I O N L A T E R A L

SELF-WEIGHT MULTIPLIER FOR ENTIRE STRUCTURE = 0.0000E+00

J O I N T F O R C E S I N L O C A L C O O R D I N A T E S

| JOINT LABEL | FORCE 1 | FORCE 2 | FORCE 3 | MOMENT 1 | MOMENT 2 | MOMENT 3 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 2 | 0.500E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 3 | 0.500E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 4 | 0.500E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 5 | 0.500E+01 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |

6 0.100E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00
7 0.100E+02 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00 0.000E+00

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 17
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

OUTPUT SELECTION

DISPLACEMENTS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERT
LATERAL

APPLIED AND INTERNAL LOADS AT JOINTS

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERT
LATERAL

INTERNAL FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERT
LATERAL

JOINT FORCES AT ELEMENT FRAME

| LOAD LABEL | MODES | SPEC LABEL | HIST LABEL | MOVE LABEL | COMB LABEL |
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|
|------------|-------|------------|------------|------------|------------|

VERT
LATERAL

CSI / SAP2000 - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 18
PROGRAM: SAP2000/FILE:\Misdocumentos\cursosap2000\ejemplo9.EKO

INPUT COMPLETE

S A P 2 0 0 0 (R)
 Structural Analysis Programs
 Version E6.10
 Copyright (C) 1978-1997
 COMPUTERS AND STRUCTURES, INC.

All rights reserved.
 This copy of SAP2000 is for the exclusive use of
 THE LICENSEE
 Unauthorized use is in violation of Federal copyright laws
 It is the responsibility of the user to verify all
 results produced by this program
 21 Mar 2000 09:31:29

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 1
 D I S P L A C E M E N T D E G R E E S O F F R E E D O M

(A) = Active DOF, equilibrium equation
 (-) = Restrained DOF, reaction computed
 (+) = Constrained DOF
 () = Null DOF

| JOINTS | | UX | UY | UZ | RX | RY | RZ |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | | - | - | - | - | A | |
| 2 TO 12 | 7 | A | | A | | A | |
| 13 TO 23 | 18 | A | | A | | A | |
| 24 TO 34 | 30 | A | | A | | A | |
| 35 TO 41 | 41 | A | | A | | A | |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 2

J O I N T D I S P L A C E M E N T S
 TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | JOINT | VERT | UX | UZ | RY |
|------|-------|------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | | .000000 | .000000 | -4.54E-05 |
| | 2 | | -9.41E-06 | -0.000225 | 8.91E-05 |
| | 3 | | 1.41E-05 | +0.000413 | 8.65E-05 |
| | 4 | | 3.07E-05 | -0.000564 | 9.63E-05 |
| | 5 | | 5.38E-05 | -0.000675 | 0.000104 |
| | 6 | | 7.93E-05 | -0.000748 | 0.000106 |
| | 7 | | 0.000157 | -0.000780 | 0.000175 |
| | 12 | | .000000 | .000000 | -1.45E-07 |
| | 13 | | 1.22E-06 | -0.000400 | 1.61E-06 |
| | 14 | | 1.54E-05 | -0.000741 | 1.66E-05 |
| | 15 | | 3.19E-05 | -0.000995 | 2.50E-05 |
| | 16 | | 5.46E-05 | -0.001293 | 3.25E-05 |
| | 17 | | 8.28E-05 | -0.001324 | 3.98E-05 |
| | 18 | | 0.000135 | -0.001390 | 5.03E-05 |
| | 23 | | .000000 | .000000 | 4.33E-06 |
| | 24 | | 1.27E-05 | -0.000425 | 3.97E-06 |
| | 25 | | 1.86E-05 | -0.000782 | -6.00E-06 |
| | 26 | | 3.43E-05 | -0.001073 | -9.02E-06 |
| | 27 | | 5.65E-05 | -0.001296 | -1.13E-05 |
| | 28 | | 8.65E-05 | -0.001470 | -1.04E-05 |
| | 29 | | 0.000107 | -0.001557 | -4.24E-05 |
| | 30 | | -0.000134 | -0.001590 | 4.91E-05 |
| | 34 | | .000000 | .000000 | 5.05E-05 |
| | 35 | | 1.45E-05 | -0.000267 | -8.54E-05 |
| | 36 | | 1.99E-05 | -0.000497 | -7.98E-05 |
| | 37 | | 3.57E-05 | -0.000684 | -8.65E-05 |
| | 38 | | 5.77E-05 | -0.000841 | -9.07E-05 |
| | 39 | | 8.78E-05 | -0.000954 | -9.40E-05 |
| | 40 | | 0.000103 | -0.001027 | -0.000114 |
| | 41 | | -0.000152 | -0.001060 | -0.000224 |

| LOAD | JOINT | LATERAL | UX | UZ | RY |
|------|-------|---------|----------|-----------|----------|
| | 1 | | .000000 | .000000 | 0.002004 |
| | 2 | | 0.004626 | 9.14E-05 | 0.000524 |
| | 3 | | 0.006425 | 0.000145 | 0.000307 |
| | 4 | | 0.007811 | 0.000184 | 0.000166 |
| | 5 | | 0.008974 | 0.000211 | 0.000228 |
| | 6 | | 0.009927 | 0.000222 | 0.000164 |
| | 7 | | 0.010457 | 0.000224 | 9.21E-05 |
| | 12 | | .000000 | .000000 | 0.002111 |
| | 13 | | 0.004614 | -1.03E-05 | 0.000287 |
| | 14 | | 0.006397 | -1.20E-05 | 0.000197 |
| | 15 | | 0.007787 | -1.15E-05 | 0.000163 |
| | 16 | | 0.008954 | -9.82E-06 | 0.000137 |
| | 17 | | 0.009862 | -7.58E-06 | 9.52E-05 |
| | 18 | | 0.010407 | -6.00E-06 | 4.57E-05 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 3

J O I N T D I S P L A C E M E N T S
 TRANSLATIONS AND ROTATIONS, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | JOINT | UX | UZ | RY |
|------|-------|----------|-----------|----------|
| | 23 | .000000 | .000000 | 0.002104 |
| | 24 | 0.004600 | 9.82E-06 | 0.000286 |
| | 25 | 0.006382 | 1.12E-05 | 0.000197 |
| | 26 | 0.007773 | 1.04E-05 | 0.000163 |
| | 27 | 0.008938 | 8.33E-06 | 0.000136 |
| | 28 | 0.009854 | 5.95E-06 | 9.74E-05 |
| | 29 | 0.010378 | 4.39E-06 | 4.91E-05 |
| | 30 | 0.010533 | 4.64E-06 | 4.34E-05 |
| | 34 | .000000 | .000000 | 0.001987 |
| | 35 | 0.004583 | -4.09E-05 | 0.000524 |
| | 36 | 0.006380 | -0.000149 | 0.000307 |
| | 37 | 0.007767 | -0.000187 | 0.000166 |
| | 38 | 0.008932 | -0.000210 | 0.000223 |
| | 39 | 0.009842 | -0.000270 | 0.000160 |
| | 40 | 0.010366 | -0.000223 | 8.27E-05 |
| | 41 | 0.010532 | -0.000223 | 3.83E-05 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 4

A P P L I E D L O A D S
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON JOINTS, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | JOINT | FX | FZ | MY |
|------|-------|---------|-----------|---------|
| | 1 | .000000 | -1.297413 | .000000 |

| | | | |
|----|---------|------------|-----------|
| 2 | .000000 | -11.477964 | 8.883139 |
| 3 | .000000 | -11.477964 | 8.883139 |
| 4 | .000000 | -11.477964 | 8.883139 |
| 5 | .000000 | -11.477964 | 8.883139 |
| 6 | .000000 | -11.477964 | 8.883139 |
| 7 | .000000 | -10.180552 | 8.883139 |
| 12 | .000000 | -1.297413 | .000000 |
| 13 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 14 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 15 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 16 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 17 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 18 | .000000 | -19.063691 | 1.60E-14 |
| 23 | .000000 | -1.297413 | .000000 |
| 24 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 25 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 26 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 27 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 28 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 29 | .000000 | -20.361104 | 1.60E-14 |
| 30 | .000000 | -10.180552 | 8.883139 |
| 34 | .000000 | -1.297413 | .000000 |
| 35 | .000000 | -11.477964 | -8.883139 |
| 36 | .000000 | -11.477964 | -8.883139 |
| 37 | .000000 | -11.477964 | -8.883139 |
| 38 | .000000 | -11.477964 | -8.883139 |
| 39 | .000000 | -11.477964 | -8.883139 |
| 40 | .000000 | -11.477964 | -8.883139 |
| 41 | .000000 | -10.180552 | -8.883139 |

LOAD LATERAL

| JOINT | FX | FZ | MY |
|-------|-----------|---------|---------|
| 2 | 5.000000 | .000000 | .000000 |
| 3 | 5.000000 | .000000 | .000000 |
| 4 | 5.000000 | .000000 | .000000 |
| 5 | 5.000000 | .000000 | .000000 |
| 6 | 10.000000 | .000000 | .000000 |
| 7 | 10.000000 | .000000 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL04.OUT PAGE 5

GLOBAL FORCE BALANCE

TOTAL FORCE AND MOMENT AT THE ORIGIN, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-----------|------|----------|---------|-------------|---------|-------------|---------|
| APPLIED | | .000000 | .000000 | -405.024747 | .000000 | 137.735574 | .000000 |
| REACTIONS | | 1.09E-14 | .000000 | 405.024747 | .000000 | -137.735574 | .000000 |
| TOTAL | | 1.09E-14 | .000000 | -5.68E-13 | .000000 | 3.41E-13 | .000000 |

LOAD LATERAL

| APPLIED | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-----------|------------|---------|----------|---------|-------------|---------|
| APPLIED | 40.000000 | .000000 | .000000 | .000000 | 480.000000 | .000000 |
| REACTIONS | -40.000000 | .000000 | 1.07E-14 | .000000 | -480.000000 | .000000 |
| TOTAL | -6.39E-14 | .000000 | 1.07E-14 | .000000 | 2.27E-12 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL05.OUT PAGE 6

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| ELEM | LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 1 | 1 | | 0.816605 | .000000 | 69.561426 | .000000 | 1.38E-16 | .000000 |
| 1 | 2 | | -0.816605 | .000000 | -66.966601 | .000000 | 2.449816 | .000000 |

LOAD LATERAL

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 1 | -8.982460 | .000000 | -27.756703 | .000000 | 6.93E-15 | .000000 |
| 2 | 8.982460 | .000000 | 27.756703 | .000000 | -26.947381 | .000000 |

ELEM

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 2 | | 2.611554 | .000000 | 58.504322 | .000000 | 1.941074 | .000000 |
| 3 | | -2.611554 | .000000 | -55.909496 | .000000 | 1.891588 | .000000 |

LOAD LATERAL

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|------------|---------|
| 2 | -5.954896 | .000000 | -17.596670 | .000000 | -6.924680 | .000000 |
| 3 | 5.954896 | .000000 | 17.596670 | .000000 | -10.940006 | .000000 |

ELEM

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 3 | | 2.807400 | .000000 | 46.988612 | .000000 | 4.120981 | .000000 |
| 4 | | -2.807400 | .000000 | -44.393787 | .000000 | 4.301216 | .000000 |

LOAD LATERAL

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| 3 | -5.722883 | .000000 | -11.732831 | .000000 | -8.207464 | .000000 |
| 4 | 5.722883 | .000000 | 11.732831 | .000000 | -8.961184 | .000000 |

ELEM

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 4 | | 3.017396 | .000000 | 35.217087 | .000000 | 4.459042 | .000000 |
| 5 | | -3.017396 | .000000 | -32.622262 | .000000 | 4.593146 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

FILE:EJEMPL05.OUT PAGE 7

FRAME ELEMENT JOINT FORCES

FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 4 | | -4.661364 | .000000 | -7.014936 | .000000 | -6.643920 | .000000 |
| 5 | | 4.661364 | .000000 | 7.014936 | .000000 | -7.340172 | .000000 |

ELEM

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|-----------|---------|------------|---------|----------|---------|
| 5 | | 3.153406 | .000000 | 23.266381 | .000000 | 4.706837 | .000000 |
| 6 | | -3.153406 | .000000 | -20.671555 | .000000 | 4.753361 | .000000 |

LOAD LATERAL

| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| 5 | -3.926147 | .000000 | -3.225874 | .000000 | -5.306865 | .000000 |
| 6 | 3.926147 | .000000 | 3.225874 | .000000 | -6.471576 | .000000 |

ELEM

| LOAD | VERT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
|------|------|----|----|----|----|----|----|
|------|------|----|----|----|----|----|----|

| | | | | | | |
|--------------|------------|---------|-------------|---------|------------|---------|
| 6 | 3.750902 | .000000 | 11.187923 | .000000 | 4.997386 | .000000 |
| 7 | -3.750902 | .000000 | -8.593098 | .000000 | 6.255321 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 6 | -1.589671 | .000000 | -0.795336 | .000000 | -1.730379 | .000000 |
| 7 | 1.589671 | .000000 | 0.795336 | .000000 | -3.038635 | .000000 |
| ELEM 11 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 12 | 0.010682 | .000000 | 122.731645 | .000000 | -3.06E-18 | .000000 |
| 13 | -0.010682 | .000000 | -120.136820 | .000000 | 0.032046 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 12 | -11.084411 | .000000 | 3.126082 | .000000 | -1.66E-16 | .000000 |
| 13 | 11.084411 | .000000 | -3.126082 | .000000 | -33.253232 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: E:\EXAMPLE9.OUT PAGE 8
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| | | | | | | |
|--------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|
| ELEM 12 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 13 | 0.144793 | .000000 | 101.912283 | .000000 | 0.080316 | .000000 |
| 14 | -0.144793 | .000000 | -99.317457 | .000000 | 0.354062 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 13 | -11.524494 | .000000 | 0.508852 | .000000 | -16.468811 | .000000 |
| 14 | 11.524494 | .000000 | -0.508852 | .000000 | -18.104670 | .000000 |
| ELEM 13 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 14 | 0.499248 | .000000 | 81.505551 | .000000 | 0.672851 | .000000 |
| 15 | -0.499248 | .000000 | -78.910726 | .000000 | 0.824892 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 14 | -9.271377 | .000000 | -0.133337 | .000000 | -13.597942 | .000000 |
| 15 | 9.271377 | .000000 | 0.133337 | .000000 | -14.216188 | .000000 |
| ELEM 14 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 15 | 0.692181 | .000000 | 61.308506 | .000000 | 0.969808 | .000000 |
| 16 | -0.692181 | .000000 | -58.713681 | .000000 | 1.106735 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 15 | -7.814389 | .000000 | -0.519534 | .000000 | -11.484626 | .000000 |
| 16 | 7.814389 | .000000 | 0.519534 | .000000 | -11.958541 | .000000 |
| ELEM 15 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 16 | 0.874630 | .000000 | 41.237390 | .000000 | 1.244912 | .000000 |
| 17 | -0.874630 | .000000 | -38.642565 | .000000 | 1.378978 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: E:\EXAMPLE9.OUT PAGE 9
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| | | | | | | |
|--------------|------------|---------|-------------|---------|------------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 16 | -6.251986 | .000000 | -0.676443 | .000000 | -9.035987 | .000000 |
| 17 | 6.251986 | .000000 | 0.676443 | .000000 | -9.720872 | .000000 |
| ELEM 16 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 17 | 0.903738 | .000000 | 21.273240 | .000000 | 1.260490 | .000000 |
| 18 | -0.903738 | .000000 | -18.678475 | .000000 | 1.450725 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 17 | -3.357797 | .000000 | -0.484850 | .000000 | -4.549555 | .000000 |
| 18 | 3.357797 | .000000 | 0.484850 | .000000 | -5.523857 | .000000 |
| ELEM 21 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 21 | -0.002235 | .000000 | 130.433623 | .000000 | 1.46E-17 | .000000 |
| 24 | 0.002235 | .000000 | -127.838797 | .000000 | -0.006704 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 23 | -11.045683 | .000000 | -2.982055 | .000000 | 1.27E-14 | .000000 |
| 24 | 11.045683 | .000000 | 2.982055 | .000000 | -11.116998 | .000000 |
| ELEM 22 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 24 | -0.097589 | .000000 | 109.738587 | .000000 | -0.055600 | .000000 |
| 25 | 0.097589 | .000000 | -107.143762 | .000000 | -0.237168 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 24 | -11.526709 | .000000 | -0.413356 | .000000 | -16.474336 | .000000 |
| 25 | 11.526709 | .000000 | 0.413356 | .000000 | -16.105790 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE: E:\EXAMPLE9.OUT PAGE 10
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|------------|---------|------------|---------|
| ELEM 24 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 25 | -0.416628 | .000000 | 89.582675 | .000000 | -0.597409 | .000000 |
| 26 | 0.416628 | .000000 | -86.967850 | .000000 | -0.652474 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 25 | -9.279987 | .000000 | 0.236201 | .000000 | -13.609975 | .000000 |
| 26 | 9.279987 | .000000 | -0.236201 | .000000 | -14.229987 | .000000 |
| ELEM 26 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 26 | -0.574047 | .000000 | 69.774059 | .000000 | -0.849995 | .000000 |
| 27 | 0.574047 | .000000 | -67.179234 | .000000 | -0.882146 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | | | | | | |
| | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 26 | -7.815629 | .000000 | 0.630088 | .000000 | -11.482325 | .000000 |

27 7.015629 .000000 -0.630088 .000000 -11.964563 .000000
 ELEM 25 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 27 -0.682415 .000000 50.249964 .000000 -1.032169 .000000
 28 0.682415 .000000 -47.655139 .000000 -1.015076 .000000
 LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 27 -6.152927 .000000 0.722728 .000000 -8.880128 .000000
 28 6.152927 .000000 -0.722728 .000000 -9.578652 .000000

ELEM 26 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 28 -1.090707 .000000 30.926253 .000000 -1.344552 .000000
 29 1.090707 .000000 -28.331427 .000000 -1.927570 .000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 11
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 28 -3.307681 .000000 0.472485 .000000 -4.517675 .000000
 29 3.307681 .000000 -0.472485 .000000 -5.405369 .000000

ELEM 27 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 29 2.753659 .000000 11.450543 .000000 3.296919 .000000
 30 -2.753659 .000000 -8.855718 .000000 4.964059 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 29 -0.166062 .000000 -0.076089 .000000 -0.197643 .000000
 30 0.166062 .000000 0.076089 .000000 -0.300542 .000000

ELEM 31 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 34 -0.825053 .000000 61.298053 .000000 4.40E-17 .000000
 35 0.825053 .000000 -79.703228 .000000 -1.475158 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 34 -8.887467 .000000 27.612676 .000000 -4.50E-15 .000000
 35 8.887467 .000000 -27.612676 .000000 -26.662400 .000000

ELEM 32 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 35 -2.658758 .000000 71.191419 .000000 -4.038574 .000000
 36 2.658758 .000000 -68.596594 .000000 -3.937698 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 35 -5.494907 .000000 15.501174 .000000 -7.018198 .000000
 36 5.494907 .000000 -17.501174 .000000 -10.963508 .000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 12
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

ELEM 33 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 36 -2.890020 .000000 59.591635 .000000 -4.273420 .000000
 37 2.890020 .000000 -56.996810 .000000 -4.396639 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 36 -5.725753 .000000 11.629467 .000000 -8.710822 .000000
 37 5.725753 .000000 -11.629467 .000000 -8.966439 .000000

ELEM 34 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 37 -3.135530 .000000 47.690685 .000000 -4.665389 .000000
 38 3.135530 .000000 -45.095860 .000000 -4.741202 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 37 -4.708618 .000000 6.904383 .000000 -6.666391 .000000
 38 4.708618 .000000 -6.904383 .000000 -7.459462 .000000

ELEM 35 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 38 -3.345621 .000000 35.558466 .000000 -4.988659 .000000
 39 3.345621 .000000 -32.963641 .000000 -5.048203 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 38 -3.668940 .000000 3.179595 .000000 -4.931138 .000000
 39 3.668940 .000000 -3.179595 .000000 -6.075682 .000000

ELEM 36 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 39 -3.563933 .000000 23.246650 .000000 -5.161317 .000000
 40 3.563933 .000000 -20.651825 .000000 -5.510482 .000000

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 13
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 39 -1.744850 .000000 0.806691 .000000 -1.915115 .000000
 40 1.744850 .000000 -0.806691 .000000 -3.319435 .000000

ELEM 37 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 40 -2.753659 .000000 11.505386 .000000 -3.132390 .000000
 41 2.753659 .000000 -8.910561 .000000 -5.128588 .000000

LOAD LATERAL -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 40 0.166062 .000000 0.076089 .000000 0.654175 .000000
 41 -0.166062 .000000 -0.076089 .000000 -0.155990 .000000

ELEM 41 -----
 LOAD VERT -----
 JOINT FX FY FZ MX MY MZ
 2 -1.794949 .000000 8.462279 .000000 -6.390890 .000000

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|------------|---------|-----------|---------|
| 13 | 1.794949 | .000000 | 9.303999 | .000000 | 8.916051 | .000000 |
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 2 | 1.972435 | .000000 | -10.160033 | .000000 | 33.872061 | .000000 |
| 13 | -1.972435 | .000000 | 10.160033 | .000000 | 27.088139 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 42 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 3 | -0.195846 | .000000 | 8.920884 | .000000 | -8.014569 | .000000 |
| 14 | 0.195846 | .000000 | 8.845394 | .000000 | 7.786101 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 3 | 4.767987 | .000000 | -5.863839 | .000000 | 19.147470 | .000000 |
| 14 | -4.767987 | .000000 | 5.863839 | .000000 | 16.035564 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 14
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 43 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 4 | -0.209996 | .000000 | 9.176700 | .000000 | -8.760260 | .000000 |
| 15 | 0.209996 | .000000 | 8.589579 | .000000 | 6.948897 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 4 | 3.938481 | .000000 | -4.717894 | .000000 | 15.605104 | .000000 |
| 15 | -3.938481 | .000000 | 4.717894 | .000000 | 12.702262 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 44 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 5 | -0.136010 | .000000 | 9.355882 | .000000 | -9.299983 | .000000 |
| 16 | 0.136010 | .000000 | 8.410397 | .000000 | 6.463529 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 5 | 4.264781 | .000000 | -3.789057 | .000000 | 12.647037 | .000000 |
| 16 | -4.264781 | .000000 | 3.789057 | .000000 | 10.087305 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 45 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 6 | -0.597496 | .000000 | 9.483632 | .000000 | -9.750767 | .000000 |
| 17 | 0.597496 | .000000 | 8.282646 | .000000 | 6.147808 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 6 | 7.663524 | .000000 | -2.430544 | .000000 | 8.201955 | .000000 |
| 17 | -7.663524 | .000000 | 2.430544 | .000000 | 6.381307 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 46 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 7 | 3.750902 | .000000 | 8.543094 | .000000 | -1.255321 | .000000 |
| 18 | -3.750902 | .000000 | 4.173191 | .000000 | 7.995570 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 15
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 7 | 8.410329 | .000000 | -0.795336 | .000000 | 3.038635 | .000000 |
| 18 | -8.410329 | .000000 | 0.795336 | .000000 | 1.733381 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 51 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 14 | -1.929060 | .000000 | 8.420538 | .000000 | -9.028414 | .000000 |
| 24 | 1.929060 | .000000 | 8.845740 | .000000 | 8.804020 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 13 | 2.412518 | .000000 | -7.542803 | .000000 | 22.633404 | .000000 |
| 24 | -2.412518 | .000000 | 7.542803 | .000000 | 22.622912 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 52 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 14 | -0.550300 | .000000 | 8.966512 | .000000 | -8.815013 | .000000 |
| 25 | 0.550300 | .000000 | 8.799767 | .000000 | 8.314778 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 14 | 2.514870 | .000000 | -5.221650 | .000000 | 15.667048 | .000000 |
| 25 | -2.514870 | .000000 | 5.221650 | .000000 | 15.662855 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 53 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 15 | -0.402930 | .000000 | 9.012641 | .000000 | -8.793597 | .000000 |
| 26 | 0.402930 | .000000 | 8.753637 | .000000 | 8.016584 | .000000 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 16
 FRAME ELEMENT JOINT FORCES
 FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 54 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 16 | -0.318459 | .000000 | 9.065894 | .000000 | -8.815176 | .000000 |
| 27 | 0.318459 | .000000 | 8.700485 | .000000 | 7.718650 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 16 | 2.702181 | .000000 | -3.632148 | .000000 | 10.996323 | .000000 |
| 27 | -2.702181 | .000000 | 3.632148 | .000000 | 10.886563 | .000000 |

| | | | | | | |
|-----------|-----------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| ELEM 55 | | | | | | |
| LOAD VERT | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 17 | -0.628605 | .000000 | 9.088679 | .000000 | -8.787277 | .000000 |
| 28 | 0.628605 | .000000 | 8.679594 | .000000 | 7.566036 | .000000 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|---------|-----------|---------|----------|---------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| JOINT | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ |
| 17 | 4.769335 | .000000 | -2.623137 | .000000 | 7.889121 | .000000 |
| 28 | -4.769335 | .000000 | 2.623137 | .000000 | 7.849701 | .000000 |

ELEM 56 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
18 4.654641 .000000 9.505234 .000000 -9.446295 .000000
29 -4.654641 .000000 8.261045 .000000 5.713727 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
18 5.052531 .000000 -1.279186 .000000 3.740456 .000000
29 -5.052531 .000000 1.279186 .000000 3.884659 .000000
ELEM 61 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
24 -1.833705 .000000 9.254470 .000000 -8.741716 .000000
35 1.833705 .000000 8.511809 .000000 6.513733 .000000
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 17

FRAME ELEMENT JOINT FORCES
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
24 2.893564 .000000 -10.111502 .000000 26.988412 .000000
35 -2.893564 .000000 10.111502 .000000 33.680598 .000000
ELEM 62 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
25 -0.231262 .000000 8.761320 .000000 -7.480201 .000000
36 0.231262 .000000 9.004959 .000000 8.211118 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
25 0.268149 .000000 -5.871207 .000000 16.052910 .000000
36 -0.268149 .000000 5.871207 .000000 19.174330 .000000
ELEM 63 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
26 -0.245511 .000000 8.460154 .000000 -6.524115 .000000
37 0.245511 .000000 9.306125 .000000 9.062028 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
26 1.017136 .000000 -4.725585 .000000 12.720677 .000000
37 -1.017136 .000000 4.725585 .000000 15.632830 .000000
ELEM 64 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
27 -0.210091 .000000 8.228885 .000000 -5.804335 .000000
38 0.210091 .000000 9.517394 .000000 9.729461 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
27 1.039679 .000000 -1.724788 .000000 9.956128 .000000
38 -1.039679 .000000 1.724788 .000000 12.390600 .000000
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 18

FRAME ELEMENT JOINT FORCES
FORCES AND MOMENTS ACTING ON ELEMENTS, IN GLOBAL COORDINATES
ELEM 65 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
28 -0.218112 .000000 8.049287 .000000 -5.206409 .000000
39 0.218112 .000000 9.716991 .000000 10.209520 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
28 1.924090 .000000 -2.372904 .000000 6.246627 .000000
39 -1.924090 .000000 2.372904 .000000 7.990797 .000000
ELEM 66 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
29 0.810274 .000000 8.419840 .000000 -7.083076 .000000
40 -0.810274 .000000 9.146439 .000000 8.662873 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
29 1.910911 .000000 -0.730602 .000000 1.718352 .000000
40 -1.910911 .000000 0.730602 .000000 2.665260 .000000
ELEM 67 -----
LOAD VERT -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
30 -2.753654 .000000 8.855718 .000000 -4.964059 .000000
41 2.753654 .000000 8.910561 .000000 5.128588 .000000
LOAD LATERAL -----
JOINT FX FY FZ MX MY MZ
30 -0.166062 .000000 -0.076089 .000000 0.300542 .000000
41 0.166062 .000000 0.076089 .000000 0.155990 .000000
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 19

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 1 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V1 V2 V3 T M2 M3
0.00000 -64.561427 -0.816605 .000000 .000000 .000000 -1.48E-14
0.50000 -68.264013 -0.816605 .000000 .000000 .000000 1.224908
1.00000 -66.966601 -0.816605 .000000 .000000 .000000 2.449816
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V1 V2 V3 T M2 M3
0.00000 27.756703 8.982460 .000000 .000000 .000000 -6.93E-15
0.50000 27.756703 8.982460 .000000 .000000 .000000 -13.473690
1.00000 27.756703 8.982460 .000000 .000000 .000000 -26.947381
ELEM 2 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V1 V2 V3 T M2 M3
0.00000 -58.504322 -2.611554 .000000 .000000 .000000 -3.941074
0.50000 -57.208909 -2.611554 .000000 .000000 .000000 -0.021743
1.00000 -55.909496 -2.611554 .000000 .000000 .000000 3.893586
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V1 V2 V3 T M2 M3
0.00000 17.596670 5.954896 .000000 .000000 .000000 6.924680
0.50000 17.596670 5.954896 .000000 .000000 .000000 -2.007663
1.00000 17.596670 5.954896 .000000 .000000 .000000 -10.940006
ELEM 3 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----

```

REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -46.988612 -2.807400 .000000 .000000 .000000 -4.120981
0.50000 -45.691200 -2.807400 .000000 .000000 .000000 0.090119
1.00000 -44.393787 -2.807400 .000000 .000000 .000000 4.301278
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 11.732831 5.722883 .000000 .000000 .000000 6.207464
0.50000 11.732831 5.722883 .000000 .000000 .000000 -0.176460
1.00000 11.732831 5.722883 .000000 .000000 .000000 -8.961184
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 4 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -35.217087 -3.017396 .000000 .000000 .000000 -4.459042
0.50000 -33.919675 -3.017396 .000000 .000000 .000000 0.067052
1.00000 -32.622262 -3.017396 .000000 .000000 .000000 4.593146
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 7.014936 4.661364 .000000 .000000 .000000 6.643920
0.50000 7.014936 4.661364 .000000 .000000 .000000 -0.348126
1.00000 7.014936 4.661364 .000000 .000000 .000000 -7.340172
ELEM 5 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -23.266381 -3.153406 .000000 .000000 .000000 -4.706837
0.50000 -21.968968 -3.153406 .000000 .000000 .000000 0.023272
1.00000 -20.671555 -3.153406 .000000 .000000 .000000 4.753381
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 1.225879 3.926147 .000000 .000000 .000000 5.306865
0.50000 1.225879 3.926147 .000000 .000000 .000000 -0.582155
1.00000 1.225879 3.926147 .000000 .000000 .000000 -6.471576
ELEM 6 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -11.187923 -3.750902 .000000 .000000 .000000 -4.997386
0.50000 -9.890510 -3.750902 .000000 .000000 .000000 0.628967
1.00000 -8.593098 -3.750902 .000000 .000000 .000000 6.255321
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.795336 1.589671 .000000 .000000 .000000 1.730379
0.50000 0.795336 1.589671 .000000 .000000 .000000 -0.654128
1.00000 0.795336 1.589671 .000000 .000000 .000000 -3.038635
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 11 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -122.731645 -0.010682 .000000 .000000 .000000 3.06E-18
0.50000 -121.434233 -0.010682 .000000 .000000 .000000 0.016023
1.00000 -120.136820 -0.010682 .000000 .000000 .000000 0.032046
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -3.126082 11.084411 .000000 .000000 .000000 1.66E-16
0.50000 -3.126082 11.084411 .000000 .000000 .000000 -16.626616
1.00000 -3.126082 11.084411 .000000 .000000 .000000 -33.253232
ELEM 12 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -101.912284 -0.144793 .000000 .000000 .000000 -0.080316
0.50000 -100.614870 -0.144793 .000000 .000000 .000000 0.146873
1.00000 -99.317457 -0.144793 .000000 .000000 .000000 0.354062
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -0.508852 11.524494 .000000 .000000 .000000 16.468811
0.50000 -0.508852 11.524494 .000000 .000000 .000000 -0.817930
1.00000 -0.508852 11.524494 .000000 .000000 .000000 -18.104670
ELEM 13 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -81.505551 -0.499248 .000000 .000000 .000000 -0.672851
0.50000 -80.208139 -0.499248 .000000 .000000 .000000 0.076021
1.00000 -78.910726 -0.499248 .000000 .000000 .000000 0.824892
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.133337 9.271377 .000000 .000000 .000000 13.597942
0.50000 0.133337 9.271377 .000000 .000000 .000000 -0.304123
1.00000 0.133337 9.271377 .000000 .000000 .000000 -14.216168
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10
FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
ELEM 14 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -61.308506 -0.692181 .000000 .000000 .000000 -0.964908
0.50000 -60.011093 -0.692181 .000000 .000000 .000000 0.066464
1.00000 -58.713681 -0.692181 .000000 .000000 .000000 1.106735
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.519534 7.914389 .000000 .000000 .000000 11.484626
0.50000 0.519534 7.914389 .000000 .000000 .000000 -0.236958
1.00000 0.519534 7.914389 .000000 .000000 .000000 -11.958541
ELEM 15 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 -41.237390 -0.874630 .000000 .000000 .000000 -1.244912
0.50000 -39.939978 -0.874630 .000000 .000000 .000000 0.067033
1.00000 -38.642565 -0.874630 .000000 .000000 .000000 1.378978
LOAD LATERAL -----
REL DIST      P      V2      V3      T      M2      M3
0.00000 0.676443 6.251986 .000000 .000000 .000000 9.035087
0.50000 0.676443 6.251986 .000000 .000000 .000000 -0.342892
1.00000 0.676443 6.251986 .000000 .000000 .000000 -9.720872
ELEM 16 ----- LENGTH = 3.000000

```

```

LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -21.273240 -0.903738 .000000 .000000 .000000 -1.260490
0.50000 -19.975827 -0.903738 .000000 .000000 .000000 0.095118
1.00000 -18.678415 -0.903738 .000000 .000000 .000000 1.450725
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 0.483850 3.357797 .000000 .000000 .000000 4.549555
0.50000 0.483850 3.357797 .000000 .000000 .000000 -0.487141
1.00000 0.483850 3.357797 .000000 .000000 .000000 -5.523837
PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10

```

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 23

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 21 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -130.433623 0.002235 .000000 .000000 .000000 -1.46E-17
0.50000 -129.136210 0.002235 .000000 .000000 .000000 -0.003352
1.00000 -127.838797 0.002235 .000000 .000000 .000000 -0.006704
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 2.982055 11.045663 .000000 .000000 .000000 -1.27E-14
0.50000 2.982055 11.045663 .000000 .000000 .000000 -16.568494
1.00000 2.982055 11.045663 .000000 .000000 .000000 -33.136988

```

```

ELEM 22 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -109.738589 0.097589 .000000 .000000 .000000 0.055600
0.50000 -108.441175 0.097589 .000000 .000000 .000000 -0.090784
1.00000 -107.143762 0.097589 .000000 .000000 .000000 -0.237168
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 0.413356 11.526709 .000000 .000000 .000000 16.474336
0.50000 0.413356 11.526709 .000000 .000000 .000000 -0.815727
1.00000 0.413356 11.526709 .000000 .000000 .000000 -16.105740

```

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 24

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 23 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -89.582675 0.416628 .000000 .000000 .000000 0.597409
0.50000 -88.285263 0.416628 .000000 .000000 .000000 -0.027533
1.00000 -86.987850 0.416628 .000000 .000000 .000000 -0.652474
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -0.216201 9.279987 .000000 .000000 .000000 13.609975
0.50000 -0.216201 9.279987 .000000 .000000 .000000 -0.310006
1.00000 -0.216201 9.279987 .000000 .000000 .000000 -14.229987

```

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 24 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -69.774059 0.574047 .000000 .000000 .000000 0.839995
0.50000 -68.476647 0.574047 .000000 .000000 .000000 -0.021076
1.00000 -67.179234 0.574047 .000000 .000000 .000000 -0.882146
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -0.630088 7.815629 .000000 .000000 .000000 11.482325
0.50000 -0.630088 7.815629 .000000 .000000 .000000 -0.241119
1.00000 -0.630088 7.815629 .000000 .000000 .000000 -11.964563

```

```

ELEM 25 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -50.249964 0.682415 .000000 .000000 .000000 1.032169
0.50000 -48.952552 0.682415 .000000 .000000 .000000 0.008546
1.00000 -47.655139 0.682415 .000000 .000000 .000000 -1.015076
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -0.722728 6.152927 .000000 .000000 .000000 8.880128
0.50000 -0.722728 6.152927 .000000 .000000 .000000 -0.349262
1.00000 -0.722728 6.152927 .000000 .000000 .000000 -9.578652

```

```

ELEM 26 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -30.926253 1.090707 .000000 .000000 .000000 3.344552
0.50000 -29.628840 1.090707 .000000 .000000 .000000 -0.291504
1.00000 -28.331427 1.090707 .000000 .000000 .000000 -1.927570
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -0.472495 5.307681 .000000 .000000 .000000 4.517675
0.50000 -0.472495 5.307681 .000000 .000000 .000000 -0.443847
1.00000 -0.472495 5.307681 .000000 .000000 .000000 -5.405479

```

FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 25

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

```

ELEM 27 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -11.450543 -2.753659 .000000 .000000 .000000 -3.296914
0.50000 -10.153130 -2.753659 .000000 .000000 .000000 0.833570
1.00000 -8.855718 -2.753659 .000000 .000000 .000000 4.964059
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 0.078089 0.186062 .000000 .000000 .000000 0.197643
0.50000 0.078089 0.186062 .000000 .000000 .000000 -0.051450
1.00000 0.078089 0.186062 .000000 .000000 .000000 -0.100542

```

```

ELEM 28 ----- LENGTH = 3.000000
LOAD VERT -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -82.298053 0.825053 .000000 .000000 .000000 -4.40E-17
0.50000 -81.000640 0.825053 .000000 .000000 .000000 -1.237579
1.00000 -79.703228 0.825053 .000000 .000000 .000000 -2.475158
LOAD LATERAL -----
REL DIST P V2 V3 T M2 M3
0.00000 -27.612676 8.887467 .000000 .000000 .000000 4.50E-15
0.50000 -27.612676 8.887467 .000000 .000000 .000000 -13.331200
1.00000 -27.612676 8.887467 .000000 .000000 .000000 -22.662400

```

ELEM 32 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -71.191419 2.658758 .000000 .000000 .000000 4.038574
 0.50000 -69.894006 2.658758 .000000 .000000 .000000 0.050438
 1.00000 -68.596594 2.658758 .000000 .000000 .000000 -3.937696
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -17.501174 5.993902 .000000 .000000 .000000 7.018198
 0.50000 -17.501174 5.993902 .000000 .000000 .000000 -1.972655
 1.00000 -17.501174 5.993902 .000000 .000000 .000000 -10.963508
 PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 26

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
 ELEM 33 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -59.591635 2.890020 .000000 .000000 .000000 4.273420
 0.50000 -58.294223 2.890020 .000000 .000000 .000000 -0.061610
 1.00000 -56.996810 2.890020 .000000 .000000 .000000 -4.396639
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -11.629967 5.725753 .000000 .000000 .000000 8.210822
 0.50000 -11.629967 5.725753 .000000 .000000 .000000 -0.377809
 1.00000 -11.629967 5.725753 .000000 .000000 .000000 -8.966439

ELEM 34 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -47.640685 3.135530 .000000 .000000 .000000 4.665389
 0.50000 -46.393273 3.135530 .000000 .000000 .000000 -0.037907
 1.00000 -45.045860 3.135530 .000000 .000000 .000000 -4.741202
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -6.904383 4.706618 .000000 .000000 .000000 6.666391
 0.50000 -6.904383 4.706618 .000000 .000000 .000000 -0.196535
 1.00000 -6.904383 4.706618 .000000 .000000 .000000 -7.459462

ELEM 35 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -35.558466 3.145621 .000000 .000000 .000000 4.988659
 0.50000 -34.261054 3.145621 .000000 .000000 .000000 -0.029772
 1.00000 -32.963641 3.145621 .000000 .000000 .000000 -5.048203
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -3.179595 3.668940 .000000 .000000 .000000 4.731146
 0.50000 -3.179595 3.668940 .000000 .000000 .000000 -0.572272
 1.00000 -3.179595 3.668940 .000000 .000000 .000000 -6.075682
 PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 27

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
 ELEM 36 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -23.246650 3.563933 .000000 .000000 .000000 5.161317
 0.50000 -21.949247 3.563933 .000000 .000000 .000000 -0.184583
 1.00000 -20.651825 3.563933 .000000 .000000 .000000 -5.510482
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -0.806691 1.744850 .000000 .000000 .000000 1.915115
 0.50000 -0.806691 1.744850 .000000 .000000 .000000 -0.702160
 1.00000 -0.806691 1.744850 .000000 .000000 .000000 -3.319435

ELEM 37 ----- LENGTH = 3.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -11.505386 2.753659 .000000 .000000 .000000 3.112390
 0.50000 -10.207973 2.753659 .000000 .000000 .000000 -0.998099
 1.00000 -8.910561 2.753659 .000000 .000000 .000000 -5.128588
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -0.076089 -0.166062 .000000 .000000 .000000 -0.654175
 0.50000 -0.076089 -0.166062 .000000 .000000 .000000 -0.405083
 1.00000 -0.076089 -0.166062 .000000 .000000 .000000 -0.155990

ELEM 41 ----- LENGTH = 6.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 1.794949 -8.462279 .000000 .000000 .000000 -6.390890
 0.25000 1.794949 -4.020709 .000000 .000000 .000000 2.971351
 0.50000 1.794949 0.420860 .000000 .000000 .000000 5.671238
 0.75000 1.794949 4.862430 .000000 .000000 .000000 1.708770
 1.00000 1.794949 9.303999 .000000 .000000 .000000 -8.916051
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 33.872061
 0.25000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 18.632011
 0.50000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 3.492461
 0.75000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 -11.848089
 1.00000 -1.972435 10.160033 .000000 .000000 .000000 -27.088139
 PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPLO9.OUT PAGE 28

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES
 ELEM 42 ----- LENGTH = 6.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 0.195846 -8.920884 .000000 .000000 .000000 -8.014569
 0.25000 0.195846 -4.479114 .000000 .000000 .000000 2.035580
 0.50000 0.195846 -0.037745 .000000 .000000 .000000 5.423374
 0.75000 0.195846 4.303825 .000000 .000000 .000000 2.148814
 1.00000 0.195846 8.845194 .000000 .000000 .000000 -7.788101
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 19.147470
 0.25000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 10.351712
 0.50000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 1.555953
 0.75000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 -7.239806
 1.00000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 -16.035566

ELEM 43 ----- LENGTH = 6.000000
 LOAD VERT -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 0.195846 -8.920884 .000000 .000000 .000000 -8.014569
 0.25000 0.195846 -4.479114 .000000 .000000 .000000 2.035580
 0.50000 0.195846 -0.037745 .000000 .000000 .000000 5.423374
 0.75000 0.195846 4.303825 .000000 .000000 .000000 2.148814
 1.00000 0.195846 8.845194 .000000 .000000 .000000 -7.788101
 LOAD LATERAL -----
 REL DIST P V2 V3 T M2 M3
 0.00000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 19.147470
 0.25000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 10.351712
 0.50000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 1.555953
 0.75000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 -7.239806
 1.00000 -4.767987 5.863839 .000000 .000000 .000000 -16.035566

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 0.209996 | -9.176700 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.760260 |
| 0.25000 | 0.209996 | -4.735140 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.673612 |
| 0.50000 | 0.209996 | -0.293561 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.445130 |
| 0.75000 | 0.209996 | 4.148009 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.554294 |
| 1.00000 | 0.209996 | 8.589579 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.996897 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -3.938481 | 4.717894 | .000000 | .000000 | .000000 | 15.605104 |
| 0.25000 | -3.938481 | 4.717894 | .000000 | .000000 | .000000 | 8.528263 |
| 0.50000 | -3.938481 | 4.717894 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.451421 |
| 0.75000 | -3.938481 | 4.717894 | .000000 | .000000 | .000000 | -5.625420 |
| 1.00000 | -3.938481 | 4.717894 | .000000 | .000000 | .000000 | -12.702262 |

ELEM 44 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 0.136010 | -9.355882 | .000000 | .000000 | .000000 | -4.299983 |
| 0.25000 | 0.136010 | -4.914312 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.402662 |
| 0.50000 | 0.136010 | -0.472742 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.442953 |
| 0.75000 | 0.136010 | 3.968827 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.820889 |
| 1.00000 | 0.136010 | 8.410397 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.463529 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 29

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -4.264783 | 3.789057 | .000000 | .000000 | .000000 | 12.647037 |
| 0.25000 | -4.264783 | 3.789057 | .000000 | .000000 | .000000 | 6.963451 |
| 0.50000 | -4.264783 | 3.789057 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.279866 |
| 0.75000 | -4.264783 | 3.789057 | .000000 | .000000 | .000000 | -4.403720 |
| 1.00000 | -4.264783 | 3.789057 | .000000 | .000000 | .000000 | -10.087305 |

ELEM 45 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 0.597496 | -9.483632 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.750767 |
| 0.25000 | 0.597496 | -5.042063 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.143504 |
| 0.50000 | 0.597496 | -0.600493 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.375421 |
| 0.75000 | 0.597496 | 3.841076 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.944984 |
| 1.00000 | 0.597496 | 8.282646 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.147809 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -7.663524 | 2.430544 | .000000 | .000000 | .000000 | 8.201955 |
| 0.25000 | -7.663524 | 2.430544 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.556139 |
| 0.50000 | -7.663524 | 2.430544 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.910324 |
| 0.75000 | -7.663524 | 2.430544 | .000000 | .000000 | .000000 | -2.735491 |
| 1.00000 | -7.663524 | 2.430544 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.381307 |

ELEM 46 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -3.750902 | -8.593098 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.255321 |
| 0.25000 | -3.750902 | -4.151528 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.303149 |
| 0.50000 | -3.750902 | 0.290042 | .000000 | .000000 | .000000 | 6.199263 |
| 0.75000 | -3.750902 | 4.731111 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.444024 |
| 1.00000 | -3.750902 | 4.171181 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.995570 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -8.410329 | 0.795336 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.038635 |
| 0.25000 | -8.410329 | 0.795336 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.845631 |
| 0.50000 | -8.410329 | 0.795336 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.652627 |
| 0.75000 | -8.410329 | 0.795336 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.540377 |
| 1.00000 | -8.410329 | 0.795336 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.733381 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 30

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

LOAD VERT

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 1.929060 | -8.920548 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.028414 |
| 0.25000 | 1.929060 | -4.478964 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.021211 |
| 0.50000 | 1.929060 | -0.037399 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.408492 |
| 0.75000 | 1.929060 | 4.404171 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.134413 |
| 1.00000 | 1.929060 | 8.845710 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.804020 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -2.412518 | 7.542803 | .000000 | .000000 | .000000 | 22.633904 |
| 0.25000 | -2.412518 | 7.542803 | .000000 | .000000 | .000000 | 11.319700 |
| 0.50000 | -2.412518 | 7.542803 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.005496 |
| 0.75000 | -2.412518 | 7.542803 | .000000 | .000000 | .000000 | -11.308708 |
| 1.00000 | -2.412518 | 7.542803 | .000000 | .000000 | .000000 | -22.622912 |

ELEM 52 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 0.550300 | -8.966512 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.815013 |
| 0.25000 | 0.550300 | -4.524942 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.303578 |
| 0.50000 | 0.550300 | -0.083373 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.759813 |
| 0.75000 | 0.550300 | 4.358197 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.553695 |
| 1.00000 | 0.550300 | 8.799767 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.314778 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -2.514870 | 5.221650 | .000000 | .000000 | .000000 | 15.667048 |
| 0.25000 | -2.514870 | 5.221650 | .000000 | .000000 | .000000 | 7.844572 |
| 0.50000 | -2.514870 | 5.221650 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.002096 |
| 0.75000 | -2.514870 | 5.221650 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.840479 |
| 1.00000 | -2.514870 | 5.221650 | .000000 | .000000 | .000000 | -15.662855 |

ELEM 53 ----- LENGTH = 6.000000

LOAD VERT

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 0.402930 | -4.012643 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.793597 |
| 0.25000 | 0.402930 | -4.571072 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.394188 |
| 0.50000 | 0.402930 | -0.129502 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.919618 |
| 0.75000 | 0.402930 | 4.312067 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.782694 |
| 1.00000 | 0.402930 | 8.724134 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.016584 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION E6.10 FILE:EJEMPL09.OUT PAGE 31

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|---|----|----|---|----|----|
|----------|---|----|----|---|----|----|

| | | | | | | |
|---------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -2.481494 | 4.331698 | .000000 | .000000 | .000000 | 12.998552 |
| 0.25000 | -2.481494 | 4.331698 | .000000 | .000000 | .000000 | 6.501005 |
| 0.50000 | -2.481494 | 4.331698 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.003459 |
| 0.75000 | -2.481494 | 4.331698 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.494088 |
| 1.00000 | -2.481494 | 4.331698 | .000000 | .000000 | .000000 | -12.991634 |

ELEM 54 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 0.318459 | -9.065894 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.815176 |
| 0.25000 | 0.318459 | -4.624324 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.452487 |
| 0.50000 | 0.318459 | -0.182754 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.057796 |
| 0.75000 | 0.318459 | 4.256815 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.000750 |
| 1.00000 | 0.318459 | 8.700385 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.718650 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -2.702381 | 3.632148 | .000000 | .000000 | .000000 | 10.906323 |
| 0.25000 | -2.702381 | 3.632148 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.458102 |
| 0.50000 | -2.702381 | 3.632148 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.009880 |
| 0.75000 | -2.702381 | 3.632148 | .000000 | .000000 | .000000 | -5.438341 |
| 1.00000 | -2.702381 | 3.632148 | .000000 | .000000 | .000000 | -10.886563 |

ELEM 55 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 0.626605 | -9.086679 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.787276 |
| 0.25000 | 0.626605 | -4.645109 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.511565 |
| 0.50000 | 0.626605 | -0.203540 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.148052 |
| 0.75000 | 0.626605 | 4.238030 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.122185 |
| 1.00000 | 0.626605 | 8.679599 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.566037 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -4.769335 | 2.623137 | .000000 | .000000 | .000000 | 7.889121 |
| 0.25000 | -4.769335 | 2.623137 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.954415 |
| 0.50000 | -4.769335 | 2.623137 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.019710 |
| 0.75000 | -4.769335 | 2.623137 | .000000 | .000000 | .000000 | -3.914995 |
| 1.00000 | -4.769335 | 2.623137 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.849701 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10 FILE: EJEMP109.OUT PAGE 32

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 56 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -4.654641 | -9.505234 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.446295 |
| 0.25000 | -4.654641 | -5.063664 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.480379 |
| 0.50000 | -4.654641 | -0.622095 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.744698 |
| 0.75000 | -4.654641 | 3.819475 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.346663 |
| 1.00000 | -4.654641 | 8.261045 | .000000 | .000000 | .000000 | -5.713727 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -5.052531 | 1.279186 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.790456 |
| 0.25000 | -5.052531 | 1.279186 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.871677 |
| 0.50000 | -5.052531 | 1.279186 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.047102 |
| 0.75000 | -5.052531 | 1.279186 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.965880 |
| 1.00000 | -5.052531 | 1.279186 | .000000 | .000000 | .000000 | -3.884654 |

ELEM 61 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 1.833705 | -4.254470 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.741716 |
| 0.25000 | 1.833705 | -4.812900 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.808811 |
| 0.50000 | 1.833705 | -0.371331 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.696984 |
| 0.75000 | 1.833705 | 4.070239 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.922803 |
| 1.00000 | 1.833705 | 8.511809 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.513733 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|------------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -2.893564 | 10.111502 | .000000 | .000000 | .000000 | 26.988412 |
| 0.25000 | -2.893564 | 10.111502 | .000000 | .000000 | .000000 | 11.611159 |
| 0.50000 | -2.893564 | 10.111502 | .000000 | .000000 | .000000 | -3.346094 |
| 0.75000 | -2.893564 | 10.111502 | .000000 | .000000 | .000000 | -18.513335 |
| 1.00000 | -2.893564 | 10.111502 | .000000 | .000000 | .000000 | -33.680558 |

ELEM 62 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 0.231262 | -8.761320 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.480201 |
| 0.25000 | 0.231262 | -4.319750 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.330601 |
| 0.50000 | 0.231262 | 0.127819 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.479049 |
| 0.75000 | 0.231262 | 4.564989 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.965144 |
| 1.00000 | 0.231262 | 9.004459 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.211118 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10 FILE: EJEMP109.OUT PAGE 33

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 63 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -0.268149 | 5.871207 | .000000 | .000000 | .000000 | 16.052910 |
| 0.25000 | -0.268149 | 5.871207 | .000000 | .000000 | .000000 | 7.246100 |
| 0.50000 | -0.268149 | 5.871207 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.560710 |
| 0.75000 | -0.268149 | 5.871207 | .000000 | .000000 | .000000 | -10.367520 |
| 1.00000 | -0.268149 | 5.871207 | .000000 | .000000 | .000000 | -19.174330 |

ELEM 64 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 0.245511 | -6.468154 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.524115 |
| 0.25000 | 0.245511 | -4.018584 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.834938 |
| 0.50000 | 0.245511 | 0.422985 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.531637 |
| 0.75000 | 0.245511 | 4.864555 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.565982 |
| 1.00000 | 0.245511 | 9.306125 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.062028 |

| | | | | | | |
|--------------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| LOAD LATERAL | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -1.017136 | 4.725585 | .000000 | .000000 | .000000 | 12.720677 |
| 0.25000 | -1.017136 | 4.725585 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.632301 |
| 0.50000 | -1.017136 | 4.725585 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.456076 |
| 0.75000 | -1.017136 | 4.725585 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.544453 |
| 1.00000 | -1.017136 | 4.725585 | .000000 | .000000 | .000000 | -15.632830 |

ELEM 64 ----- LENGTH = 6.000000

| | | | | | | |
|-----------|----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| LOAD VERT | | | | | | |
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 0.210091 | -8.228885 | .000000 | .000000 | .000000 | -5.804335 |
| 0.25000 | 0.210091 | -3.787315 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.207815 |

| | | | | | | |
|---------|----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.50000 | 0.210091 | 0.654254 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.557611 |
| 0.75000 | 0.210091 | 5.045824 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.245052 |
| 1.00000 | 0.210091 | 9.537394 | .000000 | .000000 | .000000 | -9.729861 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 0.00000 | -1.039678 | 3.724788 | .000000 | .000000 | .000000 | 9.958128 |
| 0.25000 | -1.039678 | 3.724788 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.370946 |
| 0.50000 | -1.039678 | 3.724788 | .000000 | .000000 | .000000 | -3.216236 |
| 0.75000 | -1.039678 | 3.724788 | .000000 | .000000 | .000000 | -6.803418 |
| 1.00000 | -1.039678 | 3.724788 | .000000 | .000000 | .000000 | -12.390600 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10
 FILE: E:\EMPLOY.CMT PAGE 34

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

ELEM 65 ----- LENGTH = 6.000000

| LOAD | VERT | | | | | |
|----------|----------|-----------|---------|---------|---------|------------|
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | 0.218312 | -8.049287 | .000000 | .000000 | .000000 | -5.206409 |
| 0.25000 | 0.218312 | -3.607718 | .000000 | .000000 | .000000 | 3.536345 |
| 0.50000 | 0.218312 | 0.833852 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.616744 |
| 0.75000 | 0.218312 | 5.275422 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.034789 |
| 1.00000 | 0.218312 | 9.716991 | .000000 | .000000 | .000000 | -10.209520 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -1.924090 | 2.372904 | .000000 | .000000 | .000000 | 6.246627 |
| 0.25000 | -1.924090 | 2.372904 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.687271 |
| 0.50000 | -1.924090 | 2.372904 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.872085 |
| 0.75000 | -1.924090 | 2.372904 | .000000 | .000000 | .000000 | -4.431441 |
| 1.00000 | -1.924090 | 2.372904 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.990797 |

ELEM 66 ----- LENGTH = 6.000000

| LOAD | VERT | | | | | |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -0.810274 | -8.619840 | .000000 | .000000 | .000000 | -7.083076 |
| 0.25000 | -0.810274 | -4.178270 | .000000 | .000000 | .000000 | 2.515507 |
| 0.50000 | -0.810274 | 0.263300 | .000000 | .000000 | .000000 | 5.451735 |
| 0.75000 | -0.810274 | 4.704864 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.725608 |
| 1.00000 | -0.810274 | 9.146439 | .000000 | .000000 | .000000 | -8.662873 |

LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | -1.910912 | 0.730602 | .000000 | .000000 | .000000 | 1.718352 |
| 0.25000 | -1.910912 | 0.730602 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.622449 |
| 0.50000 | -1.910912 | 0.730602 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.473454 |
| 0.75000 | -1.910912 | 0.730602 | .000000 | .000000 | .000000 | -1.569357 |
| 1.00000 | -1.910912 | 0.730602 | .000000 | .000000 | .000000 | -2.665260 |

ELEM 67 ----- LENGTH = 6.000000

| LOAD | VERT | | | | | |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
| 0.00000 | -2.753659 | -8.855718 | .000000 | .000000 | .000000 | -4.964059 |
| 0.25000 | -2.753659 | -4.414148 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.988340 |
| 0.50000 | -2.753659 | 0.027422 | .000000 | .000000 | .000000 | 8.278385 |
| 0.75000 | -2.753659 | 4.466491 | .000000 | .000000 | .000000 | 4.906076 |
| 1.00000 | -2.753659 | 8.910561 | .000000 | .000000 | .000000 | -5.128588 |

PROGRAM SAP2000 - VERSION 6.10
 FILE: E:\EMPLOY.CMT PAGE 35

FRAME ELEMENT INTERNAL FORCES

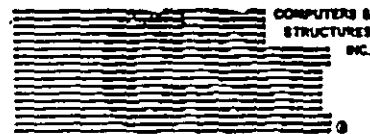
LOAD LATERAL

| REL DIST | P | V2 | V3 | T | M2 | M3 |
|----------|----------|----------|---------|---------|---------|-----------|
| 0.00000 | 0.166062 | 0.076089 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.300542 |
| 0.25000 | 0.166062 | 0.076089 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.186409 |
| 0.50000 | 0.166062 | 0.076089 | .000000 | .000000 | .000000 | 0.072276 |
| 0.75000 | 0.166062 | 0.076089 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.041857 |
| 1.00000 | 0.166062 | 0.076089 | .000000 | .000000 | .000000 | -0.155890 |

SAP2000®

Análisis y Diseño Integrado de
Estructuras por el
Método de Elementos Finitos

EJEMPLOS DE APLICACION



Computers and Structures, Inc.
Berkeley, California, USA

Version 6.1
September 1997

DISCLAIMER

CONSIDERABLE TIME, EFFORT AND EXPENSE HAVE GONE INTO THE DEVELOPMENT AND DOCUMENTATION OF SAP2000. THE PROGRAM HAS BEEN THOROUGHLY TESTED AND USED. IN USING THE PROGRAM, HOWEVER, THE USER ACCEPTS AND UNDERSTANDS THAT NO WARRANTY IS EXPRESSED OR IMPLIED BY THE DEVELOPERS OR THE DISTRIBUTORS ON THE ACCURACY OR THE RELIABILITY OF THE PROGRAM.

THE USER MUST EXPLICITLY UNDERSTAND THE ASSUMPTIONS OF THE PROGRAM AND MUST INDEPENDENTLY VERIFY THE RESULTS.

Indice

| | | |
|------------|---|----|
| Ejemplo 1 | Pórtico Bidimensional bajo Carga Estática | 1 |
| Ejemplo 2 | Pórtico Bidimensional con Carga de un Espectro de Respuesta | 13 |
| Ejemplo 3 | Pórtico Bidimensional Análisis de Historia en el Tiempo .. | 20 |
| Ejemplo 4 | Diseño en Acero de un Pórtico Bidimensional | 32 |
| Apéndice A | Descripción de los Iconos de la Barra de Herramientas .. | A1 |
| Apéndice B | Descripción de los Iconos de la Barra Flotante | B1 |

4. Edite la geometría de la malla y presione el botón OK para cerrar la plantilla.

Sugerencia: Finalizada la edición de la malla, se puede hacer click con el botón derecho del mouse sobre las columnas para verificar si éstas tienen la longitud apropiada. Esta es una manera muy práctica de obtener información sobre cualquier nudo o elemento de la estructura.

Edición de Apoyos

El siguiente paso es el cambio de los apoyos de la estructura de la opción por defecto que corresponde a nudos articulados, a la opción de nudos rígidos que tenemos en este caso.

1. Seleccione el icono Pointer Tool de la barra de herramientas flotante.
2. Marque un área rectangular que abarque los tres nudos en la base de la estructura.

Sugerencia: Se puede observar la barra de estado para ver el número y tipo de elementos que han sido seleccionados.

3. Seleccione el icono Assign Joint Restraints de la barra de herramientas flotante para asignar empotramiento en los apoyos de la estructura. Se pueden asignar también otras características de los nudos desde el menú Assign.

Definición de la Sección Transversal de los Elementos

1. Seleccione primeramente todas las secciones transversales que van a emplearse en el pórtico. Desde el menú Define seleccione la opción Frame Sections. Luego importe los perfiles de acero mostrados en la Figura 1-1.

Nota: Se puede seleccionar más de una sección a la vez de la lista Section Selection. Para ello presione la tecla Ctrl mientras se efectúa la selección.

2. Bajo el menú Select encontrará varias formas de seleccionar nudos y elementos. Para este problema son útiles los modos de selección Pointer/Window e Intersecting Line.
3. Una vez seleccionados los elementos del pórtico ~~deados~~, se podrán asignar las secciones de acero correspondientes a través del botón Assign Frame Sections que está ubicado en la barra de herramientas flotante.

Asignación de Cargas

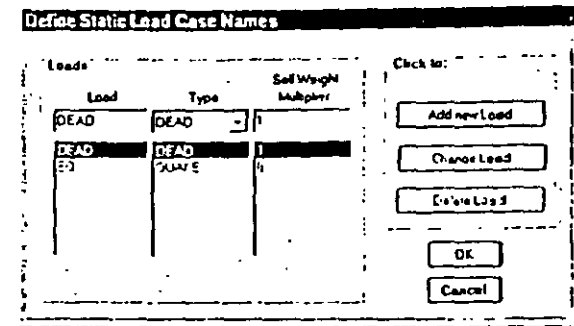


Figura 1-2 Plantilla con los nombres de las condiciones de carga estática

1. El primer paso al ingresar las cargas es definir las condiciones de carga estática. Para ello ingrese al menú Define y seleccione la opción Static Load Cases.
 - DEAD puede usarse para las cargas verticales por peso propio de las vigas, manteniendo el indicador Self Weight Multiplier con el valor 1, SAP2000 agregará el peso propio de las vigas.
 2. Defina una condición de carga lateral estática llamada EQ para la carga de sismo. Asigne esta carga lateral como una carga del tipo QUAKE. Esto permitirá al programa efectuar automáticamente las combinaciones de carga a ser empleadas por el módulo de diseño del SAP2000. Además asigne al parámetro Self Weight Multiplier el valor cero.
 3. Las cargas verticales mostradas en la Figura 1-1 pueden asignarse a las vigas seleccionando todas las vigas utilizando el botón Assign Frame Span Loads de la barra de herramientas flotante.
 4. Las cargas laterales estáticas necesitan ingresarse seleccionando individualmente cada nudo y empleando el botón Assign Joint Loads.
- Importante: Asegúrese de que está añadiendo las cargas a la condición de carga correspondiente.*

Creación de Diafragmas de Piso

Crear diafragmas de piso y especificar la masa del piso sólo en la dirección X son técnicas comúnmente usadas para reducir el tamaño del problema. Por otro lado, al añadir diafragmas el comportamiento del modelo se asemeja al de un edificio con diafragmas rígidos.

1. Repita los siguientes pasos para cada piso:
 - Seleccione todos los nudos del piso.
 - Entre al menú Assign y seleccione la opción Joint ... Constraints.
 - Seleccione Add Diaphragm del la caja de opciones.
 - ◆ En la plantilla Diaphragm Constraint ingrese un nombre para el diafragma del primer piso. En este caso usaremos el nombre DIA1.
 - ◆ Seleccione la opción Z-axis constraint. Esta opción define un diafragma perpendicular al eje-Z.
 - ◆ Presione el botón OK.
 - Presione el botón OK para finalizar la operación.
 - Repita estos pasos para los demás pisos usando diferentes nombres en cada uno.
2. La masa de todos los pisos es la misma. Luego seleccione un nudo en cada piso.
3. Cambie las unidades en que se van a ingresar los datos a Kip-in, puesto que la masa indicada en la Figura 1-1 está dada en esas unidades.
4. Del menú Assign seleccione la opción Joint ... Masses
 - Ingrese la masa de cada piso en la dirección del eje coordenado local 1 (que en éste caso coincide con la dirección del Eje Global X).
 - Todos los demás valores son cero.
5. Retorne las unidades a Kip-ft.

Propiedades de los Materiales

Por último, antes de efectuar el análisis de la estructura, deberemos verificar que la asignación de las propiedades de los materiales es la correcta.

1. Desde el menú Define seleccione la opción Materials.
2. En la plantilla Materials seleccione STEEL y presione el botón MODIFY/SHOW MATERIAL.

- En la plantilla Material Property Data verifique que las propiedades del material sean las correctas. Recuerde que los valores son reportados en las unidades con las que se está trabajando en este momento.

Efectuando el Análisis

Una vez que los datos han sido ingresados, es tiempo para correr el modelo y revisar los resultados.

1. Grabe el modelo.
2. Especifique los parámetros para el análisis seleccionando la opción Analyze del menú Set Options
 - En la plantilla Analysis Options seleccione Plane Frame Analysis para reducir el tamaño del problema y por tanto reducir el tiempo de cálculo.
 - Presione el botón OK para aceptar los cambios realizados.
3. Seleccione la opción Run del menú Analyze para proceder al análisis la estructura.

Nota: Una vez concluido el análisis Ud. podrá revisar los resultados completos en la pantalla antes de presionar el botón OK. Esta será su primera verificación para ver si existe algún problema en el modelo.

Usando los Resultados

Verificación de los Resultados

Una vez que se ha analizado el modelo se debe verificar si los resultados son correctos y que sus valores son del orden y magnitud a los esperados.

Verificación del Modelo:

1. Verifique que el cortante total en la base es igual a la carga lateral total para la condición de carga EQ
 - Seleccione el grupo de elementos del pórtico que están ubicados en el primer nivel así como los nudos en la base de la estructura.
 - Desde el menú Assign seleccione Group Names.
 - Asigne a este grupo de elementos un nombre representativo por ejemplo BASE SHEAR.
 - Seleccione el botón ADD NEW GROUP NAME y presione el botón OK.
 - En el menú Display seleccione la opción Show Group Joint Force Sums y elija el grupo previamente creado.

2. Observe la deformada de la estructura y cree una animación de la misma bajo cargas verticales y laterales para asegurarse de que el comportamiento del modelo es el esperado.

- Ingrese al menú Display y seleccione Show Deformed Shape y seleccione la condición de carga en la que este interesado. También seleccione la opción Wire Shadow, así podrá ver la geometría no-deformada de la estructura al mismo tiempo. Vea las Figuras 1-3 y 1-4 para las formas deformadas de la estructura. Haga click con el botón derecho del mouse sobre cualquier nudo para observar los desplazamientos y rotaciones correspondientes.
- Genere una animación de la deformada presionando el botón START ANIMATION ubicado en la parte inferior de la barra de estado (Para esto se necesita que se encuentre activa una ventana conteniendo la deformada de la estructura). La animación así creada puede salvarse como un archivo *.AVI para verse después desde el menú File. (Vea la Ayuda En-línea bajo el ítem "Export an AVI file".)

Intente esto: *Presione los botones + y - ubicados junto al botón Animate y vea lo que le sucede a la deformada de la estructura.*

- Presione el botón STOP ANIMATION cuando haya terminado de observar la animación.

Si los procedimientos antes descritos muestran que la información ingresada aparenta ser correcta, podemos entonces avanzar hacia procedimientos más avanzados de revisión de los resultados.

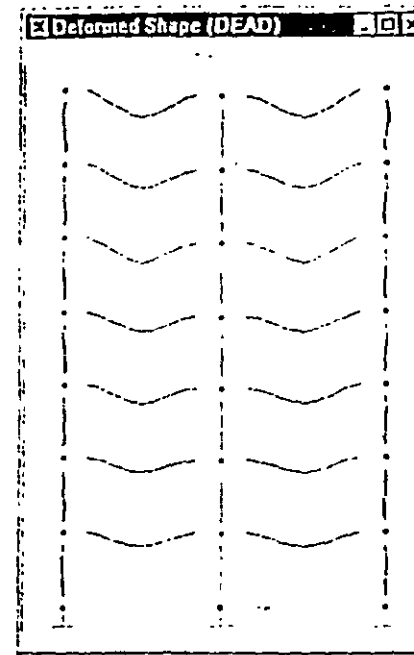


Figura 1-3 Deformada de la Estructura para Cargas Verticales

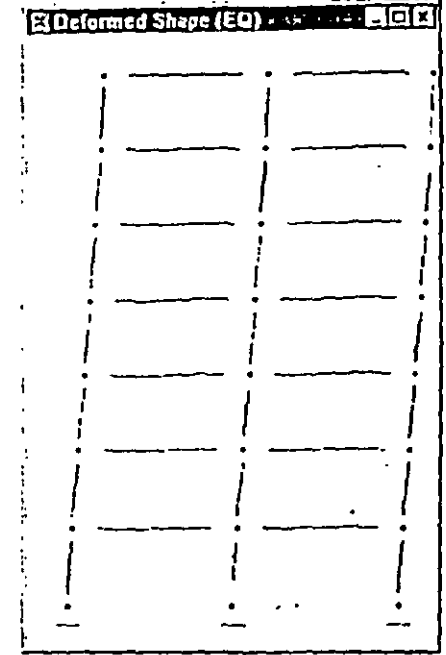


Figura 1-4 Deformada de la Estructura para Cargas Laterales

Comportamiento Estructural

En muchas ocasiones se desea verificar si la estructura se encuentra dentro de determinados límites de comportamiento, tales como rangos de esfuerzo especificados por algún código de diseño. SAP2000 hace todas estas verificaciones automáticamente cuando los elementos son diseñados. (Las opciones de diseño del SAP2000 serán discutidas con mayor detalle en los siguientes ejemplos).

1. Los elementos estructurales pueden diseñarse desde el menú Design y seleccionando la opción Start Design/Check of Structure.
 - Los elementos del pórtico mostrarán en este momento colores que representan el nivel del esfuerzo en cada elemento. Asimismo en la parte inferior de cada elemento se muestra un valor numérico representativo del nivel de esfuerzo presente en el elemento. Un valor 1 por ejemplo significa 100% esforzado.

- Para tener más información sobre el diseño de los elementos entre al menú Design y seleccione la opción Display Design Info.
2. Se puede también ver la información del diseño de cada elemento, o inclusive asignar secciones transversales alternativas, haciendo click con el botón derecho del mouse sobre un elemento.
 - De la ventana que se muestre se puede seleccionar el botón DETAILS para apreciar información detallada de la sección bajo cada una de las combinaciones de carga empleadas en el diseño.
 - También se puede rediseñar el elemento después de cambiar sus parámetros de diseño, longitud efectiva, factor K o propiedades a la sección, presionando el botón REDESIGN.
 3. Si se ha seleccionado una nueva sección la cual se quiere utilizar en el diseño final de la estructura, únicamente ingrese al menú Design y seleccione la opción Update Analysis Sections para reanalizar la estructura con las nuevas secciones seleccionadas.

Nota: Puede ser necesario el uso del botón Refresh Window de la barra de herramientas para actualizar la información en la ventana activa luego de haber efectuado cambios en los parámetros de diseño.

Observando e Imprimiendo Resultados

A menudo se necesita disponer de una copia impresa de los resultados de los análisis obtenidos con el SAP2000. Existen diferentes formas de obtenerlos:

1. Se pueden elegir los resultados que nos interesan con la opción Generate Output ubicada en la pantalla Analysis Options. El botón Select Output Options que aparece permitirá seleccionar cuantos y cuales de los resultados queremos imprimir. Estos resultados son escritos en un archivo de texto con el mismo nombre de nuestro archivo de datos, pero con la extensión *.OUT.
2. Los datos ingresados así como la mayor parte de los resultados generados también pueden verse a partir del menú Display.
3. Desde el menú File se puede optar por imprimir ya sea Gráficos, Tablas con los Datos Ingresados ó Tablas con los Resultados del Análisis y Diseño de elementos.

Sugerencia: Si existen elementos ó nudos seleccionados al momento de generar la impresión de resultados, únicamente se imprimirá la información correspondiente a dichos elementos. De lo contrario, la impresión se generará para todos los elementos y nudos del modelo.
4. El análisis efectuado por el SAP2000 genera dos archivos de salida. El archivo filename.EKO que incluye toda la información empleada en el análisis; y el archivo filename.OUT, que

contiene los resultados del análisis así como los resultados específicamente seleccionados en el menú Analyze...Set Options.

Recuerde: Es un buen hábito generar la salida primeramente a un archivo de texto antes de enviarlo directamente a la impresora. Esto nos permite revisar previamente la información usando cualquier editor de textos, sin tener que hacer frente a enormes pilas de papel.

Comentarios Finales

Como habrá podido observar, SAP2000 es una poderosa herramienta para el análisis estructural que puede usarse en una gran variedad de problemas. Sin embargo, es muy importante entender los principios de ingeniería sobre los cuales este programa ha sido creado.

La mayoría de los trabajos en ingeniería se inician con sencillos anteproyectos para posteriormente madurar en complejos proyectos de análisis/diseño. Esto hace que sea muy importante decidir desde un inicio las herramientas apropiadas de forma tal que no sea necesario cambiar de programas a la mitad de un proyecto. SAP2000 trata de satisfacer la mayor parte de las necesidades que un diseñador puede tener durante el desarrollo de un proyecto.

Las características que SAP2000 ofrece en el proceso de diseño incluyen:

- La capacidad de diseñar pequeños ó grandes proyectos sin necesidad de aprender a usar un nuevo programa.
- La capacidad de diseñar elementos de concreto y acero en un mismo programa.
- Algoritmos de cálculo rápidos que permiten al usuario dedicar mayor tiempo en la modelación del problema y optimización del diseño de elementos estructurales.
- La habilidad para modificar y mejorar el diseño fácilmente.
- Existen probablemente tantas formas de modelar una estructura como ingenieros existen. Sin embargo, puede encontrar útiles algunas de las siguientes ideas:
 - Comience con un modelo básico de la estructura y trate de entenderlo antes de añadir más detalles. Será más sencillo corregir problemas en el sistema estructural adoptado cuando el modelo es aún simple.
 - Asegúrese de que la estructura pueda construirse y que se comportará en la manera en que la hemos modelado. Si no puede ser construida en esa forma, es necesario entender el efecto del proceso constructivo en el comportamiento final de la estructura.
 - Documente detalladamente su diseño incluyendo información sobre las consideraciones asumidas, áreas que deban revisarse e incluso sobre información que aún es requerida. Para ello use el editor de textos User Comments and Session Log que se encuentra dentro del menú File. Este editor de textos incorporado en el programa, le permitirá que dichas anotaciones y comentarios formen parte del modelo.

- Experimente con sistemas estructurales alternativos. SAP2000 ha sido diseñado para efectuar cálculos numéricos rápidamente, permitiendo utilizar mayor tiempo en el mejoramiento de nuestros diseños.
- Así como hay un tiempo asignado para la revisión general al final de un proyecto, no hay razón por la que no deba haber un tiempo para revisar el proyecto desde sus inicios.

EJEMPLO 2

Pórtico Bidimensional con Carga de un Espectro de Respuesta

Descripción

Este ejemplo es una continuación del Ejemplo 1. En esta sección mostraremos como incorporar un Espectro de Respuesta en el análisis de un pórtico bidimensional. La base para definir el Espectro de Respuesta será el espectro del código UBC94S2 el cual está incluido en el SAP2000.

Aspectos Significativos del Modelo y del SAP2000

- Uso del comando Help para obtener instrucciones sobre las opciones del SAP2000.
- Incorporación de una carga proveniente de un Espectro de Respuesta.
- Adecuar la escala del Espectro de Respuesta para su uso en el diseño.

Definiendo el Espectro de Respuesta

Un Espectro de Respuesta es la máxima respuesta de un sistema excitado en su base por una función aceleración-tiempo. Esta función se expresa en términos de la frecuencia natural de la estructura y del amortiguamiento del sistema. El Espectro de Respuesta del código UBC94S2 que vamos a emplear en este ejemplo es suministrado con SAP2000 y no es necesario definirlo por separado. Si hubiese la necesidad de definir un Espectro de Respuesta distinto, se puede usar la ayuda en línea para obtener instrucciones que indican paso a paso como efectuar esta tarea.

Ayuda En-línea

Recuerde: Podrá utilizar alguna de los métodos siguientes para obtener información sobre cualquiera de las funciones del SAP2000

1. Del menú Help seleccione Search for Help on.
2. Con el plantilla Index seleccionada:
 - En el Area 1 escriba 'Define'. Ud. verá en el Area 2 una lista de todos los tópicos disponibles que comiencen con la palabra 'define'. Uno de esos tópicos es 'Define Response Spectrum Functions', que es el tópico del cual necesitamos obtener ayuda. Haga doble click en la línea con la frase 'Define Response Spectrum Functions' para que el programa muestre la información correspondiente.
3. Alternativamente, seleccione el indicador Find para buscar una palabra clave en cualesquiera de los tópicos disponibles en la Ayuda En-línea.
 - Si es la primera vez que usa la opción Find de la Ayuda En-línea del SAP2000, aparecerá una plantilla denominada Find Setup Wizard.
 - Presione el botón NEXT para aceptar el criterio para construir la base de datos de búsqueda.
 - Presione el botón FINISH para construir la base de datos.
 - En el Area 1 escriba 'Response Spectrum'
 - En el Area 3 encontrará nuevamente la opción 'Define Response Spectrum Functions' la cual puede seleccionarse para obtener la información de ayuda correspondiente.

Nota: Se puede encontrar mayor información sobre el uso de la Ayuda En-línea, en la documentación de Windows. También puede ejecutar el archivo WINHELP32.HLP ubicado en C:WINDOWSHELP.

Definiendo el Espectro de Respuesta

1. Si el modelo esta protegido (locked), use el botón Lock/Unlock Model para remover la protección y poder efectuar cambios en el modelo.

2. Ajuste las unidades a Kip-ft.
3. Ingrese al menú Define y seleccione la opción Response Spectrum Case.
4. Presione el botón ADD NEW SPECTRA en la plantilla Response Spectra.
5. En la plantilla Response Spectrum Case Data:
 - Especifique el amortiguamiento asociado al Espectro de Respuesta colocando en la casilla Damping el valor, para nuestro caso: 0.05 (5%)
 - Seleccione UBC94S2 para la dirección U1, así como un factor de escala 32.2ft/sec² en la casilla Scale Factor. Este factor de escala es usado por el Espectro de Respuesta debido a que el espectro UBC94S2 esta normalizado al valor de la aceleración de la gravedad g
 - El resto de los valores por defecto son aceptables.
 - Presione el botón OK para aceptar los cambios hechos en ambas plantillas.

Efectuando el Análisis

Una vez que se han realizado las modificaciones, es tiempo de analizar el modelo y echar una mirada a los resultados del Espectro de Respuesta.

1. Grabe el modelo.
2. En el menú Analyze seleccione la opción Set Options.
 - Marque la casilla Dynamic Analysis.
 - Presione el botón SET DYNAMIC PARAMETERS y modifique el número de modos de vibración a ser considerados en el análisis en la opción Number of Modes. Para nuestro caso 7. El resto de valores por defecto son aceptables.
 - Presione el botón OK en ambas plantillas para aceptar los cambios.

Nota: Se debe decidir cuantos modos de vibración deben considerarse en el análisis para obtener resultados adecuados. Para ello hay muchos criterios a tomar en cuenta, pero para una estructura sencilla como la que estamos analizando puede considerarse satisfactorio un numero de modos igual al numero de pisos.

3. Seleccione la opción Run Minimized del menú Analyze para analizar la estructura.

Nota: La opción Run Minimized es sumamente útil cuando se tienen modelos grandes que requieren mayor tiempo para ser analizados. Esta opción permite al SAP2000 correr en un segundo plano, permitiendo continuar trabajando con otros programas. Otra ventaja de esta opción es que nos brinda un botón para cancelar la ejecución del análisis en caso necesario.

Verificación de los Resultados

1. Verifique si las formas modales y períodos de vibración son los esperados.
 - Del menú Display seleccione la opción Show Mode Shape y elija el modo en que esta interesado. Puede también seleccionar la opción Wire Shadow para ver al mismo tiempo la forma no-deformada de la estructura. Observe las Figuras 2-1 a la 2-4 y note que el número de modo y período de vibración correspondiente están indicados en el título de la ventana.

Nota: Se puede apreciar los modos de vibración subsecuentes presionando los botones + y -, próximos al botón START ANIMATION.
2. Es útil ver el cortante en la base producido por el análisis del Espectro de Respuesta.
 - Usando el grupo BASE SHEAR que fue definido en el Ejemplo 1 observe el cortante en la base de la estructura debido al Espectro de Respuesta. Se puede apreciar que este cortante es considerablemente mayor que el debido a la condición de carga estática.
3. Se puede verificar el desplazamiento de un nudo debido al Espectro de Respuesta.
 - Del menú Display seleccione Show Deformed Shape.
 - ♦ En la plantilla Deformed Shape seleccione la condición de carga para el análisis espectral.
 - ♦ Presione el botón OK.
 - Haga click con el botón derecho del mouse sobre un nudo del nivel superior de la estructura para ver su correspondiente desplazamiento en la dirección global X.
4. Verifique la participación de la masa de la estructura para ver si se ha incluido el en la solución del problema el número de modos suficiente. Para ello se debe revisar el archivo de texto filename.OUT empleando un editor de textos como el WordPad de Windows.
 - Minimice el programa SAP2000.
 - Inicie el programa WordPad o cualquier otro editor de textos.
 - En WordPad abra el archivo filename.OUT. Donde filename es el nombre del archivo usado al grabar este ejemplo.
 - ♦ Busque la sección titulada MODAL PARTICIPATING MASS RATIOS como se muestra en la Figura 2-5.
 - ♦ Bajo la columna CUMULATIVE SUM encontrará que los Modos de Vibración 1 al 7 incluyen el 100% de la participación de masa. Lo cual significa que los 7 modos empleados en el análisis fueron suficientes.

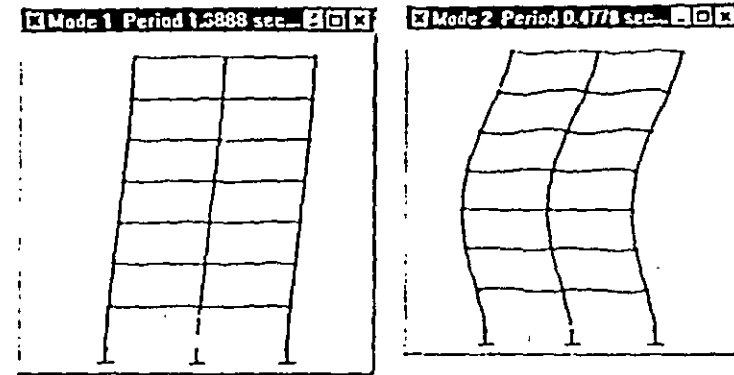


Figura 2-1 Forma Modal y Período de Vibración 1 Figura 2-2 Forma Modal y Período de Vibración 2

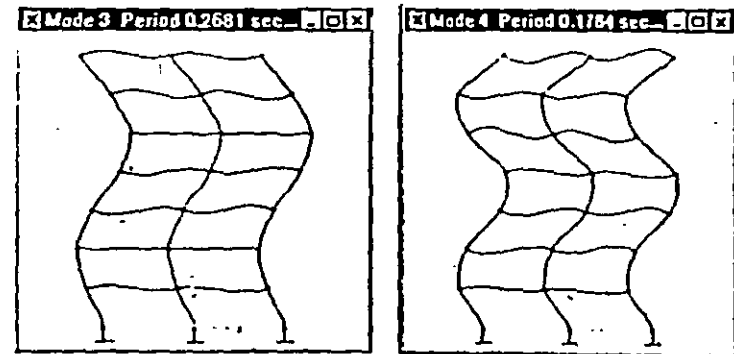


Figura 2-3 Forma Modal y Período de Vibración 3 Figura 2-4 Forma Modal y Período de Vibración 4

GLOBAL PARTICIPATING MASS RATIOS

| MODE | PERIOD | INDIVIDUAL MODE (PERCENT) | | | CUMULATIVE SUM (PERCENT) | | |
|------|----------|---------------------------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|
| | | UX | UY | UZ | UX | UY | UZ |
| 1 | 1.388350 | 79.6359 | 0.0000 | 0.0000 | 79.6359 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 0.477833 | 11.5781 | 0.0000 | 0.0000 | 91.2120 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | 0.268126 | 4.3023 | 0.0000 | 0.0000 | 95.5144 | 0.0000 | 0.0000 |
| 4 | 0.178439 | 2.1229 | 0.0000 | 0.0000 | 97.6373 | 0.0000 | 0.0000 |
| 5 | 0.133678 | 1.4077 | 0.0000 | 0.0000 | 99.0450 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | 0.107637 | 0.8592 | 0.0000 | 0.0000 | 99.9043 | 0.0000 | 0.0000 |
| 7 | 0.090778 | 0.2951 | 0.0000 | 0.0000 | 100.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Figura 2-5 Bloque de Participación de la Masa del archivo de salida

Comentarios Finales

Un análisis empleando el Espectro de Respuesta introduce un nivel de complejidad mayor, que requiere que el ingeniero verifique cuidadosamente los resultados, y tenga muy presente las consideraciones hechas al crear el modelo. Algunos de los aspectos a considerar durante un análisis espectral son:

- Entender completamente el comportamiento estático del modelo antes de efectuar un análisis dinámico.
- Tener un conocimiento cabal y racional de los aspectos involucrados al escalar los resultados del análisis dinámico para obtener un cortante en la base similar al que se obtiene al efectuar un análisis por cargas sísmicas estáticas.
- La ventaja de la mayor rapidez del Análisis Espectral en comparación con el Análisis de Historia en el Tiempo es en muchos casos sustancial. En el diseño, el espectro de respuesta puede incluso proveer aun mayores ventajas debido a que no se deben efectuar verificaciones para diferentes intervalos de tiempo. Sin embargo, es necesario tener presente las limitaciones del Análisis Espectral frente al mayor refinamiento que se obtiene al efectuar un Análisis de Historia en el Tiempo.

Modificando la Escala del Espectro de Respuesta

Algunos códigos de diseño permiten modificar la escala del Espectro de Respuesta de manera que el cortante en la base del análisis espectral sea igual al cortante en la base del análisis empleando cargas sísmicas estáticas.

En este sentido para obtener el nuevo factor de escala para el Espectro de Respuesta tenemos que:

1. Dividir el Cortante en la Base producido por la Carga Sísmica Estática por el Cortante en la Base obtenido del Análisis Espectral, y multiplicar dicho número por 32.2 ft/seg^2 para obtener el nuevo factor de escala del Espectro de Respuesta.
2. Substituir el nuevo factor de escala en el Espectro de Respuesta.
3. Efectuar nuevamente el análisis para obtener las nuevas fuerzas en los elementos bajo la acción del Espectro de Respuesta escalado.

EJEMPLO 3

Pórtico Bidimensional Análisis de Historia en el Tiempo

Descripción

Este ejemplo continúa el análisis del pórtico bidimensional visto en los Ejemplos 1 y 2, añadiendo en este caso una carga de sismo especificada con un acelerograma en la base de la estructura. El registro de aceleraciones a utilizarse se muestra en la Figura 3-1 y corresponde a la componente N-S del sismo ocurrido en El Centro en 1940. Los resultados del análisis de historia en el tiempo se utilizarán para generar un Espectro de Respuesta que luego se empleará para reanalizar la estructura a manera de comparación.

Aspectos Significativos del Modelo y del SAP2000

- Respuesta de historia en el tiempo de una excitación en la base.
- Gráficas de los resultados del análisis de Historia en el Tiempo.
- Gráficas de un Espectro de Respuesta a partir de los resultados de la Historia en el Tiempo.
- Importación del Espectro de respuesta para su uso en el análisis.

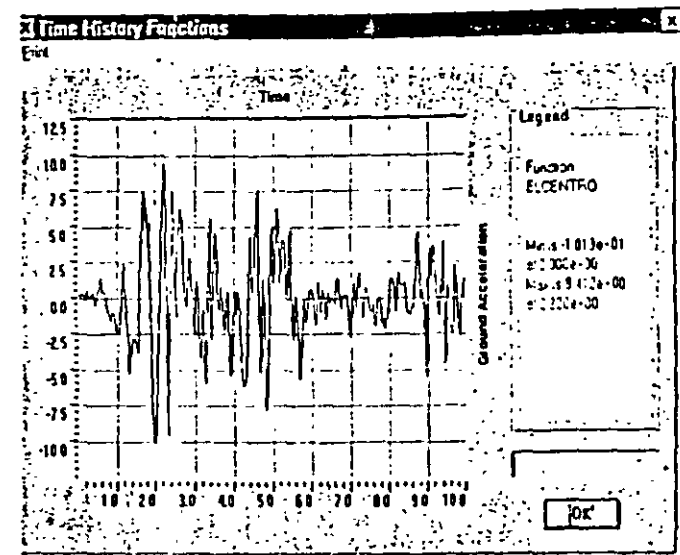


Figura 3-1 Acelerograma de entrada del Sismo de El Centro 1940 (ft/sec^2)

Definición del Concepto Historia en el Tiempo

El término Historia en el Tiempo define un registro de aceleraciones del terreno a determinados intervalos de tiempo para una excitación sísmica específica en una dirección determinada. El registro es usualmente normalizado y en consecuencia necesita multiplicarse por la aceleración de la gravedad ó por algún otro factor correspondiente.

1. Desde el menú Define seleccione Time History Functions.
2. Seleccione el botón ADD FUNCTION FROM FILE.
 - Presione el botón Open File y seleccione el archivo ELCENTRO ubicado en el subdirectorio EXAMPLES del directorio SAP2000.
 - Cambie el nombre de la función a ELCENTRO para que sea fácil de reconocer.
 - El formato de este archivo es de tres pares de columnas de datos por renglón. El primer par de datos la primera columna de cada par es el tiempo y la segunda es la aceleración.
 - ◆ Ingrese 3 Puntos por Línea.

- ◆ Seleccione la opción **Time and Function Values** (en archivo de datos).
 - ◆ Presione el botón **OK**.
 - Presione el botón **OK** para aceptar los datos ingresados.
3. Del menú **Define** seleccione la opción **Time History Cases** para definir los parámetros específicos para el análisis de Historia en el Tiempo de nuestro modelo.
- Seleccione el botón **ADD NEW HISTORY**.
 - Para adicionar amortiguamiento al sistema presione el botón **MODIFY/SHOW MODAL DAMPING**, ingrese **0.05 (5%)** para todos los modos y presione **OK**.
 - Ingrese en el ítem **Number of Output Time Steps** el valor **500**.
 - Ingrese **0.02 (sec)** en el ítem **Output Time Step Sizes**. Estos parámetros nos darán **10 segundos** del registro sísmico para el análisis de historia en el tiempo.
 - De la Lista **Analysis Type** seleccione la opción **Linear**.
 - En el área **Load Assignment** :
 - ◆ Seleccione **ACCDIR1** para el parámetro **Load**
 - ◆ Seleccione la opción **ELCENTRO** para el parámetro **Function**
 - ◆ Para el parámetro **Scale Function** ingrese la aceleración de la gravedad que es de **386.4 in/sec²** si trabaja en **Kip-in** o **32.2 ft/sec²** si trabaja en **Kip-ft**.
 - ◆ Para los parámetros **Arrival Time** y **Angle** asigne valor **cero**.
 - ◆ Presione el botón **ADD** para agregar esta carga al modelo, y presione el botón **OK** para aceptar los datos que acaba de ingresar.
 - Presione el botón **OK** en ambas plantillas para aceptar las adiciones al modelo.

De esta manera hemos ingresado toda la información que necesitamos para efectuar el Análisis de Historia en el Tiempo.

Nota: Por lo general es una buena idea correr el modelo cada vez que se hace un cambio ó adición importante al modelo. Esto permite detectar errores y ahorra tiempo en el diseño final.

Efectuando el Análisis

1. Grabe el modelo.
2. Ajuste los parámetros para el análisis seleccionando **Analyze** del menú **Set Options**.
 - Verifique que los parámetros en **Dynamic Analysis** son los mismos del Ejemplo 2.
3. Seleccione en el menú **Analyze** la opción **Run** para analizar la estructura.

Usando los Resultados

Verificación de los Resultados

Una vez que ha corrido el modelo se deben verificar que los resultados obtenidos sean del orden y magnitud a lo esperado.

1. Verifique el Cortante en la Base producido en el Análisis de Historia en el Tiempo.
 - Desde el menú **Display** seleccione la opción **Show Time History Traces**.
 - ◆ De la plantilla **Time History Display Definition** presione el botón **DEFINE FUNCTIONS**.
 - ◆ En la plantilla **Time History Functions** seleccione **Add Base Functions** y marque solamente la opción **Base Shear X**.
 - ◆ Presione **OK** para regresar a la plantilla **Time History Display Definition**.
 - ◆ Adicione la función **Base Shear X** a la lista **Plot Functions**.
 - ◆ Presione el botón **DISPLAY** para ver una gráfica del cortante en la base en la dirección global **X** como función del tiempo. Vea la Figura 3-2.

*Nota: También se puede generar la gráfica del cortante en la base seleccionando **Add Group Summation Forces** en lugar de **Add Base Functions** y seleccionando el grupo de elementos **BASE SHEAR** definido en el Ejemplo 1.*

2. También se puede verificar el desplazamiento de un nudo ante una excitación de Historia en el Tiempo, para ello:
 - Escoja un nudo y desde el menú **Display** seleccione la opción **Show Time History Traces**.

- Presione el botón **DEFINE FUNCTIONS** de la plantilla **Time History Functions**. Seleccione el nombre del nudo de la lista y presione el botón **MODIFY/SHOW TH FUNCTION**.
- En la plantilla **Time History Joint Function** seleccione **DISPL** para el parámetro **Vector Type** y **UX** para el parámetro **Vector Direction**.
- Presione el botón **OK** para aceptar los cambios.
- Presione los botones **OK** para regresar a la plantilla **Time History Display Definition**.
- Añada el nudo de la lista **List of Functions** a la lista **Plot Functions** y remueva de esta última la función **Base Shear X**.
- Presione el botón **DISPLAY** para ver el desplazamiento del nudo con respecto al tiempo. Vea Figura 3-3.
- Se puede también definir una función nodal directamente en la plantilla **Time History Display Definition** sin haber seleccionado previamente el nudo.
- En la plantilla **Time History Display Definition** presione el botón **DEFINE FUNCTIONS** y en la plantilla **Time History Functions** seleccione la opción **Add Joint Disps/Forces**.
- En la plantilla **Time History Joint Function** ingrese el nombre del nudo (**ID**).
- Seleccione **Vector Type** y **Vector Direction**.
- Presione los botones **OK** para regresar a la plantilla **Time History Display Definition** en donde encontrará la nueva función nodal en el recuadro **List of Functions**.

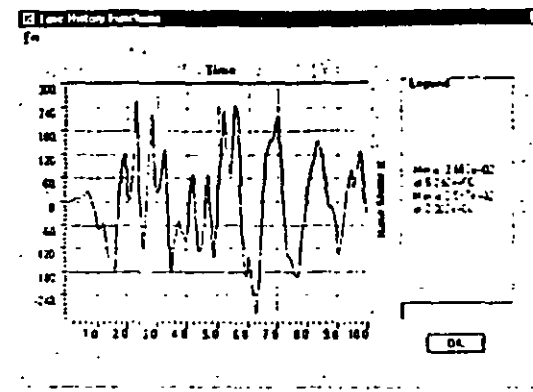


Figura 3-2 Cortante en la Base - Kips

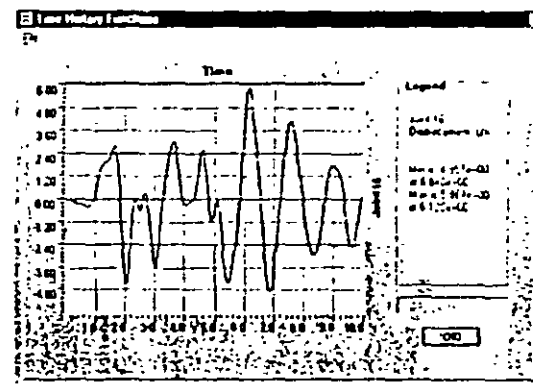


Figura 3-3 Historia en el Tiempo del Desplazamiento del Nivel Superior - In

Creación de un Espectro de Respuesta

Lo primero que se tiene que hacer en este punto es crear un Espectro de Respuesta a partir de los resultados del Análisis de Historia en el Tiempo. Los datos generados de esta forma deben imprimirse en archivo de texto para poder editarse en un formato que pueda ser leído por el SAP2000.

Gráficas del Espectro de Respuesta

1. Seleccione un nudo en la base de la estructura.
2. Del menú Display seleccione la opción Show Response Spectrum Curves. Esta opción aparece solamente cuando se ha seleccionado un nudo.
3. En la plantilla Response Spectrum Generation encontrará el nombre del nudo que fue seleccionado.
 - Bajo el ítem Define asigne el valor X para el parámetro Vector Direction.
 - Bajo el ítem Axes seleccione Period para el parámetro Abscissa y PSA (Seudoaceleración Espectral) para el parámetro Ordinate.
 - Bajo el ítem Options seleccione Arithmetic tanto para Abscissa como para Ordinate. Para el parámetro Ordinate asigne el factor de escala $1/g$ ($g=32.2 \text{ ft/sec}^2$) es decir, $0.03106 \text{ sec}^2/\text{ft}$ si las unidades en que se trabaja son kip-ft.

Nota: El factor de escala es usado para normalizar el Espectro de Respuesta. El registro para el análisis de historia en el tiempo que se utilizó para generar el Espectro de Respuesta estaba normalizado a la aceleración de la gravedad (g) por lo que necesitamos dividir el espectro por la misma cantidad para obtener valores normalizados.

 - Bajo el ítem Period seleccione para las frecuencias los parámetros Default y Structural. Estos parámetros son usados en la generación del Espectro de Respuesta, las frecuencias del tipo Default son una serie de frecuencias predeterminadas que son típicamente de interés en las estructuras, las frecuencias del tipo Structural son las frecuencias naturales de la estructura.
 - Bajo el ítem Damping mantenga el valor del amortiguamiento de 0.05 para el parámetro Damping Value. Como se ha asumido que la estructura tiene 5% de amortiguamiento no será necesario emplear otros valores para el amortiguamiento del sistema.
 - Presione el botón DISPLAY cuando se halla terminado.
4. Ahora Ud. podrá apreciar la gráfica del Espectro de Respuesta para el sismo de El Centro para un amortiguamiento de 5%. Ver Figura 3-4.

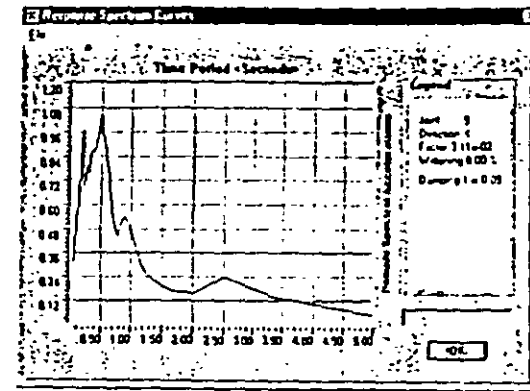


Figura 3-4 Espectro de Respuesta del Análisis de Historia en el Tiempo

5. En la plantilla Response Spectrum Curves seleccione la opción Print Tables to File. Esta opción generará un archivo que tiene dos columnas de datos. La primera de ellas es el periodo, y la segunda es su correspondiente Seudoaceleración (PSA).
 - Grabe el archivo con el nombre RS-ELCEN.TXT

Edición de Tablas.

El siguiente paso consiste en hacer algunas pequeñas modificaciones al archivo de texto RS-ELCEN.TXT para que tenga un formato que pueda ser leído por el SAP2000. Esto se debe a que cuando el archivo original es creado se le agrega información aclaratoria que permite al usuario interpretar y entender fácilmente su contenido. Esta información extra debe removerse.

1. Con un editor de textos como WORDPAD o NOTEPAD abra el archivo RS-ELCEN.TXT.
 - Seleccione todo el texto que se muestra resaltado en la Figura 3-5 y remuévalo.
 - Grabe el archivo RS-ELCEN.TXT como un archivo de texto con el mismo nombre.
2. Ahora que el archivo tiene tan solo las columnas con los periodos y sus correspondientes Seudoaceleraciones, podrá ser leído directamente por el SAP2000

```

SAP2000 v6.06 File: TUTORIAL1 Kip-ft Units PAGE 3
May 19, 1997 17:26
SPECTRUM DATA
Joint          9
Direction     XT
Factor         0.01
Damping       0.5
Pseudo Spectral Accelerations vs Time Period (Seconds)
DAMPING
0.0500
0.0300  3.0656E-01
0.0157  3.2657E-01
0.0400  3.1135E-01
0.0455  3.2217E-01
0.0500  3.2205E-01
0.0556  3.3095E-01
0.0609  3.4265E-01
0.0657  3.7431E-01

```

Figura 3-5 Archivo de salida con el Espectro de Respuesta generado

Lectura de los Datos del Espectro

Ahora que se tienen datos en un formato que el SAP2000 puede leer, necesitamos indicar al programa la ubicación del archivo así como la forma en que éste contiene la información.

1. Si el modelo está protegido presione el botón **Lock/Unlock Model** en la barra de herramientas. Al hacer esto se remueve la protección sobre el modelo y nos permitirá realizar las modificaciones.
2. Del menú **Define** seleccione **Response Spectrum Functions**.
3. En la plantilla **Response Spectrum Functions** presione el botón **Add Function from File**.
 - Asigne al espectro el nombre **RSELCEN**.
 - Presione el botón **Open File** y seleccione el archivo **RS-ELCEN.TXT** en **Pick File**.
 - Mantenga el parámetro **Number Of Points Per Line** en el valor **1** puesto que únicamente hay un par de datos por renglón para definir el Espectro de Respuesta.
 - Seleccione la opción **Period and Acceleration Values**.
 - Presione el botón **OK** para cerrar las plantillas.

4. Del menú **Define** seleccione **Response Spectrum Cases**.
5. En la plantilla **Response Spectrum** presione el botón **ADD NEW SPECTRA**.
 - Asigne al parámetro **Modal Damping** el valor **0.05**.
 - En el área **Input Response Spectra** seleccione **RSELCEN** para la dirección **U1** y asignele el factor de escala **32.2 ft/sec²**.
 - Los demás valores por defecto son aceptables.
 - Presione el botón **OK** para cerrar las plantillas.

Efectuando el Análisis

Una vez que se han hecho las modificaciones es tiempo de correr el modelo y revisar los resultados obtenidos.

1. Grabe el modelo.
2. Seleccione **Run Minimized** del menú **Analyze** para analizar la estructura.

Revisando los Resultados

Lo primero que debe hacerse es la revisión de la máxima deflexión en la parte superior de la estructura así como el cortante en la base tanto para el análisis espectral como para el análisis de Historia en el Tiempo. La comparación de estos resultados nos permitirá ver que tan bien funciona la metodología previamente descrita. Al final de esta sección encontrará los resultados del análisis por cargas sísmicas estáticas, del análisis espectral y del análisis de historia en el tiempo.

Deflexiones de acuerdo al Análisis Espectral

1. Del menú Display seleccione Display Deformed Shape.
 - En la plantilla Deformed Shape seleccione la condición de carga para el análisis espectral.
 - Presione el botón OK.
2. Haga click con el botón derecho del mouse sobre un nudo ubicado en el nivel superior para ver su desplazamiento en la dirección del eje global X.

Cortante en la Base en el Análisis Espectral

Usando el grupo BASE SHEAR que fue creado en el Ejemplo 1, observe los valores del cortante en la base de la estructura debido al Análisis Espectral.

Deflexión y Cortante en la Base en el Análisis de Historia en el Tiempo

1. Usando el método descrito en la primera parte de esta guía grafique la deflexión en el nivel superior de la estructura.
2. Ahora remueva ese nudo de la lista Plot Functions y en su lugar grafique la función Base Shear X ubicada en List of Functions de la plantilla History Display Definitions.

| | Carga Lateral Estática | Espectro de Respuesta | Historia en el Tiempo |
|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Max Deflexión | 1.65 in | 5.5 in | 5.8 in |
| Max Cortante en la Base | 72.5 Kips | 302 Kips | 325 Kips |

Tabla 3-1 Comparación de los Resultados del Análisis de Cargas Laterales

Comentarios Finales

Como habrá podido apreciar el Análisis de Historia en el Tiempo involucra un mayor tiempo de cómputo que el Análisis con Espectro de Respuesta. Debe observarse sin embargo que ambos métodos de análisis brindan resultados similares. En este sentido es sumamente importante que el ingeniero entienda las ventajas y limitaciones de cada método para poder utilizarlos de la manera más adecuada y efectiva.

EJEMPLO 4

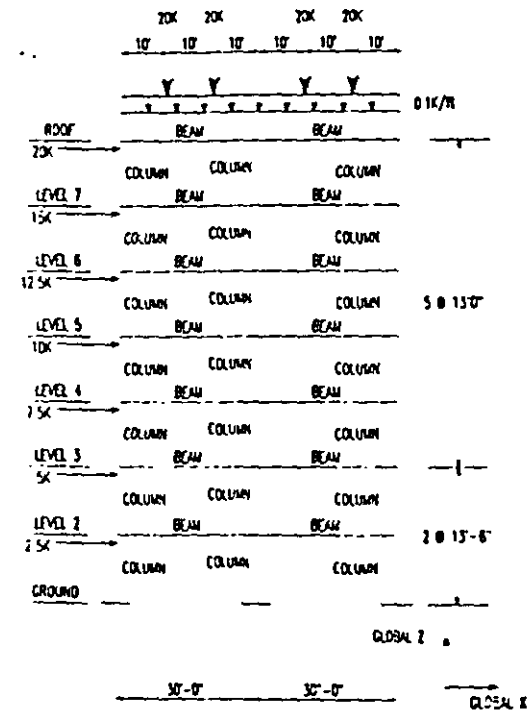
Diseño en Acero de un Pórtico Bidimensional

Descripción

Este ejemplo es un introducción al uso de las poderosas herramientas que posee el SAP2000 para el diseño de una estructura una vez concluido su análisis estructural. Se dará énfasis en esta parte a módulos de diseño en acero empleando como ejemplo la estructura analizada en el Ejemplo 1.

Aspectos importante del Modelo y del SAP2000

- Creación de zonas rígidas en los elementos.
- Selección Automática de grupos
- Cambio de propiedades en elementos
- Designación de elementos por grupos
- Inclusión del efecto P-Delta en el análisis
- Visualización de los resultados
- Auto Selección de secciones



ALL COLUMNS ARE W14'S
 ALL BEAMS ARE W24'S
 TYPICAL STORY MASS = 0.49 kip-sec²/in
 MODULUS OF ELASTICITY = 29500 ksi
 STEEL STRENGTH (F_y) = 36 ksi

Figura 4-1 Pórtico Bidimensional a diseñarse

Creando el Modelo en el SAP2000

Es posible emplear el modelo desarrollado en el Ejemplo 1 efectuando pequeñas modificaciones.

Materiales

Lo primero que se debe hacer es especificar las propiedades de los materiales.

1. Verifique que las unidades estén en Kip-in
2. Entre al menú Define y seleccione la opción Materials.
3. Elija STEEL para el parámetro Material y presione el botón MODIFY/SHOW MATERIAL.
4. Especifique el Esfuerzo de Fluencia ajustando el parámetro Steel Yield Stress f_y en 36 Ksi.
5. Especifique el Módulo de Elasticidad ajustando el parámetro Modulus of Elasticity E en 29,500 Ksi.
6. Presione los botones OK para aceptar los cambios y cerrar las planillas.

Cargas

1. En el ejemplo 1 se asignó el peso propio de la estructura así como una serie de cargas concentradas y distribuidas a la condición de carga DEAD. (Vea Figura 4-2 para la nueva lista Static Loads Case) En este ejemplo asignaremos una condición de carga para la carga viva y otra para el peso propio de los elementos. Es una buena práctica incluir una condición de carga para el peso propio de la estructura con el fin de seguir de cerca el proceso de optimización estructural. Las cargas son separadas en carga muerta, carga viva y carga transversal de sismo de tal manera que el SAP2000 pueda generar automáticamente las combinaciones de carga.
 - Para el caso de carga DEAD especifique el valor del multiplicador Self Weight Multiplier en cero.
 - Agregar una condición de carga para el peso propio y nómbrela SELF, asígnele el tipo DEAD como parámetro a Type y ajuste el multiplicador Self Weight Multiplier en 1.
 - Agregar otra condición de carga estática llamada LIVE y asígnele el tipo LIVE como parámetro a Type.
2. Añada las mismas cargas correspondientes a la carga DEAD a la condición de carga LIVE. Esto significa que cada viga de la estructura tiene cargas idénticas para carga muerta y viva. (Puede revisar el ejemplo 1 para ver las instrucciones de como ingresar las una cargas).

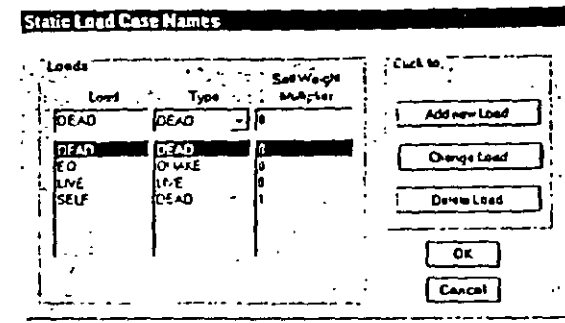


Figura 4-2 - Condiciones de Carga Estática

Definiendo un Grupo de Auto-Selección

La opción de Auto-Selección del SAP2000 es una forma muy efectiva de diseñar estructuras. Al definir un grupo de secciones denominado grupo de Auto-Selección, el programa puede diseñar cada elemento del pórtico escogiendo de entre las secciones especificadas en ese grupo. Por ejemplo se puede definir un grupo de Auto-Selección denominado COLUMNS con únicamente perfiles W14, y otro grupo llamado BEAM con perfiles W24. El programa de esta manera diseñará las secciones tipo COLUMNS empleando solamente secciones W14 y las secciones tipo BEAM empleando únicamente secciones tipo W24.

Lo primero que debemos hacer es definir un grupo de Auto-Selección que incluya únicamente secciones tipo columna. Esencialmente lo que estamos haciendo en esta etapa es darle al programa una lista de secciones de entre las cuales puede elegir al momento de diseñar los elementos del pórtico. El programa por su parte seleccionará la sección más eficiente de entre ese grupo.

Una vez se haya concluido el diseño preliminar es momento de refinarlo, para ello los grupos BEAM y COLUMN serán reemplazados por secciones optimizadas elegidas de entre el grupo de Auto-Selección. Este proceso asignará a los elementos secciones que serán empleadas tanto en el análisis como en el diseño, esto hará mucho más fácil el cambio de secciones que necesiten ser modificadas.

Nota: La opción de Auto-Selección funciona solo en pórticos de acero.

1. Desde el menú Define y seleccione la opción Frame Sections.
2. Importe a la plantilla Frame Sections todas las secciones de acero comprendidas entre W14x61 y W14x283
 - Seleccione en la caja de diálogo la opción IMPORT I/WIDE FLANGE.

- Busque y seleccione la sección W14x283.
 - Manteniendo presionada la tecla SHIFT haga click con el botón izquierdo del mouse sobre W14x61 y presione el botón OK. Esta operación permite seleccionar todas las secciones entre la sección W14x283 y la sección W14x61.
3. Borre de plantilla Frame Sections cualquier sección que pudiera estar duplicada.
- Recuerde: *No es posible borrar una sección que este en uso. De esta manera el programa asegura que todos los elementos tienen asignada secciones existentes.*
4. Desde la plantilla Frame Section añada una sección Auto Select. Esta sección se ubicará en la parte inferior de la lista Add.
- Cambie el nombre en Auto Section Name a COLUMN.
 - De la lista Auto Selections elija y remueva usando el botón Remove todas las secciones exceptuando los perfiles W14. Esto significa que todos los elementos que tengan una sección tipo COLUMN serán diseñados empleando alguno de los perfiles W14 de entre la lista Auto Selections (Vea Figura 4-3).

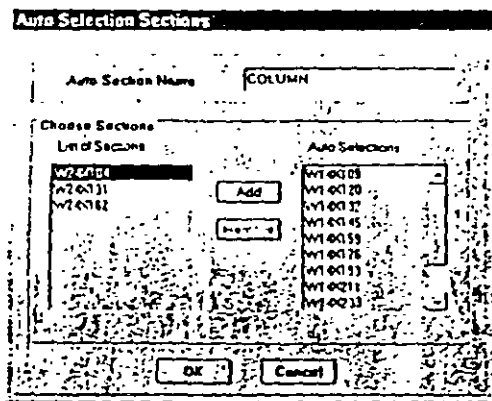


Figura 4-3 Definiendo el grupo de Auto-Selección COLUMN

5. Siguiendo las instrucciones dadas en los pasos 2 al 4:
- Importe todas las secciones entre la W24x55 y la W24x162.
 - Asigne un grupo de Auto-Selección denominado BEAM con perfiles W24 únicamente.

6. Finalmente, seleccione todos los elementos verticales del pórtico y asígnele la sección tipo COLUMN. Luego seleccione todos los elementos horizontales y asígnele la sección tipo BEAM. (Vea el ejemplo 1 para las instrucciones de como asignar secciones a los elementos del pórtico).

Nota: Se puede por supuesto seleccionar una sección específica tanto para el diseño como para el análisis en lugar de emplear la opción de Auto-Selección. Para ello simplemente se necesita asignar a los elementos del pórtico una sección de acero adecuada y diseñarla de acuerdo a lo descrito en el ejemplo 1. Esta sección puede ser ya sea una sección definida por el usuario o bien una sección elegida de entre las secciones predeterminadas.

Efectuando el Análisis

Una vez que se han ingresado los datos es tiempo de correr el modelo y revisar los resultados.

1. Grabe el modelo.
 2. Asigne los parámetros para el diseño entrando al menú Analyze y seleccionando la opción Set Options.
 - En la plantilla Analysis Options seleccione el tipo de análisis **Plane Frame** para reducir el tamaño de la solución y en consecuencia reducir el tiempo de análisis.
 - Marque la opción **Include P-Delta**.
 - Presione el botón **SET P-DELTA PARAMETERS** para ajustar los parámetros del análisis.
 - Asigne a **Maximum Iterations** el valor 10.
 - Incluya las condiciones de carga muerta **DEAD** y **SELF**, en la combinación P-Delta, ambas con factores de carga igual a 1.
 - Incluya la condición de carga **LIVE** con un factor de carga 1.
- Nota: Los factores de carga a emplearse deben ser los correspondientes a las combinaciones de carga que se usen en el diseño de la estructura y que produzcan los máximos efectos en la misma. Deben incluirse además el efecto de las cargas laterales.*
- El resto de valores por defecto es aceptable.
 - Presione los botones OK para aceptar los cambios y cerrar las plantillas.
3. Entre al menú Analyze y seleccione la opción Run para analizar la estructura.

Nota: Debido a que hemos asignado grupos de secciones y no secciones específicas para nuestro diseño, el SAP2000 elegirá las propiedades de las secciones más convenientes para generar la matriz de rigidez y efectuar el análisis estructural. Una vez que se ha efectuado el primer análisis y diseño, se puede instruir al programa para realizar el análisis con las propiedades de las secciones designadas.

Diseño de Secciones

Una vez que se ha efectuado el análisis y revisado sus resultados, se podrán establecer los parámetros necesarios para el diseño en acero de la estructura.

Selección del Código de Diseño

La información resultante del análisis es empleada para efectuar una verificación de las secciones empleando un código de diseño.

- Desde el menú Options seleccione Preferences.
- En la plantilla Preferences, bajo el ítem Steel seleccione el código de diseño que desee emplear. En este caso se empleará el código AISC-ASD-89.
 - Emplee el mismo archivo Section Properties file que fue usado para importar las secciones de acero.

Combinaciones de Carga y Diseño

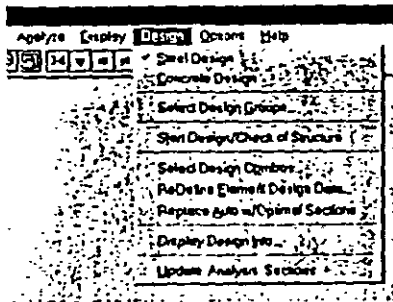


Figura 4-5 Opciones en el Menú de Diseño

Una vez que se ha seleccionado el código a utilizar en el diseño de los elementos se deben verificar las combinaciones de carga a emplearse.

- Primeramente, en el menú Design asegúrese que exista la contraseña en el ítem Steel Design. Esto le indica al SAP2000 que debe efectuarse un diseño de secciones en acero.
- En el menú Design elija la opción Select Design Combos.
 - Revise las combinaciones de carga generadas bajo la lista Design Combos, seleccionando las combinaciones y presionando el botón SHOW.
 - Si existen otras combinaciones de carga que desee incluir en el diseño, puede agregarlas usando para ello la opción Select Design Combos del menú Define.
- Inicie el Diseño/Revisión de la estructura desde el menú Design seleccionando el ítem Start Design/Check of Structure.
 - Cada uno de los elementos será diseñado empleando la sección más eficiente de entre las correspondiente a su grupo de Auto-Selección
 - El SAP2000 mostrará automáticamente el porcentaje del nivel de esfuerzos existente en cada elemento con relación al máximo esfuerzo admisible.
 - Para mayor comodidad el programa asignará colores a cada uno de los elementos, los cuales muestran el nivel de esfuerzo presente en cada miembro usando una escala gráfica de colores/esfuerzos ubicada en la parte inferior de la ventana.

Nota: Si desea verificar el diseño de un número determinado de elementos, podrá realizarlo simplemente con seleccionarlos y ejecutar la opción Start Design/Check of Structure.

Revisión de los Resultados y Rediseño

Una vez efectuado el Diseño/Revisión es tiempo de verificar si los resultados son correctos. SAP2000 brinda al usuario una serie de herramientas para ello.

- Haga click con el botón derecho del mouse sobre cualquier elemento para ver los resultados de su diseño. El elemento que haya sido seleccionado parpadeará para su fácil identificación.
- En la plantilla Steel Stress Check Information encontrará una lista de las combinaciones de carga empleadas para verificar la sección en varios puntos a lo largo del elemento. (Vea Figura 4-5)
 - Una de las combinaciones de carga estará resaltada cuando abra esta plantilla. Esta es la combinación que controla el diseño del elemento.
 - Junto a cada combinación de carga hay un indicador de la ubicación a lo largo del elemento donde fue efectuada la verificación, seguida por la relación de esfuerzo para la interacción de momento y cortante.

Sugerencia : Se puede cambiar el número de puntos a lo largo del elemento en los cuales las fuerzas de sección son reportadas. Para ello seleccione los elementos y desde el menú Assign elija la opción Frame Output Segments para cambiar el número de segmentos. Es necesario ejecutar nuevamente el análisis del modelo para obtener los resultados.

3. Seleccionando cualesquiera de las combinaciones de carga y presionando el botón Details se mostrarán los resultados del análisis para ese elemento así como las ecuaciones que gobiernan su diseño de acuerdo al código empleado. (Ver Figura 4-6)
4. Al presionar el botón ReDesign se presentará la plantilla Element Overwrite Assignments. En esta plantilla se puede elegir de entre varias opciones:

Nota: Si se efectúan cambios en la plantilla Element Overwrite Assignments empleando el botón ReDesign, será necesario presionar el botón Refresh Window de la barra de herramientas para ver los resultados del diseño actualizados en la ventana activa.

- Seleccionar otra sección para ver el cambio en los esfuerzos en el elemento.
- Nota: En el modo Auto-Selección, esta sección puede emplearse para ensamblar una nueva matriz de rigidez si se elige la opción "Update Analysis Sections". Esto último se llevará a cabo una vez que se ejecute nuevamente el Diseño/Revisión.
- Clasificar los elementos por tipo Moment Resisting Element o Brace.
- Sobrescribir los factores de diseño tales como longitud efectiva y la relación de longitud no arriostrada.
- Elija la opción Overwrite Allowable Stresses para sobrescribir los esfuerzos admisibles empleados en el diseño de la sección.
- Cuando haya terminado de modificar los parámetros de diseño presione el botón OK.

Nota: Al cambiar la información de la plantilla ReDesign, el SAP2000 automáticamente recalculará los esfuerzos de diseño de acuerdo a la nueva información y actualizará la información en la plantilla Steel Stress Check Information. Para más instrucciones sobre como actualizar las secciones para el análisis refiérase a la sección "Re-Analizando".

5. Para usar la sección elegida en el Re-Diseño en el siguiente análisis estructural, es necesario entrar al menú Design y seleccionar la opción Update Analysis Sections. Esta opción reemplaza las secciones empleadas inicialmente para formar la matriz de rigidez de la estructura, por las nuevas secciones dándonos mayor precisión en los cálculos.

| Element ID | Section ID | M1 | M2 | M3 | V1 | V2 | V3 |
|------------|------------|----------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 05TL2 | 240 00 | 0.431(1) | -0.000 | -0.421 | -0.000 | 0.134 | 0.000 |
| 05TL2 | 0 00 | 0.431(1) | -0.000 | -0.421 | -0.000 | 0.134 | 0.000 |
| 05TL2 | 10 00 | 0.354(1) | -0.000 | -0.351 | -0.000 | 0.114 | 0.000 |
| 05TL2 | 100 00 | 0.354(1) | -0.000 | -0.354 | -0.000 | 0.074 | 0.000 |
| 05TL2 | 170 00 | 0.310(1) | -0.000 | -0.310 | -0.000 | 0.103 | 0.000 |
| 05TL2 | 240 00 | 0.310(1) | -0.000 | -0.311 | -0.000 | 0.103 | 0.000 |

Figura 4-5 Verificación de Esfuerzos en las secciones de Acero para las Combinaciones de Carga Especificadas

STEEL SECTION CHECK - Rip-In Holes

ELEMENT TYPE: Moment Resisting CLASSIFICATION: Seismic

FRAME ID: 20
 STATION ID: 300.000
 SECTION ID: W24X117
 COMB ID: 05TL2

L=30.000
 A=34.000 I22=297.000 I33=3540.000
 S22=94.006 S33=297.000 r22=7.930 r33=10.146
 E=29500.000 Fy=34.000

STRESS CHECK AXES & MOMENTS

| AXIS | STRESS | ALLOWABLE |
|------|-----------|-----------|
| M1 | 0.000 | 21.000 |
| M2 | -3420.543 | 21.000 |
| M3 | 0.000 | 21.000 |
| V1 | 0.000 | 21.000 |
| V2 | 0.000 | 21.000 |
| V3 | 0.000 | 21.000 |

STRESS CHECK RATIO IS 0.071 = 0.000 = 0.071 = 0.000

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (BENDING)

| AXIS | STRESS | ALLOWABLE | FACTOR |
|------------|--------|-----------|--------|
| M1 BENDING | 15.107 | 21.000 | 1.389 |
| M2 BENDING | 0.000 | 21.000 | 1.000 |
| M3 BENDING | 0.000 | 21.000 | 1.000 |

SHEAR DESIGN

| AXIS | STRESS | ALLOWABLE | FACTOR |
|----------|--------|-----------|--------|
| V1 SHEAR | 0.000 | 10.000 | 1.000 |
| V2 SHEAR | 0.000 | 10.000 | 1.000 |
| V3 SHEAR | 0.000 | 10.000 | 1.000 |

Figura 4-6 Información detallada del diseño en acero de un elemento tipo viga

6. También se pueden observar los resultados del diseño de manera gráfica en la pantalla. Para ello ingrese al menú Design y seleccione la opción Display Design Info. Los resultados se mostrarán en forma gráfica en la parte inferior derecha de los elementos del pórtico.

Nota: Las secciones empleadas en el análisis estructural son mostradas en la parte superior izquierda de cada elemento. Por otra parte, toda la información correspondiente al diseño de los elementos es mostrada en la parte inferior derecha de los mismos.

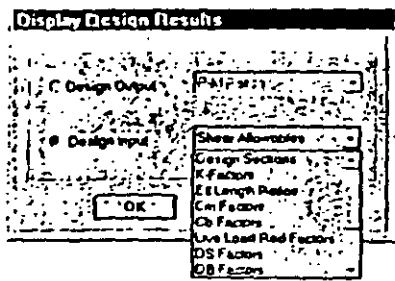


Figura 4-7 Plantilla de salida resultados

7. Se pueden imprimir los resultados del diseño ingresando al menú File y seleccionando la opción Print Design Tables. Para imprimir los resultados de un número limitado de elementos, primeramente selecciónelos y enseguida efectúe la opción Print Design Tables.

Edición de las Propiedades de la Sección

En la Figura 4-1 podrá observar que las vigas del pórtico tienen cargas concentradas ubicadas a los tercios del claro. Si asumimos que dichas cargas son transmitidas por otros miembros, entonces podemos considerar que las vigas tienen soporte lateral en los puntos de carga. El modelo tal como ha sido creado no toma en cuenta este hecho, por lo que las vigas están sobredimensionadas. Para diseñar las vigas más eficientemente se deben editar sus propiedades de diseño.

1. Seleccione todas las vigas de la estructura. Para ello puede usar el modo de selección Intersecting Line Select Mode.
2. Desde el menú Design escoja la opción ReDefine Element Design Data.
 - En la plantilla Element Overwrite Assignments seleccione el ítem Unbraced Length Ratio, L22 y asígnele el valor 0.33. Esto introduce un soporte lateral a las vigas a cada 1/3 del claro (arriostramiento contra el pandeo en el eje local 1-2), en

lugar de la opción por defecto que corresponde a elementos arriostrados solo en los extremos. (Vea Figura 4-8)

- Presione el botón OK luego de ingresar la nueva información. El SAP2000 automáticamente efectuará el Diseño/Revisión del modelo actualizado.
3. Podrá apreciar ahora que las dimensiones de las secciones de las vigas son menores.

Sugerencia: Se puede conocer el peso de la estructura obteniendo la suma de cargas nodales de los elementos del grupo BASE SHEAR. Esta es una manera rápida de ver si los cambios efectuados producen una estructura más eficiente. También se puede obtener el peso total de la estructura empleando el archivo filename.EKO.

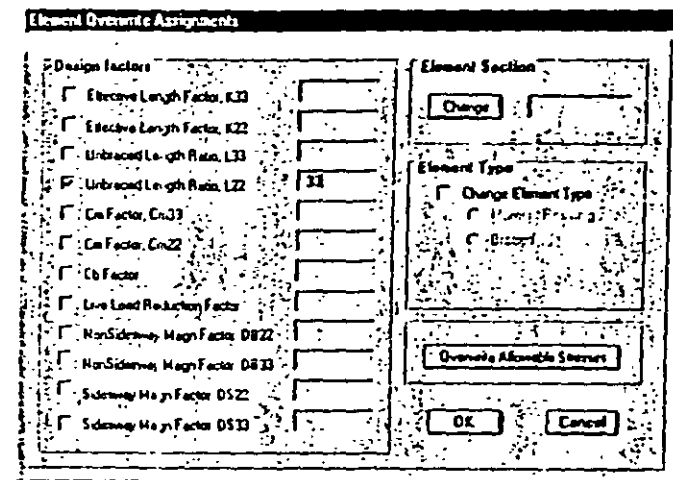


Figura 4-8 Plantilla de sobre-escritura de parámetros de diseño de elementos tipo viga

Re-Analizando

El primer análisis empleó propiedades de sección aproximadas para genera la matriz de rigidez de la estructura. Es por ello que el modelo se debe reanalizar a manera de un proceso iterativo para asegurarnos que el análisis toma en cuenta las propiedades y secciones actualizadas de los elementos.

1. Una vez que se halla terminado de modificar las secciones estructurales que se van a emplear, ingrese al menú **Design** y elija la opción **Update Analysis Sections**. Luego efectúe nuevamente el análisis empleando las últimas propiedades de sección.
2. Lleve acabo nuevamente el diseño de los elementos para ver si hay cambios.
3. Una vez que se encuentre satisfecho con las secciones elegidas, ingrese al menú **Design** y elija la opción **Replace Auto w/ Optimal Sections**. Esta opción asigna las secciones definitivas ya sean las óptimas o bien aquellas seleccionadas por el usuario tanto para el análisis como para el diseño, y reemplaza las propiedades de sección preliminares tomadas de los grupos de auto selección **BEAM** y **COLUMN**.

Diseño de acuerdo al LRFD

La metodología empleada por el LRFD es esencialmente la misma que usa el ASD. Sin embargo las combinaciones de carga así como la ecuaciones de verificación de los elementos son efectuadas empleando el código LRFD, por lo que los resultados e información resultante es distinta. Para efectuar el Diseño/Revisión de acuerdo al código LRFD, es necesario cambiar algunos parámetros de entrada.

1. Ingrese los nuevos factores de carga para el análisis P-Delta.
2. Seleccione de la plantilla **Preferences** el código de diseño en acero **AISC-LRFD93**.
3. Rediseñe las secciones de acero.

Opciones Avanzadas

Definición de Grupos de Elementos para el Diseño

Algunas veces puede encontrar útil esta opción al diseñar elementos en estructuras deportivas. Esta opción permite diseñar todos los elementos de un grupo usando únicamente una sección. La ventaja de este método de diseño es que reduce el número de secciones diferentes a emplearse. Por ejemplo se pueden agrupar las columnas o las vigas de dos o tres pisos del pórtico dentro de un mismo grupo de diseño, permitiéndonos usar una sola sección para dicho conjunto de elementos.

1. Reasigne las secciones del tipo Auto-Selección a los elementos del pórtico.
2. Agrupe los elementos del 3er piso hacia abajo en un grupo denominado **BOTTOM**.
3. Agrupe los elementos entre los pisos 3 y 5 en un grupo llamado **MIDDLE**.
4. Asigne los elementos restante al grupo **TOP**.

5. Efectúe nuevamente el análisis del modelo.
6. En el menú **Design** seleccione la opción **Select Design Group**. En esta parte se le indica al programa que se diseñe un grupo de elementos empleando la sección más ligera que satisfaga los requerimientos y esfuerzos admisibles en todos los elementos.
 - Incluya en la lista **Design Groups** los grupos de elementos **TOP**, **MIDDLE** y **BOTTOM**. Al hacer esto indicamos que estos grupos serán diseñados con la sección más eficiente de las secciones del grupo Auto-Selección.

Nota: Si no hay grupos en la lista "Design Group list", cada uno de los elementos de la estructura serán diseñados individualmente.

 - Cuando presione el botón **OK**, El SAP2000 automáticamente diseñará las secciones de acero y mostrará los resultados en la ventana activa
7. Compare los resultados del diseño anteriormente efectuado con el diseño por grupos para ver como afecta este hecho en las secciones seleccionadas.

Zonas Rígidas

La estructura que hemos venido estudiando, ha sido analizada y diseñada considerando que los elementos se extienden completamente de nudo a nudo, sin tomar en cuenta las dimensiones propias de las secciones transversales de los elementos. Si bien es cierto que ésta no es una mala consideración, el SAP2000 permite efectuar análisis aun más precisos mediante la introducción de zonas rígidas en el modelo. Las zonas rígidas definen una región en la conexión entre viga y columna, en la cual los elementos no sufren deformaciones por flexión. Se genera así esencialmente una zona rígida en la conexión. Esta área puede ser tan grande como el usuario especifique, pero usualmente se considera igual al peralte del miembro (o una fracción del mismo) al que se esta llegando en ese nudo.

1. Seleccione todos los elementos del pórtico.
2. Del menú **Assign** seleccione la opción **Frame... End Offsets**.
 - En la plantilla **End Offset** seleccione la opción **Update Lengths From Current Connectivity**. Esta opción hace que el programa calcule automáticamente las dimensiones de las zonas rígidas a considerarse en cada nudo.
 - Ingrese el valor 1 para **Rigid Zone Factor**. Esto significa que el 100% de la "longitud potencial" de zona rígida deberá considerarse en el análisis.
 - Presione el botón **OK**.
3. Si se especifica la opción **Element Shrink** de la plantilla **Set Elements**, y se observa en la pantalla activa, se podrá apreciar una serie de líneas en cada nudo que indican la asignación de zonas rígidas en los elementos.

Recuerde : Se necesita restablecer la opción End Offsets cada vez que las secciones de los elementos sean modificadas.

Nota: Los momentos y cortantes en las vigas y columnas van a ser ligeramente diferentes en aquellos casos en los que no se toman en cuenta las zonas rígidas. Esto se debe a que la introducción de las mismas reduce la longitud flexible de los elementos.

Comentarios Finales























Las herramientas de diseño del SAP2000 son muy útiles en el diseño de estructuras aporticadas. Sin embargo hay algunos puntos que se deben tener presentes:

1. Asegúrese que toda la información de diseño sea correcta. Los valores por defecto que usa el programa no son necesariamente los correctos (p.ej. K y Longitudes no Arriostradas de los elementos). Se puede usar la plantilla Display Design Results para ver esta información en los elementos del pórtico. De manera conveniente, es posible apreciar el análisis de las secciones al mismo tiempo que la información del diseño.
2. Verifique que las combinaciones de carga de diseño que el programa ha proporcionado sean las correctas y adecuadas para el tipo de estructura en particular que se este analizando. Si no lo son, añada las combinaciones de carga que desea utilizar en el diseño.
3. Verifique los resultados del diseño en puntos claves, para asegurarse que los resultados del diseño guardan relación con los resultados esperados.
4. Verifique que los factores de carga en el análisis P-Delta son los correctos.
5. Rediseñe la estructura toda vez que efectúe cambios en el modelo. Esto permite ver si las secciones empleadas son aún aceptables.
6. Emplee grupos de elementos para determinar el peso total de la estructura. (Revise el Ejemplo 1 para tener instrucciones de como efectuar este paso.)
7. Emplee grupos de elementos en el diseño para reducir el número de las diferentes secciones a utilizarse en la estructura.
8. El archivo filename.EKO contiene la información del peso total de cada uno de las secciones (perfiles) empleadas en el diseño. Esta información nos permite estimar costos de una manera preliminar.

Apéndice A – Descripción de los Iconos de la Barra de Herramientas

| Icono | Nombre del Control | Permite |
|-------|--------------------------------|--|
| | New Model | Iniciar un nuevo modelo. |
| | Open *.SDB file | Abrir un archivo existente del SAP2000. |
| | Save Model | Grabar el modelo activo. |
| | Undo | Deshacer el último cambio. |
| | Redo | Revierte el último Deshacer. |
| | Refresh Window | Regenera la ventana activa con información actualizada. |
| | Lock/Unlock Model | Protege el modelo contra cambios de datos. |
| | Run Analysis | Efectúa el Análisis. |
| | Zoom | Zoom en la estructura del área determinada con el mouse. |
| | Restore Full View | Restaura la vista total del modelo. |
| | Restore Previous View | Restaura la vista anterior del modelo. |
| | Zoom In | Zoom in en el modelo. (Acercamiento) |
| | Zoom Out | Zoom out en el modelo. (Alejamiento) |
| | Pan | Mueve dinámicamente la estructura en cualquier dirección. |
| | Show 3-d view | Muestra vista 3-d del modelo. |
| | Show 2-d View of X-Y/r-θ Plane | Vista 2-d del modelo paralela al plano X-Y/r-θ. |
| | Show 2-d View of X-Z/r-Z Plane | Vista 2-d del modelo paralela al plano X-Z/r-Z. |
| | Show 2-d View of Y-Z/θ-Z Plane | Vista 2-d del modelo paralela al plano Y-Z/θ-Z o una vista desarrollada del plano r-Z plane. |
| | Perspective Toggle | Muestra vista 3-d en perspectiva. |
| | Shrink Elements | Contrae los elementos para facilitar la visualización de la conectividad. |
| | Set Element | Ajusta la visibilidad de los elementos y sus propiedades. |
| | Up One Gridline | Visualiza el siguiente nivel superior en una malla en la vista en planta 2-d. |
| | Down One Gridline | Visualiza el siguiente nivel inferior en una malla en la vista en planta 2-d. |

Apéndice B – Descripción de Iconos de la Barra de Herramientas Flotante

| Icono | Nombre del Control | Permite |
|---|-----------------------------------|---|
|  | Pointer Tool | Selecciona elementos individualmente o en cajas. |
|  | Select All | Selecciona todos los elementos en un gráfico. |
|  | Restore Previous Selection | Restaura elementos previamente seleccionados. |
|  | Clear Selection | Libera todos los elementos seleccionados. |
|  | Set Intersecting Line Select Mode | Selecciona los elementos interceptados por una línea. |
|  | Reshape Element | Mueve elementos tomándolos en su parte central y redimensionarlos seleccionando sus extremos. |
|  | Add Special Joint | Añade manualmente un nudo. |
|  | Draw Frame Element | Dibuja un elemento tipo frame al definir la ubicación de sus nudos extremos. |
|  | Draw Shell Element | Dibuja un elemento tipo shell al definir la ubicación de sus esquinas. |
|  | Quick Draw Frame Element | Dibuja un elemento tipo frame usando una malla. |
|  | Quick Draw Shell Element | Dibuja un elemento tipo shell usando una malla. |
|  | Assign Joint Restraints | Asigna restricciones en los nudos. |
|  | Assign Frame Sections | Asigna secciones y materiales a elementos frame. |
|  | Assign Shell Sections | Asigna secciones y materiales a elementos shell. |
|  | Assign Joint Load | Asigna cargas concentradas nodales. |
|  | Assign Frame Span Loading | Asigna cargas en elementos tipo frame. |
|  | Assign Shell Uniform Loading | Asigna cargas en elementos tipo shell. |
|  | Show Undeformed Shape | Muestra la geometría original del modelo. |
|  | Display Static Deformed Shape | Muestra la geometría deformada de la estructura. |
|  | Display Mode Shapes | Muestra formas de modo y periodos de vibración. |
|  | Display Element Forces/Stresses | Muestra resultados del análisis – Fuerzas y Esfuerzos. |
|  | Set Output Table Mode | Muestra tablas con los resultados del análisis. |

COMENTARIOS FINALES

CAPÍTULO 9

9.1 COMENTARIOS FINALES

Después de dar una primera visión hasta cierto punto con poca profundidad en algunos aspectos ya que se pretende que el presente instructivo inicie al lector interesado de una manera clara, rápida y sencilla en el uso de SAP2000 pero a su vez lo motive para que explore y profundice en otras opciones que están disponibles en el programa, los comentarios finales tienen por objeto eliminar algunas posibilidades de error en los datos proporcionados al programa así como mejorar la interpretación de resultados, estos son:

- Verificar la geometría y características de los materiales, para ello se sugiere almacenar los datos en un archivo con extensión S2K y revisarlos con algún editor con objeto de detectar posibles errores en las características de los materiales y dimensiones de los elementos.
- Verificar las condiciones y combinaciones de carga bajo las cuales se realizará el análisis del modelo, lo anterior con objeto de detectar posibles omisiones o duplicidad de cargas (por ejemplo peso propio).
- Verificar los grados de libertad y las condiciones de apoyo o restricción de los nudos especificados en el archivo de datos los cuales deberán ser acordes con el número de ecuaciones que se forman y resuelven.
- Una vez realizado el Análisis se deberán de verificar e interpretar los resultados, el equilibrio se deberá satisfacer en todo momento, se recomienda que manualmente se verifique éste, por lo menos de manera global (suma de fuerzas externas y reacciones), sin embargo no está por demás verificar el equilibrio de algunos elementos de la estructura de manera aislada (nudos y barras), por ejemplo verificando el equilibrio de algún entrepiso (suma de cortantes en las columnas de entrepiso con el cortante externo en la misma dirección).
- Se deberá verificar la forma de los diagramas de elementos mecánicos la cual tendrá que corresponder con el tipo de cargas, por ejemplo, si en una barra existe carga uniforme el diagrama de cortantes deberá presentar variación lineal y el de momentos variación parabólica.
- La configuración deformada que la estructura presente para alguna condición de carga deberá ser consistente con las condiciones de apoyo del modelo analizado así como con las características de las fuerzas contenidas en esa condición.

- Cuando sea posible se tratará de relacionar los resultados obtenidos con el programa con los que resulten de la aplicación de algún método aproximado, por ejemplo para cargas laterales en un marco se puede utilizar alguno de los métodos aproximados como el del factor o el de Bowman.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES

**MODULO OPTATIVO : SAP 2000
PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE
ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES
CA 058**

**Del 20 de septiembre al 01 de octubre del
2004**

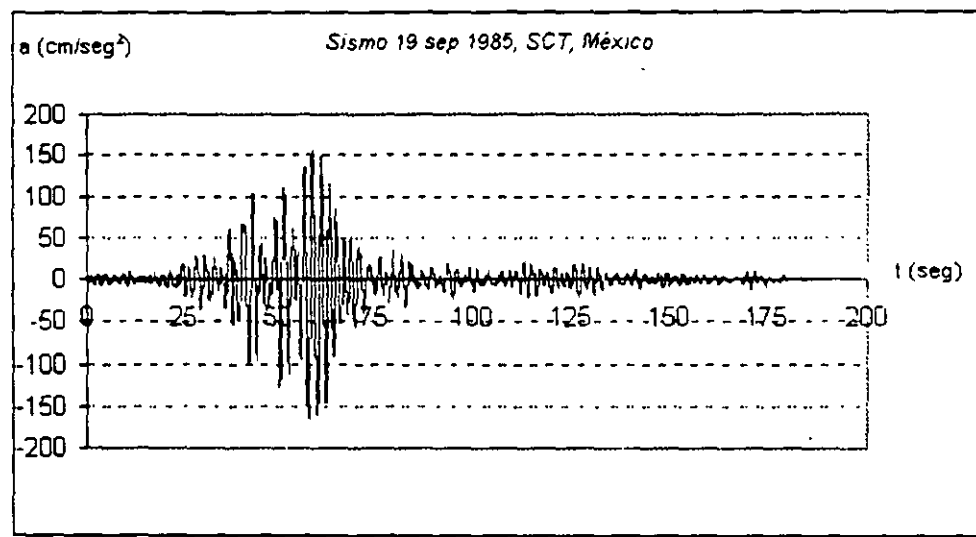
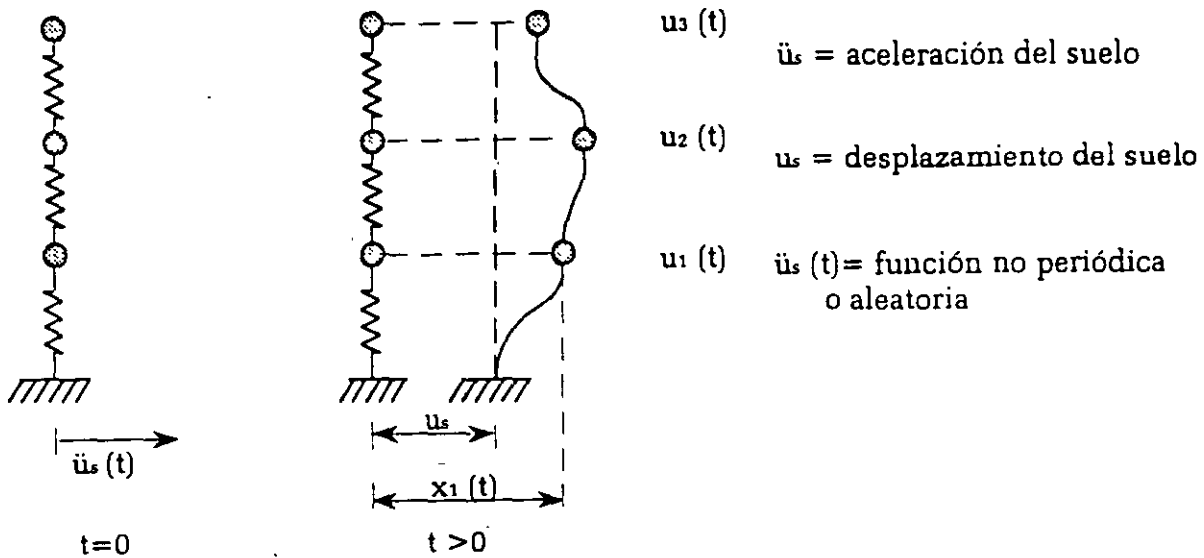
Tema

DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

**EXPOSITOR: ING. FERNANDO MONROY MIRANDA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DE 2004**

UVA

Respuesta a temblores de sistemas dinámicos con comportamiento elástico lineal.



Acelerograma

Para un sistema amortiguado de un solo grado de libertad, la ecuación de movimiento para vibración libre es

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (a)$$

en ella x es el desplazamiento total de la masa y u el desplazamiento de la masa relativo a su base

$$x = u_s + u$$

$$\dot{x} = \dot{u}_s + \dot{u}$$

$$\ddot{x} = \ddot{u}_s + \ddot{u} \quad (b)$$

sustituyendo (b) en (a)

$$m(\ddot{u}_s + \ddot{u}) + c\dot{u} + ku = 0$$

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_s = p(t) \quad (c)$$

$$p(t) = -m\ddot{u}_s$$

Es decir, el problema de movimiento del suelo es equivalente al problema de vibración forzada donde la fuerza excitadora $p(t)$ es $-m\ddot{u}_s$. Extendiendo el razonamiento para varios grados de libertad de vibración del sistema

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{1\}\ddot{u}_s \quad (d)$$

$$[C] = [0] \text{ vibración no amortiguada}$$

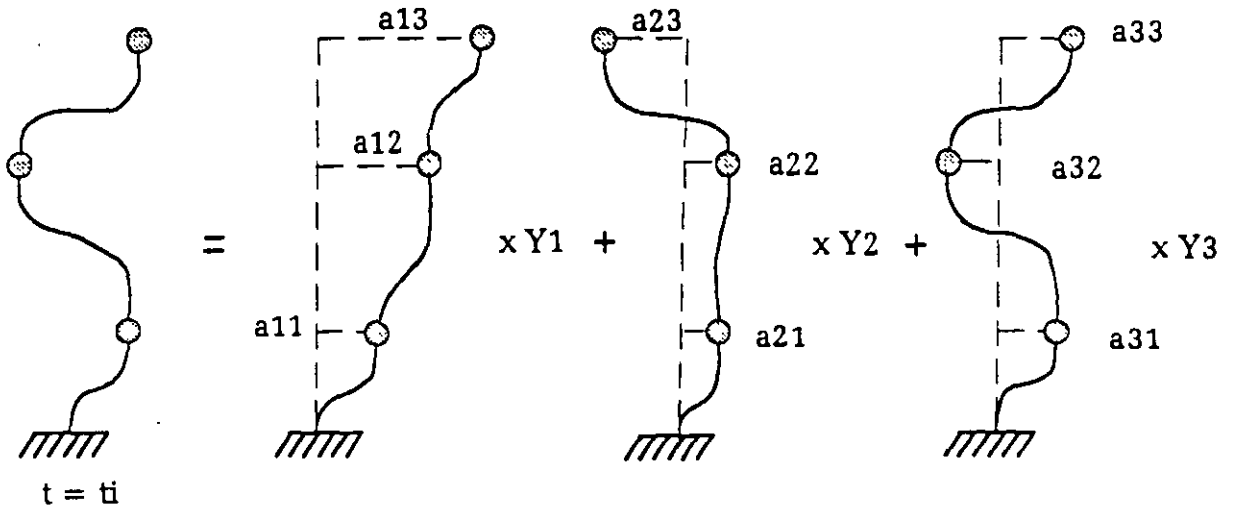
Análisis Modal

En un instante dado, los desplazamientos de las masas pueden expresarse como la suma de los desplazamientos debidos a la participación de cada uno de los modos naturales.

$$\{u(t)\} = \sum Y_j(t) A_j$$

A_j = Amplitud modal en el modo j

Y_j = Función escalar que expresa la variación con respecto al tiempo de la participación del modo j



Para un sistema de 3 grados de libertad, la ecuación anterior, en forma desarrollada, conduce a

$$u_3(t) = a_{13} Y_1(t) + a_{23} Y_2(t) + a_{33} Y_3(t)$$

$$u_2(t) = a_{12} Y_1(t) + a_{22} Y_2(t) + a_{32} Y_3(t)$$

$$u_1(t) = a_{11} Y_1(t) + a_{21} Y_2(t) + a_{31} Y_3(t)$$

en la forma matricial

$$\{u\} = [\Lambda] \{Y\} \tag{e}$$

$$\{Y\} = \{Y(t)\} = \begin{Bmatrix} Y_1(t) \\ Y_2(t) \\ Y_3(t) \end{Bmatrix}$$

$$\{\dot{u}\} = [\Lambda] \{\dot{Y}\}$$

$$\{\ddot{u}\} = [\Lambda] \{\ddot{Y}\}$$

sustituyendo la ecuación (e) en la (d)

$$[M][\Lambda] \{\ddot{Y}\} + [C][\Lambda] \{\dot{Y}\} + [K][\Lambda] \{Y\} = [M] \{1\} \ddot{u}_s \tag{f}$$

recordando que

$$[\Lambda]^T [M] [\Lambda] = [M^*]$$

$$[\Lambda]^T [K] [\Lambda] = [K^*]$$

También

F. Monroy. Facultad de Ingeniería, UNAM

$$[\Lambda]^T [C] [\Lambda] = [C^*]$$

Premultiplicando la ecuación (f) por $[\Lambda]^T$ resulta

$$[M^*] \{\ddot{y}\} + [C^*] \{\dot{y}\} + [K^*] \{y\} = -[\Lambda]^T [M] \{1\} \ddot{u}_s \quad (g)$$

Siendo la anterior una ecuación diagonal, por lo que

$$m_j^* \ddot{y}_j(t) + c_j^* \dot{y}_j(t) + k_j^* y_j(t) = -\{A_j\}^T [M] \{1\} \ddot{u}_s \quad (h)$$

$$m_j^* = \{A_j\}^T [M] \{A_j\}$$

$$c_j^* = \{A_j\}^T [C] \{A_j\}$$

$$k_j^* = \{A_j\}^T [K] \{A_j\}$$

dividiendo la ecuación (h) entre m_j^*

$$\ddot{y}_j(t) + \frac{c_j^*}{m_j^*} \dot{y}_j(t) + \frac{k_j^*}{m_j^*} y_j(t) = -\frac{1}{m_j^*} \{A_j\}^T [M] \{1\} \ddot{u}_s$$

recordando que

$$m_j \omega_j^2 = k_j \quad ; \quad \omega_j^2 = \frac{k_j}{m_j}$$

$$\zeta_j = \frac{c_j}{Ccr_j}$$

$$c_j^* = \zeta_j Ccr_j$$

$$Ccr_j = 2m^* \omega$$

$$= \zeta_j 2m^* \omega$$

Finalmente

$$\frac{c_j^*}{m_j^*} = \frac{2\zeta_j m_j^* \omega_j}{m_j^*} = 2\zeta_j \omega_j$$

Por lo que la ecuación de movimiento también se puede expresar de la siguiente manera

$$\ddot{y}_j(t) + 2\zeta_j \omega_j \dot{y}_j(t) + \omega_j^2 y_j(t) = -\frac{1}{m_j^*} \{A_j\}^T [M] \{1\} \ddot{u}_s \quad (i)$$

Por otro lado, para un sistema de un solo grado de libertad la ecuación (i) se reduce a la ecuación (j)

$$\ddot{u} + 2\zeta \omega \dot{u} + \omega^2 u = -\ddot{u}_s(t) \quad (j)$$

Comparando las ecuaciones (i) y (j) se deduce que la solución de la ecuación (i) se puede obtener resolviendo la ecuación (j) y esa solución multiplicarla por el siguiente factor, llamado factor de participación modal

$$Cp_j = \frac{\{A_j\}^T [M] \{1\}}{\{A_j\}^T [M] \{A_j\}}$$

ya que

$$m_j^* = \{A_j\}^T [M] \{A_j\}$$

Ahora, si suponemos que el desplazamiento (respuesta) del sistema de un grado de libertad con frecuencia ω_j y fracción de amortiguamiento ζ_j es $\phi_j(t)$ entonces

$$Y_j(t) = Cp_j \phi_j(t)$$

Por lo que, el desplazamiento de la masa n en el modo j

$$u_{nj}(t) = Y_j(t) a_{nj}$$

a_{nj} = amplitud de la masa n en el modo j

Considerando la contribución de todos los modos

$$\begin{aligned} u_n(t) &= \sum u_{nj}(t) \\ &= \sum Y_j(t) a_{nj} \\ &= \sum Cp_j \phi_j(t) a_{nj} \end{aligned}$$

Modos Ortonormales

Es muy conveniente escalar los modos de manera que todas las masas generalizadas sean iguales a la unidad, en tal caso, se dice que los modos se han normalizado con respecto a la matriz de masas o que son ortonormales, para la masa j

$$m_j^* = \{A_j\}^T [M] \{A_j\}$$

$$m_j^* \neq 1 \text{ (en general)}$$

Entonces, para que $m_j^* = 1$ se debe de dividir $\{A\}$ entre $\sqrt{m_j^*}$ ya que

$$\frac{1}{\sqrt{m_j}} \{A_j\}^T [M] \frac{1}{\sqrt{m_j}} \{A_j\} = \frac{1}{\sqrt{m_j}} m_j \frac{1}{\sqrt{m_j}} = 1$$

Por lo tanto si $\{A_j\}$ se ha normalizado con respecto a la matriz de masas

$$\{A_j\}^T [M] \{A_j\} = 1$$

$$\{A_j\}^T [C] \{A_j\} = 2\omega_j \zeta_j$$

$$\{A_j\}^T [K] \{A_j\} = \omega_j^2$$

Y ahora el factor de participación, con $\{A_j\}$ normalizado, resulta

$$C_{p_j} = \{A_j\}^T [M] \{1\}$$

o en forma desarrollada

$$C_{p_j} = \sum a_{nj} m_j$$

La fuerza en la masa n vibrando en el modo j con una aceleración \ddot{u}_{nj}

$$\dot{u}_{nj}(t) = \dot{Y}_j(t) a_{nj}$$

$$= C_{p_j} \ddot{\phi}_j(t) a_{nj}$$

En ese modo, el cortante en la base es igual a la suma de las fuerzas en todas las masas, es decir

$$V_j = \sum_{j=1}^n m_n C_{p_j} \ddot{\phi}_j(t) a_{nj}$$

$$V_j = C_{p_j} \ddot{\phi}_j(t) \sum_{j=1}^n m_n a_{nj}$$

Como puede verse, la sumatoria es igual al factor de participación del modo j , por lo tanto

$$V_j = C_{p_j}^2 \ddot{\phi}_j(t)$$

$C_{p_j}^2$ debe de tener unidades de masa y por ello se le llama masa efectiva del modo j y representa la parte de la masa total que genera cortante en dicho modo ortonormal.

Análisis Espectral y combinación de respuestas modales máximas

En vista de que no es posible predecir con cierta exactitud movimientos (acelerogramas) de sismos futuros y poder realizar análisis más refinados (análisis paso a paso) los reglamentos presentan, como una opción para determinar las fuerzas sísmicas dinámicas, al análisis espectral que se basa en el interés por conocer la máxima respuesta que producirá la estructura ante sismos futuros, esa respuesta se obtiene a partir de las características dinámicas de la estructura y sobre todo de un espectro suavizado (reducido) obteniendo de este, la pseudoaceleración máxima S_j , comúnmente, para cada periodo T_j , es decir

$$S_j = \phi_j \omega_j^2$$

$$\phi_j = \frac{S_j}{\omega_j^2}$$

$$u_n(t) = \sum u_{nj}(t) = \sum C p_j \phi_j(t) a_{nj}$$

Por lo que

$$u_{nj_{max}} = \frac{S_j}{\omega_j^2} C p_j a_{nj}$$

Expresa la contribución máxima del modo j al desplazamiento de la masa n , mediante expresiones similares a la anterior se pueden determinar otras respuestas, r_j (Fuerza cortante, deformaciones, Momentos), máximas de la estructura debidas al modo j . Nos interesa determinar la respuesta máxima de la estructura, R_{max} , que incluya a todos los modos.

Combinación de respuestas máximas modales

Para fines de diseño nos interesa conocer la respuesta total máxima R (desplazamientos, cortantes, etc.) considerando la contribución de algunos o de todos modos, la cota superior conservadora, ya que los máximos no ocurren simultáneamente, es la suma de las respuestas máximas modales (ABS), es decir

$$R = \sum |r_j|$$

Para estructuras elásticas es más realista utilizar la expresión propuesta por Resenblueth' (1951) también conocida como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (SRSS ó RSC)

$$R = \sqrt{\sum r_j^2}$$

Cuando las frecuencias son cercanas entre sí, Wilson y colaboradores (1981) han propuesto el siguiente criterio para combinar las respuestas modales, siendo del tipo cuadrática completa (CQC)

$$R = \sqrt{\sum_i \sum_j \rho_{ij} r_i r_j}$$

Si los porcentajes críticos de amortiguamiento son iguales ($\xi_i = \xi_j = \xi$) el coeficiente del producto cruzado está dado por:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 (1+r)r^{3/2}}{(1-r^2)^2 + 4\xi^2 r(1+r)^2}$$

en la ecuación anterior

$$r = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

Observese que si $i=j$ $r=1$

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 (1+1)(1)^{3/2}}{(1-1^2)^2 + 4\xi^2 (1)(1+1)^2}$$

$$= \frac{8\xi^2 (2)}{4\xi^2 (4)}$$

$$= 1$$

Pero si las frecuencias son muy diferentes, r es grande y ρ_{ij} pequeño, por lo que la CQC se acerca a la SRSS.

DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

BAZÁN / MELI

IMUSA

a) Ortogonalidad con respecto a la matriz de masas.

$$Z_j^T M Z_r = 0 \quad \text{si } j \neq r \quad (3.28)$$

b) Ortogonalidad con respecto a la matriz de rigideces

$$Z_j^T K Z_r = 0 \quad \text{si } j \neq r \quad (3.29)$$

c) Los modos naturales constituyen un conjunto completo. lo que significa que cualquier configuración de desplazamientos u puede expresarse como una combinación lineal de las Z_j , es decir:

$$u = \sum_j a_j Z_j \quad (3.30)$$

Los productos $m_j^* = Z_j^T M Z_j$ y $k_j^* = Z_j^T K Z_j$ son cantidades escalares que se denominan *masa* y *rigidez generalizadas* del modo j , respectivamente. Sus valores dependen de la escala de cada modo, aunque el cociente del segundo sobre el primero se mantiene constante y es igual al cuadrado de la frecuencia del modo en cuestión.

3.3.4 Ejemplo

Consideremos la estructura mostrada en la figura 3.7 (Rascón, 1982). Las matrices de masas y rigideces son:

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix}$$

El valor de cada masa es igual a W_i/g (g es la aceleración de la gravedad), entonces:

$$m_1 = m_2 = 400/981 = 0.407750 \text{ t-seg}^2/\text{cm.}$$

$$m_3 = 200/981 = 0.203875 \text{ t-seg}^2/\text{cm.}$$

Reemplazando los valores de k_i , dados en la figura 3.7, obtenemos:

$$K = 80 \begin{bmatrix} 5.0 & -2.5 & 0.0 \\ -2.5 & 3.5 & -1.0 \\ 0.0 & -1.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

y la ecuación 3.27, $|K - \omega^2 M| = 0$, se escribe:

$$\begin{bmatrix} 5.0 - 0.407750 \lambda & & -2.5 & & 0.0 \\ & -2.5 & & 3.5 - 0.407750 \lambda & & -1.0 \\ 0.0 & & -1.0 & & 1.0 - 0.203875 \lambda & \end{bmatrix} = 0$$

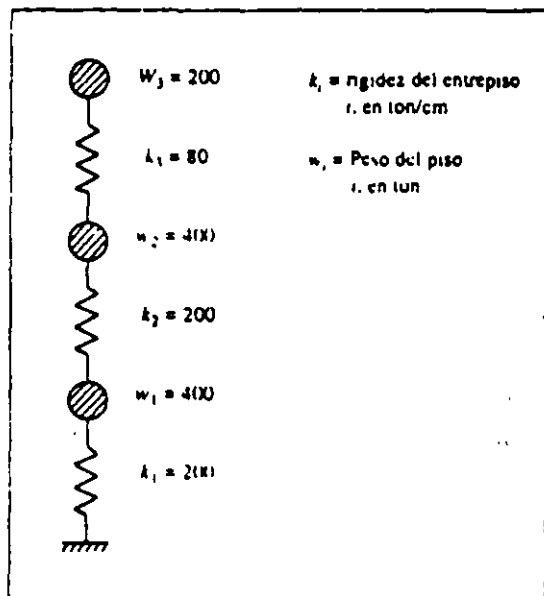


Figura 3.7 Sistema tratado en el ejemplo de la sección 3.3.5.

donde $\lambda = \omega^2/80$. El desarrollo de este determinante conduce a la siguiente ecuación cúbica:

$$\lambda^3 - 25.751 \lambda^2 + 157.885 \lambda - 184.386 = 0$$

cuyas soluciones son: $\lambda_1 = 1.525$, $\lambda_2 = 7.030$, y $\lambda_3 = 17.190$. Como $\omega^2 = 80 \lambda$, recordando que el periodo es $T = 2\pi/\omega$, se obtienen los siguientes resultados:

| | | |
|-------------------------|---------------------------------------|----------------------------|
| $\omega_1^2 = 122.0$, | $\omega_1 = 11.05 \text{ seg}^{-1}$, | $T_1 = 0.5686 \text{ seg}$ |
| $\omega_2^2 = 562.4$, | $\omega_2 = 23.71 \text{ seg}^{-1}$, | $T_2 = 0.2650 \text{ seg}$ |
| $\omega_3^2 = 1375.2$, | $\omega_3 = 37.08 \text{ seg}^{-1}$, | $T_3 = 0.1694 \text{ seg}$ |

Para calcular los modos de vibración, se reemplazan los valores de ω^2 en la expresión 3.26. Procediendo así con ω_1^2 , se llega al siguiente sistema homogéneo de ecuaciones:

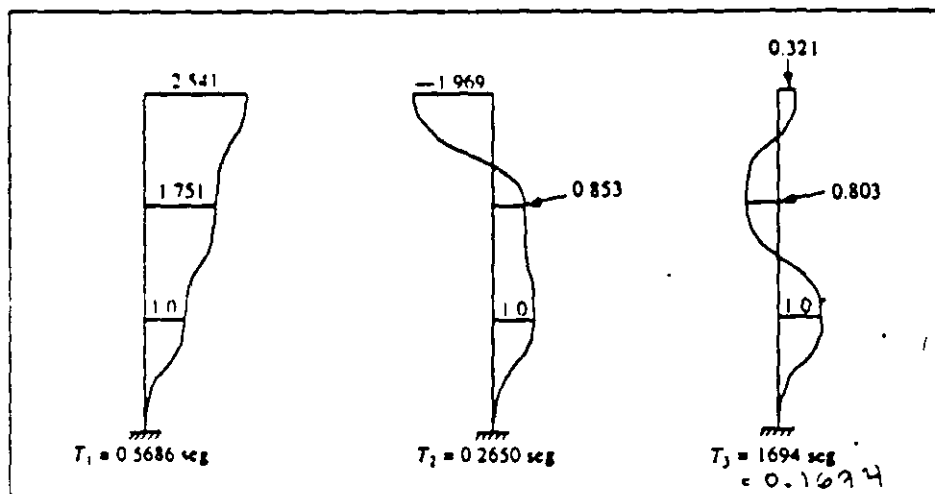


Figura 3.8 Modos de vibrar de la estructura de la figura 3.7.

$$\begin{bmatrix} (400 - 122 \times 0.407750) & -200 & 0.0 \\ -200 & (280 - 122 \times 0.407750) & -80 \\ 0.0 & -80 & (80 - 122 \times 0.203875) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} z_{11} \\ z_{21} \\ z_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

En z_{ij} , el índice i se refiere al nivel mientras que j identifica el modo. Podemos escoger arbitrariamente alguna z_{ij} , por ejemplo $z_{11} = 1$; entonces, de la primera ecuación se calcula $z_{21} = 1.751$ y de la segunda o tercera ecuación encontramos $z_{31} = 2.541$; por tanto:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} z_{11} \\ z_{21} \\ z_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 1.751 \\ 2.541 \end{Bmatrix}$$

Análogamente, empleando los valores de ω_2^2 y de ω_3^2 , respectivamente, se obtienen:

DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

BAZÁN / MELI

LIMUSA

$$Z_2 = \begin{Bmatrix} z_{12} \\ z_{22} \\ z_{32} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.853 \\ -1.969 \end{Bmatrix}$$

$$Z_3 = \begin{Bmatrix} z_{13} \\ z_{23} \\ z_{33} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ -0.804 \\ 0.321 \end{Bmatrix}$$

Las formas de estos tres modos de vibrar se aprecian en la figura 3.8. Recuérdese que cada uno de ellos puede multiplicarse por cualquier constante arbitraria. Podemos verificar la solución constatando la ortogonalidad de los modos con respecto a las matrices de masas y de rigideces. Por ejemplo, con el primer y tercer modos se tiene:

$$Z_1^T M = \{ 1.00 \quad 1.751 \quad 2.541 \} \begin{bmatrix} 0.40775 & 0 & 0 \\ 0 & 0.40775 & 0 \\ 0 & 0 & 0.203875 \end{bmatrix} \\ \{ 0.40775 \quad 0.71397 \quad 0.51805 \}$$

$$Z_1^T M Z_3 = 0.40775 \times 1.0 - 0.71397 \times 0.804 + 0.51805 \times 0.321 = 0.00001 \approx 0.$$

Análogamente, con la matriz de rigideces tenemos

$$Z_1^T K = \{ 1.00 \quad 1.751 \quad 2.541 \} \begin{bmatrix} 400 & -200 & 0 \\ -200 & 280 & -80 \\ 0 & -80 & 80 \end{bmatrix} \\ \{ 49.8 \quad 87.0 \quad 63.2 \}$$

$$Z_1^T K Z_3 = 49.8 \times 1.0 - 87.0 \times 0.804 + 63.2 \times 0.321 = 0.139 \approx 0.$$

Los resultados no son exactamente cero por errores de redondeo.

3.4 CALCULO NUMÉRICO DE MODOS Y FRECUENCIAS DE VIBRAR

El procedimiento seguido en la sección precedente para obtener modos y periodos de vibrar es laborioso e impráctico en sistemas de más grados de libertad. Por ello se han desarrollado métodos numéricos de aproximaciones sucesivas, tres de los cuales se presentan a continuación. Los dos primeros son apropiados para emplearse con una calculadora de escritorio o una hoja electrónica de trabajo, y el tercero es un método matricial, adecuado para programas para computadora.

3.4.1 Método de Newmark

Este método, propuesto por su autor en 1943, está basado en el proceso de iteración de Stodola-Vianello (Rosenbluth y Esteva, 1962). En la forma en que a con-

7.3.3 Estructura tratada en la sección 3.3.4

En este ejemplo se determinan las fuerzas sísmicas sobre la estructura mostrada en la figura 3.7 mediante el análisis modal espectral. Supondremos que se trata de un edificio del grupo A, que se construirá en la zona I y que es aplicable un factor de reducción por comportamiento sísmico $Q = 4$. Hemos calculado los modos y frecuencias de vibrar de esta estructura con varios procedimientos en el capítulo 3, llegando a:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 1.751 \\ 2.541 \end{Bmatrix} ; \quad Z_2 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.853 \\ -1.969 \end{Bmatrix} ; \quad Z_3 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ -0.803 \\ 0.321 \end{Bmatrix}$$

$$\omega_1^2 = 122.0 \text{ rad/seg}^2; \quad \omega_2^2 = 562.4 \text{ rad/seg}^2; \quad \omega_3^2 = 1375.0 \text{ rad/seg}^2$$

$$T_1 = 0.569 \text{ seg}; \quad T_2 = 0.265 \text{ seg}; \quad T_3 = 0.169 \text{ seg}.$$

Recordando que $m_1 = m_2 = 0.40775$ y $m_3 = 0.203875$ (en ton-seg²/cm), los modos ortonormales se calculan como sigue:

$$m_1^* = Z_1^T M Z_1 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 1.751^2 + 0.203875 \times 2.541^2 = 2.97427$$

$$m_2^* = Z_2^T M Z_2 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 0.853^2 + 0.203875 \times 1.969^2 = 1.49485$$

$$m_3^* = Z_3^T M Z_3 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 0.803^2 + 0.203875 \times 0.321^2 = 0.69233$$

Dividiendo cada vector Z_j por la correspondiente $\sqrt{m_j^*}$ reemplazamos los modos por sus correspondientes formas ortonormales, obteniendo:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} 0.580 \\ 1.015 \\ 1.473 \end{Bmatrix} \quad Z_2 = \begin{Bmatrix} 0.818 \\ 0.698 \\ -1.610 \end{Bmatrix} \quad Z_3 = \begin{Bmatrix} 1.202 \\ -0.966 \\ 0.386 \end{Bmatrix}$$

Los coeficientes de participación se calculan con la ecuación 3.49, que arroja:

$$p_1 = 0.40775 \times 0.580 + 0.40775 \times 1.015 + 0.203875 \times 1.473 = 0.9508$$

$$p_2 = 0.40775 \times 0.818 + 0.40775 \times 0.698 - 0.203875 \times 1.610 = 0.2896$$

$$p_3 = 0.40775 \times 1.202 - 0.40775 \times 0.966 + 0.203875 \times 0.386 = 0.1747$$

Con apego a lo expuesto en la sección 6.1.2, en la zona I para construcciones del grupo A se toma $c = 0.16 \times 1.5 = 0.24$; los demás datos para determinar el espectro de diseño se encuentran en la tabla 6.2 y son:

$$T_a = 0.2 \text{ seg}$$

$$T_b = 0.6 \text{ seg}$$

$$r = 1/2$$

Ciñéndonos a lo indicado en 6.1.2, para el primer y segundo modos encontramos que T_1 y T_2 están comprendidos entre T_a y T_b ; por tanto, las ordenadas

espectrales de aceleraciones y los factores de reducción por comportamiento sísmico quedan:

$$a_1 = a_2 = c = 0.240$$

$$Q_1 = Q_2 = Q = 4$$

El periodo T_3 es menor que T_g , entonces:

$$a_3 = (1 + 3 T_y/T_g) c/4 = (1 + 3 \times 0.169/0.2) 0.24/4 = 0.212$$

$$Q_3 = 1 + (Q - 1) T_y/T_g = 1 + (4 - 1) 0.169/0.2 = 3.535$$

Recordando que las a_i están expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad g , las aceleraciones espectrales de diseño A_i , resultan:

$$A_1 = A_2 = 0.24 \times 981/4.00 = 58.9 \text{ cm/seg}^2$$

$$A_3 = 0.212 \times 981/3.535 = 58.9 \text{ cm/seg}^2$$

donde hemos considerado $g = 981 \text{ cm/seg}^2$. A_3 coincide con A_1 y A_2 porque para $Q = 4$, a y Q tienen idéntica variación lineal entre cero y T_g .

Aplicando la ecuación 7.1 hallamos los siguientes desplazamientos máximos de las masas U_j , y máximos desplazamientos de entrepiso δU_j , como contribución de cada modo j :

$$U_1 = \frac{\sum_1 \frac{r_1 p_1}{\omega_1^2} \begin{Bmatrix} 0.580 \\ 1.015 \\ 1.473 \end{Bmatrix}}{122.0} = \begin{Bmatrix} 0.2662 \\ 0.4661 \\ 0.6763 \end{Bmatrix} ; \delta U_1 = \begin{Bmatrix} 0.2662 \\ 0.1999 \\ 0.2103 \end{Bmatrix}$$

$$U_2 = \frac{58.9 \times 0.2896}{564.2} \begin{Bmatrix} 0.818 \\ 0.698 \\ -1.610 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.0247 \\ 0.0211 \\ -0.0487 \end{Bmatrix} ; \delta U_2 = \begin{Bmatrix} 0.0247 \\ -0.0036 \\ -0.0698 \end{Bmatrix}$$

$$U_3 = \frac{58.9 \times 0.1747}{1375} \begin{Bmatrix} 1.202 \\ -0.966 \\ 0.386 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.0090 \\ -0.0072 \\ 0.0029 \end{Bmatrix} ; \delta U_3 = \begin{Bmatrix} 0.0090 \\ -0.0162 \\ 0.0101 \end{Bmatrix}$$

Las unidades son cm.

La cortante V_{ij} , en el entrepiso i , debida al modo j , se calcula multiplicando el desplazamiento del entrepiso δ_{ij} , por la rigidez respectiva k_i . Recordando que $k_1 = k_2 = 200$ y $k_3 = 80$ (en ton/cm), encontramos:

$$V_{11} = 200 \times 0.2662 = 53.23 \text{ ton}$$

$$V_{21} = 200 \times 0.1999 = 39.98 \text{ ton}$$

$$V_{31} = 80 \times 0.2103 = 16.82 \text{ ton}$$

$$V_{12} = 200 \times 0.0247 = 4.95 \text{ ton}$$

$$V_{22} = -200 \times 0.0036 = -0.73 \text{ ton}$$

$$V_{32} = -80 \times 0.0698 = -5.58 \text{ ton}$$

$$V_{13} = 200 \times 0.0090 = 1.80 \text{ ton}$$

$$V_{23} = -200 \times 0.0162 = -3.25 \text{ ton}$$

$$V_{33} = 80 \times 0.0101 = 0.81 \text{ ton}$$

Las diferencias entre los periodos naturales de dos modos cualesquiera son mayores que 10 por ciento, por tanto es adecuado estimar la respuesta combinada de todos los modos con la fórmula 7.3. Para las cortantes V_i y los desplazamientos relativos δ_i , en cada entrepiso i , obtenemos:

$$V_1 = \sqrt{53.23^2 + 4.95^2 + 1.80^2} = 53.49 \text{ ton}$$

$$V_2 = \sqrt{39.98^2 + 0.73^2 + 3.25^2} = 40.12 \text{ ton}$$

$$V_3 = \sqrt{16.82^2 + 5.58^2 + 0.81^2} = 17.74 \text{ ton}$$

$$\delta_1 = \sqrt{0.2662^2 + 0.0247^2 + 0.0090^2} = 0.2675 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \sqrt{0.1999^2 + 0.0036^2 + 0.0162^2} = 0.2006 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = \sqrt{0.2103^2 + 0.0698^2 + 0.0101^2} = 0.2218 \text{ cm}$$

Las estimaciones de los desplazamientos totales u_i , con este criterio son:

$$u_1 = \sqrt{0.2662^2 + 0.0247^2 + 0.0090^2} = 0.2675 \text{ cm}$$

$$u_2 = \sqrt{0.4661^2 + 0.0211^2 + 0.0072^2} = 0.4666 \text{ cm}$$

$$u_3 = \sqrt{0.6763^2 + 0.0487^2 + 0.0029^2} = 0.6781 \text{ cm}$$

Cabe puntualizar que las diferencias $u_2 - u_1 = 0.4666 - 0.2675 = 0.1991 \text{ cm}$ y $u_3 - u_2 = 0.6781 - 0.4666 = 0.2115 \text{ cm}$, no reproducen las estimaciones correctas de δ_2 y δ_3 que son mayores (0.2006 y 0.2218 cm, respectivamente). Es inadecuado estimar δ_2 y δ_3 como estas diferencias, ya que el criterio expresado por la regla 7.3 requiere que en primer lugar se calcule la respuesta de interés (en este caso los desplazamientos relativos) para cada modo y luego se combinen tales resultados como la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados. Aunque en este ejemplo las diferencias son pequeñas, podrían ser mayores en otras situaciones.

Se percibe de inmediato que la participación del modo fundamental en las respuestas sísmicas es mucho mayor que las de los segundo y tercer modos. Esto se podía anticipar calculando las masas efectivas de los modos dadas por los cuadrados de los coeficientes de participación:

$$p_1^2 = 0.9508^2 = 0.9040$$

$$p_2^2 = 0.2896^2 = 0.0839$$

$$p_3^2 = 0.1747^2 = 0.0305$$

La suma de las masas efectivas es $\sum p_j^2 = 1.0184$, que, salvo por errores pequeños de precisión de las operaciones, es igual a $\sum m_n = 0.40775 + 0.40775 + 0.203875 = 1.0194$, lo cual confirma que con los tres modos hemos incluido la totalidad de las fuerzas de inercia; además, así se satisfacen los requisitos de las NTDS en el sentido de incluir cuando menos tres modos y todos aquellos que tengan periodos mayores que 0.4 segundos.

En general se obtienen tantos modos como pisos tiene el edificio y es deseable determinar qué fracción de la masa total constituye cada masa efectiva de los modos incluidos en el análisis, como un criterio adicional para decidir si es necesario añadir modos superiores. En el ejemplo que nos ocupa, las fracciones son 0.89, 0.08 y 0.03 para los modos 1, 2 y 3, respectivamente, indicando que el modo fundamental involucra casi 90 por ciento de la masa total mientras que el tercer modo afecta sólo el 3 por ciento de dicha masa.

Debemos comprobar que el cortante basal no sea menor que $V_{min} = 0.8aW_o/Q$, siendo en este caso $W_o = 1000$ ton y, para el modo fundamental, $a = 0.24$ y $Q = 4$; entonces $V_{min} = 0.8(0.24 \times 1000)/4 = 48$ ton. Como hemos obtenido que en la base $V = 53.49$ ton, mayor que V_{min} , no es necesario modificar V ni ninguno de los demás resultados del análisis modal.

Los desplazamientos totales y de entrepiso tienen que multiplicarse por $Q = 4$, lo cual lleva finalmente a:

$$u_1 = 0.2675 \times 4 = 1.07 \text{ cm}$$

$$u_2 = 0.4666 \times 4 = 1.87 \text{ cm}$$

$$u_3 = 0.6781 \times 4 = 2.71 \text{ cm}$$

$$\delta_1 = 0.2675 \times 4 = 1.07 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = 0.2006 \times 4 = 0.80 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = 0.2218 \times 4 = 0.89 \text{ cm}$$

Estos valores deben emplearse al revisar los efectos de segundo orden y al verificar si las distorsiones de entrepiso no exceden los límites del artículo 209 del RCDF, con los procedimientos que hemos presentado en las secciones 6.6 y 6.7 u otros equivalentes.

7.4 ANÁLISIS EN DOS DIMENSIONES Y EFECTOS DE TORSIÓN

7.4.1 Enfoque de análisis

Con apego a las NTDS, el análisis sísmico de todo edificio debe considerar dos direcciones ortogonales del movimiento del terreno. Para cumplir tal requisito, cuando en el método dinámico se opta por ignorar los giros de los pisos, se tiene que seguir el procedimiento de análisis modal espectral independientemente para cada dirección del sismo, desde el cálculo de periodos y modos de vibración, hasta la determinación de las fuerzas cortantes de entrepiso.

La siguiente etapa consiste en distribuir tales cortantes de la misma manera que en el análisis estático con uno de los procedimientos presentados en la sección 6.4 u otro similar. En particular, las excentricidades directas y accidentales se combinan como lo indican las expresiones 6.14 y 6.15, y se consideran los efectos simultáneos de 100 por ciento del componente del sismo en una dirección con 30 por ciento de los de la componente ortogonal. En rigor, este enfoque de análisis es híbrido: las cortantes sísmicas se determinan dinámicamente, pero los efectos de torsión se incorporan por métodos estáticos.

7.4.2 Ejemplo

Consideremos nuevamente el edificio esquematizado en la figura 2.30, cuyas propiedades se han presentado en la tabla 3.6. A partir de los datos de esta tabla, se obtuvieron en la sección 3.5.4 las matrices de masas y de rigideces laterales para cada dirección de análisis, y, luego, los modos y periodos ortonormales que se dan en la tabla 3.7. Cabe hacer notar que los periodos fundamentales (0.9652



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

DIPLOMADO EN EL ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES

**MODULO OPTATIVO : SAP 2000
PARA ANÁLISIS Y DISEÑO DE
ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES
CA 058**

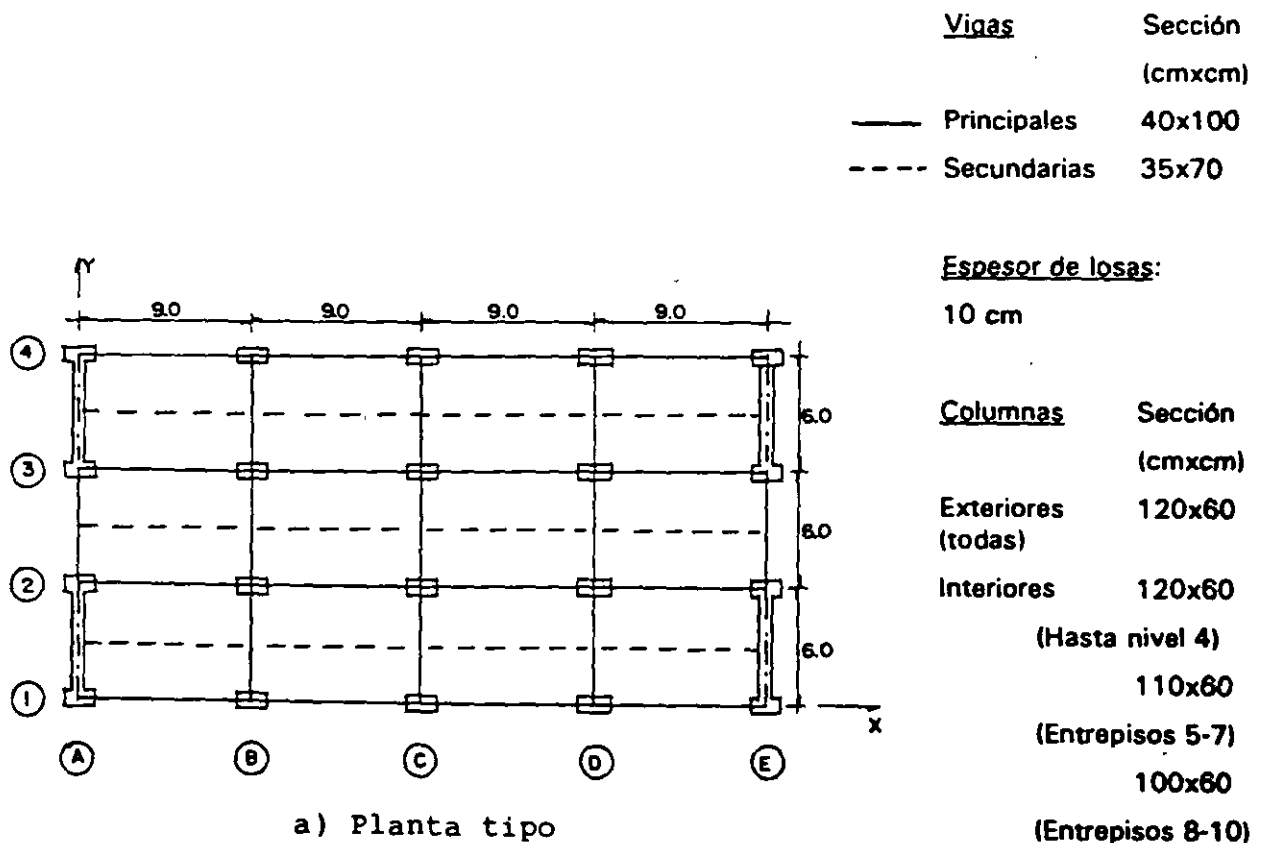
**Del 20 de septiembre al 01 de octubre del
2004**

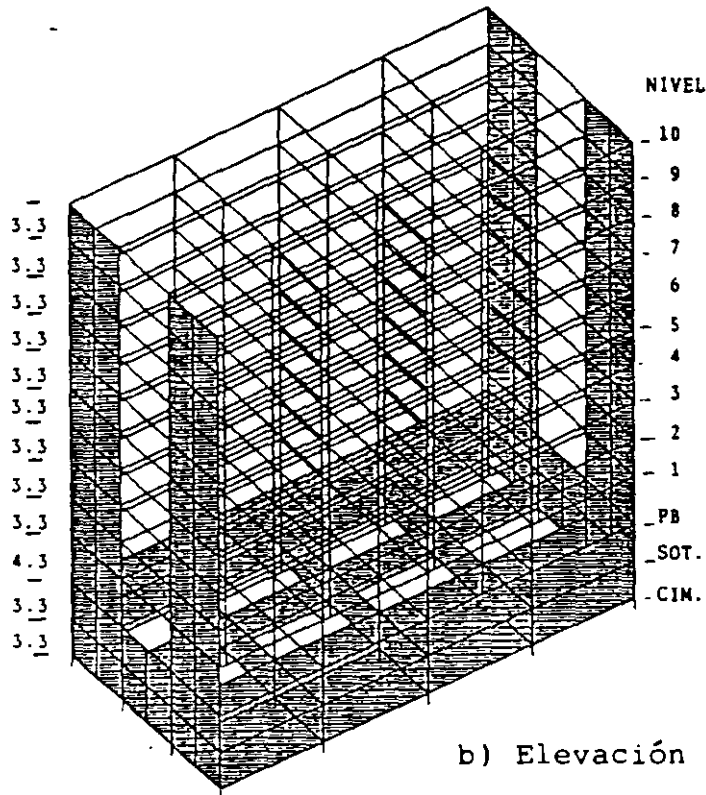
**Tema
EFECTO DE LA INTERACCIÓN SUELO-
ESTRUCTURA EN UN EDIFICIO
REGULAR DE DIEZ NIVELES**

**EXPOSITOR: ING. FERNANDO MONROY MIRANDA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DE 2004**

Se determinan los efectos de la interacción suelo-estructura en un edificio regular de diez niveles. Se ilustra cómo definir el espectro para diseño sísmico, conocido el periodo dominante más largo del sitio de interés, T_s (fig 3.2 y tabla 3.1); se muestra el cálculo del valor aproximado del periodo fundamental de vibración, incluyendo las contribuciones provenientes de interacción suelo-estructura debidas al desplazamiento horizontal y rotación de la base de la construcción (tabla 3.2 y fig 3.3). Asimismo, se presenta cómo determinar los elementos elásticos (resortes) de rigideces K_x y K_y que simulan la flexibilidad del terreno; para ello se recurre al artificio de modelación estructural con un entrepiso ficticio cuyas propiedades de vigas y columnas corresponden a la rigidez y masa de la cimentación (fig 3.4).

DATOS





| <u>Muros y</u> <u>contratrabes</u> | Espesor (cm) |
|---------------------------------------|-----------------|
| Cajón | 50 |
| Hasta nivel 4 | 40 |
| Entrepisos 5-7 | 35 |
| Entrepisos 8-10 | 30 |

Dimensiones en m, si no se indica otra cosa

Los claros son entre eje

Las alturas son de piso a piso de losa

FIG 3.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES

DIEZ NIVELES + CAJÓN DE CIMENTACIÓN + PILOTES DE FRICCIÓN

EDIFICIO PARA OFICINAS

GRUPO A

ZONA III (COMPRESIBLE)

$$Q = 2$$

$$\gamma_p \leq 0.006$$

$$T_s = 2.0 \text{ s}$$

$$H = 40 \text{ m}$$

CONCRETO CLASE 1: $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 14,000 \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

CONSTANTES

$$E_c = 14,000 \sqrt{250} = 221,360 \text{ kg/cm}^2 = 221.36 \text{ t/cm}^2$$

$$4 \quad I_{\bar{x}} = \frac{18^3(36)}{12} = 17,496 \text{ m}^4$$

$$I_{\bar{y}} = \frac{18(36^3)}{12} = 69,984 \text{ m}^4$$

$$A = 18 \times 36 = 648 \text{ m}^2$$

$$5 \quad R_x = (A/\pi)^{1/2}$$

$$R_x = (648/\pi)^{1/2} = 14.36 \text{ m}$$

$$6 \quad R_y = (4I/\pi)^{1/4}$$

$$R_y \text{ (Longitudinal)} = [4(69,984)/\pi]^{1/4} = 17.26 \text{ m}$$

$$R_y \text{ (Transversal)} = [4(17,496)/\pi]^{1/4} = 12.22 \text{ m}$$

$$G = 2 (H/T_s)^2$$

$$G = 2(40/2)^2 = 800 \text{ t/m}^2$$

$$K_x = 8GR_x$$

$$K_x = 8 (800) (14.36) = 91,904 \text{ t/m}$$

$$K_r = 11 GR^3$$

$$K_r (\text{Longitudinal}) = 11 (800) (17.26)^3 = 45,406,067 \text{ t-m/rad}$$

$$K_r (\text{Transversal}) = 11 (800) (12.22)^3 = 16,058,179 \text{ t-m/rad}$$

ESPECTROS MODIFICADOS PARA DISEÑO SISMICO

Conocido $T_s = 2 \text{ s}$, para estructuras del grupo A y zona III:

$$T_s = 0.35 T_s = 0.7 \text{ s} > 0.64 \text{ s}, \text{ se utiliza } T_s = 0.7 \text{ s}$$

$$T_b = 1.2 T_s = 1.2(2) = 2.4 \text{ s}$$

$$C = \frac{1.5(1.6) T_s}{4 + T_s^2} = \frac{1.5(1.6)(2)}{4 + 2^2} = 0.6$$

La fig 3.2 muestra la comparación de los espectros para diseño sísmico para $Q = 1$ y $Q = 2$ para los casos en que se desconoce y se conoce T_x . La tabla 3.1 presenta los cálculos.

11 CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL, T_1

$$T_1 = [T_0^2 + T_x^2 + T_r^2]^{1/2}$$

T_0 = Periodo fundamental, base rígida (empotramiento en PB)

CÁLCULO DE T_x

Suponiendo que el desplazamiento de la base está restringido por un elemento elástico cuya rigidez vale K_x (en t/m), entonces:

$$T_x = 2\pi (W'_0 / gK_x)^{1/2} \text{ (segundos)}$$

donde

W'_0 = Peso neto de la construcción en el nivel de desplante = valor de W_0 en el nivel de desplante de la estructura, incluyendo el peso de la cimentación menos el peso del suelo desplazado en el nivel de desplante

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

$$W'_o = 11,226 - (6.6 \times 18 \times 36)1.5 = 4,811 \text{ t}$$

$$0.7 W'_o = 0.7(11,226) = 7,859 \text{ t}$$

Como W'_o resulta menor que $0.7W'_o$, se utiliza $W'_o = 7,859 \text{ t}$, tal que sustituyendo valores:

$$T_r = 2\pi [(7,859)/(9.81 \times 91,904)]^{1/2} = 0.59 \text{ s}$$

CÁLCULO DE T_r

Suponiendo ahora que la rotación de la base está restringida por un elemento elástico de rigidez K , (en t-m/rad), se tiene que:

$$T_r = 2\pi (J/gK_r)^{1/2} \text{ (segundos)}$$

donde

J = Momento de inercia neto del peso de la construcción con respecto al eje centroidal de su base y perpendicular a la dirección que se analiza, descontando el momento de inercia del peso del suelo desplazado por la estructura

12

$$J = W_o h_{cg}^2 - W_{suelo} (\text{profundidad desplante}/2)^2$$

$$J = (11,226) (18.32)^2 - (6.6 \times 18 \times 36) (1.5) \left(\frac{6.6}{2} \right)^2 = 3,697,990 \text{ t-m}^2$$

$$0.7 J_o = 0.7 (W_o h_{cg}^2) = 0.7 (11,226) (18.32)^2 = 2,637.496 \text{ t-m}^2$$

Como J resulta mayor que $0.7J_o$, se utiliza $J = 3,697,990 \text{ t-m}^2$.

Sustituyendo valores,

$$T_r (\text{Longitudinal}) = 2\pi [(3,697,990)/(9.81) (45,406,067)]^{1/2} = 0.57 \text{ s}$$

$$T_r (\text{Transversal}) = 2\pi [(3,697,990)/(9.81) (16,058,179)]^{1/2} = 0.96 \text{ s}$$

CÁLCULO DE T_r

Conocidos T_o (base fija), T_x y T_y ,

$$T_r (\text{Longitudinal}) = (0.82^2 + 0.59^2 + 0.57^2)^{1/2} = 1.16 \text{ s}$$

$$T_r (\text{Transversal}) = (0.61^2 + 0.59^2 + 0.96^2)^{1/2} = 1.28 \text{ s}$$

Los periodos fundamentales de vibración en las direcciones longitudinal y transversal del edificio con base fija se obtuvieron a partir del modelo tridimensional de la estructura. Para incluir en los análisis los efectos de la flexibilidad de la base se incluyó en la cimentación un piso ficticio, con columnas de propiedades equivalentes que simulan la rigidez lineal y angular del terreno.

13 CÁLCULO DE PROPIEDADES GEOMÉTRICAS PARA LOS MIEMBROS DEL PISO FICTICIO

EFFECTOS DE LA RIGIDEZ LINEAL DEL TERRENO

$$K_x = \sum_{i=1}^n \frac{12E_i I_i}{L^3}$$

I_i es el momento de inercia de las columnas ficticias. Para $E_i = E$, $I_i = I$ y n columnas, resulta

$$I = \frac{K_x L^3}{n(12E)}$$

Sustituyendo valores (ver fig 3.4),

$$I = [(91,904) (1)^3] / [(20)(12)(2,213,600)] = 0.000173 \text{ m}^4$$

$$I = 17,300 \text{ cm}^4$$

EFFECTOS DE LA RIGIDEZ ANGULAR DEL TERRENO

$$K_r = \sum_{i=1}^n \delta_i \frac{A_i E_i}{L} X_i$$

Para $A_i = A$, $E_i = E$,

$$A = A_x = \frac{K_r L}{E \sum_{i=1}^n \delta_i X_i}$$

Sustituyendo valores (ver fig 3.4) para ambas direcciones, se tiene que:

$$A_x \text{ (Longitudinal)} = \frac{45,406,067 (1)}{2,213,600 (56.56)}$$

$$A_x \text{ (Longitudinal)} = 0.3627 \text{ m}^2 = 3,627 \text{ cm}^2$$

$$A_x \text{ (Transversal)} = \frac{16,058,179 (1)}{2,213,600 (15.71)}$$

$$A_x \text{ (Transversal)} = 0.4618 \text{ m}^2 = 4,618 \text{ cm}^2$$

14 RESULTADOS ANALÍTICOS Y COMPARACIONES

PERIODOS (tabla 3.3)

Se presentan los periodos de vibración del edificio con y sin los efectos de la interacción suelo-estructura, así como también con y sin la influencia de las deformaciones axiales de las columnas, para fines comparativos. En la dirección transversal los efectos de la interacción son más importantes.

Al comparar los resultados analíticos con los determinados mediante la fórmula aproximada de las NTC-S, para la dirección longitudinal se observa muy buena congruencia (1.12 s contra 1.16 s); para la dirección corta el valor con fórmula parece sobrevaluar el periodo (1.27 s contra 0.97 s).

15 DESPLAZAMIENTOS (tablas 3.4 y 3.5, figs 3.5 a 3.7)

Se tienen los resultados de desplazamientos laterales máximos totales y los de las relaciones desplazamiento relativo entre altura de entrepiso, con y sin la influencia de la interacción suelo-estructura y de las deformaciones axiales de los miembros estructurales verticales, para fines comparativos. La revisión ante el valor permisible de 0.006 debe hacerse con los resultados que no incluyen los efectos de las deformaciones axiales de las columnas, pero determinados con las fuerzas sísmicas dinámicas F_d que se calcularon a partir del análisis con la influencia de la interacción y de las deformaciones axiales de dichos miembros estructurales verticales.

La estructura en la dirección longitudinal resulta más flexible, lo que concuerda con los resultados de los periodos de vibración.

Con los efectos de interacción suelo-estructura se incrementan los desplazamientos con respecto a los calculados bajo la hipótesis de que la estructura se apoya rígidamente en su base; ocurre lo mismo con los periodos de vibración.

16 FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO (tablas 3.6 y 3.7, figs 3.8 y 3.9)

En los entrepisos inferiores se tienen mayores diferencias entre la condición de base fija y base flexible, resultando mayores para esta última condición de apoyo.

Para el edificio del ejemplo no se tienen cambios importantes en las fuerzas del modelo con y sin la influencia de los efectos de las deformaciones axiales de las columnas.

COMENTARIOS

1. El ejemplo está basado en el apéndice A de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTC-S).

Se utilizó el factor de comportamiento sísmico $Q = 2$ sólo para fines de aplicación. Tal vez en una estructura nueva de este tipo convendría $Q = 3$. Depende de que se cumplan ciertas condiciones.

Se muestran comparaciones de respuestas sísmicas del ejemplo, con y sin la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura (tablas 3.3 a 3.7 y figs 3.5 a 3.9).

2. Las escuadrías propuestas de vigas, columnas y muros son las necesarias para que las deformaciones laterales de entrepiso debidas a fuerza cortante (sin la influencia de las deformaciones axiales de columnas), incluyendo los efectos de interacción suelo-estructura, resultaran del orden de 0.006 veces la altura de entrepiso (art 209 del Reglamento); se obtuvieron por tanteos a partir del análisis bajo fuerzas laterales.
3. La estructura se considera ubicada en un sitio en que se conoce el periodo dominante más largo del terreno, T_s , y la profundidad de los depósitos firmes profundos en dicho sitio, H .
4. A es el área de la superficie neta de cimentación; $I_{\bar{x}}$, $I_{\bar{y}}$ los momentos de inercia de dicha superficie con respecto a sus ejes centroidales, perpendiculares a la dirección que se analiza, respectivamente.
5. R_x y R_y son los radios equivalentes para el cálculo de K_x y K_y , respectivamente.

6. R_L (Longitudinal) y R_T (Transversal) son los radios equivalentes para incluir los efectos de la interacción suelo-estructura debidos a la rotación de la base de la construcción en las direcciones larga y corta del edificio, respectivamente.
7. Es el módulo de rigidez del suelo, en t/m^2 .
8. Valor definido en la tabla A7.1 de las NTC-S para la zona III, para una profundidad de desplante mayor de 3 m.
9. Valor definido en la tabla A7.1 para estructuras cimentadas sobre pilotes de fricción, zona III y profundidad de desplante mayor de 3 m.
10. El edificio se ubica en un sitio fuera de las partes sombreadas de la figura de las NTC-S en que se muestra la subzonificación de la zona del lago y de la zona de transición (sección A4). Las ordenadas de los espectros de aceleraciones para diseño sísmico, a , expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, se especifican según la sección 3.
11. T_1 es el periodo fundamental de vibración de la estructura en la dirección que se analiza, corregido por la interacción con el suelo; T_{e1} , el periodo fundamental que tendría la estructura si se apoyara sobre una base rígida; T_{r1} , el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera trasladarse en la dirección que se analiza, y T_{θ} es el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera girar con respecto a un eje horizontal que pasara por el centroide de la superficie de desplante de la estructura y fuera perpendicular a la dirección que se analiza (sección A7 de las NTC-S).

-
12. La altura (h_{cg}) del centro de gravedad de los diferentes pesos de la construcción se obtiene de la relación $h_{cg} = \Sigma Wh/W_o$, donde las diferentes variables utilizadas se entienden con la ayuda de la tabla 3.2. Para la masa del suelo desplazada se supone que el centro de gravedad se localiza en el centro de la profundidad de desplante; esto es, $6.6/2 = 3.3$ m. El peso volumétrico del suelo se considera de 1.5 t/m^3 .
13. Algunos programas de computadora permiten considerar de manera explícita los resortes que simulan la flexibilidad del terreno. Cuando este no es el caso se puede recurrir a artificios de modelación estructural como puede ser un entrepiso ficticio.

Para el caso de la rigidez lineal se da al entrepiso un desplazamiento unitario en la dirección de análisis (fig 3.4). La suma de las fuerzas ocasionadas en las columnas de la estructura debe ser igual al valor de K_x . De esta condición se obtiene el valor del momento de inercia, I , de las columnas.

Para simular la rigidez angular del terreno se procede de manera similar: se da un giro unitario al entrepiso (fig 3.4), ocasionando así fuerzas verticales en cada columna, cuyos momentos con respecto al centro de giro (para cada dirección de análisis) deben ser igual a la rigidez K_r . De esta igualdad se obtiene el valor de las áreas transversales de las columnas de los marcos.

El programa de análisis estructural empleado permite simular la rigidez lateral del terreno mediante la definición de resortes con propiedades elásticas, o también con la ayuda del entrepiso ficticio; para ilustrar el procedimiento se procedió a considerar la interacción mediante el modelo comentado anteriormente.

14. Los resultados analíticos se obtuvieron con computadora con base en el modelo matemático tridimensional del edificio, con y sin la influencia de la interacción suelo-estructura. Las respuestas se calcularon con y sin los efectos de las deformaciones axiales de las columnas para hacer ver su influencia en la revisión del estado límite de servicio (desplazamientos relativos de entrepiso); esta revisión debe hacerse sin considerar los acortamientos o alargamientos de las columnas.

Se propone que para revisar la condición de servicio se analice el modelo restringiendo las deformaciones axiales de las columnas, pero ante las fuerzas sísmicas F_i del análisis con los efectos de dichas deformaciones.

Estos resultados se determinaron con el espectro modificado por efectos de interacción, reducido en sus ordenadas espectrales por el factor Q' ; no se notaron diferencias al comparar los valores de desplazamientos laterales y fuerzas cortantes de entrepiso calculados con el espectro modificado (T_s se conoce) y sin modificar (T_s se desconoce).

15. Ya están multiplicados por el factor de comportamiento sísmico $Q = 2$, según la sección 4 de las NTC-S.
16. Son resultados de los análisis sísmicos con el espectro modificado por interacción (se conoce T_s), con ordenadas espectrales reducidas por el factor Q' . Estas fuerzas se determinaron según el siguiente procedimiento:

Primero se hizo un análisis sísmico dinámico modal espectral, incluidos los efectos de las deformaciones axiales de columnas (caso A). De este análisis se obtuvieron unas fuerzas sísmicas dinámicas $F_{i,j}$, dependientes de los diferentes modos de vibrar de cada dirección del edificio.

Posteriormente, con las fuerzas F_i del caso A, se hizo un análisis sísmico estático, restringiendo las deformaciones axiales de las columnas (caso C). Los resultados de este análisis sirvieron para revisar el estado límite de servicio (desplazamientos).

Las respuestas del caso B se obtuvieron con base en un análisis sísmico dinámico modal espectral, restringidas las deformaciones axiales de las columnas, para fines de compararse con el procedimiento anterior. En los resultados del caso B está presente la influencia implícita de los modos de vibrar más rígidos (no se están incluyendo los acortamientos y alargamientos de las columnas), con respecto de la estructura del caso A. Las diferencias en respuesta entre un modelo y otro no resultan importantes para fines prácticos.

TABLA 3.1 CÁLCULO DE LAS ORDENADAS DE ESPECTROS DE ACELERACIONES PARA DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO A, ZONA III, $Q = 1$ Y 2 , T_s CONOCIDO Y DESCONOCIDO

| T (s) | $T_s = 2$ s (Conocido) | | | T_s (Desconocido) | | |
|----------|------------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|
| | $Q = 1$ | $Q = 2$ | | $Q = 1$ | $Q = 2$ | |
| | a | Q' | a/Q' | a | Q' | a/Q' |
| 0.0 | 0.150 | 1.000 | 0.150 | 0.150 | 1.00 | 0.150 |
| 0.1 | 0.214 | 1.143 | 0.188 | 0.225 | 1.167 | 0.193 |
| 0.2 | 0.279 | 1.286 | 0.217 | 0.300 | 1.333 | 0.225 |
| 0.3 | 0.343 | 1.429 | 0.240 | 0.375 | 1.500 | 0.250 |
| 0.4 | 0.407 | 1.571 | 0.259 | 0.450 | 1.867 | 0.270 |
| 0.5 | 0.471 | 1.714 | 0.275 | 0.525 | 1.833 | 0.286 |
| 0.6 | 0.536 | 1.857 | 0.289 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 0.7 | 0.600 | 2.000 | 0.300 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 2.4 | 0.600 | 2.000 | 0.300 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 2.5 | 0.576 | 2.000 | 0.288 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 2.7 | 0.533 | 2.000 | 0.267 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 2.9 | 0.497 | 2.000 | 0.248 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 3.1 | 0.465 | 2.000 | 0.232 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 3.3 | 0.436 | 2.000 | 0.218 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 3.5 | 0.411 | 2.000 | 0.206 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 3.7 | 0.389 | 2.000 | 0.195 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 3.9 | 0.369 | 2.000 | 0.185 | 0.600 | 2.000 | 0.300 |
| 4.0 | 0.360 | 2.000 | 0.180 | 0.585 | 2.000 | 0.293 |

Ordenadas espectrales entre la aceleración de la gravedad (sección 3 de las NTC-S):

$$a = (1 + 3T / T_s) \quad \text{si } T < T_s$$

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

$$a = (T_b / T)' c \quad \text{si } T > T_b$$

T_s conocido:

$$T_s = 0.7 \text{ s}$$

$$T_b = 2.4 \text{ s}$$

$$r = 1.0$$

$$c = 0.4 \times 1.5 = 0.6$$

$$Q = 2.0$$

Factor reductivo (sección 4 de las NTC-S):

$$Q' = Q \text{ si se desconoce } T \text{ o si } T \geq T_s$$

$$Q' = 1 + (T / T_s) (Q - 1) \quad \text{si } T < T_s$$

T_s desconocido:

$$T_s = 0.6 \text{ s}$$

$$T_b = 3.9 \text{ s}$$

$$r = 1.0$$

$$c = 0.4 \times 1.5 = 0.6$$

$$Q = 2.0$$

TABLA 3.2 CÁLCULO DE LA ALTURA (h_{cg}) del CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS DIFERENTES PESOS DE LA CONSTRUCCIÓN

| Nivel | Entre-piso | h_i (m) | H_i (m) | W_i (t) | $W_i H_i$ (t-m) |
|---------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| 10 | | | 40.60 | 633.1 | 25.704.3 |
| | 10 | 3.3 | | | |
| 9 | | | 37.30 | 767.3 | 28.618.8 |
| | 9 | 3.3 | | | |
| 8 | | | 34.00 | 77.03 | 26.190.2 |
| | 8 | 3.3 | | | |
| 7 | | | 30.70 | 773.3 | 23.741.2 |
| | 7 | 3.3 | | | |
| 6 | | | 27.40 | 777.1 | 21.292.3 |
| | 6 | 3.3 | | | |
| 5 | | | 24.10 | 780.8 | 18.818.2 |
| | 5 | 3.3 | | | |
| 4 | | | 20.80 | 784.6 | 16.319.7 |
| | 4 | 3.3 | | | |
| 3 | | | 17.50 | 788.9 | 13.806.9 |
| | 3 | 3.3 | | | |
| 2 | | | 14.20 | 789.7 | 11.213.6 |
| | 2 | 3.3 | | | |
| 1 | | | 10.90 | 819.8 | 8.935.8 |
| | 1 | 4.3 | | | |
| PB | | | 6.60 | 943.8 | 6.228.9 |
| | PB | 3.3 | | | |
| Sótano | | | 3.30 | 1.447.4 | 4.776.5 |
| | Sótano | 3.3 | | | |
| Ciment. | | | - | 1,150.3 | - |
| Sumas | | | | 11,226.5 | 205,646.6 |

$$h_{cg} = \frac{205,646.6}{11,226.5} = 18.32 \text{ m} = 0.45 \text{ (altura total)}$$

TABLA 3.3 COMPARACIÓN DE PERIODOS NATURALES DE VIBRACIÓN CON Y SIN LOS EFECTOS DE:
 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS

| Dirección | Modo | Periodo de vibración, T_i (s) | | | |
|-------------------------|------|--------------------------------------|--------|---------------|--------|
| | | Empotramiento en PB (base rígida) | | Base flexible | |
| | | Caso A | Caso B | Caso A | Caso B |
| Longitudinal (X) | 1 | 0.820 | 0.809 | 1.121 | 1.114 |
| | 2 | 0.262 | 0.259 | 0.414 | 0.411 |
| Transversal (Y) | 1 | 0.608 | 0.578 | 0.988 | 0.825 |
| | 2 | 0.134 | 0.133 | 0.387 | 0.227 |
| Torsión (Θ) | 1 | 0.405 | 0.391 | 0.453 | 0.260 |
| | 2 | 0.088 | 0.087 | 0.111 | 0.059 |

Base rígida : Empotramiento en planta baja (PB)

Base flexible : Efectos de la interacción suelo-estructura

(Periodos calculados con fórmula para base flexible: $T_{1x} = 1.165$ s; $T_{1y} = 1.27$ s)

Caso A: Resultados del modelo tridimensional, con los efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

Caso B: Resultados del modelo tridimensional, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

TABLA 3.4

COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES Y DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE:
 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN X

| Nivel o entrepiso | Empotramiento en PB (Base rígida) | | | | | | Base flexible | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|---------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | Caso A | | Caso B | | Caso C | | Caso A | | Caso B | | Caso C | |
| | Δ_x | Δ_x/h | Δ_x | Δ_x/h | Δ_x | Δ_x/h | Δ_x | Δ_x/h | Δ_x | Δ_x/h | Δ_x | Δ_x/h |
| 10 | 13.08 | 0.0013 | 12.88 | 0.0012 | 12.84 | 0.0012 | 25.20 | 0.0015 | 24.72 | 0.0012 | 23.92 | 0.0013 |
| 9 | 12.64 | 0.0020 | 12.28 | 0.0018 | 12.28 | 0.0018 | 24.72 | 0.0022 | 24.32 | 0.0021 | 23.50 | 0.0021 |
| 8 | 11.98 | 0.0028 | 11.88 | 0.0027 | 11.84 | 0.0027 | 24.00 | 0.0031 | 23.84 | 0.0028 | 22.82 | 0.0030 |
| 7 | 11.04 | 0.0036 | 10.80 | 0.0034 | 10.74 | 0.0034 | 22.98 | 0.0039 | 22.88 | 0.0038 | 21.82 | 0.0038 |
| 6 | 9.88 | 0.0042 | 9.88 | 0.0041 | 9.82 | 0.0041 | 21.88 | 0.0047 | 21.44 | 0.0046 | 20.58 | 0.0047 |
| 5 | 8.48 | 0.0048 | 8.32 | 0.0047 | 8.28 | 0.0047 | 20.12 | 0.0055 | 19.92 | 0.0053 | 19.02 | 0.0054 |
| 4 | 8.88 | 0.0053 | 6.78 | 0.0052 | 6.72 | 0.0051 | 18.30 | 0.0082 | 18.18 | 0.0080 | 17.24 | 0.0081 |
| 3 | 5.14 | 0.0055 | 5.08 | 0.0053 | 5.04 | 0.0053 | 18.28 | 0.0087 | 18.18 | 0.0086 | 15.24 | 0.0086 |
| 2 | 3.34 | 0.0053 | 3.32 | 0.0053 | 3.28 | 0.0053 | 14.08 | 0.0070 | 14.00 | 0.0070 | 13.08 | 0.0069 |
| 1 | 1.58 | 0.0037 | 1.58 | 0.0036 | 1.54 | 0.0036 | 11.74 | 0.0085 | 11.70 | 0.0084 | 10.78 | 0.0084 |
| PB | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 8.94 | 0.0038 | 8.94 | 0.0038 | 8.02 | 0.0038 |
| Sótano | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 7.68 | 0.0013 | 7.70 | 0.0013 | 6.78 | 0.0013 |
| Cimentación | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 7.24 | --- | 7.28 | --- | 6.34 | --- |

Δ : Desplazamiento horizontal máximo total (multiplicado por Q), en cm
 Δ_x : Desplazamiento relativo entre dos niveles consecutivos
 PB : Planta baja; h : altura de entrepiso

- Caso A : Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales
- Caso B : Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas
- Caso C : Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas F_i del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

TABLA 3.5

COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES Y DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

| Nivel o entrepiso | Empotramiento en PB (base rígida) | | | | | | Base flexible | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|---------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | Caso A | | Caso B | | Caso C | | Caso A | | Caso B | | Caso C | |
| | Δ_y | Δ_y/h | Δ_y | Δ_y/h | Δ_y | Δ_y/h | Δ_y | Δ_y/h | Δ_y | Δ_y/h | Δ_y | Δ_y/h |
| 10 | 8.14 | 0.0028 | 7.28 | 0.0024 | 7.36 | 0.0025 | 20.30 | 0.0038 | 11.84 | 0.00081 | 10.16 | 0.00067 |
| 9 | 7.22 | 0.0030 | 6.46 | 0.0025 | 6.54 | 0.0026 | 19.10 | 0.0038 | 11.44 | 0.00073 | 9.84 | 0.00079 |
| 8 | 6.24 | 0.0030 | 5.62 | 0.0026 | 5.68 | 0.0026 | 17.84 | 0.0040 | 11.20 | 0.00073 | 9.68 | 0.00079 |
| 7 | 5.26 | 0.0030 | 4.76 | 0.0027 | 4.82 | 0.0027 | 16.52 | 0.0041 | 10.96 | 0.00085 | 9.42 | 0.00091 |
| 6 | 4.28 | 0.0029 | 3.88 | 0.0025 | 3.94 | 0.0026 | 15.18 | 0.0041 | 10.88 | 0.00085 | 9.12 | 0.00081 |
| 5 | 3.32 | 0.0027 | 3.04 | 0.0025 | 3.08 | 0.0025 | 13.84 | 0.0041 | 10.40 | 0.00085 | 8.82 | 0.00103 |
| 4 | 2.42 | 0.0024 | 2.22 | 0.0022 | 2.26 | 0.0023 | 12.50 | 0.0039 | 10.12 | 0.00097 | 8.48 | 0.00097 |
| 3 | 1.62 | 0.0021 | 1.50 | 0.0019 | 1.50 | 0.0019 | 11.22 | 0.0035 | 9.80 | 0.00091 | 8.16 | 0.00097 |
| 2 | 0.92 | 0.0018 | 0.86 | 0.0016 | 0.86 | 0.0016 | 10.08 | 0.0031 | 8.50 | 0.00103 | 7.84 | 0.00109 |
| 1 | 0.38 | 0.0009 | 0.36 | 0.0008 | 0.36 | 0.0008 | 9.04 | 0.0030 | 8.16 | 0.00107 | 7.48 | 0.00107 |
| PB | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 8.06 | 0.0010 | 8.70 | 0.00067 | 7.02 | 0.00067 |
| Sótano | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 7.72 | 0.0007 | 8.48 | 0.00067 | 6.80 | 0.00067 |
| Cimentación | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | 7.50 | ---- | 8.26 | ---- | 6.58 | ---- |

Δ : Desplazamiento horizontal máximo total (multiplicando por Q), en cm

Δ_y : Desplazamiento relativo entre dos niveles consecutivos

PB : Planta baja; h : altura de entrepiso

Caso A : Resultados en un análisis sísmico dinámico modal espectral con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

Caso B : Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

Caso C : Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas F_i del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

TABLA 3.6 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN X

| Entrepiso | Fuerza cortante de entrepiso, V_x (t) | | | |
|-----------|---|---------|-----------------|---------|
| | Empotramiento en PB (Base rígida) | | Base flexible | |
| | Caso A = Caso C | Caso B | Caso A = Caso C | Caso B |
| 10 | 281.24 | 259.38 | 267.75 | 265.86 |
| 9 | 556.84 | 554.07 | 582.81 | 579.56 |
| 8 | 831.32 | 828.78 | 885.43 | 881.69 |
| 7 | 1081.51 | 1080.03 | 1171.43 | 1167.94 |
| 6 | 1304.75 | 1304.87 | 1438.05 | 1435.43 |
| 5 | 1497.95 | 1499.90 | 1683.06 | 1681.75 |
| 4 | 1657.86 | 1661.63 | 1904.89 | 1905.18 |
| 3 | 1781.34 | 1786.68 | 2102.71 | 2104.72 |
| 2 | 1864.48 | 1870.96 | 2274.62 | 2278.34 |
| 1 | 1907.08 | 1914.20 | 2425.57 | 2430.92 |
| PB | ----- | ----- | 2561.39 | 2568.37 |
| Sótano | ----- | ----- | 2749.62 | 2758.83 |

PB: Planta baja

Caso A: Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

Caso B: Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

Caso C: Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas F_i del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

TABLA 3.7 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, Y 2) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

| Entrepiso | Fuerza cortante de entrepiso, V_y (t) | | | |
|-----------|---|---------|-----------------|---------|
| | Empotramiento en PB (Base rígida) | | Base flexible | |
| | Caso A = Caso C | Caso B | Caso A = Caso C | Caso B |
| 10 | 298.07 | 293.74 | 290.92 | 223.36 |
| 9 | 603.23 | 595.88 | 618.60 | 488.94 |
| 8 | 859.17 | 850.61 | 921.79 | 749.74 |
| 7 | 1072.93 | 1064.51 | 1200.14 | 1005.35 |
| 6 | 1248.58 | 1241.12 | 1453.86 | 1255.47 |
| 5 | 1389.62 | 1383.46 | 1683.66 | 1499.92 |
| 4 | 1498.07 | 1493.20 | 1890.70 | 1738.27 |
| 3 | 1575.98 | 1572.20 | 2077.19 | 1970.65 |
| 2 | 1625.22 | 1622.21 | 2244.85 | 2195.66 |
| 1 | 1649.84 | 1647.27 | 2402.86 | 2421.12 |
| PB | ----- | ----- | 2567.80 | 2667.77 |
| Sótano | ----- | ----- | 2817.12 | 3037.08 |

PB: Planta baja

Caso A: Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, con efectos de las deformaciones axiales, de cortante y de flexión en los miembros estructurales

Caso B: Resultados de un análisis sísmico dinámico modal espectral, sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

Caso C: Resultados de un análisis sísmico estático (con las fuerzas F_i del caso A), sin los efectos de las deformaciones axiales en las columnas

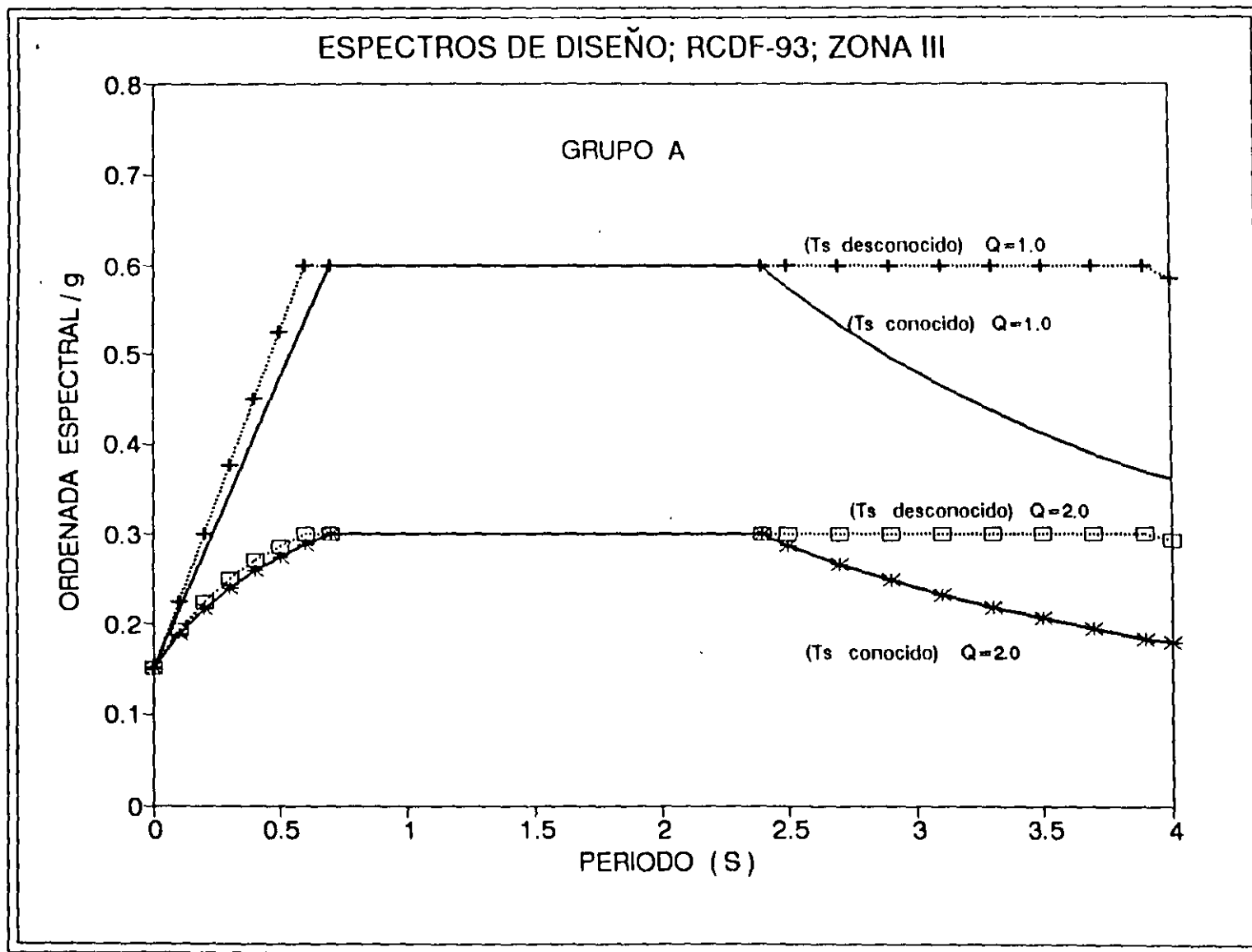


FIG 3.2 ESPECTROS DE DISEÑO SÍSMICO PARA $Q = 1$ Y $Q = 2$, ZONA III (COMPRESIBLE), GRUPO A, T_s CONOCIDO Y DESCONOCIDO

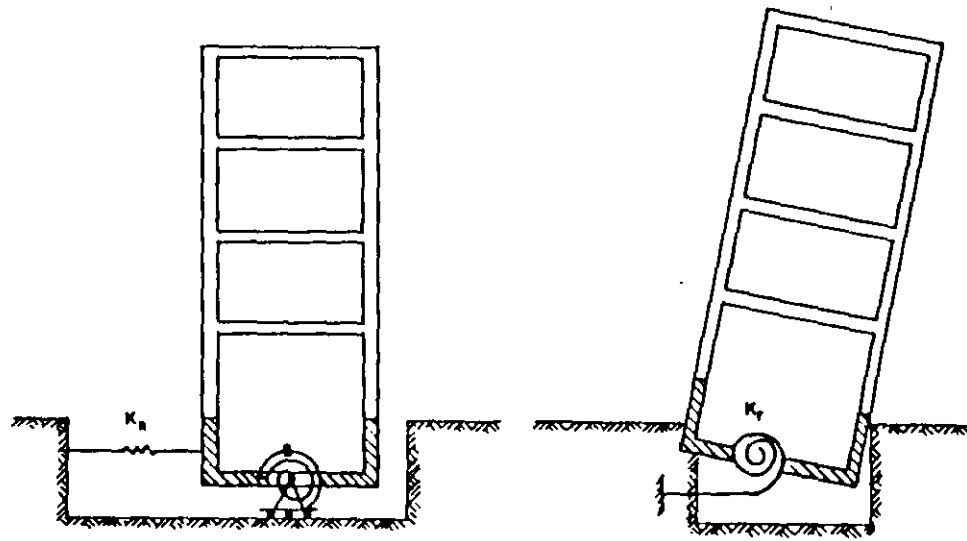


FIG 3.3 MOVIMIENTOS DE CUERPO RÍGIDO PARA
INCLUIR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

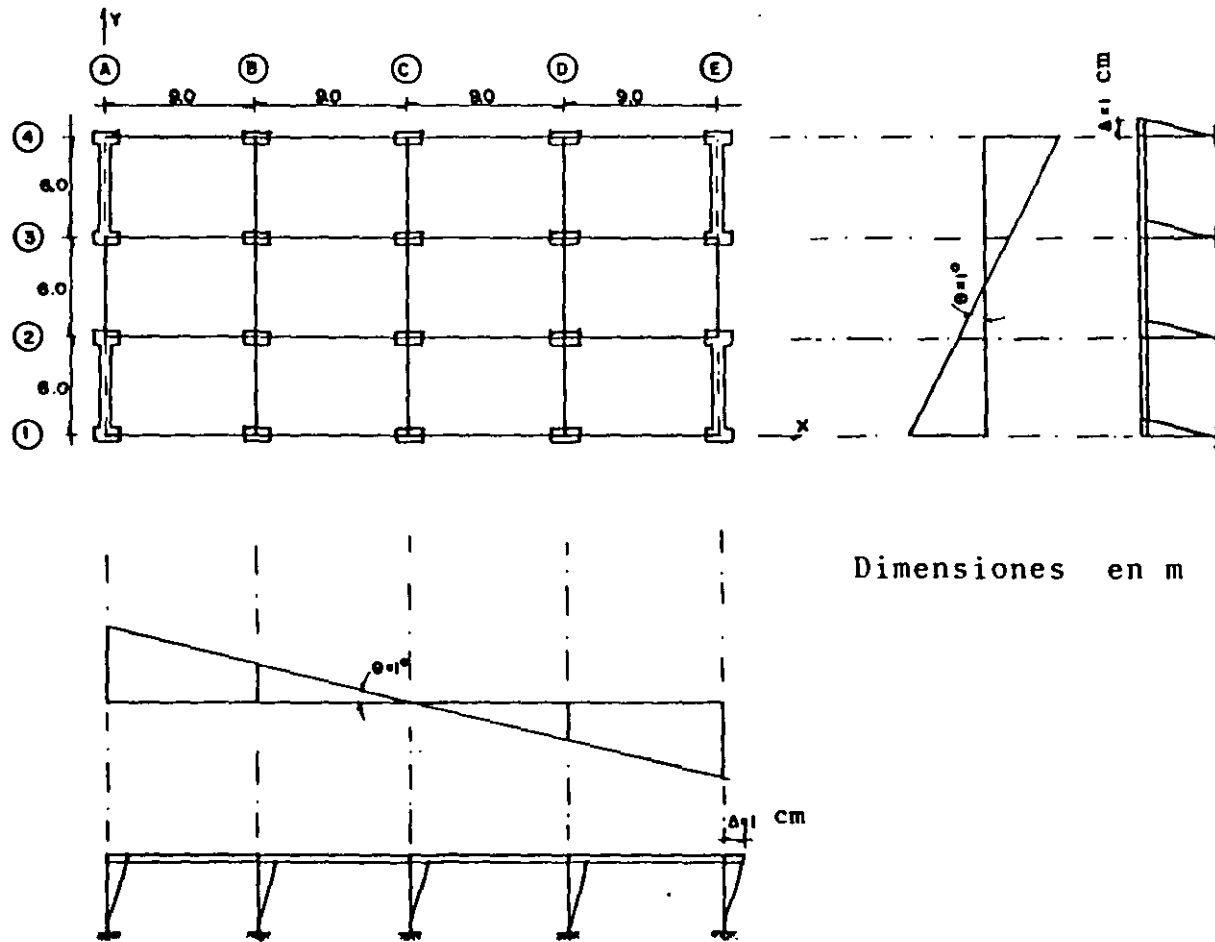


FIG 3.4 CONSIDERACIONES PARA MODELAR LAS PROPIEDADES GEOMÉTRICAS DEL PISO FICTICIO E INCLUIR LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

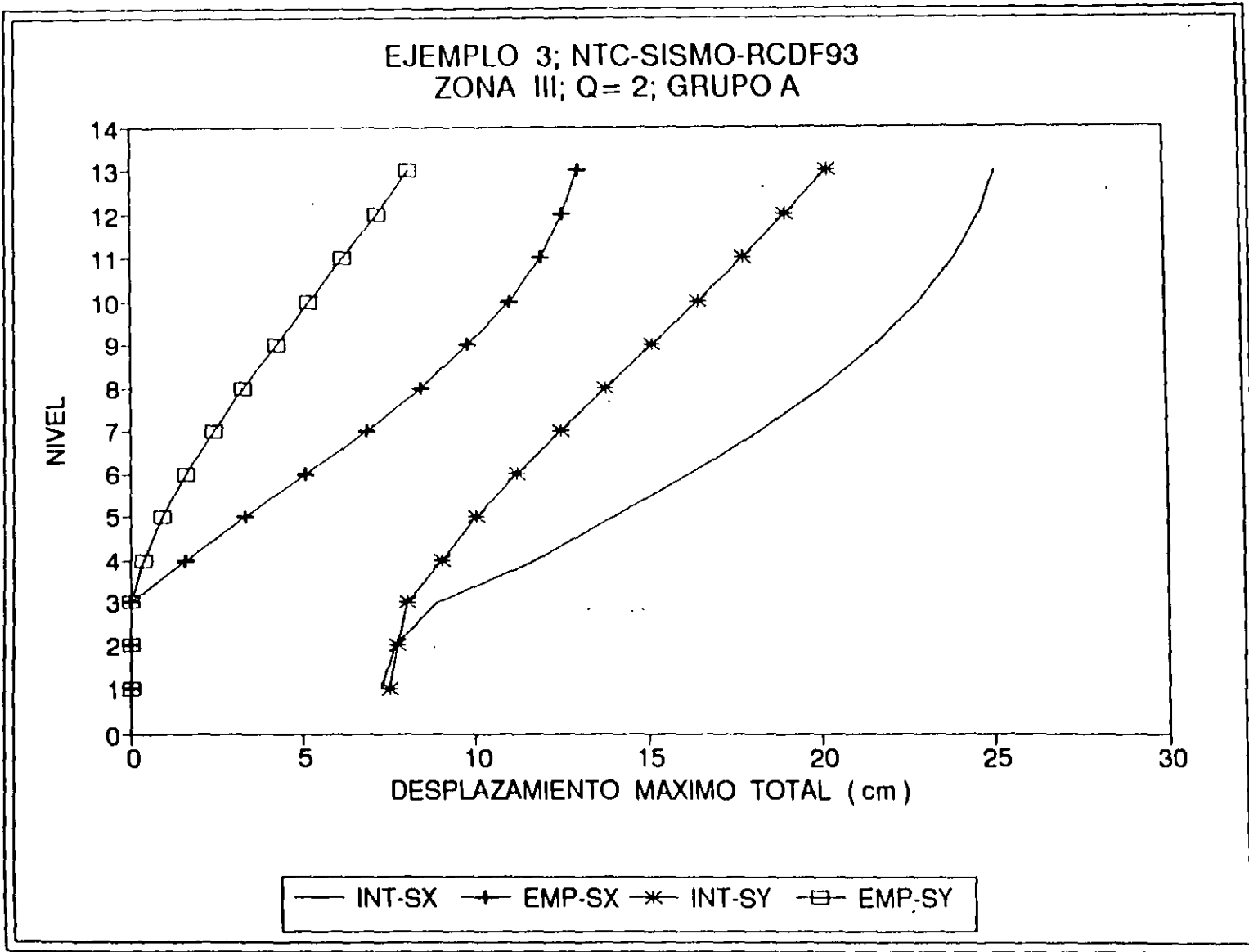


FIG 3.5 COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, SISMO EN DIRECCIONES X Y Y

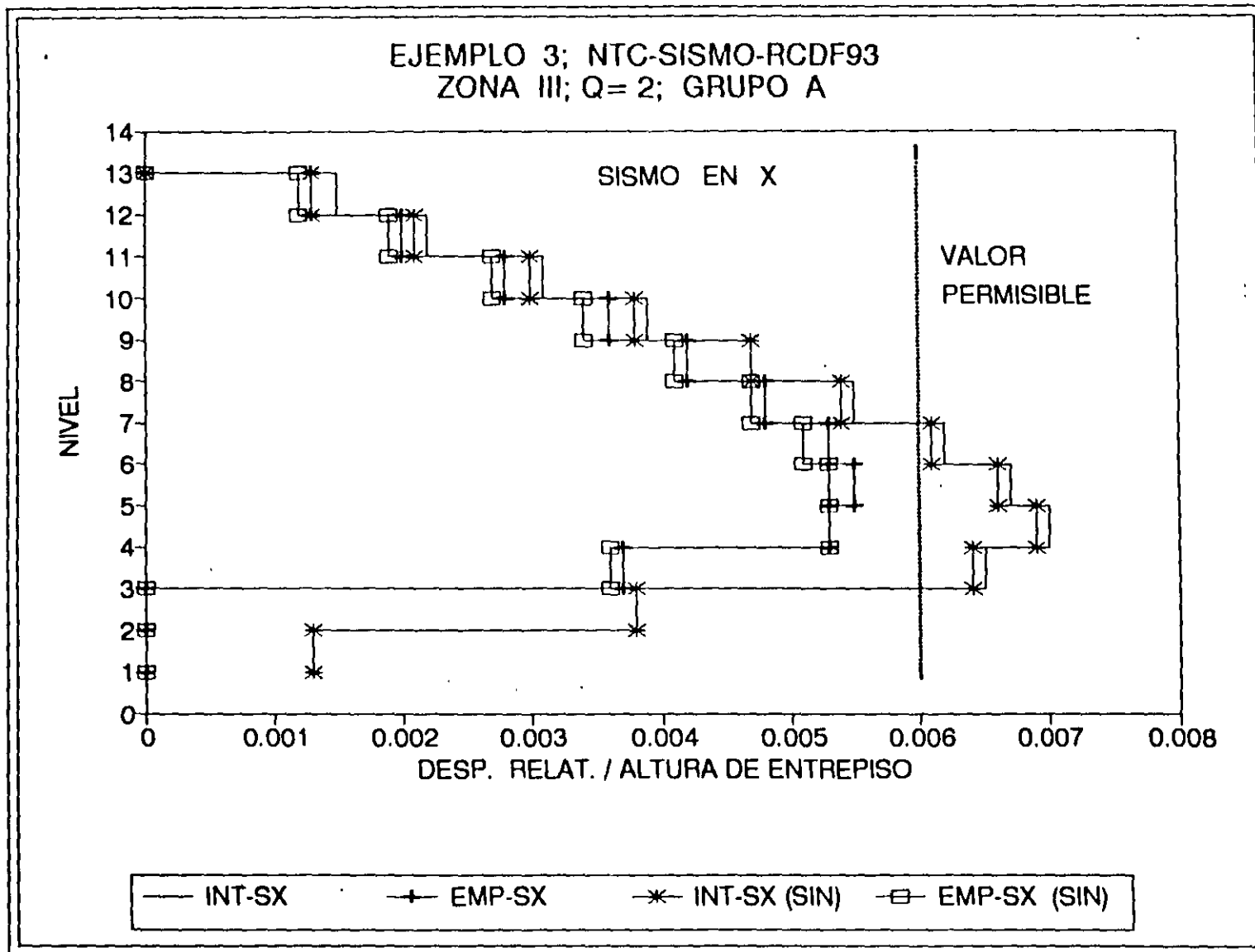


FIG 3.6 COMPARACIÓN DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN X

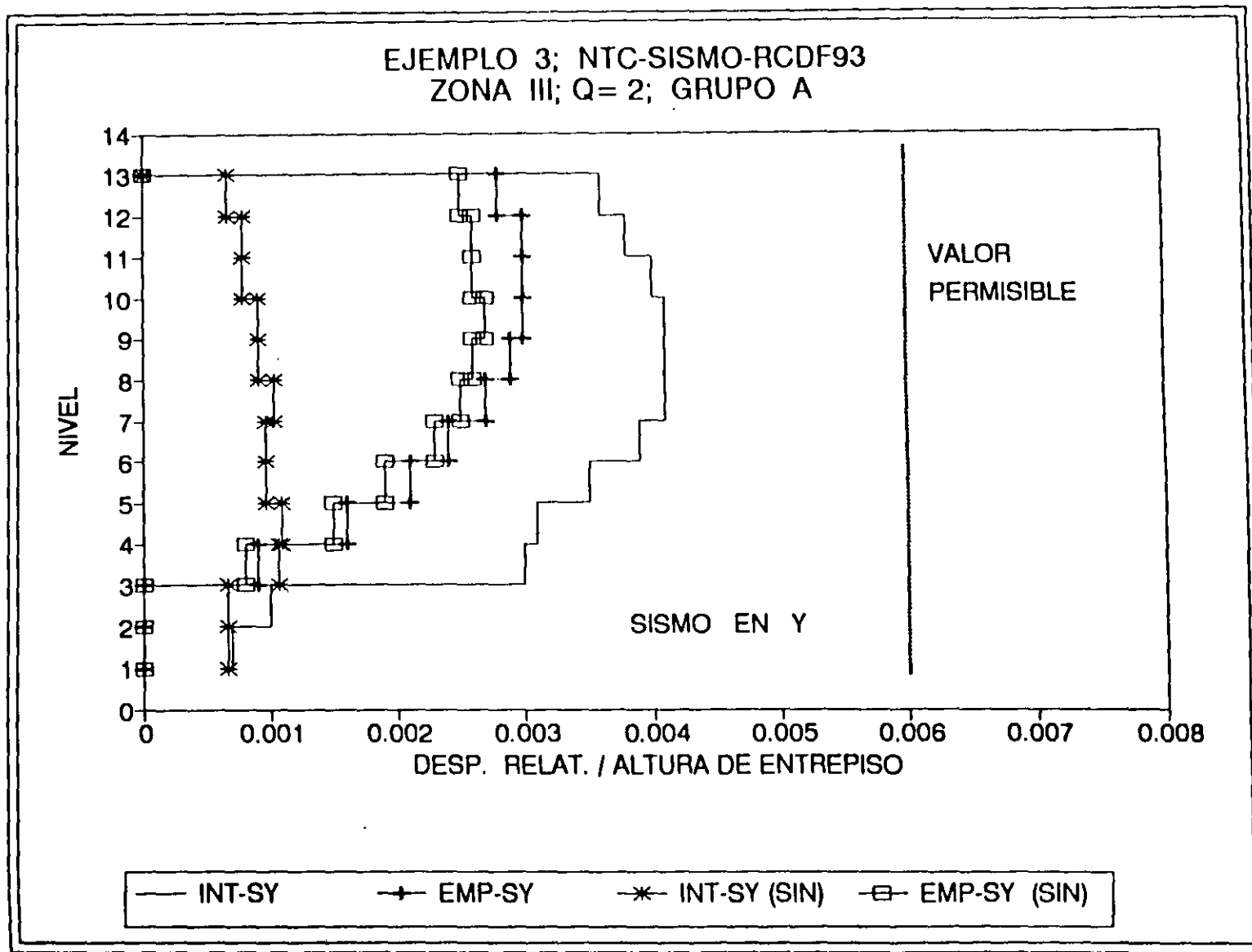


FIG 3.7 COMPARACIÓN DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN Y

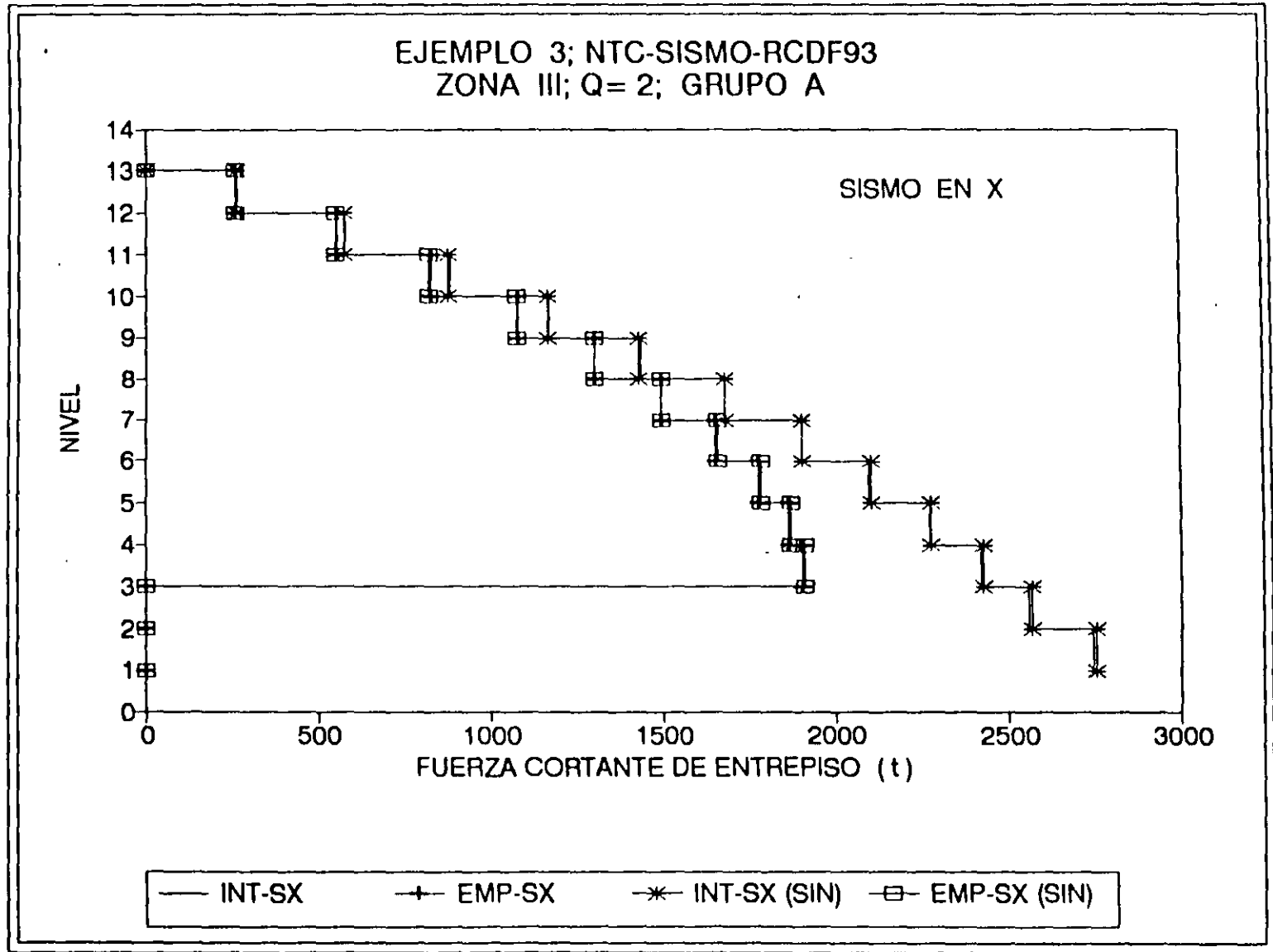


FIG 3.8 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN LA DIRECCIÓN X

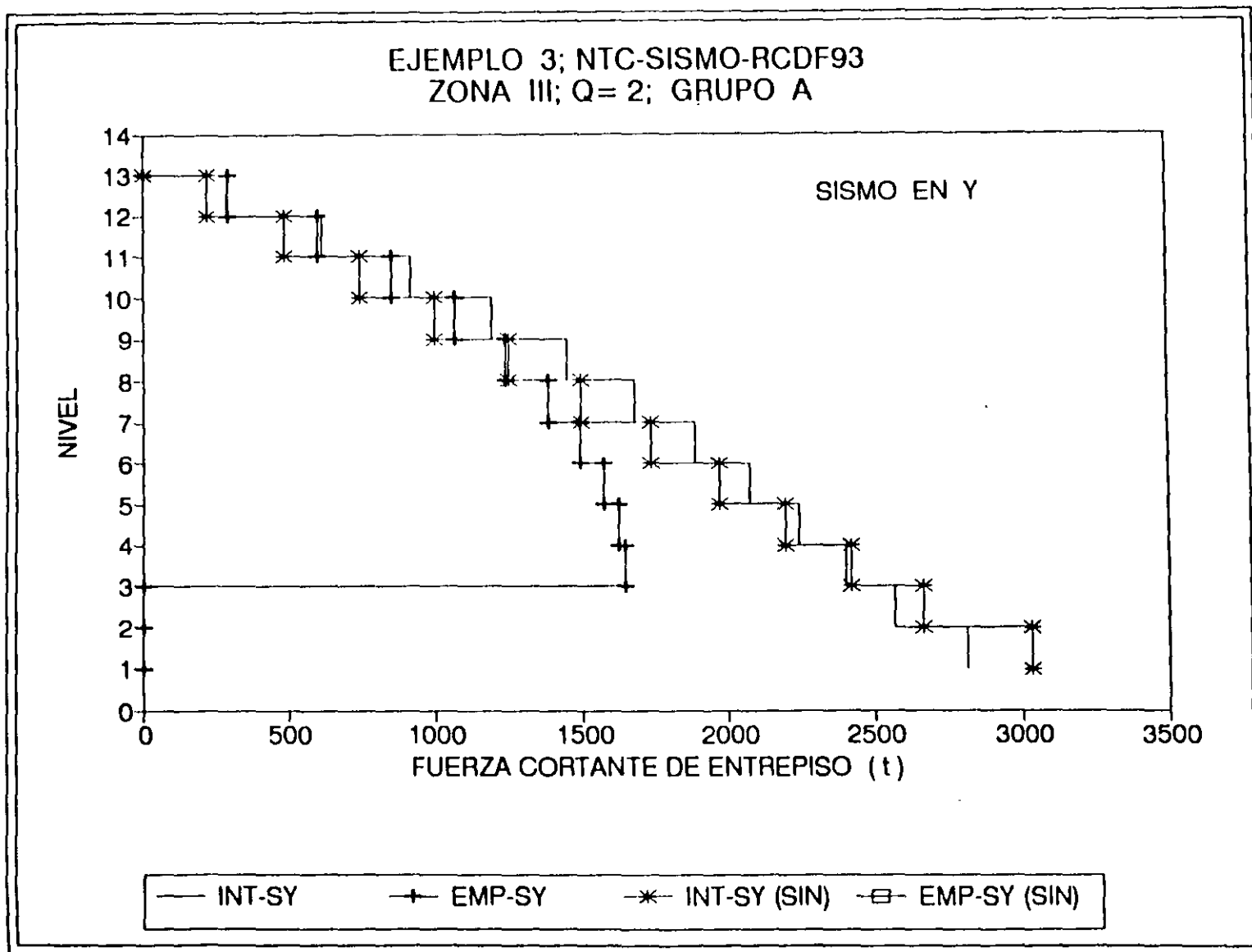


FIG 3.9 COMPARACIÓN DE FUERZAS CORTANTES DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN DIRECCIÓN Y



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS ABIERTOS

SAP 2000 PARA ANÁLISIS Y
DISEÑO DE ESTRUCTURAS Y
CIMENTACIONES CA 058

Del 20 de septiembre al 01 de octubre del
2004

Tema

ANEXO

EXPOSITOR: ING. FERNANDO MONROY MIRANDA
PALACIO DE MINERÍA
SEPTIEMBRE DE 2004

DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

BAZÁN / MELI

MUSA

a) Ortogonalidad con respecto a la matriz de masas.

$$Z_j^T M Z_r = 0 \quad \text{si } j \neq r \quad (3.28)$$

b) Ortogonalidad con respecto a la matriz de rigideces

$$Z_j^T K Z_r = 0 \quad \text{si } j \neq r \quad (3.29)$$

c) Los modos naturales constituyen un conjunto completo, lo que significa que cualquier configuración de desplazamientos u puede expresarse como una combinación lineal de las Z_j , es decir:

$$u = \sum_j a_j Z_j \quad (3.30)$$

Los productos $m_j^* = Z_j^T M Z_j$ y $k_j^* = Z_j^T K Z_j$ son cantidades escalares que se denominan *masa* y *rigidez generalizadas* del modo j , respectivamente. Sus valores dependen de la escala de cada modo, aunque el cociente del segundo sobre el primero se mantiene constante y es igual al cuadrado de la frecuencia del modo en cuestión.

3.3.4 Ejemplo

Consideremos la estructura mostrada en la figura 3.7 (Rascón, 1982). Las matrices de masas y rigideces son:

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix}$$

$$K = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix}$$

El valor de cada masa es igual a W_i/g (g es la aceleración de la gravedad), entonces:

$$m_1 = m_2 = 400/981 = 0.407750 \text{ t-seg}^2/\text{cm.}$$

$$m_3 = 200/981 = 0.203875 \text{ t-seg}^2/\text{cm.}$$

Reemplazando los valores de k_i , dados en la figura 3.7, obtenemos:

$$K = 80 \begin{bmatrix} 5.0 & -2.5 & 0.0 \\ -2.5 & 3.5 & -1.0 \\ 0.0 & -1.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

y la ecuación 3.27, $|K - \omega^2 M| = 0$, se escribe:

$$\begin{bmatrix} 5.0 - 0.407750 \lambda & & -2.5 & & 0.0 \\ & -2.5 & 3.5 - 0.407750 \lambda & & -1.0 \\ & 0.0 & & -1.0 & 1.0 - 0.203875 \lambda \end{bmatrix} = 0$$

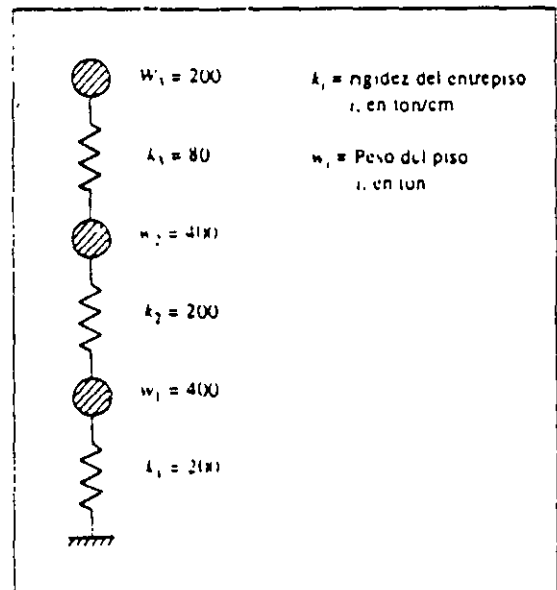


Figura 3.7 Sistema tratado en el ejemplo de la sección 3.3.5.

donde $\lambda = \omega^2/80$. El desarrollo de este determinante conduce a la siguiente ecuación cúbica:

$$\lambda^3 - 25.751 \lambda^2 + 157.885 \lambda - 184.386 = 0$$

cuyas soluciones son: $\lambda_1 = 1.525$, $\lambda_2 = 7.030$, y $\lambda_3 = 17.190$. Como $\omega^2 = 80 \lambda$, recordando que el periodo es $T = 2\pi/\omega$, se obtienen los siguientes resultados:

$$\begin{array}{lll} \omega_1^2 = 122.0, & \omega_1 = 11.05 \text{ seg}^{-1}, & T_1 = 0.5686 \text{ seg} \\ \omega_2^2 = 562.4, & \omega_2 = 23.71 \text{ seg}^{-1}, & T_2 = 0.2650 \text{ seg} \\ \omega_3^2 = 1375.2, & \omega_3 = 37.08 \text{ seg}^{-1}, & T_3 = 0.1694 \text{ seg} \end{array}$$

Para calcular los modos de vibración, se remplazan los valores de ω^2 en la expresión 3.26. Procediendo así con ω_1^2 , se llega al siguiente sistema homogéneo de ecuaciones:

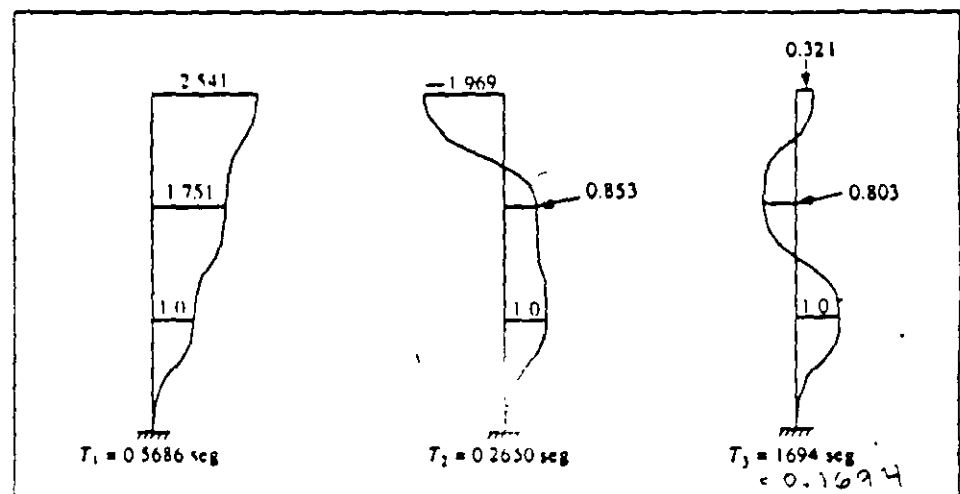


Figura 3.8 Modos de vibrar de la estructura de la figura 3.7.

$$\begin{bmatrix} (400 - 122 \times 0.407750) & -200 & 0.0 \\ -200 & (280 - 122 \times 0.407750) & -80 \\ 0.0 & -80 & (80 - 122 \times 0.203875) \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} z_{11} \\ z_{21} \\ z_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

En z_{ij} el índice i se refiere al nivel mientras que j identifica el modo. Podemos escoger arbitrariamente alguna z_{ij} , por ejemplo $z_{11} = 1$; entonces, de la primera ecuación se calcula $z_{21} = 1.751$ y de la segunda o tercera ecuación encontramos $z_{31} = 2.541$; por tanto:

$$Z_1 = \begin{Bmatrix} z_{11} \\ z_{21} \\ z_{31} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 1.751 \\ 2.541 \end{Bmatrix}$$

Análogamente, empleando los valores de ω_2^2 y de ω_3^2 , respectivamente, se obtienen:

DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICIOS

BAZÁN / MELI

LIMUSA

$$Z_2 = \begin{Bmatrix} z_{12} \\ z_{22} \\ z_{32} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.853 \\ -1.969 \end{Bmatrix}$$

$$Z_3 = \begin{Bmatrix} z_{13} \\ z_{23} \\ z_{33} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ -0.804 \\ 0.321 \end{Bmatrix}$$

Las formas de estos tres modos de vibrar se aprecian en la figura 3.8. Recuérdese que cada uno de ellos puede multiplicarse por cualquier constante arbitraria. Podemos verificar la solución constatando la ortogonalidad de los modos con respecto a las matrices de masas y de rigideces. Por ejemplo, con el primer y tercer modos se tiene:

$$Z_1^T M = \{ 1.00 \quad 1.751 \quad 2.541 \} \begin{bmatrix} 0.40775 & 0 & 0 \\ 0 & 0.40775 & 0 \\ 0 & 0 & 0.203875 \end{bmatrix} \\ \{ 0.40775 \quad 0.71397 \quad 0.51805 \}$$

$$Z_1^T M Z_3 = 0.40775 \times 1.0 - 0.71397 \times 0.804 + 0.51805 \times 0.321 = 0.00001 \approx 0.$$

Análogamente, con la matriz de rigideces tenemos

$$Z_1^T K = \{ 1.00 \quad 1.751 \quad 2.541 \} \begin{bmatrix} 400 & -200 & 0 \\ -200 & 280 & -80 \\ 0 & -80 & 80 \end{bmatrix} \\ \{ 49.8 \quad 87.0 \quad 63.2 \}$$

$$Z_1^T K Z_3 = 49.8 \times 1.0 - 87.0 \times 0.804 + 63.2 \times 0.321 = 0.139 \approx 0.$$

Los resultados no son exactamente cero por errores de redondeo.

3.4 CÁLCULO NUMÉRICO DE MODOS Y FRECUENCIAS DE VIBRAR

El procedimiento seguido en la sección precedente para obtener modos y periodos de vibrar es laborioso e impráctico en sistemas de más grados de libertad. Por ello se han desarrollado métodos numéricos de aproximaciones sucesivas, tres de los cuales se presentan a continuación. Los dos primeros son apropiados para emplearse con una calculadora de escritorio o una hoja electrónica de trabajo, y el tercero es un método matricial, adecuado para programas para computadora.

3.4.1 Método de Newmark

Este método, propuesto por su autor en 1943, está basado en el proceso de iteración de Stodola-Vianello (Rosenblueth y Esteva, 1962). En la forma en que a con-

7.3.3 Estructura tratada en la sección 3.3.4

En este ejemplo se determinan las fuerzas sísmicas sobre la estructura mostrada en la figura 3.7 mediante el análisis modal espectral. Supondremos que se trata de un edificio del grupo A, que se construirá en la zona I y que es aplicable un factor de reducción por comportamiento sísmico $Q = 4$. Hemos calculado los modos y frecuencias de vibrar de esta estructura con varios procedimientos en el capítulo 3, llegando a:

$$\mathbf{Z}_1 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 1.751 \\ 2.541 \end{Bmatrix} ; \quad \mathbf{Z}_2 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ 0.853 \\ -1.969 \end{Bmatrix} ; \quad \mathbf{Z}_3 = \begin{Bmatrix} 1.000 \\ -0.803 \\ 0.321 \end{Bmatrix}$$

$$\omega_1^2 = 122.0 \text{ rad/seg}^2; \quad \omega_2^2 = 562.4 \text{ rad/seg}^2; \quad \omega_3^2 = 1375.0 \text{ rad/seg}^2$$

$$T_1 = 0.569 \text{ seg}; \quad T_2 = 0.265 \text{ seg}; \quad T_3 = 0.169 \text{ seg}.$$

Recordando que $m_1 = m_2 = 0.40775$ y $m_3 = 0.203875$ (en ton-seg²/cm), los modos ortonormales se calculan como sigue:

$$m_1^* = \mathbf{Z}_1^T \mathbf{M} \mathbf{Z}_1 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 1.751^2 + 0.203875 \times 2.541^2 = 2.97427$$

$$m_2^* = \mathbf{Z}_2^T \mathbf{M} \mathbf{Z}_2 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 0.853^2 + 0.203875 \times 1.969^2 = 1.49485$$

$$m_3^* = \mathbf{Z}_3^T \mathbf{M} \mathbf{Z}_3 = 0.40775 \times 1^2 + 0.40775 \times 0.803^2 + 0.203875 \times 0.321^2 = 0.69233$$

Dividiendo cada vector \mathbf{Z}_i por la correspondiente $\sqrt{m_i^*}$ reemplazamos los modos por sus correspondientes formas ortonormales, obteniendo:

$$\mathbf{Z}_1 = \begin{Bmatrix} 0.580 \\ 1.015 \\ 1.473 \end{Bmatrix} \quad \mathbf{Z}_2 = \begin{Bmatrix} 0.818 \\ 0.698 \\ -1.610 \end{Bmatrix} \quad \mathbf{Z}_3 = \begin{Bmatrix} 1.202 \\ -0.966 \\ 0.386 \end{Bmatrix}$$

Los coeficientes de participación se calculan con la ecuación 3.49, que arroja:

$$p_1 = 0.40775 \times 0.580 + 0.40775 \times 1.015 + 0.203875 \times 1.473 = 0.9508$$

$$p_2 = 0.40775 \times 0.818 + 0.40775 \times 0.698 - 0.203875 \times 1.610 = 0.2896$$

$$p_3 = 0.40775 \times 1.202 - 0.40775 \times 0.966 + 0.203875 \times 0.386 = 0.1747$$

Con apego a lo expuesto en la sección 6.1.2, en la zona I para construcciones del grupo A se toma $c = 0.16 \times 1.5 = 0.24$; los demás datos para determinar el espectro de diseño se encuentran en la tabla 6.2 y son:

$$T_a = 0.2 \text{ seg}$$

$$T_b = 0.6 \text{ seg}$$

$$r = 1/2$$

Cifrándonos a lo indicado en 6.1.2, para el primer y segundo modos encontramos que T_1 y T_2 están comprendidos entre T_a y T_b ; por tanto, las ordenadas

espectrales de aceleraciones y los factores de reducción por comportamiento sísmico quedan:

$$a_1 = a_2 = c = 0.240$$

$$Q_1 = Q_2 = Q = 4$$

El periodo T_3 es menor que T_a , entonces:

$$a_3 = (1 + 3 T_3/T_a) c/4 = (1 + 3 \times 0.169/0.2) 0.24/4 = 0.212$$

$$Q_3 = 1 + (Q - 1) T_3/T_a = 1 + (4 - 1) 0.169/0.2 = 3.535$$

Recordando que las a_j están expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad g , las aceleraciones espectrales de diseño A_j , resultan:

$$A_1 = A_2 = 0.24 \times 981/4.00 = 58.9 \text{ cm/seg}^2$$

$$A_3 = 0.212 \times 981/3.535 = 58.9 \text{ cm/seg}^2$$

donde hemos considerado $g = 981 \text{ cm/seg}^2$. A_3 coincide con A_1 y A_2 porque para $Q = 4$, a y Q tienen idéntica variación lineal entre cero y T_a .

Aplicando la ecuación 7.1 hallamos los siguientes desplazamientos máximos de las masas U_j , y máximos desplazamientos de entrepiso δU_j , como contribución de cada modo j :

$$U_1 = \frac{\sum_1 \frac{r_i p_i}{\omega_1^2}}{122.0} \begin{Bmatrix} 0.580 \\ 1.015 \\ 1.473 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.2662 \\ 0.4661 \\ 0.6763 \end{Bmatrix} ; \delta U_1 = \begin{Bmatrix} 0.2662 \\ 0.1999 \\ 0.2103 \end{Bmatrix}$$

$$U_2 = \frac{58.9 \times 0.2896}{564.2} \begin{Bmatrix} 0.818 \\ 0.698 \\ -1.610 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.0247 \\ 0.0211 \\ -0.0487 \end{Bmatrix} ; \delta U_2 = \begin{Bmatrix} 0.0247 \\ -0.0036 \\ -0.0698 \end{Bmatrix}$$

$$U_3 = \frac{58.9 \times 0.1747}{1375} \begin{Bmatrix} 1.202 \\ -0.966 \\ 0.386 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0.0090 \\ -0.0072 \\ 0.0029 \end{Bmatrix} ; \delta U_3 = \begin{Bmatrix} 0.0090 \\ -0.0162 \\ 0.0101 \end{Bmatrix}$$

Las unidades son cm.

La cortante V_{ij} , en el entrepiso i , debida al modo j , se calcula multiplicando el desplazamiento del entrepiso δ_{ij} , por la rigidez respectiva k_i . Recordando que $k_1 = k_2 = 200$ y $k_3 = 80$ (en ton/cm), encontramos:

$$V_{11} = 200 \times 0.2662 = 53.23 \text{ ton}$$

$$V_{21} = 200 \times 0.1999 = 39.98 \text{ ton}$$

$$V_{31} = 80 \times 0.2103 = 16.82 \text{ ton}$$

$$V_{12} = 200 \times 0.0247 = 4.95 \text{ ton}$$

$$V_{22} = -200 \times 0.0036 = -0.73 \text{ ton}$$

$$V_{32} = -80 \times 0.0698 = -5.58 \text{ ton}$$

$$V_{13} = 200 \times 0.0090 = 1.80 \text{ ton}$$

$$V_{23} = -200 \times 0.0162 = -3.25 \text{ ton}$$

$$V_{33} = 80 \times 0.0101 = 0.81 \text{ ton}$$

Las diferencias entre los periodos naturales de dos modos cualesquiera son mayores que 10 por ciento, por tanto es adecuado estimar la respuesta combinada de todos los modos con la fórmula 7.3. Para las cortantes V_i y los desplazamientos relativos δ_i en cada entrepiso i , obtenemos:

$$V_1 = \sqrt{53.23^2 + 4.95^2 + 1.80^2} = 53.49 \text{ ton}$$

$$V_2 = \sqrt{39.98^2 + 0.73^2 + 3.25^2} = 40.12 \text{ ton}$$

$$V_3 = \sqrt{16.82^2 + 5.58^2 + 0.81^2} = 17.74 \text{ ton}$$

$$\delta_1 = \sqrt{0.2662^2 + 0.0247^2 + 0.0090^2} = 0.2675 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \sqrt{0.1999^2 + 0.0036^2 + 0.0162^2} = 0.2006 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = \sqrt{0.2103^2 + 0.0698^2 + 0.0101^2} = 0.2218 \text{ cm}$$

Las estimaciones de los desplazamientos totales u_i , con este criterio son:

$$u_1 = \sqrt{0.2662^2 + 0.0247^2 + 0.0090^2} = 0.2675 \text{ cm}$$

$$u_2 = \sqrt{0.4661^2 + 0.0211^2 + 0.0072^2} = 0.4666 \text{ cm}$$

$$u_3 = \sqrt{0.6763^2 + 0.0487^2 + 0.0029^2} = 0.6781 \text{ cm}$$

Cabe puntualizar que las diferencias $u_2 - u_1 = 0.4666 - 0.2675 = 0.1991 \text{ cm}$ y $u_3 - u_2 = 0.6781 - 0.4666 = 0.2115 \text{ cm}$, no reproducen las estimaciones correctas de δ_2 y δ_3 que son mayores (0.2006 y 0.2218 cm, respectivamente). Es inadecuado estimar δ_2 y δ_3 como estas diferencias, ya que el criterio expresado por la regla 7.3 requiere que en primer lugar se calcule la respuesta de interés (en este caso los desplazamientos relativos) para cada modo y luego se combinen tales resultados como la raíz cuadrada de la suma de sus cuadrados. Aunque en este ejemplo las diferencias son pequeñas, podrían ser mayores en otras situaciones.

Se percibe de inmediato que la participación del modo fundamental en las respuestas sísmicas es mucho mayor que las de los segundo y tercer modos. Esto se podía anticipar calculando las masas efectivas de los modos dadas por los cuadrados de los coeficientes de participación:

$$p_1^2 = 0.9508^2 = 0.9040$$

$$p_2^2 = 0.2896^2 = 0.0839$$

$$p_3^2 = 0.1747^2 = 0.0305$$

La suma de las masas efectivas es $\sum p_i^2 = 1.0184$, que, salvo por errores pequeños de precisión de las operaciones, es igual a $\sum m_n = 0.40775 + 0.40775 + 0.203875 = 1.0194$, lo cual confirma que con los tres modos hemos incluido la totalidad de las fuerzas de inercia; además, así se satisfacen los requisitos de las NTDS en el sentido de incluir cuando menos tres modos y todos aquellos que tengan periodos mayores que 0.4 segundos.

En general se obtienen tantos modos como pisos tiene el edificio y es deseable determinar qué fracción de la masa total constituye cada masa efectiva de los modos incluidos en el análisis, como un criterio adicional para decidir si es necesario añadir modos superiores. En el ejemplo que nos ocupa, las fracciones son 0.89, 0.08 y 0.03 para los modos 1, 2 y 3, respectivamente, indicando que el modo fundamental involucra casi 90 por ciento de la masa total mientras que el tercer modo afecta sólo el 3 por ciento de dicha masa.

Debemos comprobar que el cortante basal no sea menor que $V_{\min} = 0.8aW_o/Q'$, siendo en este caso $W_o = 1000$ ton y, para el modo fundamental, $a = 0.24$ y $Q' = 4$; entonces $V_{\min} = 0.8(0.24 \times 1000)/4 = 48$ ton. Como hemos obtenido que en la base $V = 53.49$ ton, mayor que V_{\min} no es necesario modificar V ni ninguno de los demás resultados del análisis modal.

Los desplazamientos totales y de entrepiso tienen que multiplicarse por $Q = 4$, lo cual lleva finalmente a:

$$u_1 = 0.2675 \times 4 = 1.07 \text{ cm}$$

$$u_2 = 0.4666 \times 4 = 1.87 \text{ cm}$$

$$u_3 = 0.6781 \times 4 = 2.71 \text{ cm}$$

$$\delta_1 = 0.2675 \times 4 = 1.07 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = 0.2006 \times 4 = 0.80 \text{ cm}$$

$$\delta_3 = 0.2218 \times 4 = 0.89 \text{ cm}$$

Estos valores deben emplearse al revisar los efectos de segundo orden y al verificar si las distorsiones de entrepiso no exceden los límites del artículo 209 del RCDF, con los procedimientos que hemos presentado en las secciones 6.6 y 6.7 u otros equivalentes.

7.4 ANÁLISIS EN DOS DIMENSIONES Y EFECTOS DE TORSIÓN

7.4.1 Enfoque de análisis

Con apego a las NTDS, el análisis sísmico de todo edificio debe considerar dos direcciones ortogonales del movimiento del terreno. Para cumplir tal requisito, cuando en el método dinámico se opta por ignorar los giros de los pisos, se tiene que seguir el procedimiento de análisis modal espectral independientemente para cada dirección del sismo, desde el cálculo de periodos y modos de vibración, hasta la determinación de las fuerzas cortantes de entrepiso.

La siguiente etapa consiste en distribuir tales cortantes de la misma manera que en el análisis estático con uno de los procedimientos presentados en la sección 6.4 u otro similar. En particular, las excentricidades directas y accidentales se combinan como lo indican las expresiones 6.14 y 6.15, y se consideran los efectos simultáneos de 100 por ciento del componente del sismo en una dirección con 30 por ciento de los de la componente ortogonal. En rigor, este enfoque de análisis es híbrido: las cortantes sísmicas se determinan dinámicamente, pero los efectos de torsión se incorporan por métodos estáticos.

7.4.2 Ejemplo

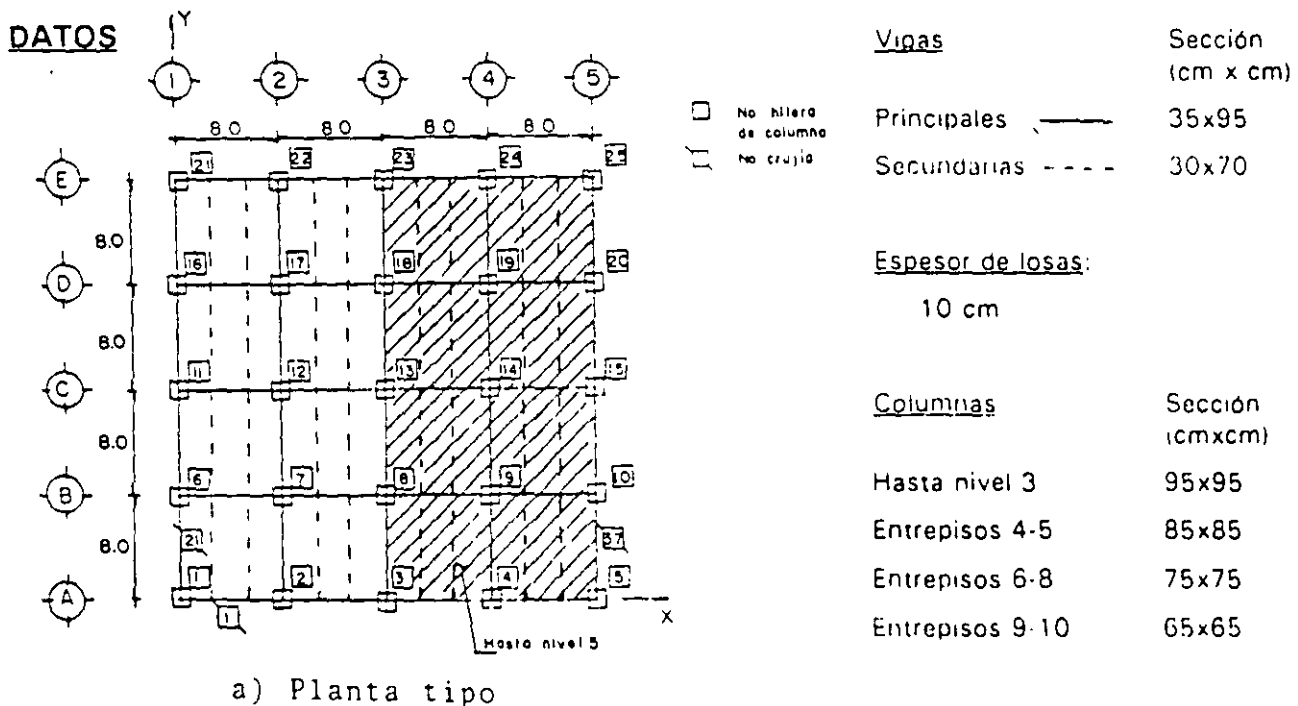
Consideremos nuevamente el edificio esquematizado en la figura 2.30, cuyas propiedades se han presentado en la tabla 3.6. A partir de los datos de esta tabla, se obtuvieron en la sección 3.5.4 las matrices de masas y de rigideces laterales para cada dirección de análisis, y, luego, los modos y periodos ortonormales que se dan en la tabla 3.7. Cabe hacer notar que los periodos fundamentales (0.9652

ANÁLISIS SÍSMICO COMPLETO DE UN EDIFICIO DE DIEZ NIVELES

EJEMPLO 4

h 1/62

Se ilustra cómo definir el espectro para diseño sísmico, conocido el periodo dominante más largo del sitio de interés, T_s (fig 4.2 y tabla 4.1). Se muestra el cálculo del valor aproximado del periodo fundamental de vibración, incluyendo las contribuciones provenientes de interacción suelo-estructura debidas al desplazamiento horizontal y a la rotación de la base de la construcción (fig 4.3 y tabla 4.2). Se presenta cómo determinar los elementos elásticos (resortes) de rigideces K_s y K_r , que simulan la flexibilidad del terreno; para ello se recurre al artificio de modelación estructural con un entrepiso ficticio cuyas propiedades de vigas y columnas corresponden a la rigidez y masa de la cimentación (fig 4.4), similar al que se utilizó en el ejemplo 3. Se ilustra también, el procedimiento paso a paso para determinar la posición de los centros de torsión, las excentricidades teóricas o calculadas ($e_c = e_s$), las excentricidades de diseño $E_{d1} = 1.5 e_c + 0.1 b$ y $E_{d2} = e_c - 0.1 b$, y cómo tomar dichos efectos en programas de análisis estructural que no los consideren explícitamente, de forma similar al ejemplo 2; el tipo de análisis con que se calcularon las fuerzas sísmicas (traslación pura) fue mediante el método dinámico modal espectral (sección 9.1). Se hizo la revisión por cortante basal (sección 9.3) para asegurar que la fuerza cortante basal dinámica fuera al menos igual a $0.8 a W_o/Q$ (tabla 4.3).



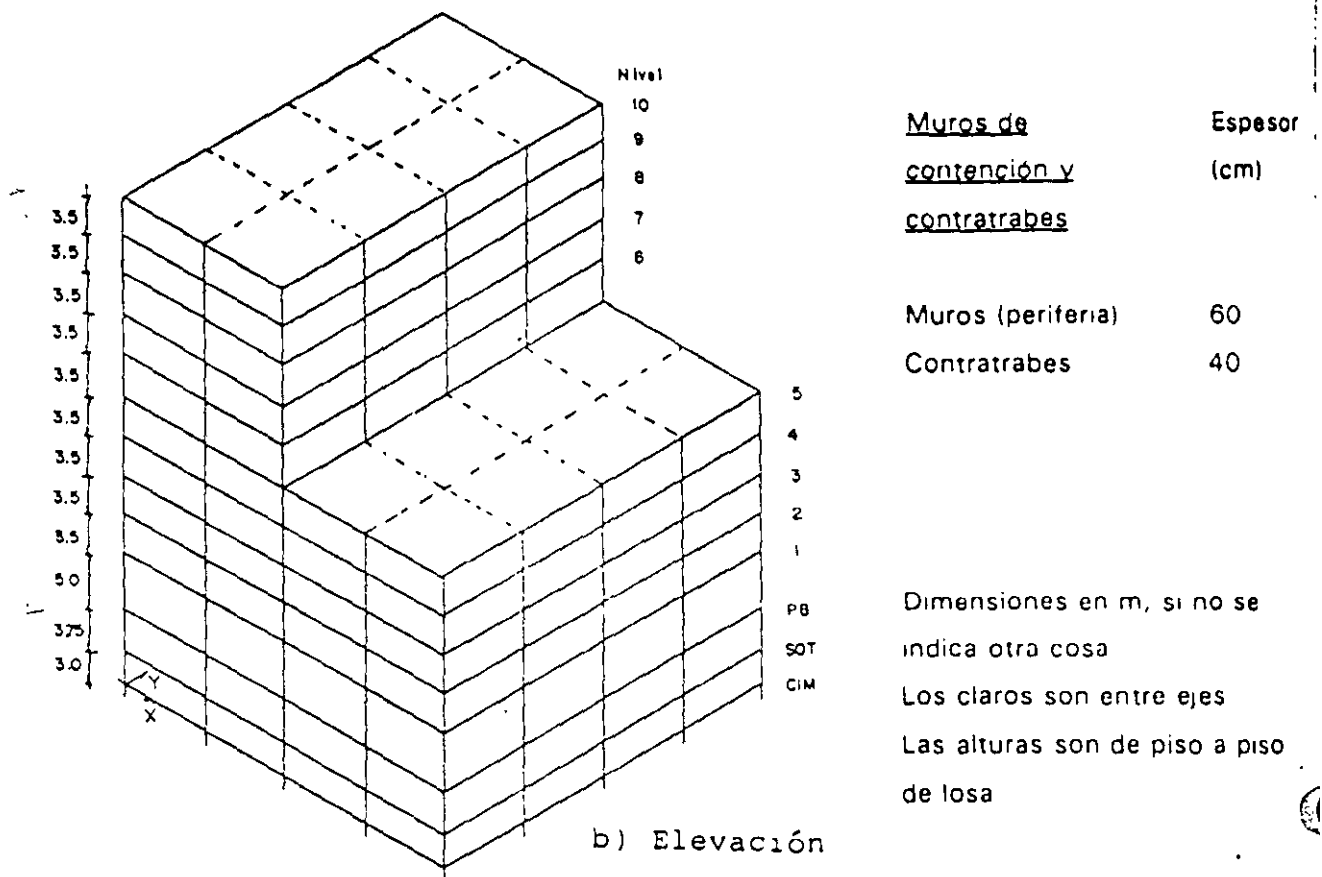


FIG 4.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES

DIEZ NIVELES + CAJÓN DE CIMENTACIÓN + PILOTES DE FRICCIÓN
EDIFICIO PARA OFICINAS (UBICADO EN LA PARTE SOMBREADA DE LA FIG 3.1 D
LAS NTC-SISMO)

GRUPO B

ZONA III (COMPRESIBLE): $c = 0.4$

$Q = 3$

FACTOR DE IRREGULARIDAD = 0.8

$\gamma_p \leq 0.006$

$T_s = 1.6 \text{ s}$

$H = 30 \text{ m}$

CONCRETO CLASE 1: $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 14,000 \sqrt{f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

CONSTANTES

$$E_c = 14,000 \sqrt{250} = 221,360 \text{ kg/cm}^2 = 221.36 \text{ t/cm}^2$$

$$b = b_x = 32 \text{ m (sismo en dirección X)}$$

$$b = b_y = 32 \text{ m (sismo en dirección Y, hasta nivel 5)}$$

$$b = b_y = 16 \text{ m (sismo en dirección Y, niveles 6 a 10)}$$

$$Q' = 0.8 Q \text{ si } T_i \geq T_s = 0.6 \text{ s o se desconoce } T_i$$

$$Q' = 0.8 [1 + (T_i/T_s) (Q-1)] \text{ si } T_i < T_s$$

$$I_{\bar{x}} = I_{\bar{y}} = (32)^4/12 = 87,381 \text{ m}^4$$

$$A = 32 \times 32 = 1,024 \text{ m}^2$$

$$R_x = (A/\pi)^{1/2}$$

$$R_x = (1,024/\pi)^{1/2} = 18.05 \text{ m}$$

$$R_y = (4I/\pi)^{1/4}$$

$$R_y = [4(87,381)/\pi]^{1/4} = 18.26 \text{ m}$$

$$G = 2(H/T_s)^2$$

$$G = 2(30/1.6)^2 = 703 \text{ t/m}^2$$

$$K_x = 8 GR_x$$

$$K_x = 8(703)(18.05) = 101,531 \text{ t/m}$$

$$11 \quad K_r = 11 GR_r^3$$

$$K_r = 11(703)(3.26)^3 = 47,089,876 \text{ t-m/rad (ambas direcciones)}$$

12 ESPECTROS MODIFICADOS PARA DISEÑO SÍSMICO

La estructura está ubicada en la parte sombreada de la fig 3.1 de las NTC-Sismo, pertenece al grupo B, y se conoce $T_s = 1.6$ s:

$$c = 0.4$$

$$T_a = 0.35 T_s = 0.35 (1.6) = 0.56 \text{ s} < 0.64 \text{ s, se utiliza } T_a = 0.64 \text{ s}$$

$$T_b = 1.2 T_s = 1.2 (1.6) = 1.92 \text{ s}$$

$$r = 1$$

La fig 4.2 muestra la comparación de los espectros para diseño sísmico para $Q = 1$ y $Q = 3$ para los sitios en que se desconoce y se conoce T_s . La tabla 4.1 presenta los cálculos.

Para incluir los efectos de irregularidad que especifican las normas técnicas, las ordenadas espectrales, calculadas para $Q = 3$ en este ejemplo, se dividen entre el factor 0.8.

13 EFFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA14 CÁLCULO DEL PERIODO FUNDAMENTAL, T_1

$$T_1 = [T_0^2 + T_x^2 + T_f^2]^{1/2}$$

T_0 = Periodo fundamental de la estructura para la condición de base rígida (empotramiento en PB)

CÁLCULO DE T_x

Se supone que el desplazamiento de la base está restringido por un elemento elástico cuya rigidez vale K_x (en t/m).

$$T_x = 2\pi \cdot (w'_0 / gK_x)^{1/2} \text{ (segundos)}$$

donde

w'_0 = Peso neto de la construcción en el nivel de su desplante = valor de W_0 en el nivel de desplante de la estructura, incluyendo el peso de la cimentación - peso del suelo desplazado por la infraestructura

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)

$$w'_0 = 13,805.1 \cdot (6.75 \times 32 \times 32)1.5 = 3,437 \text{ t}$$

$$0.7 W_o = 0.7(13,805.1) = 9,663.6 \text{ t}$$

Como w'_o resulta menor que $0.7 W_o$, se toma $w'_o = 9,663.6 \text{ t}$; sustituyendo valores:

$$T_x = 2\pi[(9,663.6)/(9.81 \times 101,531)]^{1/2} = 0.62 \text{ s}$$

CÁLCULO DE T_r

Suponiendo ahora que la rotación de la base está restringida por un elemento elástico de rigidez K , (en t-m/rad), se tiene que:

$$T_r = 2\pi(J/gK_r)^{1/2} \text{ (segundos)}$$

donde

J = Momento de inercia neto del peso de la construcción con respecto al eje centroidal de su base perpendicular a la dirección que se analiza, descontando el momento de inercia del peso del suelo desplazado por la estructura (t-m²)

$$15 \quad J = W_o h_{cg}^2 - W_{suelo} (\text{profundidad desplante}/2)^2$$

$$J = (13,805.1) (16.49)^2 - (6.75 \times 32 \times 32) (1.5) (6.75/2)^2 = 3,635,786 \text{ t-m}^2$$

$$0.7 J_o = 0.7 (W_o h_{cg}^2) = 0.7 (13,805.1) (16.49)^2 = 2,627,719 \text{ t-m}^2$$

Como J resulta mayor que $0.7 J_o$, se utiliza $J = 3,635,786 \text{ t-m}^2$. La tabla 4.2 presenta el cálculo de la altura h_{cg} del centro de gravedad de los diferentes pisos del edificio.

Sustituyendo valores,

$$T_r \text{ (ambas direcciones)} = 2\pi [(3,635,786)/(9.81) (47,089,876)]^{1/2} = 0.56 \text{ s}$$

CÁLCULO DE T_r

Conocidos T_o (base fija), T_x y T_y ,

$$T_r \text{ (dirección X)} = (0.93^2 + 0.62^2 + 0.56^2)^{1/2} = 1.25 \text{ s}$$

$$T_r \text{ (dirección Y)} = (0.97^2 + 0.62^2 + 0.56^2)^{1/2} = 1.28 \text{ s}$$

Los periodos fundamentales de vibración en las direcciones X y Y del edificio con base fija (empotramiento en PB) se obtuvieron con computadora a partir del modelo tridimensional de la estructura.

CÁLCULO DE PROPIEDADES GEOMÉTRICAS PARA LOS MIEMBROS DEL PISO FICTICIO

EFFECTOS DE LA RIGIDEZ LINEAL DE TERRENO

$$K_x = \sum_{i=1}^n \frac{12 E_i I_i}{L^3}$$

I_i es el momento de inercia de las columnas ficticias

Para $E_i = E$, $I_i = I$ y n columnas iguales, resulta que

$$I = \frac{K_x L^3}{n (12E)}$$

Sustituyendo valores (ver fig 4.4), el momento de inercia de las columnas del piso ficticio resulta de:

$$I = [(101,531)(1)^3] / [(25)(12)(2,213,600)] = 0.000153 \text{ m}^4$$

$$I = 15,300 \text{ cm}^4$$

EFFECTOS DE LA RIGIDEZ ANGULAR DEL TERRENO

$$K_r = \sum_{i=1}^n \delta_i \frac{A_i E_i}{L_i} X_i$$

Para $A_i = A = A_x$, $E_i = E$,

$$A_x = \frac{K_r L}{E \sum_{i=1}^n \delta_i X_i}$$

Al sustituir valores (ver fig 4.4) para ambas direcciones, se tiene que:

$$A_x \text{ (ambas direcciones)} = (47,089,876)(1) / (2,213,600)(50.27) = 0.4232 \text{ m}^2$$

$$A_x \text{ (ambas direcciones)} = 4,232 \text{ cm}^2$$

Para el sismo en una u otra dirección se utiliza el mismo valor de área axial en columnas del piso ficticio, por la simetría de la cimentación.

EFFECTOS DE TORSIÓN

REVISIÓN POR CORTANTE BASAL Y DETERMINACIÓN DE LAS POSICIONES DE LOS CENTROS DE TORSIÓN

Se hizo un análisis dinámico modal espectral tridimensional sin permitir las deformaciones por giros (sólo efectos de traslación), y se determinó la distribución de fuerzas cortantes en los elementos resistentes del edificio, para el sismo en las direcciones X y Y. Se comparó la fuerza cortante basal (V_b) de cada análisis con $0.8 a W_p Q'$ (sección 9.3 de las NTC-Sismo), y se comprobó que no hay necesidad de incrementar las fuerzas de diseño; la tabla 4.3 presenta los cálculos. La tabla 4.4 tiene los valores de las fuerzas sísmicas F_i y de los cortantes de entrepiso V_i . Los análisis se hicieron para la condición de base fija (empotramiento en PB, tablas 4.5 y 4.6) y para la condición de base flexible (interacción suelo-estructura, tablas 4.7 y 4.8), para fines comparativos. Enseguida se muestra cómo calcular las coordenadas del centro de torsión CT (X_T , Y_T), con base en los resultados numéricos de las fuerzas y ubicación de los diferentes elementos resistentes. Las operaciones sólo se hacen para los tres pisos superiores, para ambas condiciones de apoyo. Las tablas 4.9 y 4.10 tienen el resto de los valores; estas tablas presentan también las coordenadas de las posiciones de los centros de torsión a nivel de entrepiso.

EMPOTRAMIENTO EN PB

NIVEL 10

$$X_{T10} = \frac{(3.88 \cdot 11.32 \cdot 13.34 \cdot 11.32 \cdot 3.88)(0) - (3.88 \cdot 11.32 \cdot 13.34 \cdot 11.32 \cdot 3.88)(8) - (3.90 \cdot 11.35 \cdot 13.35 \cdot 11.35 \cdot 3.90)(16)}{131.33}$$

$$X_{T10} = \frac{1.051.52}{131.33} = 8.00 \text{ m}$$

$$Y_{T10} = \frac{(5.99+14.35+6.80)(0)+(5.99+14.35+6.80)(8)+(5.99+14.35+6.80)(16)+(5.99+14.35+6.80)(24)+(5.99+14.35+6.80)(32)}{135.70}$$

$$Y_{T10} = \frac{2.171.20}{135.70} = 16.00 \text{ m}$$

NIVEL 9

$$X_{T9} = \frac{[(11.87+22.03+23.19+22.03+11.87)(8)+(11.89+22.05+23.20+22.05+11.89)(16)]-[(131.33)(8)]}{141.73}$$

$$X_{T9} = \frac{1.134.56}{141.73} = 8.00 \text{ m}$$

$$Y_{T9} = \frac{[(14.59+26.45+15.10)(8)+(14.59+26.45+15.10)(16)+(14.59+26.45+15.10)(24)+(14.59+26.45+15.10)(32)]-[(135.70)(8)]}{145.00}$$

$$Y_{T9} = \frac{2.320.00}{145.00} = 16.00 \text{ m}$$

NIVEL 8

$$X_{T8} = \frac{[(15.86+33.72+35.29+33.72+15.86)(8)+(15.89+33.74+35.30+33.74+15.89)(16)]-[(131.33)(8)+(141.73)(8)]}{130.37}$$

$$X_{T8} = \frac{1.044.08}{130.37} = 8.00 \text{ m}$$

$$Y_{T8} = \frac{[(20.12+41.06+21.13)(8+16+24+32)]-[(135.70)(16)+(145.00)(16)]}{130.85}$$

$$Y_{T8} = \frac{2.093.60}{130.85} = 16.00 \text{ m}$$

INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

NIVEL 10

$$X_{T10} = \frac{[(3.46+11.89+14.95+11.89+3.46)(8) + (3.46+11.90+14.95+11.90+3.46)(16)]}{137.15}$$

$$X_{T10} = \frac{1.095.92}{137.15} = 8.00 \text{ m}$$

$$Y_{T10} = \frac{[(5.93+15.18+7.41)(8) + (5.89+15.12+7.39)(16) + (5.93+15.18+7.41)(24) + (6.17+15.51+7.52)(32)]}{143.84}$$

$$Y_{T10} = \frac{2.301.44}{143.84} = 16.00 \text{ m}$$

NIVEL 9

$$X_{T9} = \frac{[(12.45+23.78+25.61+23.78+12.45)(8) + (12.45+23.78+25.61+23.78+12.45)(16)] - [(137.15)(8)]}{157.07}$$

$$X_{T9} = \frac{1.256.48}{157.07} = 8.00 \text{ m}$$

$$Y_{T9} = \frac{[(15.64+28.83+16.56)(8) + (15.61+28.79+16.55)(16) + (15.64+28.83+16.56)(24) + (15.81+29.07+16.65)(32)] - [(143.84)(16)]}{162.23}$$

$$Y_{T9} = \frac{2.595.68}{162.23} = 16.00 \text{ m}$$

NIVEL 8

$$X_{T8} = \frac{[(17.01+37.13+39.61+37.13+17.01)(8) + (17.02+37.14+39.61+37.14+17.02)(16)] - [1097.20 + (157.07)(8)]}{149.70}$$

$$X_{T8} = \frac{1.196.24}{149.70} = 8.00 \text{ m}$$

$$Y_{T8} = \frac{[(22.02+45.63+23.89)(8+24) + (21.99+45.58+23.67)(16) + (22.26+45.97+23.80)(32)] - [2301.44 + (162.23)(16)]}{151.91}$$

$$Y_{T8} = \frac{2.430.56}{151.91} = 16.00 \text{ m}$$

19 **EXCENTRICIDADES TEÓRICAS O CALCULADAS**

Conocidos los centros de masa (tabla 4.2) y los centros de torsión (tablas 4.9 y 4.10 para la condición de base fija y flexible, respectivamente) de cada nivel, se calcularon las excentricidades teóricas, e_c . Las mismas tablas 4.9 y 4.10 presentan los resultados correspondientes, para cada tipo de condición de apoyo; estas tablas contienen también las excentricidades teóricas determinadas a nivel de entrepiso.

20 **EXCENTRICIDADES DE DISEÑO**

Las tablas 4.11 y 4.12 muestran los cálculos de las excentricidades torsionales de diseño de cada nivel para ambas direcciones y condiciones de apoyo supuestas; en estas tablas se presentan las excentricidades de diseño medidas a nivel de entrepiso, para fines comparativos.

21 **CENTROS DE MASA DESPLAZADOS**

Conocidas las coordenadas de los centros de torsión y las excentricidades de diseño (E_{d1} , E_{d2}), se determinaron las coordenadas de los centros de masa desplazados para incluir los efectos de torsión según lo especifican las NTC-S. Las tablas 4.13 y 4.14 presentan los resultados para las dos condiciones de apoyo consideradas.

22 Para el sismo en la dirección X se deben realizar dos análisis sísmicos de tipo estático, uno para cada juego de centros de masa (desplazados por las excentricidades torsionales de diseño), y con las fuerzas sísmicas F_{ix} de la tabla 4.4, dependiendo de la condición de apoyo considerada. Para el sismo en dirección Y se procede de manera análoga. Esto es, se tienen que llevar a cabo cuatro análisis estáticos para cada condición, base rígida o

base flexible, y de todas las respuestas (desplazamientos y elementos mecánicos) se tomará la condición más desfavorable, para fines del diseño definitivo.

23 Las comparaciones posteriores no incluyen los efectos de la especificación del último párrafo de la sección 8.6 de las NTC-S.

24 COMPARACIÓN DE PERIODOS DE VIBRACIÓN

La tabla 4.15 tiene los resultados de los periodos naturales de vibración del edificio, para las dos condiciones de apoyo (empotramiento en PB y base flexible) y las diferentes posiciones de los centros de masa; estos cálculos se hicieron para observar qué pasa con esta propiedad dinámica con y sin efectos de la interacción suelo-estructura, y cuando el centro de masa de cada nivel cambia de posición. Se presentan también los periodos de vibración de la estructura sin permitir las deformaciones por giros (traslación pura).

Al revisar los efectos de las diferentes posiciones de los centros de masa, para el sismo en la dirección X no se tienen valores significativamente diferentes, ya que en dicha dirección, debido a la geometría del edificio, los efectos de torsión no son importantes, independientemente de la condición de apoyo. El caso con la opción E_{01} resulta ser el más desfavorable. El periodo fundamental es del orden de 0.95 s y 1.17 s para las condiciones de empotramiento en PB e interacción suelo-estructura, respectivamente, sin importar la condición de los centros de masa, desde el punto de vista práctico. La solución de traslación pura resulta suficientemente adecuada.

Para la dirección Y sí se observan cambios más importantes entre una y otra posición de los centros de masa, independientemente de la condición de apoyo. El caso con la opción E_{02} resulta ser el más desfavorable. El periodo fundamental con y sin excentricidades accidentales es de 1.252 s y 0.967 s, respectivamente, para la condición de base fija;

para la condición de base flexible, con y sin código, para incluir los efectos de torsión, resulta de 1.355 s y 1.172 s, respectivamente.

La influencia de los efectos de la flexibilidad de la base es ligeramente más importante en la dirección X, debido al cambio de geometría en el edificio, a partir del nivel seis.

25 COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS Y DE RELACIONES DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO

Se tienen los desplazamientos laterales máximos totales (tablas 4.16 y 4.17, figs 4.5 y 4.6) y las relaciones desplazamiento relativo entre altura de entrepiso, con y sin la influencia de la interacción suelo-estructura, de la torsión según el código y de las deformaciones axiales de las columnas. Los valores están referidos a los centros de masa de cada nivel y a las hileras de columnas en que se tienen respuestas mayores; están medidos en la dirección del sismo. Los efectos de las diferentes posiciones de los centros de masa, con o sin la torsión accidental, y de la flexibilidad de la base se toman en cuenta como se describió en los ejemplos 2 y 3, respectivamente. La revisión ante el valor permisible de 0.006 debe hacerse con los resultados que no incluyen los efectos de las deformaciones axiales de las columnas, pero determinados con las fuerzas sísmicas dinámicas F , que se calcularon a partir del análisis con la influencia de la flexibilidad de la base, con las deformaciones axiales de los miembros estructurales verticales, y para la condición de movimiento de traslación pura. Asimismo, la revisión debe considerar la posición más desfavorable del centro de masa de cada nivel para incluir los efectos de las excentricidades de torsión que especifica el código.

La estructura en la dirección Y resulta más flexible, lo que concuerda con los resultados de los periodos de vibración. No son importantes los efectos de las deformaciones axiales de las columnas, para el sismo en cualquier dirección.

Con los efectos de la interacción suelo-estructura los desplazamientos se incrementan hasta en un 50 por ciento con respecto a los calculados bajo la hipótesis de que la estructura se apoya rígidamente en su base; ocurre lo mismo con los periodos de vibración. Dichos efectos son ligeramente más importantes cuando el sismo actúa en la dirección X.

Al revisar la influencia de los efectos de las diferentes posiciones de los centros de masa, con y sin la influencia de la torsión de diseño, el comportamiento de la estructura varía para cada tipo de análisis, en particular para el sismo en la dirección Y. Nuevamente se hace ver la importancia de los análisis sísmicos con y sin los efectos de la torsión de diseño; se tienen diferencias del orden de 20 y 40 por ciento en las direcciones X y Y, respectivamente, al comparar los resultados de las excentricidades de diseño contra los de la condición de traslación pura.

COMPARACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS

TRABES

Las tablas 4.20 y 4.21 contienen los momentos flexionantes y torsionantes de algunas vigas tipo de los niveles 1, 5 y 8, para el sismo actuando en las direcciones X y Y. Se hacen comparaciones con y sin los efectos de la interacción suelo-estructura, y de las excentricidades torsionales de diseño para las diferentes posiciones de los centros de

masa. Los resultados de elementos mecánicos de trabes, inclusive columnas, toman en cuenta los efectos de las deformaciones axiales de los miembros estructurales verticales.

Con los efectos de la flexibilidad de la base y sismo en la dirección X se alcanzan momentos flexionantes superiores hasta en 35, 15 y 10 por ciento para las vigas tipo seleccionadas de los niveles 1, 5 y 8, respectivamente, con respecto de los resultados determinados para la condición de empotramiento en planta baja; las diferencias anteriores prácticamente no dependen de la condición de torsión que se esté considerando. En cambio, cuando el sismo actúa en la dirección Y las diferencias en los momentos flexionantes de las vigas tipo fluctúan entre 30 y 40 por ciento, 14 y 24 por ciento, 8 y 15 por ciento para los niveles 1, 5 y 8, respectivamente, con los porcentajes mayores para la condición de torsión menos desfavorable (trasiación pura).

Al comparar los elementos mecánicos para las diferentes posiciones de los centros de masa con y sin código, independientemente del tipo de condición de apoyo, se tienen respuestas diferentes cuando se consideran las excentricidades de diseño Ed_1 y Ed_2 , con respecto de los análisis sin dichos efectos; las diferencias son mayores cuando el sismo actúa en la dirección Y, como era de esperarse, debido a la geometría del edificio.

COLUMNAS

Se hacen comparaciones similares en los elementos mecánicos de algunas columnas tipo de los entresijos PB-1, 4-5 y 7-8; los resultados se presentan en las tablas 4.22 y 4.23.

Las diferencias en los valores determinados con y sin los efectos de la interacción suelo-estructura, independientemente de la condición de posición de los centros de masa para incluir la torsión, son más importantes en los miembros del entresijo PB-1; dichas diferencias resultan ligeramente superiores que cuando el sismo actúa en la dirección X.

Las variaciones en los elementos mecánicos de las columnas, según el tipo de análisis (con y sin torsión), son de consideración dependiendo de la dirección del sismo y de la ubicación del miembro estructural. Para el sismo en la dirección Y se tienen diferencias mayores entre un análisis de traslación pura (cortante directo) y otro tomando en cuenta las excentricidades torsionales de diseño.

COMENTARIOS

1. El ejemplo está basado en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTC-S), incluyendo el Apéndice A.

Se utilizó el factor de comportamiento sísmico $Q = 3$ para fines de aplicación. Como la estructura no satisface los requisitos 7, 8 y 11 de las condiciones de regularidad que fija la sección 6, se multiplicó por 0.8 el valor del factor reductivo Q' .

Se comparan las respuestas sísmicas (desplazamientos y elementos mecánicos de vigas y columnas tipo) del ejemplo, con y sin la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura, y de los efectos de torsión según el procedimiento paso a paso, descrito en el ejemplo, similar al ejemplo 2; se hacen comparaciones, también, contra los resultados determinados con el programa para computadora TORSIÓN desarrollado por Damy (ref 4); las diferencias obtenidas son prácticamente nulas al utilizar la metodología propuesta para incluir la torsión con programas de análisis sísmico tridimensional versión microcomputadoras personales. No se muestran los resultados determinados con el programa TORSIÓN. El cálculo de desplazamientos laterales de los análisis sísmicos de este ejemplo se hizo con y sin los efectos de las deformaciones axiales de las columnas, para fines comparativos.

-
2. Los tamaños de vigas y columnas se propusieron de forma preliminar para que las deformaciones laterales de entrepiso debidas a fuerza cortante, incluyendo los efectos de interacción suelo-estructura y los de torsión, sin las deformaciones axiales de columnas, resultaran del orden de 0.006 veces la altura de entrepiso (art 209 del Reglamento). Sin embargo, según los resultados finales, dichas dimensiones requieren un incremento para satisfacer el estado límite de servicio especificado. Los muros de contención están en toda la periferia; el modelo matemático para el análisis consideró 25 hileras de columnas y 40 crujiás (ver fig 4.1a).
 3. No cumple con los requisitos 7, 8 y 11, de las condiciones de regularidad de la sección 6 de las NTC-S. El peso y área del nivel 6 es menor que 70 por ciento del peso y área del piso inmediato inferior (nivel 5), debido al cambio de geometría en esa zona. En la dirección Y (por la irregularidad existente a partir del nivel 6) no se cumple que la excentricidad torsional calculada estáticamente, e_c , sea menor que 10 por ciento de la dimensión en planta medida paralelamente a la excentricidad mencionada; los resultados posteriores confirman esta observación.
 4. La estructura se considera ubicada en un sitio en que se conoce el periodo dominante más largo del terreno, T_g , y la profundidad de los depósitos firmes profundos, H .
 5. Es la dimensión máxima del piso que se analiza, medida perpendicularmente a la dirección de análisis.
 6. El factor reductivo Q' se multiplica por 0.8 porque el edificio no satisface las condiciones de regularidad que fija la sección 6 de las normas. T_f es el periodo fundamental de vibración de la estructura. Cuando se desconoce T_g , el factor de reducción de las fuerzas F , es $Q' = 0.8 Q = 0.8 \times 3 = 2.4$.

-
7. A es el área de la superficie neta de cimentación; $I_{\bar{x}}$, $I_{\bar{y}}$ los momentos de inercia de dicha superficie con respecto a sus ejes centroidales, perpendiculares a la dirección que se analiza, respectivamente.
 8. R_x y R_y son los radios equivalentes para el cálculo de K_x y K_y , respectivamente. Para este edificio, por la forma cuadrada de la cimentación, son iguales los radios equivalentes para incluir los efectos de la interacción suelo-estructura, debidos a la rotación de la base de la construcción, en las dos direcciones.
 9. Es el módulo de rigidez del suelo, en t/m^2 .
 10. Valor definido en la tabla A7.1 de las NTC-S para la zona III, para una profundidad de desplante mayor de 3 m.
 11. Valor definido en la tabla A7.1 para estructuras cimentadas sobre pilotes de fricción, zona III y profundidad de desplante mayor de 3 m.
 12. El edificio se ubica en un sitio dentro de las partes sombreadas de la fig 3.1 de las NTC-S en que se muestra la subzonificación de la zona del lago y de la zona de transición (sección A4). Las ordenadas de los espectros de aceleraciones para diseño sísmico, a , expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, se especifican según la sección 3. Como el edificio se considera ubicado en un sitio en que se conoce el periodo dominante más largo del terreno, T_s , está en una de las partes sombreadas, y es del grupo B, se adopta $c = 0.4$.
 13. En el diseño de estructuras ubicadas en las zonas II o III pueden tenerse en cuenta los efectos de la interacción suelo-estructura (sección A1), utilizando un modelo

como el que se muestra en la fig 4.3. Los efectos de la flexibilidad de la base se incluyen en los análisis adicionando en la cimentación un piso ficticio (de la misma manera que en el ejemplo 3), con columnas con propiedades que simulan la rigidez lineal horizontal y angular del terreno.

14. T_1 es el periodo fundamental de vibración de la estructura en la dirección que se analiza, corregido por la interacción con el suelo; T_o , el periodo fundamental que tendría la estructura si se apoyara sobre una base rígida; T_r , el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera trasladarse en la dirección que se analiza, y T_θ es el periodo natural que tendría la estructura si fuera infinitamente rígida y su base sólo pudiera girar con respecto a un eje horizontal que pasa por el centroide de la superficie de desplante de la estructura y fuera perpendicular a la dirección que se analiza.
15. La altura (h_{cg}) del centro de gravedad del peso total de la construcción se obtiene de la relación $h_{cg} = \Sigma W_i h_i / W_o$; las diferentes variables utilizadas se entienden con la ayuda de la tabla 4.2. Para la masa del suelo desplazado se supone que el centro de gravedad está a la mitad de la profundidad de desplante; esto es, $6.75/2 = 3.375$ m. El peso volumétrico del suelo se considera de 1.5 t/m^3 .
16. Para modelar los resortes que simulan la flexibilidad del terreno se recurre al artificio de añadir un entrepiso ficticio, como se hizo en el ejemplo 3.

Para determinar la rigidez lineal se da al entrepiso un desplazamiento unitario en la dirección del análisis (fig 4.4). La suma de las fuerzas ocasionadas en las columnas de la estructura debe ser igual a K_x . A partir de esta condición se obtiene el valor del momento de inercia, I , de las columnas.

Para simular la rigidez angular del terreno se da un giro unitario al entrepiso (fig 4.4), ocasionando así fuerzas verticales en las columnas, cuyos momentos con respecto al centro de giro (para cada dirección de análisis) deben ser igual a la rigidez K_c . A partir de esta igualdad se obtienen las áreas transversales de las columnas de los marcos en el entrepiso ficticio.

El programa de análisis estructural empleado permite simular de manera implícita y explícita la rigidez lateral del terreno; para ilustrar el procedimiento, se procedió a considerar la interacción mediante el modelo descrito anteriormente.

17. Se incluyen sólo los efectos de la excentricidad torsional de rigideces calculada en cada entrepiso, en que, para fines de diseño, el momento torsionante se toma por lo menos igual a la fuerza cortante de entrepiso multiplicada por la excentricidad que para cada marco resulte más desfavorable de las siguientes: $E_{d1} = 1.5 e_s + 0.1 b$ o $E_{d2} = e_s - 0.1 b$ (sección 8.6).

El cálculo de las fuerzas cortantes a diferentes niveles de la estructura ante un movimiento de traslación pura (sólo cortante directo, sin torsión), se hizo con un análisis dinámico modal (sección 9.1). Se incluyó el efecto de los tres primeros modos naturales de traslación en cada dirección de análisis; en todos los casos se consideraron modos con periodo menor de 0.4 s.

El efecto dinámico torsional de excentricidades estáticas y de la excentricidad accidental se calculó como lo especifica el artículo correspondiente al análisis estático (sección 8.6), partiendo de la distribución de fuerzas laterales dinámicas determinada, como se indicó anteriormente.

Estos cálculos sirven para revisar el requisito de la última parte de la sección 8.6 de las NTC-S, como se describió en el décimo comentario del ejemplo 2.

18. Se comparó el cortante basal, V_o , calculado con el método dinámico modal (traslación pura), para sismo en las dos direcciones, con el valor resultante de $0.8 a W_o/Q'$ (sección 9.3), y se encontró que no había necesidad de incrementar las fuerzas de diseño y desplazamientos laterales correspondientes; si acaso sólo para la condición de base fija (empotramiento en PB) habría que incrementar ligeramente dichas respuestas.

El centro de torsión del nivel r se define como el punto donde se deben aplicar las fuerzas que obran en ese nivel para que su movimiento sea solo de traslación, sin rotación del diafragma de piso.

Las coordenadas del centro de torsión del último piso (j), penúltimo piso ($j-1$), y de un piso típico (r), así como para cada entrepiso, se pueden calcular con las mismas ecuaciones planteadas en los comentarios del ejemplo 2. Las coordenadas están medidas con respecto al sistema de ejes globales (ver fig 4.1).

19. Cuando el sismo actúa en la dirección X, la excentricidad teórica o calculada, e_{ci} , en el nivel j será:

$$e_{ci} = Y_{CM_j} - Y_{T_j}$$

Para el sismo en la dirección Y,

$$e_{ci} = X_{CM_j} - X_{T_j}$$

donde

X_{CMj}, Y_{CMj} : Coordenadas del centro de masa del nivel j (ver tabla 4.2)

X_{Tj}, Y_{Tj} : Coordenadas del centro de torsión del nivel j (ver tablas 4.9 y 4.10, ambas condiciones de apoyo)

En las NTC-S se denomina e_j la excentricidad teórica, la cual toma en cuenta únicamente las torsiones de entrepiso que se causan dentro del rango de comportamiento lineal; sólo depende de la distribución de rigideces y de la distribución de masas.

20. Se definen $E_{d1} = 1.5 e_c + 0.1 b$ y $E_{d2} = e_c - 0.1 b$, donde e_c es la excentricidad teórica y b es la dimensión máxima en planta perpendicular a la dirección de análisis.

Para el nivel j , se tiene que

$$E_{j1} = 1.5 e_{cj} + 0.1 b$$

$$E_{j2} = e_{cj} - 0.1 b$$

donde b debe tener el signo de e_{cj} , según el sentido que se considera.

21. Uno de los objetivos del ejemplo fue presentar un método confiable para evaluar los efectos de torsión, utilizando las especificaciones de las NTC-S, por medio de programas de análisis tridimensional de uso público (versión micro-PC), que no toman en cuenta implícitamente dichos efectos; lo anterior es similar a lo realizado en el ejemplo 2. Como parte del procedimiento propuesto fue necesario determinar

la posición de los centros de torsión de cada nivel, así como las excentricidades teóricas y de diseño. Ahora, para incluir estos resultados es necesario desplazar los centros de masa de cada nivel definidos en la tabla 4.2, y así introducir los efectos de las excentricidades torsionales de diseño; los centros de masa desplazados son los de las tablas 4.13 y 4.14, para ambas condiciones de apoyo.

Las coordenadas modificadas para el centro de masa del nivel j , son:

$$X^*_{CMj1} = X_{Tj} + E_{d1x} = X_{Tj} + [1.5 e_{cxj} + (0.1 b) (\text{signo } e_{cxj})]$$

$$X^*_{CMj2} = X_{Tj} + E_{d2x} = X_{Tj} + [e_{cxj} - (0.1 b) (\text{signo } e_{cxj})]$$

$$Y^*_{CMj1} = Y_{Tj} + E_{d1y}$$

$$Y^*_{CMj2} = Y_{Tj} + E_{d2y}$$

Los resultados se tienen en las tablas 4.13 y 4.14 para la condición de empotramiento en PB e interacción suelo-estructura, respectivamente.

22. Hacer cambios de las coordenadas de los centros de masa desplazados, en el archivo de datos, es sencillo; el resto de información (geometría, dimensiones, etc) no sufre cambio. Las fuerzas sísmicas son las de la tabla 4.4.
23. En este ejemplo su aplicación resultó poco significativa.
24. Para el cálculo de los periodos de la tabla 4.15 se consideraron los cambios necesarios para obtener las propiedades de masa, de acuerdo a la nueva posición del centro de masa de cada nivel y condición de apoyo supuesta.

Con estos resultados se trata de mostrar la variación de esta propiedad dinámica, según se alteren las condiciones de torsión y de la flexibilidad de la base.

Para el sismo en la dirección Y los efectos de torsión son más importantes; la influencia de la interacción suelo-estructura es ligeramente mayor para el sismo en la dirección X.

25. Ya están multiplicados por el factor de comportamiento sísmico $Q = 3$, según la sección 4 de las NTC-S.

Se obtuvieron con computadora con base en el modelo matemático tridimensional del edificio, con y sin la influencia de los efectos de la interacción suelo-estructura, y los de torsión. Se calcularon con y sin los efectos de las deformaciones axiales de las columnas para hacer ver su influencia en la revisión del estado límite de servicio (deformaciones angulares de entrepiso), esta revisión debe hacerse sin considerar los acortamientos o alargamientos de las columnas.

Se propone que al revisar la seguridad ante la condición de servicio se analice el modelo restringiendo las deformaciones axiales de las columnas, pero ante las fuerzas sísmicas F_i del análisis con los efectos de dichas deformaciones.

Se verificó la bondad de la metodología propuesta y aplicada en este ejemplo para calcular los efectos de torsión, a partir de los centros de masa desplazados, al comparar las respuestas con las obtenidas con el programa de computadora de la ref 4; las diferencias fueron prácticamente nulas. Dichas comparaciones no se muestran, pero se procedió de forma similar que en el ejemplo 2. Lo anterior se hizo sólo para la condición de base fija.

26. Sólo se presentan los resultados de algunas vigas y columnas tipo para mostrar las diferencias con y sin los efectos de la interacción suelo-estructura, y los de la torsión. Incluyen los efectos de las deformaciones axiales de los miembros estructurales verticales.

Son resultados de los análisis sísmicos con el espectro modificado por interacción (se conoce T_s) con ordenadas espectrales reducidas por el factor Q' . Las fuerzas sísmicas con las que se obtuvieron estos elementos mecánicos se determinaron de un análisis dinámico modal espectral, incluidos los efectos de las deformaciones axiales de las columnas, ante un movimiento de traslación pura, con y sin la influencia de la flexibilidad de la base (caso A); las fuerzas sísmicas dinámicas F_i de este tipo de análisis son dependientes de los diferentes modos de vibrar de cada dirección del edificio.

Posteriormente, con las fuerzas F_i del caso A, se hicieron los análisis sísmicos estáticos para las diferentes posiciones de los centros de masa, según las excentricidades torsionales del código (casos C y D), para las dos condiciones de apoyo.

Las respuestas del caso B, con y sin base flexible, se obtuvieron de un análisis sísmico dinámico modal espectral. En este tipo de análisis sólo se está tomando en cuenta la influencia de los efectos de la excentricidad calculada, e_c .

TABLA 4.1 CÁLCULO DE LAS ORDENADAS DE ESPECTROS DE ACCELERACIONES PARA DISEÑO SÍSMICO PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO B, ZONA III, $Q = 1$ y 3 , T_b CONOCIDO Y DESCONOCIDO

| T (s) | $T_b = 1.6$ s (conocido) | | | T_b (desconocido) | | |
|-------|--------------------------|---------|--------|---------------------|---------|--------|
| | $Q = 1$ | $Q = 3$ | | $Q = 1$ | $Q = 3$ | |
| | a | Q' | a/Q' | a | Q' | a/Q' |
| 0.00 | 0.100 | 1.000 | 0.100 | 0.100 | 1.000 | 0.100 |
| 0.10 | 0.147 | 1.313 | 0.112 | 0.150 | 1.333 | 0.113 |
| 0.20 | 0.194 | 1.625 | 0.119 | 0.200 | 1.667 | 0.120 |
| 0.30 | 0.241 | 1.938 | 0.124 | 0.250 | 2.000 | 0.125 |
| 0.40 | 0.288 | 2.250 | 0.128 | 0.300 | 2.333 | 0.129 |
| 0.50 | 0.334 | 2.563 | 0.130 | 0.350 | 2.667 | 0.131 |
| 0.60 | 0.381 | 2.875 | 0.133 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 0.64 | 0.400 | 3.000 | 0.133 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 1.92 | 0.400 | 3.000 | 0.133 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 2.40 | 0.320 | 3.000 | 0.107 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 2.80 | 0.274 | 3.000 | 0.091 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 3.20 | 0.240 | 3.000 | 0.080 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 3.60 | 0.213 | 3.000 | 0.071 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 3.90 | 0.197 | 3.000 | 0.066 | 0.400 | 3.000 | 0.133 |
| 4.00 | 0.192 | 3.000 | 0.064 | 0.390 | 3.000 | 0.130 |

Ordenadas espectrales entre la aceleración de la gravedad (sección 3 de la NTC-S):

$$\begin{aligned}
 a &= (1 + 3T/T_b)c/4, & \text{si } T < T_b \\
 a &= c, & \text{si } T_b < T < T_b \\
 a &= (T_b/T)c, & \text{si } T > T_b
 \end{aligned}$$

T_b conocido:

$$\begin{aligned}
 T_b &= 0.64 \text{ s} \\
 T_b &= 1.92 \text{ s} \\
 r &= 1.0 \\
 c &= 0.4 \\
 Q &= 3.0
 \end{aligned}$$

Factor reductivo (sección 4 de las NTC-S):

$$\begin{aligned}
 Q' &= Q, & \text{si se desconoce } T \text{ o si } T \geq T_b \\
 Q' &= 1 + (T/T_b)(Q-1), & \text{si } T < T_b
 \end{aligned}$$

T_b desconocido:

$$\begin{aligned}
 T_b &= 0.6 \text{ s} \\
 T_b &= 3.9 \text{ s} \\
 r &= 1.0 \\
 c &= 0.4 \\
 Q &= 3.0
 \end{aligned}$$

TABLA 4.2 ALTURAS, PESOS, CENTROS DE MASA Y CÁLCULO DE LA ALTURA (h_{cg}) DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS DIFERENTES PESOS DE LA CONSTRUCCIÓN

| Nivel | Entrepiso | h_i (m) | H_i (m) | W_i (t) | Centro de masa | | $W_i H_i$ (t·m) |
|-------|-----------|--------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| | | | | | X_{CM} (m) | Y_{CM} (m) | |
| 10 | | | 43.25 | 459.0 | 8.0 | 16.0 | 19,851.8 |
| | 10 | 3.50 | | | | | |
| 9 | | | 39.75 | 551.3 | 8.0 | 16.0 | 21,913.8 |
| | 9 | 3.50 | | | | | |
| 8 | | | 36.25 | 572.8 | 8.0 | 16.0 | 20,763.3 |
| | 8 | 3.50 | | | | | |
| 7 | | | 32.75 | 582.0 | 8.0 | 16.0 | 19,059.8 |
| | 7 | 3.50 | | | | | |
| 6 | | | 29.25 | 581.5 | 8.0 | 16.0 | 17,008.0 |
| | 6 | 3.50 | | | | | |
| 5 | | | 25.75 | 1,139.9 | 16.0 | 16.0 | 29,352.7 |
| | 5 | 3.50 | | | | | |
| 4 | | | 22.25 | 1,179.8 | 16.0 | 16.0 | 26,249.7 |
| | 4 | 3.50 | | | | | |
| 3 | | | 18.75 | 1,221.7 | 16.0 | 16.0 | 22,906.9 |
| | 3 | 3.50 | | | | | |
| 2 | | | 15.25 | 1,241.7 | 16.0 | 16.0 | 18,935.8 |
| | 2 | 3.50 | | | | | |
| 1 | | | 11.75 | 1,282.3 | 16.0 | 16.0 | 15,067.0 |
| | 1 | 5.00 | | | | | |
| PB | | | 6.75 | 1,615.0 | 16.0 | 16.0 | 10,900.9 |
| | PB | 3.75 | | | | | |
| Sót. | | | 3.00 | 1,896.7 | 16.0 | 16.0 | 5,690.0 |
| | Sót. | 3.00 | | | | | |
| Cim. | | --- | --- | 1,481.6 | 16.0 | 16.0 | --- |
| Sumas | | | | 13,805.1 | | | 227,699.6 |

X_{CM} Y Y_{CM} son las coordenadas de los centros de masa teóricos, sin desplazar para incluir los efectos de torsión en planta

$$h_{cg} = (227,699.6)/(13,805.1) = 16.49 \text{ m} \approx 0.38 \text{ (altura total)}$$

TABLA 4.3 REVISIÓN POR CORTANTE BASAL, EMPOTRAMIENTO EN PB E INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, EFECTO DE TRASLACIÓN PURA, SISMO EN LAS DIRECCIONES X Y Y

| Dirección del sismo | Empotramiento en PB | Interacción suelo-estructura |
|---------------------|---|---|
| X | $T_{1X} = 0.930 \text{ s}$ $T_b < T_{1X} < T_b$ $\therefore a = c = 0.4$ $V_o = 1,130.65 \text{ t} < 0.8 a W_o/Q'$ $\therefore \text{factor} = 1,174.91/1,130.65 = 1.039$ | $T_{1X} = 1.155 \text{ s}$ $T_b < T_{1X} < T_b$ $\therefore a = c = 0.4$ $V_o = 1,521.32 \text{ t} > 0.8 a W_o/Q'$ $\therefore \text{factor} = 1.0$ |
| Y | $T_{1Y} = 0.910 \text{ s}$ $T_b < T_{1Y} < T_b$ $\therefore a = c = 0.4$ $V_o = 1,157.22 \text{ t} < 0.8 a W_o/Q'$ $\therefore \text{factor} = 1,174.91/1,157.22 = 1.015$ | $T_{1Y} = 1.143 \text{ s}$ $T_b < T_{1Y} < T_b$ $\therefore a = c = 0.4$ $V_o = 1,539.69 \text{ t} > 0.8 a W_o/Q'$ $\therefore \text{factor} = 1.0$ |

V_o = Fuerza cortante basal (entrepiso PB-N1)

$W_o = 13,805.10 - (1481.60 + 1896.70 + 1615.00) = 8,811.80 \text{ t}$ (valor de W hasta antes de la PB de la estructural)

$T_b = 0.64 \text{ s}; T_b = 1.92 \text{ s}$

$Q' = 3 \times 0.8 = 2.4$

Para $T_b < T_i < T_b$: $a = c = 0.4$

$0.8 a W_o/Q' = 0.8 (0.4) (8,811.80)/(2.4) = 1,174.91 \text{ t}$

TABLA 4.4 FUERZAS SÍSMICAS Y CORTANTES DE ENTREPISO, EMPOTRAMIENTO EN PB E INTERACCIÓN SUELO- ESTRUCTURA, EFECTOS DE TRASLACIÓN PURA, SISMO EN LAS DOS DIRECCIONES

| Nivel | Entrepiso | Empotramiento en PB | | | | Interacción suelo-estructura | | | |
|-------|-----------|---------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | Sismo en X | | Sismo en Y | | Sismo en X | | Sismo en Y | |
| | | V_{ix} (t) | F_{ix} (t) | V_{iy} (t) | F_{iy} (t) | V_{ix} (t) | F_{ix} (t) | V_{iy} (t) | F_{iy} (t) |
| 10 | 10 | 135.70 | 135.70 | 131.33 | 131.33 | 143.84 | 143.84 | 137.15 | 137.15 |
| 9 | 9 | 280.70 | 145.00 | 273.06 | 141.73 | 306.07 | 162.23 | 294.22 | 157.07 |
| 8 | 8 | 411.55 | 130.85 | 403.43 | 130.37 | 457.98 | 151.91 | 443.92 | 149.70 |
| 7 | 7 | 524.25 | 112.70 | 518.33 | 114.90 | 592.80 | 134.82 | 579.71 | 135.79 |
| 6 | 6 | 614.70 | 90.45 | 613.66 | 95.33 | 706.44 | 113.64 | 697.13 | 117.42 |
| 5 | 5 | 761.40 | 146.70 | 769.43 | 155.77 | 899.39 | 192.95 | 898.46 | 201.33 |
| 4 | 4 | 890.80 | 129.40 | 907.53 | 138.10 | 1080.60 | 181.21 | 1087.18 | 188.72 |
| 3 | 3 | 1002.40 | 116.60 | 1024.20 | 116.67 | 1250.08 | 169.48 | 1261.43 | 174.25 |
| 2 | 2 | 1085.40 | 83.00 | 1110.48 | 86.28 | 1398.69 | 148.61 | 1413.93 | 152.50 |
| 1 | 1 | 1130.65 | 45.25 | 1157.22 | 46.74 | 1521.32 | 122.63 | 1539.69 | 125.76 |
| PB | PB | --- | --- | --- | --- | 1613.17 | 91.85 | 1634.37 | 94.68 |
| Sót. | Sót. | --- | --- | --- | --- | 1752.91 | 139.74 | 1778.34 | 143.97 |
| Cim. | Cim. | --- | --- | --- | --- | 1865.29 | 112.38 | 1892.32 | 113.98 |

Son resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral

TABLA 4.5 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN LOS ELEMENTOS RESISTENTES, EMPOTRAMIENTO EN PB, EFECTOS DE TRASLACIÓN PURA, SISMO EN DIRECCIÓN X

| Entrepiso | Fuerza cortante (t) | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Nº de línea de columna | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 10 | 5.99 | 14.35 | 6.80 | --- | --- | 5.99 | 14.35 | 6.80 | --- | --- | 5.99 | 14.35 | 6.80 |
| 9 | 14.59 | 26.45 | 15.10 | --- | --- | 14.59 | 26.45 | 15.10 | --- | --- | 14.59 | 26.45 | 15.10 |
| 8 | 20.12 | 41.06 | 21.13 | --- | --- | 20.12 | 41.06 | 21.13 | --- | --- | 20.12 | 41.06 | 21.13 |
| 7 | 27.05 | 50.90 | 26.90 | --- | --- | 27.05 | 50.90 | 26.90 | --- | --- | 27.05 | 50.90 | 26.90 |
| 6 | 31.80 | 54.79 | 36.35 | --- | --- | 31.80 | 54.79 | 36.35 | --- | --- | 31.80 | 54.79 | 36.35 |
| 5 | 9.18 | 27.86 | 35.14 | 54.31 | 25.79 | 9.18 | 27.86 | 35.14 | 54.31 | 25.79 | 9.18 | 27.86 | 35.14 |
| 4 | 24.67 | 44.56 | 45.58 | 41.67 | 21.68 | 24.67 | 44.56 | 45.58 | 41.67 | 21.68 | 24.67 | 44.56 | 45.58 |
| 3 | 24.29 | 48.35 | 50.24 | 51.69 | 25.91 | 24.29 | 48.35 | 50.24 | 51.69 | 25.91 | 24.29 | 48.35 | 50.24 |
| 2 | 26.25 | 54.16 | 55.00 | 55.20 | 26.47 | 26.25 | 54.16 | 55.00 | 55.20 | 26.47 | 26.25 | 54.16 | 55.00 |
| 1 | 38.41 | 49.62 | 49.54 | 50.00 | 38.56 | 38.41 | 49.62 | 49.54 | 50.00 | 38.56 | 38.41 | 49.62 | 49.54 |

Son resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral

TABLA 4.5 (Continuación)

| Entrepiso i | Fuerza cortante (t) | | | | | | | | | | | | Total |
|----------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | N° de hilera de columna | | | | | | | | | | | | |
| | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | |
| 10 | .. | | 5.99 | 14.35 | 6.80 | | ... | 5.99 | 14.35 | 6.80 | ... | ... | 135.70 |
| 9 | ... | ... | 14.59 | 26.45 | 15.10 | ... | ... | 14.59 | 26.45 | 15.10 | ... | ... | 280.70 |
| 8 | . | | 20.12 | 41.06 | 21.13 | ... | ... | 20.12 | 41.06 | 21.13 | ... | ... | 411.55 |
| 7 | ... | . | 27.05 | 50.90 | 26.90 | ... | ... | 27.05 | 50.90 | 26.90 | ... | ... | 524.25 |
| 6 | . | | 31.80 | 54.79 | 36.35 | .. | . | 31.80 | 54.79 | 36.35 | ... | ... | 614.70 |
| 5 | 54.31 | 25.79 | 9.18 | 27.86 | 35.14 | 54.31 | 25.79 | 9.18 | 27.86 | 35.14 | 54.31 | 25.79 | 761.40 |
| 4 | 41.67 | 21.68 | 24.67 | 44.56 | 45.58 | 41.67 | 21.68 | 24.67 | 44.56 | 45.58 | 41.67 | 21.68 | 890.80 |
| 3 | 51.69 | 25.91 | 24.29 | 48.35 | 50.24 | 51.69 | 25.91 | 24.29 | 48.35 | 50.24 | 51.69 | 25.91 | 1002.40 |
| 2 | 55.20 | 26.47 | 26.25 | 54.16 | 55.00 | 55.20 | 26.47 | 26.35 | 54.16 | 55.00 | 55.20 | 26.47 | 1085.40 |
| 1 | 50.00 | 38.56 | 38.41 | 49.62 | 49.54 | 50.00 | 38.56 | 38.41 | 49.62 | 49.54 | 50.00 | 38.56 | 1130.65 |

TABLA 4.6 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN LOS ELEMENTOS RESISTENTES, EMPOTRAMIENTO EN PB, Efectos DE TRASLACIÓN PURA, SISMO EN DIRECCIÓN Y

| Entrepiso | Fuerza cortante (t) | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | N° de hilera de columna | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 10 | 3.88 | 3.88 | 3.90 | --- | --- | 11.32 | 11.32 | 11.35 | --- | --- | 13.34 | 13.34 | 13.35 | --- |
| 9 | 11.87 | 11.87 | 11.89 | --- | --- | 22.03 | 22.03 | 22.05 | --- | --- | 23.19 | 23.19 | 23.20 | --- |
| 8 | 15.86 | 15.86 | 15.89 | --- | --- | 33.71 | 33.72 | 33.74 | --- | --- | 35.28 | 35.29 | 35.30 | --- |
| 7 | 22.01 | 22.01 | 23.03 | --- | --- | 42.51 | 42.51 | 42.53 | --- | --- | 43.71 | 43.71 | 43.71 | --- |
| 6 | 28.15 | 28.15 | 28.19 | --- | --- | 49.08 | 49.08 | 49.12 | --- | --- | 50.03 | 50.03 | 50.06 | --- |
| 5 | 11.56 | 11.57 | 11.63 | 25.13 | 25.22 | 32.07 | 32.07 | 32.15 | 50.85 | 50.95 | 33.46 | 33.46 | 33.51 | 51.27 |
| 4 | 24.85 | 24.85 | 24.85 | 22.31 | 22.31 | 45.73 | 45.73 | 45.73 | 42.36 | 42.36 | 46.59 | 46.59 | 46.58 | 42.81 |
| 3 | 25.12 | 25.12 | 25.14 | 26.39 | 26.42 | 50.36 | 50.36 | 50.39 | 51.84 | 51.87 | 51.21 | 51.21 | 51.23 | 52.26 |
| 2 | 26.94 | 26.94 | 26.95 | 27.06 | 27.07 | 55.91 | 55.91 | 55.92 | 56.05 | 56.07 | 56.21 | 56.21 | 56.22 | 56.10 |
| 1 | 39.34 | 39.34 | 39.35 | 39.46 | 39.46 | 50.93 | 50.93 | 50.93 | 51.04 | 51.05 | 50.69 | 50.69 | 50.70 | 50.74 |

Son resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral

TABLA 4.6 (Continuación)

| Entrepiso | Fuerza cortante (t) | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | Nº de hilera de columna | | | | | | | | | | | |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | Total |
| 10 | --- | 11.32 | 11.32 | 11.35 | --- | --- | 3.88 | 3.88 | 3.90 | --- | --- | 131.33 |
| 9 | --- | 22.03 | 22.03 | 22.05 | --- | --- | 11.87 | 11.87 | 11.89 | --- | --- | 273.06 |
| 8 | --- | 33.71 | 33.72 | 33.74 | --- | --- | 15.86 | 15.86 | 15.89 | --- | --- | 403.43 |
| 7 | --- | 42.51 | 42.51 | 42.53 | --- | --- | 22.01 | 22.01 | 22.03 | --- | --- | 518.33 |
| 6 | --- | 49.08 | 49.08 | 49.12 | --- | --- | 28.15 | 28.15 | 28.19 | --- | --- | 613.66 |
| 5 | 51.33 | 32.07 | 32.07 | 32.15 | 50.85 | 50.95 | 11.56 | 11.57 | 11.63 | 25.13 | 25.22 | 769.43 |
| 4 | 42.80 | 45.73 | 45.73 | 45.73 | 42.36 | 42.36 | 24.85 | 24.85 | 24.85 | 22.31 | 22.31 | 907.53 |
| 3 | 52.27 | 50.36 | 50.36 | 50.39 | 51.84 | 51.87 | 25.12 | 25.12 | 25.14 | 26.39 | 26.42 | 1024.20 |
| 2 | 56.10 | 55.91 | 55.91 | 55.92 | 56.05 | 56.07 | 26.94 | 26.94 | 26.95 | 27.06 | 27.07 | 1110.48 |
| 1 | 50.74 | 50.93 | 50.93 | 50.93 | 51.04 | 51.05 | 39.34 | 39.34 | 39.35 | 39.46 | 39.46 | 1157.22 |

TABLA 4.7 (Continuación)

| Nivel | Fuerza cortante (t) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | N° de hilera de columna | | | | | | | | | | | Eje de cimentación* | | | | | Total |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | A | B | C | D | E | |
| 10 | ... | 5.93 | 15.18 | 7.41 | ... | ... | 6.17 | 15.51 | 7.52 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 143.84 |
| 9 | ... | 15.64 | 28.83 | 16.56 | ... | ... | 15.81 | 29.07 | 16.65 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 306.07 |
| 8 | ... | 22.02 | 45.63 | 23.69 | ... | ... | 22.26 | 45.97 | 23.80 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 457.98 |
| 7 | ... | 30.28 | 57.54 | 30.49 | ... | ... | 30.51 | 57.86 | 30.61 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 592.80 |
| 6 | ... | 36.15 | 62.78 | 42.11 | ... | ... | 36.37 | 63.12 | 42.21 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 706.44 |
| 5 | 29.53 | 10.19 | 32.49 | 42.69 | 64.58 | 29.54 | 10.51 | 32.89 | 42.73 | 64.63 | 29.74 | ... | ... | ... | ... | ... | 899.39 |
| 4 | 26.02 | 29.12 | 53.46 | 56.03 | 51.29 | 26.02 | 29.23 | 53.86 | 56.07 | 51.34 | 25.96 | ... | ... | ... | ... | ... | 1080.60 |
| 3 | 31.65 | 29.38 | 59.60 | 63.48 | 64.94 | 31.66 | 30.49 | 59.99 | 63.54 | 64.90 | 32.57 | ... | ... | ... | ... | ... | 1250.05 |
| 2 | 33.46 | 32.78 | 70.06 | 72.70 | 72.79 | 33.46 | 29.86 | 70.76 | 72.73 | 73.02 | 30.32 | ... | ... | ... | ... | ... | 1398.60 |
| 1 | 50.31 | 49.93 | 65.24 | 66.11 | 66.51 | 50.32 | 57.65 | 65.42 | 66.12 | 66.41 | 57.91 | ... | ... | ... | ... | ... | 1521.30 |
| Pb | -47.32 | -47.51 | -44.10 | 42.57 | -42.96 | -47.24 | ... | ... | ... | ... | ... | 1143.23 | ... | ... | ... | ... | 1143.23 |
| Subt. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 350.83 | 350.69 | 349.87 | 350.69 | 350.83 | 1752.90 |
| Sum | 74.81 | 74.81 | 74.45 | 74.46 | 74.46 | 74.81 | 74.88 | 74.46 | 74.46 | 74.46 | 74.88 | ... | ... | ... | ... | ... | 1865.20 |

*Incluye columnas, muros de contención y contrarribes, según sea el eje

LA 4.8 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS CORTANTES EN LOS ELEMENTOS RESISTENTES, INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, EFECTOS DE TRASLACIÓN PURA, SISMO EN DIRECCIÓN Y

| Entrepiso | Fuerza Cortante (t) | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | N° de hilera de columna | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 10 | 3.48 | 3.46 | 3.46 | ... | ... | 11.93 | 11.89 | 11.90 | ... | ... | 15.01 | 14.95 | 14.95 | ... |
| 9 | 12.45 | 12.45 | 12.45 | ... | ... | 23.78 | 23.78 | 23.78 | ... | ... | 25.61 | 25.61 | 25.62 | ... |
| 8 | 17.03 | 17.01 | 17.02 | ... | ... | 37.18 | 37.13 | 37.14 | ... | ... | 39.68 | 39.61 | 39.61 | ... |
| 7 | 24.22 | 24.21 | 24.21 | .. | ... | 47.62 | 47.58 | 47.59 | ... | .. | 49.66 | 49.59 | 49.60 | .. |
| 6 | 31.58 | 31.56 | 31.59 | .. | ... | 55.84 | 55.79 | 55.83 | ... | . | 57.62 | 57.55 | 57.58 | .. |
| 5 | 13.35 | 13.07 | 13.12 | 28.33 | 28.64 | 37.88 | 37.61 | 37.69 | 59.16 | 59.47 | 40.11 | 40.03 | 40.10 | 60.73 |
| 4 | 29.15 | 29.08 | 29.07 | 26.37 | 26.32 | 54.97 | 54.68 | 54.68 | 51.07 | 51.22 | 56.51 | 56.45 | 56.44 | 52.27 |
| 3 | 31.23 | 30.15 | 30.17 | 31.76 | 32.74 | 62.11 | 61.86 | 61.90 | 63.84 | 63.97 | 63.87 | 63.79 | 63.81 | 65.22 |
| 2 | 30.39 | 33.38 | 33.40 | 33.73 | 30.57 | 72.59 | 72.05 | 72.06 | 72.51 | 72.90 | 73.36 | 73.31 | 73.32 | 73.38 |
| 1 | 58.42 | 50.65 | 50.65 | 50.89 | 58.61 | 66.63 | 66.54 | 66.55 | 66.84 | 66.82 | 66.85 | 66.83 | 66.84 | 66.98 |
| PB | ... | 48.01 | -48.08 | 47.83 | .. | . | -44.13 | 44.12 | -43.92 | . | ... | 43.16 | -43.16 | -43.04 |
| Sótano | .. | | .. | | .. | | .. | | ... | . | .. | | ... | |
| Cimentación | 75.97 | 75.89 | 75.89 | 75.89 | 75.97 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 |

241

Son resultados del análisis sísmico dinámico modal espectral

241
EJEMPLO 4
0 5 7 0 2

TABLA 4.8 (Continuación)

| Entre-piso | Fuerza cortante (t) | | | | | | | | | | | | | | | | Total |
|------------|-------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------------------|---------|--------|--------|---------|---------|
| | N° de hilera de columna | | | | | | | | | | | Eje de cimentación* | | | | | |
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 10 | --- | 11.93 | 11.89 | 11.90 | --- | --- | 3.48 | 3.46 | 3.46 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 137.15 |
| 9 | --- | 23.78 | 23.78 | 23.78 | --- | --- | 12.45 | 12.45 | 12.45 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 294.22 |
| 8 | --- | 37.18 | 37.13 | 37.14 | --- | --- | 17.03 | 17.01 | 17.02 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 443.92 |
| 7 | --- | 47.62 | 47.58 | 47.59 | --- | --- | 24.22 | 24.21 | 24.21 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 579.71 |
| 6 | --- | 55.84 | 55.79 | 55.83 | --- | --- | 31.58 | 31.56 | 31.59 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 697.13 |
| 5 | 60.85 | 37.88 | 37.61 | 37.69 | 59.16 | 59.47 | 13.35 | 13.07 | 13.12 | 28.33 | 28.64 | --- | --- | --- | --- | --- | 898.46 |
| 4 | 52.29 | 54.97 | 54.68 | 54.68 | 51.07 | 51.22 | 29.15 | 29.08 | 29.07 | 26.37 | 26.32 | --- | --- | --- | --- | --- | 1087.18 |
| 3 | 65.28 | 62.11 | 61.86 | 61.90 | 63.84 | 63.97 | 31.23 | 30.15 | 30.17 | 31.76 | 32.74 | --- | --- | --- | --- | --- | 1261.43 |
| 2 | 73.40 | 72.59 | 72.05 | 72.06 | 72.51 | 72.90 | 30.39 | 33.38 | 33.40 | 33.73 | 30.57 | --- | --- | --- | --- | --- | 1413.91 |
| 1 | 66.99 | 66.63 | 66.54 | 66.55 | 66.84 | 66.82 | 58.42 | 50.65 | 50.65 | 50.89 | 58.61 | --- | --- | --- | --- | --- | 1539.61 |
| PB | --- | --- | -44.13 | -44.12 | -43.92 | --- | --- | 48.01 | 48.08 | -47.83 | --- | --- | 1157.41 | --- | --- | 1158.50 | 1634.3 |
| Sót. | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 356.04 | 355.29 | 355.29 | 355.29 | 356.43 | 1778.3 |
| Cim | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.54 | 75.97 | 75.89 | 75.89 | 75.89 | 75.97 | --- | --- | --- | --- | --- | 1892.3 |

*Incluye columnas, muros de contención y contratraves, según sea el eje

TABLA 4.9 COORDENADAS DE LOS CENTROS DE TORSIÓN (X_T , Y_T) Y EXCENTRICIDADES TEÓRICAS (e_x) A NIVEL DE PISO, EMPOTRAMIENTO EN PB

| Nivel | Entrepiso | Centro de Torsión | | e_{cx} (m) | e_{cy} (m) |
|-------|-----------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | | X_T (m) | Y_T (m) | | |
| 10 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 10 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 9 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 8 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 7 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 6 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | | 60.27 | 16.00 | -44.27 | 0.00 |
| | 5 | 18.58 | 16.00 | -2.58 | 0.00 |
| 4 | | -1.10 | 16.00 | 17.10 | 0.00 |
| | 4 | 15.59 | 16.00 | +0.41 | 0.00 |
| 3 | | 20.58 | 16.00 | -4.58 | 0.00 |
| | 3 | 16.16 | 16.00 | -0.16 | 0.00 |
| 2 | | 14.27 | 16.00 | 1.73 | 0.00 |
| | 2 | 16.01 | 16.00 | -0.01 | 0.00 |
| 1 | | 16.10 | 16.00 | -0.10 | 0.00 |
| | 1 | 16.01 | 16.00 | -0.01 | 0.00 |

Excentricidades teóricas:

$$e_{cx} = X_{CM} - X_T$$

$$e_{cy} = Y_{CM} - Y_T$$

Las coordenadas de las posiciones de los centros de torsión y excentricidades teóricas a nivel de entrepiso sólo se muestran para fines comparativos

TABLA 4.10 COORDENADAS DE LOS CENTROS DE TORSIÓN (X_T , Y_T), Y EXCENTRICIDADES TEÓRICAS (e_{cx}) A NIVEL DE PISO, INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

| Nivel | Entrepiso | Centro de torsión | | e_{cx} (m) | e_{cy} (m) |
|-------|-----------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | | X_T (m) | Y_T (m) | | |
| 10 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 10 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 9 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 8 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 7 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 6 | 8.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | | 54.96 | 16.00 | -38.96 | 0.00 |
| | 5 | 18.52 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | | 1.80 | 16.00 | 14.20 | 0.00 |
| | 4 | 15.62 | 16.00 | 0.38 | 0.00 |
| 3 | | 19.51 | 16.00 | -3.51 | 0.00 |
| | 3 | 16.16 | 16.00 | -0.16 | 0.00 |
| 2 | | 14.89 | 16.00 | 1.11 | 0.00 |
| | 2 | 16.02 | 16.00 | -0.02 | 0.00 |
| 1 | | 15.96 | 16.00 | 0.04 | 0.00 |
| | 1 | 16.02 | 16.00 | -0.02 | 0.00 |
| PB | | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| | PB | 16.01 | 16.00 | -0.01 | 0.00 |
| Sót. | | 15.87 | 16.00 | 0.13 | 0.00 |
| | Sót | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |
| Cim. | | 15.95 | 16.00 | 0.05 | 0.00 |
| | Cim | 16.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 |

Excentricidades teóricas:

$$e_{cx} = X_{CM} - X_T$$

$$e_{cy} = Y_{CM} - Y_T$$

Las coordenadas de las posiciones de los centros de torsión y excentricidades teóricas a nivel de entrepiso sólo se muestran para fines comparativos

TABLA 4.11 EXCENRICIDADES DE DISEÑO A NIVEL DE PISO (E_{d1} , E_{d2}),
EMPOTRAMIENTO EN PB

| Nivel | Entrepiso | Sismo en dirección X | | Sismo en dirección Y | |
|-------|-----------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | | E_{d1y} (m) | E_{d2y} (m) | E_{d1x} (m) | E_{d2x} (m) |
| 10 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 10 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 9 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 9 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 8 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 8 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 7 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 7 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 6 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 6 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 5 | | 3.20 | -3.20 | -41.07 | -69.61 |
| | 5 | 3.20 | -3.20 | 0.62 | -7.07 |
| 4 | | 3.20 | -3.20 | 28.85 | 13.90 |
| | 4 | 3.20 | -3.20 | 3.82 | -2.79 |
| 3 | | 3.20 | -3.20 | -1.38 | -10.07 |
| | 3 | 3.20 | -3.20 | 3.04 | -3.44 |
| 2 | | 3.20 | -3.20 | 5.80 | -1.47 |
| | 2 | 3.20 | -3.20 | 3.19 | -3.22 |
| 1 | | 3.20 | -3.20 | 3.10 | -3.35 |
| | 1 | 3.20 | -3.20 | 3.19 | -3.22 |

Sismo en dirección X:

$$b = 32 \text{ m}$$

$$E_{d1y} = 1.5 e_{cy} + 0.1 b \text{ (signo } e_{cy}\text{)}$$

$$E_{d2y} = e_{cy} - 0.1 b \text{ (signo } e_{cy}\text{)}$$

$$E_{d1x}, E_{d1y} = \text{Máximo de } (E_{d1}, E_{d2})$$

$$E_{d2x}, E_{d2y} = \text{Mínimo de } (E_{d1}, E_{d2})$$

Sismo en dirección Y:

$$b = 32 \text{ m hasta el nivel 5, y } 16 \text{ m del nivel 6 al 10}$$

$$E_{d1x} = 1.5 e_{cx} + 0.1 b \text{ (signo } e_{cx}\text{)}$$

$$E_{d2x} = e_{cx} - 0.1 b \text{ (signo } e_{cx}\text{)}$$

Los resultados a nivel de entrepiso sólo se muestran para fines comparativos

TABLA 4.12 EXCENTRICIDADES DE DISEÑO A NIVEL DE PISO (E_{d1} , E_{d2}),
INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

| Nivel | Entre-piso | Sismo en dirección X | | Sismo en dirección Y | |
|-------|------------|----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| | | E_{d1y} (m) | E_{d2y} (m) | E_{d1x} (m) | E_{d2x} (m) |
| 10 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 10 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 9 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 9 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 8 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 8 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 7 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 7 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 6 | | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| | 6 | 3.20 | -3.20 | 1.60 | -1.60 |
| 5 | | 3.20 | -3.20 | -35.76 | -61.64 |
| | 5 | 3.20 | -3.20 | 0.68 | -6.98 |
| 4 | | 3.20 | -3.20 | 24.50 | 11.00 |
| | 4 | 3.20 | -3.20 | 3.77 | -2.82 |
| 3 | | 3.20 | -3.20 | -0.31 | -8.47 |
| | 3 | 3.20 | -3.20 | 3.04 | -3.44 |
| 2 | | 3.20 | -3.20 | 4.87 | -2.09 |
| | 2 | 3.20 | -3.20 | 3.18 | -3.23 |
| 1 | | 3.20 | -3.20 | 3.26 | -3.16 |
| | 1 | 3.20 | -3.20 | 3.18 | -3.23 |
| PB | | 3.20 | -3.20 | 3.20 | -3.20 |
| | PB | 3.20 | -3.20 | 3.19 | -3.22 |
| Sót. | | 3.20 | -3.20 | 3.40 | -3.07 |
| | Sót. | 3.20 | -3.20 | 3.20 | -3.20 |
| Cim. | | 3.20 | -3.20 | 3.28 | -3.15 |
| | Cim. | 3.20 | -3.20 | 3.20 | -3.20 |

Sismo en dirección X:

$$b = 32 \text{ m}$$

$$E_{d1y} = 1.5 e_{cy} + 0.1 b \text{ (signo } e_{cy})$$

$$E_{d2y} = e_{cy} - 0.1 b \text{ (signo } e_{cy})$$

$$E_{d1x}, E_{d1y} = \text{Máximo de } (E_{d1}, E_{d2})$$

$$E_{d2x}, E_{d2y} = \text{Mínimo de } (E_{d1}, E_{d2})$$

Sismo en dirección Y:

$$b = 32 \text{ m hasta el nivel 5, y 16 m del nivel 6 al 10}$$

$$E_{d1x} = 1.5 e_{cx} + 0.1 b \text{ (signo } e_{cx})$$

$$E_{d2x} = e_{cx} - 0.1 b \text{ (signo } e_{cx})$$

Los resultados a nivel de entrepiso sólo se muestran para fines comparativos

TABLA 4.13 COORDENADAS MODIFICADAS DE LOS CENTROS DE MASA, EMPOTRAMIENTO EN PB

| Nivel | Opción E_{d1} | | Opción E_{d2} | |
|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | X^*_{CM1} (m) | Y^*_{CM1} (m) | X^*_{CM2} (m) | Y^*_{CM2} (m) |
| 10 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 9 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 8 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 7 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 6 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 5 | 19.20 | 19.20 | -9.34 | 12.80 |
| 4 | 27.75 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| 3 | 19.20 | 19.20 | 10.51 | 12.80 |
| 2 | 20.07 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| 1 | 19.20 | 19.20 | 12.75 | 12.80 |

$$X^*_{CM1} = X_T + E_{d1x}; \quad Y^*_{CM1} = Y_T + E_{d1y}$$

$$X^*_{CM2} = X_T + E_{d2x}; \quad Y^*_{CM2} = Y_T + E_{d2y}$$

TABLA 4.14 COORDENADAS MODIFICADAS DE LOS CENTROS DE MASA, INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

| Nivel | Opción E_{d1} | | Opción E_{d2} | |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | X^*_{CM1} (m) | Y^*_{CM1} (m) | X^*_{CM2} (m) | Y^*_{CM2} (m) |
| 10 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 9 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 8 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 7 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 6 | 9.60 | 19.20 | 6.40 | 12.80 |
| 5 | 19.20 | 19.20 | -6.68 | 12.80 |
| 4 | 26.30 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| 3 | 19.20 | 19.20 | 11.04 | 12.80 |
| 2 | 19.76 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| 1 | 19.26 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| PB | 19.20 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| Sótano | 19.27 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |
| Cimentación | 19.23 | 19.20 | 12.80 | 12.80 |

$$X^*_{CM1} = X_T + E_{d1x}, \quad Y^*_{CM1} = Y_T + E_{d1y}$$

$$X^*_{CM2} = X_T + E_{d2x}, \quad Y^*_{CM2} = Y_T + E_{d2y}$$

TABLA 4.15 COMPARACIÓN DE PERIODOS NATURALES DE VIBRACIÓN CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y DE LA TORSIÓN PARA DIFERENTES CONDICIONES DE POSICIÓN DE LOS CENTROS DE MASA DE CADA PISO

| Dirección dominante | Modo | Periodo de vibración, T_n (s) | | | | | | | |
|----------------------|------|---------------------------------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|
| | | Base rígida | | | | Base flexible | | | |
| | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| X | 1 | 0.930 | 0.930 | 0.978 | 0.929 | 1.155 | 1.155 | 1.181 | 1.156 |
| | 2 | 0.409 | 0.409 | 0.463 | 0.463 | 0.536 | 0.536 | 0.557 | 0.551 |
| Y | 1 | 0.910 | 0.967 | 0.913 | 1.252 | 1.143 | 1.172 | 1.147 | 1.355 |
| | 2 | 0.387 | 0.397 | 0.394 | 0.394 | 0.514 | 0.519 | 0.506 | 0.509 |
| TORSIÓN (Θ) | 1 | --- | 0.671 | 0.740 | 0.690 | - | 0.720 | 0.781 | 0.799 |
| | 2 | --- | 0.311 | 0.308 | 0.349 | - | 0.338 | 0.333 | 0.414 |

Base rígida : Empotramiento en planta baja (PB)

Base flexible : Efectos de la interacción suelo-estructura

(Periodos calculados con fórmula para base flexible $T_{n1} = 1.25$ s; $T_{n2} = 1.28$ s)

Caso A: Resultados ante un movimiento de traslación pura (un solo grado de libertad por piso)

Caso B: Resultados ante un movimiento de tres grados de libertad por piso (dos de traslación y un giro), y centros de masas sin desplazar (solo efectos de la excentricidad teórica)

Caso C: Resultados ante un movimiento de tres grados de libertad por piso (dos de traslación y un giro), y centros de masa desplazados según la excentricidad de diseño E_{d1}

Caso D: Resultados ante un movimiento de tres grados de libertad por piso (dos de traslación y un giro), y centros de masa desplazados según la excentricidad de diseño E_{d2}

TABLA 4.16

COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES (MULTPLICADOS POR Q = 3, EN CM), CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA, 2) TORSIÓN SEGÚN EL CÓDIGO, Y 3) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS. SISMO EN LA DIRECCIÓN X

| Nivel | Empotramiento en PB (base rígida) | | | | | | | Base flexible | | | | | | |
|-------|---------------------------------------|--------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | |
| | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D |
| 10 | 16.83* | 16.83* | 17.91* [20.97] ₂ | 17.91* [20.97] ₁ | 16.11* | 16.76* [19.77] ₂ | 16.76* [19.77] ₁ | 27.18* | 27.18* | 28.17* [31.89] ₂ | 28.17* [31.89] ₁ | 25.56* | 26.67* [30.33] ₂ | 26.67* [30.33] ₁ |
| 9 | 15.98 | 15.98 | 16.98 [19.86] | 16.98 [19.86] | 15.39 | 16.05 [18.90] | 16.05 [18.90] | 26.22 | 26.22 | 27.06 [30.60] | 27.06 [30.60] | 24.78 | 25.83 [29.34] | 25.83 [29.34] |
| 8 | 14.61 | 14.61 | 15.45 [18.03] | 15.45 [18.03] | 14.13 | 14.73 [17.28] | 14.73 [17.28] | 24.66 | 24.66 | 25.32 [28.53] | 25.32 [28.53] | 23.37 | 24.36 [27.54] | 24.36 [27.54] |
| 7 | 12.84 | 12.84 | 13.50 [15.72] | 13.50 [15.72] | 12.48 | 12.98 [15.18] | 12.98 [15.18] | 22.68 | 22.68 | 23.07 [25.86] | 23.07 [25.86] | 21.48 | 22.35 [25.11] | 22.35 [25.11] |
| 6 | 10.74 | 10.74 | 11.22 [12.96] | 11.22 [12.96] | 10.49 | 10.86 [12.60] | 10.86 [12.60] | 20.31 | 20.31 | 20.40 [22.65] | 20.40 [22.65] | 19.20 | 19.89 [22.14] | 19.89 [22.14] |
| 5 | 8.70 | 8.70 | 9.03 [10.35] | 9.03 [10.35] | 8.49 | 8.82 [10.14] | 8.82 [10.14] | 17.97 | 17.97 | 17.79 [19.56] | 17.79 [19.56] | 16.89 | 17.46 [19.23] | 17.46 [19.23] |
| 4 | 7.17 | 7.17 | 7.38 [8.49] | 7.38 [8.49] | 6.99 | 7.23 [8.34] | 7.23 [8.34] | 16.11 | 16.11 | 15.81 [17.28] | 15.81 [17.28] | 15.09 | 15.57 [17.04] | 15.57 [17.04] |
| 3 | 5.49 | 5.49 | 5.64 [6.49] | 5.64 [6.48] | 5.37 | 5.55 [6.39] | 5.55 [6.39] | 14.10 | 14.10 | 13.65 [14.79] | 13.65 [14.79] | 13.11 | 13.47 [14.64] | 13.47 [14.64] |
| 2 | 3.75 | 3.75 | 3.84 [4.41] | 3.84 [4.41] | 3.66 | 3.78 [4.38] | 3.78 [4.38] | 11.88 | 11.88 | 11.28 [12.12] | 11.28 [12.12] | 10.92 | 11.19 [12.00] | 11.19 [12.00] |
| 1 | 1.95 | 1.95 | 1.98 [2.28] | 1.98 [2.28] | 1.89 | 1.98 [2.28] | 1.98 [2.28] | 9.48 | 9.48 | 8.79 [9.24] | 8.79 [9.24] | 8.58 | 8.73 [9.18] | 8.73 [9.18] |
| PB | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 6.57 | 6.57 | 5.70 [5.70] | 5.70 [5.70] | 5.70 | 5.70 [5.70] | 5.70 [5.70] |
| Sót. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 6.48 | 6.48 | 5.58 [5.58] | 5.58 [5.58] | 5.58 | 5.58 [5.58] | 5.58 [5.58] |
| Cim. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 6.42 | 6.42 | 5.55 [5.55] | 5.55 [5.55] | 5.55 | 5.55 [5.55] | 5.55 [5.55] |

- PB Planta Baja
- * Desplazamiento horizontal referido al centro de masa de cada nivel y medido en la dirección del sismo
- [] Desplazamiento horizontal referido a la hilera de la columna i (ver fig 4.1)
- Caso A: Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura
- Caso B: Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada, e_i (sin código)
- Caso C: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_{d1}
- Caso D: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_{d2}

TABLA 4.17

COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES (MULTIPLICADOS POR Q = 3, EN CM), CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA, 2) TORSIÓN SEGUN EL CÓDIGO, Y 3) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS. SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

| Nivel | Empotramiento PB (base rígida) | | | | | | | Base flexible | | | | | | |
|-------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|---------|---------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------------------------------------|---------|---------|
| | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | |
| | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D |
| 10 | 15.60* | 16.14* | 16.41* | 19.62* | 15.03* | 15.69* | 18.84* | 25.77* | 27.15* | 26.16* | 30.18* | 25.23* | 25.17* | 29.13* |
| | | [19.17] | [16.50] | [22.47] | [16.38] | [15.78] | [21.66] | | [30.03] | [26.16] | [33.63] | [26.91] | [25.17] | [32.52] |
| 9 | 14.97 | 15.54 | 15.72 | 18.90 | 14.49 | 15.09 | 18.27 | 25.02 | 26.43 | 25.35 | 29.37 | 24.63 | 24.51 | 28.47 |
| | | [18.51] | [15.87] | [21.72] | [15.84] | [15.24] | [21.03] | | [29.25] | [25.44] | [32.76] | [26.28] | [24.57] | [31.83] |
| 8 | 13.86 | 14.52 | 14.52 | 17.73 | 13.53 | 14.01 | 17.19 | 23.79 | 25.20 | 24.03 | 28.02 | 23.49 | 23.31 | 27.27 |
| | | [17.34] | [14.79] | [20.46] | [14.85] | [14.28] | [19.89] | | [27.93] | [24.21] | [31.35] | [25.14] | [23.49] | [30.57] |
| 7 | 12.42 | 13.20 | 12.99 | 16.17 | 12.24 | 12.60 | 15.78 | 22.20 | 23.61 | 22.29 | 26.28 | 21.93 | 21.72 | 25.68 |
| | | [15.81] | [13.38] | [18.81] | [13.56] | [12.98] | [18.39] | | [26.16] | [22.62] | [29.46] | [23.61] | [22.05] | [28.83] |
| 6 | 10.65 | 11.52 | 11.13 | 14.28 | 10.59 | 10.83 | 13.98 | 20.22 | 21.57 | 20.13 | 24.09 | 19.98 | 19.68 | 23.61 |
| | | [13.86] | [11.67] | [16.77] | [11.91] | [11.37] | [16.44] | | [23.94] | [20.64] | [27.12] | [21.60] | [20.19] | [26.61] |
| 5 | 8.82 | 7.80 | 8.61 | 17.73 | 7.62 | 8.40 | 17.49 | 18.12 | 17.34 | 17.28 | 27.24 | 16.29 | 16.98 | 26.85 |
| | | [11.70] | [9.78] | [14.43] | [10.08] | [9.57] | [14.19] | | [21.45] | [18.42] | [24.36] | [19.35] | [18.06] | [24.00] |
| 4 | 7.29 | 6.45 | 6.78 | 8.16 | 6.27 | 6.66 | 8.01 | 16.29 | 15.57 | 15.24 | 16.74 | 14.55 | 15.00 | 16.47 |
| | | [9.54] | [7.89] | [11.82] | [8.22] | [7.74] | [11.67] | | [18.84] | [16.17] | [21.27] | [17.01] | [15.90] | [21.00] |
| 3 | 5.61 | 4.95 | 5.49 | 6.75 | 4.83 | 5.40 | 6.66 | 14.25 | 13.59 | 13.44 | 13.65 | 12.63 | 13.29 | 14.67 |
| | | [7.26] | [5.94] | [9.00] | [6.27] | [5.85] | [8.91] | | [16.05] | [13.83] | [17.85] | [14.46] | [13.65] | [17.67] |
| 2 | 3.81 | 3.36 | 3.72 | 4.23 | 3.30 | 3.66 | 4.20 | 12.03 | 11.43 | 11.19 | 11.82 | 10.50 | 11.07 | 11.73 |
| | | [4.89] | [4.02] | [6.09] | [4.23] | [3.96] | [6.03] | | [13.08] | [11.37] | [14.22] | [11.76] | [11.28] | [14.13] |
| 1 | 1.98 | 1.74 | 1.95 | 2.19 | 1.71 | 1.92 | 2.19 | 9.63 | 9.12 | 8.76 | 9.12 | 8.25 | 8.73 | 9.06 |
| | | [2.52] | [2.07] | [3.15] | [2.19] | [2.04] | [3.12] | | [10.02] | [8.85] | [10.41] | [8.91] | [8.79] | [10.38] |
| PB | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 6.66 | 6.30 | 5.79 | 5.79 | 5.46 | 5.79 | 5.79 |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... | | [6.33] | [5.79] | [5.82] | [5.46] | [5.79] | [5.82] |
| Sót. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 6.57 | 6.18 | 5.67 | 5.67 | 5.34 | 5.67 | 5.67 |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... | | [6.21] | [5.67] | [5.67] | [5.37] | [5.67] | [5.67] |
| Cim. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 6.51 | 6.15 | 5.64 | 5.64 | 5.31 | 5.64 | 5.64 |
| | | ... | ... | ... | ... | ... | ... | | [6.15] | [5.64] | [5.64] | [5.31] | [5.64] | [5.64] |

PB Planta Baja

* Desplazamiento horizontal referido al centro de masa de cada nivel y medido en la dirección del sismo

[] Desplazamiento horizontal referido a la hilera de la columna *l* (ver fig 4.1)

Caso A: Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura

Caso B: Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada, e_c (sin código)

Caso C: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_d

Caso D: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_d

TABLA 4.18 COMPARACIÓN DE RELACIONES DESPLAZAMIENTO LATERAL RELATIVO MÁXIMO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO, CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO ESTRUCTURA, 2) LA TORSIÓN SEGÚN EL CÓDIGO, Y 3) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS. SISMO EN LA DIRECCIÓN X

| Entre-piso | Empotramiento en PB (base rígida) | | | | | | | Base flexible | | | | | | |
|------------|---------------------------------------|---------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|
| | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | |
| | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D |
| 9-10 | 0.0024* | 0.0024* | {0.0032} _{2s} | {0.0032} _{1s} | 0.0021* | {0.0025} _{2s} | {0.0025} _{1s} | 0.0027* | 0.0027* | {0.0037} _{2s} | {0.0037} _{1s} | 0.0022* | {0.0028} _{2s} | {0.0028} _{1s} |
| 8-9 | 0.0037 | 0.0037 | {0.0052} | {0.0052} | 0.0036 | {0.0046} | {0.0046} | 0.0045 | 0.0045 | {0.0059} | {0.0059} | 0.0040 | {0.0051} | {0.0051} |
| 7-8 | 0.0051 | 0.0051 | {0.0066} | {0.0066} | 0.0047 | {0.0060} | {0.0060} | 0.0057 | 0.0057 | {0.0076} | {0.0076} | 0.0054 | {0.0069} | {0.0069} |
| 6-7 | 0.0060 | 0.0060 | {0.0079} | {0.0079} | 0.0057 | {0.0074} | {0.0074} | 0.0068 | 0.0068 | {0.0092} | {0.0092} | 0.0065 | {0.0085} | {0.0085} |
| 5-6 | 0.0059 | 0.0059 | {0.0075} | {0.0075} | 0.0057 | {0.0070} | {0.0070} | 0.0067 | 0.0067 | {0.0088} | {0.0088} | 0.0066 | {0.0083} | {0.0083} |
| 4-5 | 0.0044 | 0.0044 | {0.0053} | {0.0053} | 0.0043 | {0.0051} | {0.0051} | 0.0053 | 0.0053 | {0.0065} | {0.0065} | 0.0051 | {0.0063} | {0.0063} |
| 3-4 | 0.0047 | 0.0047 | {0.0057} | {0.0057} | 0.0046 | {0.0056} | {0.0056} | 0.0057 | 0.0057 | {0.0071} | {0.0071} | 0.0057 | {0.0069} | {0.0069} |
| 2-3 | 0.0050 | 0.0050 | {0.0059} | {0.0059} | 0.0049 | {0.0057} | {0.0057} | 0.0063 | 0.0063 | {0.0076} | {0.0076} | 0.0063 | {0.0075} | {0.0075} |
| 1-2 | 0.0051 | 0.0051 | {0.0061} | {0.0061} | 0.0051 | {0.0060} | {0.0060} | 0.0069 | 0.0069 | {0.0082} | {0.0082} | 0.0067 | {0.0081} | {0.0081} |
| PB-1 | 0.0039 | 0.0039 | {0.0046} | {0.0046} | 0.0038 | {0.0046} | {0.0046} | 0.0058 | 0.0058 | {0.0071} | {0.0071} | 0.0058 | {0.0070} | {0.0070} |
| Sót-PB | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 0.0002 | 0.0002 | {0.0003} | {0.0003} | 0.0003 | {0.0003} | {0.0003} |
| Cim-Sót | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 0.0002 | 0.0002 | {0.0001} | {0.0001} | 0.0001 | {0.0001} | {0.0001} |

PB Planta Baja

* Valores máximos de Δ_x/h_i referidos al centro de masa de cada nivel y medidos en la dirección del sismo

{ } Valores máximos de Δ_x/h_i referidos a la hilera de la columna i y medidos en la dirección del sismo

Caso A. Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura

Caso B. Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada, e_c (sin código)

Caso C. Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_d

Caso D. Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_d

TABLA 4.19 COMPARACIÓN DE RELACIONES DESPLAZAMIENTO LATERAL RELATIVO MÁXIMO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO, CON Y SIN LOS EFECTOS DE: 1) LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA, 2) LA TORSIÓN SEGUN EL CÓDIGO, Y 3) LAS DEFORMACIONES AXIALES DE LAS COLUMNAS. SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

| Entre-piso | Empotramiento en PB (base rígida) | | | | | | | Base flexible | | | | | | |
|------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|--------|---------------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------------------|--------|--------|
| | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | | Con deformaciones axiales de columnas | | | | Sin deformaciones axiales de columnas | | |
| | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso B | Caso C | Caso D |
| 9-10 | 0.0018* | 0.0019 | 0.0018 | 0.0021 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0018 | 0.0021* | 0.0022 | 0.0021 | 0.0025 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0020 |
| 8-9 | 0.0032 | 0.0033 | 0.0031 | 0.0036 | 0.0028 | 0.0027 | 0.0033 | 0.0035 | 0.0038 | 0.0035 | 0.0040 | 0.0033 | 0.0031 | 0.0036 |
| 7-8 | 0.0041 | 0.0044 | 0.0040 | 0.0047 | 0.0037 | 0.0037 | 0.0043 | 0.0045 | 0.0051 | 0.0045 | 0.0054 | 0.0044 | 0.0041 | 0.0050 |
| 6-7 | 0.0051 | 0.0056 | 0.0049 | 0.0058 | 0.0047 | 0.0046 | 0.0056 | 0.0057 | 0.0063 | 0.0057 | 0.0067 | 0.0057 | 0.0053 | 0.0063 |
| 5-6 | 0.0052 | 0.0062 | 0.0054 | 0.0067 | 0.0052 | 0.0051 | 0.0064 | 0.0060 | 0.0071 | 0.0063 | 0.0079 | 0.0064 | 0.0061 | 0.0075 |
| 4-5 | 0.0044 | 0.0062 | 0.0054 | 0.0075 | 0.0053 | 0.0052 | 0.0072 | 0.0052 | 0.0075 | 0.0064 | 0.0088 | 0.0067 | 0.0062 | 0.0086 |
| 3-4 | 0.0048 | 0.0065 | 0.0056 | 0.0081 | 0.0056 | 0.0054 | 0.0079 | 0.0058 | 0.0080 | 0.0067 | 0.0098 | 0.0073 | 0.0064 | 0.0095 |
| 2-3 | 0.0051 | 0.0068 | 0.0055 | 0.0083 | 0.0058 | 0.0054 | 0.0082 | 0.0063 | 0.0085 | 0.0070 | 0.0104 | 0.0077 | 0.0068 | 0.0101 |
| 1-2 | 0.0052 | 0.0068 | 0.0056 | 0.0094 | 0.0058 | 0.0055 | 0.0083 | 0.0069 | 0.0087 | 0.0072 | 0.0109 | 0.0081 | 0.0071 | 0.0107 |
| PB-1 | 0.0040 | 0.0050 | 0.0041 | 0.0063 | 0.0044 | 0.0041 | 0.0062 | 0.0059 | 0.0074 | 0.0061 | 0.0092 | 0.0069 | 0.0060 | 0.0091 |
| Sót-PB | - | --- | --- | --- | --- | - | - | 0.0002 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 |
| Cim-Sót | - | --- | --- | --- | --- | --- | - | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0001 |

PB Planta Baja

* Valores máximos de $\Delta_{i,h}$, referidos al centro de masa de cada nivel y medidos en la dirección del sismo

| | Valores máximos de $\Delta_{i,h}$, referidos a la hilera de la columna i y medidos en la dirección del sismo

Caso A. Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura

Caso B. Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada, e_c (sin código)

Caso C. Incluye los efectos de la excentricidad de diseño $E_{d,i}$

Caso D. Incluye los efectos de la excentricidad de diseño $E_{d,i}$

TABLA 4.20 COMPARACIÓN DE MOMENTOS FLEXIONANTES Y TORSIONANTES DE VIGAS TIPO, CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE A) TRASLACIÓN PURA (CORTANTE DIRECTO), B) LA EXCENRICIDAD TEÓRICA e_c , C) LA EXCENRICIDAD DE DISEÑO E_{d1} , D) LA EXCENRICIDAD DE DISEÑO E_{d2} . SISMO EN LA DIRECCIÓN X

| Nivel | Trabe | Sismo en dirección X | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|---------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|---------------------------|--------------|----------------|----------------|
| | | Momento flexionante (t-m) | | | | | | | | Momento torsionante (t-m) | | | |
| | | Extremo izquierdo | | | | Extremo derecho | | | | | | | |
| | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| 1 | 1 | 77.08 (106.55) | 77.08 (106.55) | 61.78 (85.83) | 92.15 (127.24) | 74.54 (101.97) | 74.54 (101.97) | 59.80 (82.12) | 89.19 (121.79) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.18 (0.27) | 0.18 (0.27) |
| | 21 | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 15.31 (22.00) | 15.31 (19.66) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 14.82 (21.12) | 14.82 (18.77) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.18 (0.20) | 0.18 (0.34) |
| | 37 | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 15.29 (21.33) | 15.29 (20.38) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 14.80 (20.46) | 14.80 (19.50) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.18 (0.20) | 0.18 (0.34) |
| 5 | 1 | 62.78 (72.87) | 62.78 (72.87) | 49.01 (57.30) | 75.86 (88.61) | 61.24 (71.04) | 61.24 (71.04) | 47.79 (55.82) | 74.06 (86.43) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.17 (0.21) | 0.17 (0.21) |
| | 21 | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 11.98 (14.88) | 11.98 (13.02) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 11.65 (14.46) | 11.65 (12.60) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.17 (0.21) | 0.17 (0.21) |
| | 37 | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 11.58 (13.95) | 11.58 (13.14) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 11.08 (13.35) | 11.08 (12.53) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.14 (0.18) | 0.14 (0.18) |
| 8 | 1 | 58.60 (64.63) | 58.60 (64.63) | 42.10 (46.68) | 74.62 (82.59) | 55.91 (61.61) | 55.91 (61.61) | 40.21 (44.48) | 71.31 (78.75) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.22 (0.24) | 0.22 (0.24) |
| | 21 | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 8.50 (10.09) | 8.50 (8.55) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 8.11 (9.61) | 8.11 (8.09) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.22 (0.24) | 0.22 (0.24) |

() Resultados con efectos de la interacción suelo estructura
La ubicación de las trabes se muestra en la fig 4.1

- Caso A Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura
- Caso B Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada, e_c (sin código)
- Caso C Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_{d1}
- Caso D Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_{d2}

TABLA 4.21 COMPARACIÓN DE MOMENTOS FLEXIONANTES Y TORSIONANTES DE VIGAS TIPO, CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE: A) TRASLACIÓN PURA (CORTANTE DIRECTO), B) LA EXCENRICIDAD TEÓRICA e_c , C) LA EXCENRICIDAD DE DISEÑO E_{dc} , D) LA EXCENRICIDAD DE DISEÑO E_{ds} . SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

| Nivel | Trabe | Sismo en dirección Y | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Momento flexionante (t-m) | | | | | | | | Momento torsionante (t-m) | | | |
| | | Extremo izquierdo | | | | Extremo derecho | | | | | | | |
| | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| 1 | 1 | 0.0 (0.0) | 21.51 (39.27) | 4.81 (1.92) | 49.00 (59.41) | 0.0 (0.0) | 20.83 (37.60) | 4.66 (1.80) | 47.44 (56.90) | 0.0 (0.0) | 0.26 (0.58) | 0.06 (0.11) | 0.60 (0.85) |
| | 21 | 69.36 (103.56) | 100.48 (138.22) | 83.71 (111.18) | 128.04 (168.79) | 67.06 (99.07) | 97.24 (132.29) | 81.01 (106.39) | 123.91 (161.59) | 0.0 (0.0) | 0.26 (0.52) | 0.06 (0.04) | 0.60 (0.78) |
| | 37 | 70.01 (104.47) | 58.15 (75.54) | 74.91 (106.28) | 30.62 (48.70) | 67.71 (99.96) | 56.28 (72.24) | 72.50 (101.69) | 29.64 (46.52) | 0.0 (0.0) | 0.26 (0.52) | 0.06 (0.04) | 0.60 (0.78) |
| 5 | 1 | 0.0 (0.0) | 20.12 (34.11) | 11.54 (11.81) | 38.85 (43.26) | 0.0 (0.0) | 19.46 (33.12) | 11.06 (11.28) | 37.67 (41.87) | 0.0 (0.0) | 0.25 (0.46) | 0.14 (0.16) | 0.49 (0.58) |
| | 21 | 55.98 (69.52) | 54.41 (67.50) | 72.93 (83.78) | 98.37 (113.03) | 54.41 (67.50) | 78.37 (95.36) | 70.77 (81.24) | 95.47 (109.58) | 0.0 (0.0) | 0.25 (0.46) | 0.14 (0.16) | 0.49 (0.58) |
| | 37 | 52.02 (64.88) | 35.31 (38.72) | 43.14 (50.76) | 16.41 (19.98) | 49.76 (61.96) | 33.79 (37.00) | 41.29 (48.50) | 15.69 (19.07) | 0.0 (0.0) | 0.27 (0.44) | 0.17 (0.20) | 0.51 (0.59) |
| 8 | 1 | 0.0 (0.0) | 0.22 (25.82) | 8.12 (9.53) | 7.57 (7.40) | 0.0 (0.0) | 0.24 (24.63) | 7.79 (9.17) | 7.18 (6.93) | 0.0 (0.0) | 0.01 (0.36) | 0.11 (0.12) | 0.11 (0.13) |
| | 21 | 43.16 (49.84) | 46.52 (53.42) | 42.41 (46.17) | 50.55 (54.82) | 41.07 (47.34) | 44.28 (50.69) | 40.37 (43.82) | 48.10 (51.96) | 0.0 (0.0) | 0.01 (0.36) | 0.11 (0.12) | 0.11 (0.13) |

() Resultados con efectos de la interacción suelo-estructura
La ubicación de las trabes se muestra en la fig 4.1

- Caso A: Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura
- Caso B: Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada, e_c (sin código)
- Caso C: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_{dc}
- Caso D: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E_{ds}

TABLA 4.23 COMPARACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS DE COLUMNA TIPO, CON Y SIN EFECTOS DE LA INTERACCIÓN CON LA ESTRUCTURA Y LOS DE: A) TRASLACIÓN PURA (COLUMNA TIPO DIRECTO), B) LA EXCENRICIDAD TEÓRICA e_c , C) EXCENRICIDAD DE DISEÑO E_{d1} , D) LA EXCENRICIDAD DE DISEÑO E_{d2} , SISMO EN LA DIRECCIÓN X

| Entre-piso | Hilera de columnas | Extremo | Sismo en la dirección X | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|---------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| | | | Elemento mecánico | | | | | | | | | | | |
| | | | M_x (t-m) | | | | M_y (t-m) | | | | M_z (t-m) | | | |
| | | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| 1B-1 | 1 | Inf. | 138.21 (193.13) | 138.21 (193.13) | 110.39 (155.89) | 164.38 (230.20) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 27.03 (37.65) | 27.03 (36.82) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.65 (2.46) | 1.65 (2.46) |
| | | Sup. | 17.62 (40.29) | 17.62 (40.29) | 14.19 (32.62) | 21.75 (47.85) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 3.85 (8.18) | 3.85 (7.18) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.65 (2.46) | 1.65 (2.46) |
| | 3 | Inf. | 154.94 (190.03) | 154.94 (190.03) | 123.96 (153.31) | 184.54 (227.77) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.01 (0.13) | 0.01 (0.22) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.65 (2.46) | 1.65 (2.46) |
| | | Sup. | 46.28 (79.24) | 46.28 (79.24) | 37.14 (62.56) | 55.86 (92.27) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.02 (0.16) | 0.02 (0.21) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.65 (2.46) | 1.65 (2.46) |
| | 5 | Inf. | 138.47 (193.57) | 138.47 (193.57) | 110.61 (156.26) | 164.69 (230.70) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 27.04 (37.39) | 27.04 (37.05) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.65 (2.46) | 1.65 (2.46) |
| | | Sup. | 18.06 (41.01) | 18.06 (41.01) | 14.56 (33.23) | 22.28 (48.67) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 3.86 (7.93) | 3.86 (7.52) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.65 (2.46) | 1.65 (2.46) |
| 4-5 | 1 | Inf. | 11.53 (11.82) | 11.53 (11.82) | 10.91 (11.40) | 12.28 (12.47) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 3.13 (3.72) | 3.13 (2.90) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.21 (1.45) | 1.21 (1.45) |
| | | Sup. | 10.64 (14.09) | 10.64 (14.09) | 11.83 (15.18) | 9.33 (13.12) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 4.64 (6.13) | 4.64 (5.30) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.21 (1.45) | 1.21 (1.45) |
| | 3 | Inf. | 43.41 (51.14) | 43.41 (51.14) | 36.80 (43.13) | 50.60 (59.44) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 2.22 (2.40) | 2.22 (2.68) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.21 (1.45) | 1.21 (1.45) |
| | | Sup. | 46.32 (57.84) | 46.32 (57.84) | 40.59 (50.33) | 52.29 (65.57) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 5.63 (6.34) | 5.63 (6.63) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.21 (1.45) | 1.21 (1.45) |
| | 5 | Inf. | 26.00 (28.36) | 26.00 (28.36) | 21.06 (22.97) | 31.16 (33.96) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 5.52 (6.27) | 5.52 (5.83) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.21 (1.45) | 1.21 (1.45) |
| | | Sup. | 39.92 (47.31) | 39.92 (47.31) | 32.00 (38.05) | 47.68 (56.87) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 8.03 (9.77) | 8.03 (9.23) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.21 (1.45) | 1.21 (1.45) |
| 7-8 | 1 | Inf. | 18.31 (19.56) | 18.31 (19.56) | 13.12 (14.06) | 23.41 (25.06) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 2.68 (3.16) | 2.68 (2.49) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.17 (1.32) | 1.17 (1.32) |
| | | Sup. | 32.96 (37.91) | 32.96 (37.91) | 23.56 (26.63) | 41.98 (47.40) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 4.86 (5.80) | 4.86 (5.09) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.17 (1.32) | 1.17 (1.32) |
| | 3 | Inf. | 20.00 (22.01) | 20.00 (22.01) | 14.54 (16.04) | 25.50 (27.98) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 2.92 (3.28) | 2.92 (3.05) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.17 (1.32) | 1.17 (1.32) |
| | | Sup. | 34.09 (38.82) | 34.09 (38.82) | 24.51 (28.09) | 43.37 (49.55) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 4.84 (5.59) | 4.84 (5.35) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 1.17 (1.32) | 1.17 (1.32) |

TABLA 4.22 (Continuación)

| Entre-piso | Hilera de columnas | Sismo en la dirección X | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| | | Elemento Mecánico | | | | | | | | | | | |
| | | P (t) | | | | V _x (t) | | | | V _y (t) | | | |
| | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| PB-1 | 1 | 169.85 (205.94) | 169.85 (205.94) | 160.56 (195.54) | 179.13 (216.44) | 38.36 (57.66) | 38.36 (57.66) | 30.76 (46.55) | 45.96 (68.65) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 7.63 (11.32) | 7.63 (10.87) |
| | 3 | 69.18 (76.12) | 69.18 (76.12) | 60.10 (66.22) | 78.26 (86.04) | 49.57 (66.12) | 49.57 (66.12) | 39.78 (53.30) | 59.36 (79.02) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 0.01 (0.07) | 0.01 (0.11) |
| | 5 | 99.45 (126.18) | 99.45 (126.18) | 99.59 (126.34) | 99.31 (126.10) | 38.53 (57.91) | 38.53 (57.91) | 30.90 (46.79) | 46.16 (68.98) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 7.63 (11.19) | 7.63 (11.01) |
| 4-5 | 1 | 89.03 (101.42) | 89.03 (101.42) | 79.39 (90.60) | 98.68 (112.30) | 8.69 (10.51) | 8.69 (10.51) | 8.92 (10.43) | 8.47 (10.04) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 3.05 (3.86) | 3.05 (3.22) |
| | 3 | 74.52 (84.57) | 74.52 (84.57) | 64.70 (73.45) | 84.35 (95.70) | 35.35 (42.73) | 35.35 (42.73) | 30.36 (36.65) | 40.35 (49.02) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 3.08 (3.43) | 3.08 (3.65) |
| | 5 | 15.74 (18.55) | 15.74 (18.55) | 15.85 (18.70) | 15.62 (18.45) | 25.86 (29.74) | 25.86 (29.74) | 20.80 (23.93) | 30.91 (35.54) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 5.31 (6.29) | 5.31 (5.91) |
| 7-8 | 1 | 29.82 (33.07) | 29.82 (33.07) | 25.92 (28.79) | 33.71 (37.36) | 20.02 (22.26) | 20.02 (22.26) | 14.38 (15.96) | 25.65 (28.41) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 2.96 (3.51) | 2.96 (2.97) |
| | 3 | 31.83 (35.80) | 31.83 (35.80) | 27.69 (31.16) | 35.97 (40.44) | 21.16 (23.80) | 21.16 (23.80) | 15.31 (17.31) | 27.01 (30.40) | 0.0 (0.0) | 0.0 (0.0) | 3.05 (3.48) | 3.05 (3.29) |

(1) Resultados con efectos de la interacción suelo-estructura

La ubicación de las columnas se muestra en la fig. 4.1

M_x, M_y Momentos flexionantes de las direcciones X y Y, respectivamente

M_t Momento torsionante

Caso A: Incluye solo los efectos ante un movimiento de traslación pura

Caso B: Incluye solo los efectos de la excentricidad teórica o calculada e (sin código)

Caso C: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E₀₁

Caso D: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E₀₂

X, Y Sistema de ejes global

V_x, V_y Fuerzas cortantes de las direcciones X y Y, respectivamente

P Fuerza normal

TABLA 4.23 COMPARACIÓN DE ELEMENTOS MECÁNICOS DE COLUMNAS TIPO; CON Y SIN EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE: A) TRASLACIÓN PURA (CORTANTE DIRECTO), B) LA EXCENTRICIDAD TEÓRICA e_c , C) LA EXCENTRICIDAD DE DISEÑO E_{d1} , D) LA EXCENTRICIDAD DE DISEÑO E_{d2} . SISMO EN LA DIRECCIÓN Y

| Entre-piso | Hilera de columnas | Extremo | Sismo en la dirección Y | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------------|---------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | Elemento mecánico | | | | | | | | | | | |
| | | | M_x (t-m) | | | | M_y (t-m) | | | | M_z (t-m) | | | |
| | | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| PB-1 | 1 | Inf. | 0.0 (0.0) | 37.19 (69.73) | 7.55 (3.35) | 85.47 (105.26) | 124.02 (186.70) | 177.81 (264.55) | 148.15 (198.45) | 226.10 (300.93) | 0.0 (0.0) | 2.30 (4.70) | 0.49 (0.30) | 5.26 (7.06) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 4.58 (12.37) | 0.32 (1.18) | 11.11 (19.27) | 15.80 (38.95) | 23.14 (49.82) | 18.84 (40.26) | 29.70 (60.76) | | | | |
| | 3 | Inf. | 0.0 (0.0) | 41.91 (70.71) | 8.68 (4.37) | 96.07 (106.41) | 124.03 (160.59) | 140.62 (160.60) | 140.62 (168.06) | 140.62 (168.06) | 0.0 (0.0) | 2.30 (4.70) | 0.49 (0.30) | 5.26 (7.06) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 12.56 (27.20) | 2.23 (0.97) | 29.04 (41.18) | 15.81 (34.93) | 18.56 (35.33) | 18.55 (36.81) | 18.57 (36.83) | | | | |
| | 5 | Inf. | 0.0 (0.0) | 37.18 (70.22) | 7.51 (3.84) | 85.46 (105.78) | 124.21 (187.14) | 103.64 (137.2) | 133.31 (192.23) | 55.35 (90.27) | 0.0 (0.0) | 2.30 (4.70) | 0.49 (0.30) | 5.26 (7.06) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 4.55 (12.97) | 0.25 (0.62) | 11.10 (19.89) | 16.12 (39.40) | 14.35 (30.92) | 18.65 (42.31) | 7.80 (21.80) | | | | |
| 4-5 | 1 | Inf. | 0.0 (0.0) | 14.05 (15.58) | 16.21 (18.10) | 18.94 (20.67) | 11.93 (13.19) | 25.73 (29.91) | 26.77 (29.21) | 31.25 (33.70) | 0.0 (0.0) | 2.25 (3.61) | 1.35 (1.49) | 4.27 (4.94) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 19.93 (22.72) | 17.64 (19.10) | 32.25 (36.57) | 13.55 (19.34) | 35.66 (44.43) | 30.48 (36.28) | 50.63 (60.00) | | | | |
| | 3 | Inf. | 0.0 (0.0) | 25.86 (34.40) | 23.31 (26.57) | 40.69 (46.86) | 11.99 (12.83) | 11.74 (13.64) | 10.73 (10.47) | 12.24 (12.14) | 0.00 (0.0) | 2.25 (3.61) | 1.35 (1.49) | 4.27 (4.94) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 32.63 (41.89) | 25.64 (28.64) | 55.14 (64.18) | 13.65 (19.14) | 15.84 (23.92) | 13.08 (16.72) | 18.36 (22.69) | | | | |
| | 5 | Inf. | 0.0 (0.0) | 11.48 (16.85) | 11.72 (13.64) | 17.01 (18.96) | 22.98 (26.14) | 12.01 (14.77) | 12.09 (11.97) | 5.69 (5.37) | 0.0 (0.0) | 2.25 (3.61) | 1.35 (1.49) | 4.27 (4.94) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 14.39 (23.15) | 8.09 (9.02) | 27.96 (32.13) | 36.07 (45.66) | 25.26 (27.85) | 31.68 (37.88) | 11.43 (14.35) | | | | |
| 7-8 | 1 | Inf. | 0.0 (0.0) | 0.56 (8.28) | 4.45 (5.27) | 1.58 (1.21) | 12.30 (13.58) | 12.98 (14.05) | 11.76 (12.20) | 13.98 (14.39) | 0.0 (0.0) | 0.02 (1.90) | 0.55 (0.61) | 0.61 (0.70) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 0.08 (14.73) | 2.97 (3.46) | 4.65 (4.81) | 24.72 (29.20) | 26.67 (31.72) | 24.28 (27.06) | 29.10 (32.33) | | | | |
| | 3 | Inf. | 0.0 (0.0) | 0.03 (8.93) | 2.65 (2.77) | 2.68 (3.07) | 12.33 (13.36) | 13.55 (14.16) | 14.96 (15.32) | 12.15 (12.32) | 0.0 (0.0) | 0.02 (1.90) | 0.55 (0.61) | 0.61 (0.70) |
| | | Sup. | 0.0 (0.0) | 0.56 (15.33) | 4.26 (4.71) | 5.40 (6.29) | 24.75 (28.98) | 26.59 (28.45) | 28.98 (31.97) | 24.18 (26.61) | | | | |

| Entre- piso | Hilera de columnas | Sismo en la dirección Y | | | | | | | | | | | |
|----------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | Elemento Mecánico | | | | | | | | | | | |
| | | P (t) | | | | V _x (t) | | | | V _y (t) | | | |
| | | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D | Caso A | Caso B | Caso C | Caso D |
| PB-1 | 1 | 143.13 (185.76) | 158.21 (180.16) | 162.80 (195.96) | 153.49 (185.62) | 0.0 (0.0) | 10.31 (20.27) | 1.94 (0.54) | 23.85 (30.75) | 39.34 (58.42) | 49.62 (73.14) | 41.23 (59.06) | 63.16 (89.31) |
| | 3 | 140.86 (177.29) | 157.09 (180.44) | 152.44 (178.96) | 162.34 (189.86) | 0.0 (0.0) | 13.45 (24.18) | 2.70 (1.32) | 30.89 (36.44) | 39.35 (50.65) | 39.31 (48.33) | 39.30 (50.59) | 39.31 (50.60) |
| | 5 | 89.61 (121.86) | 100.53 (120.96) | 100.63 (126.05) | 100.29 (125.71) | 0.0 (0.0) | 10.30 (20.54) | 1.92 (0.79) | 23.84 (31.03) | 39.46 (58.61) | 29.13 (41.47) | 37.52 (57.91) | 15.59 (27.67) |
| 4-5 | 1 | 69.74 (83.60) | 75.34 (81.58) | 80.11 (90.08) | 70.50 (79.43) | 0.0 (0.0) | 13.32 (14.92) | 13.28 (14.59) | 20.07 (22.45) | 11.56 (13.35) | 24.07 (28.96) | 22.45 (25.68) | 32.11 (36.74) |
| | 3 | 69.12 (80.49) | 76.20 (86.74) | 71.14 (78.00) | 81.97 (90.47) | 0.0 (0.0) | 22.34 (29.86) | 19.20 (21.65) | 37.58 (43.55) | 11.63 (13.12) | 10.81 (14.19) | 9.34 (10.66) | 12.00 (13.66) |
| | 5 | 14.21 (17.82) | 15.47 (17.55) | 15.54 (18.09) | 15.31 (17.82) | 0.0 (0.0) | 10.14 (15.67) | 7.77 (8.88) | 17.64 (20.03) | 25.22 (28.64) | 14.61 (16.11) | 17.17 (19.55) | 6.71 (7.73) |
| 7-8 | 1 | 21.26 (24.52) | 23.73 (24.64) | 24.97 (27.13) | 21.20 (23.05) | 0.0 (0.0) | 0.19 (8.98) | 2.91 (3.42) | 2.44 (2.36) | 15.86 (17.03) | 15.55 (17.92) | 14.13 (15.39) | 16.89 (18.32) |
| | 3 | 21.36 (23.68) | 23.49 (26.09) | 21.39 (22.38) | 25.76 (27.42) | 0.0 (0.0) | 0.19 (9.50) | 2.71 (2.93) | 3.17 (3.67) | 15.89 (17.02) | 15.74 (16.62) | 17.23 (18.55) | 14.25 (15.27) |

() Resultados con efectos de la interacción suelo-estructura

La ubicación de las columnas se muestra en la fig. 4.1

M_x, M_y Momentos flexionantes de las direcciones X y Y, respectivamente

M_t Momento torsionante

Caso A: Incluye sólo los efectos ante un movimiento de traslación pura

Caso B: Incluye sólo los efectos de la excentricidad teórica o calculada e₁ (sin código)

Caso C: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E₁

Caso D: Incluye los efectos de la excentricidad de diseño E₂

X, Y Sistema de ejes global

V_x, V_y Fuerzas cortantes de las direcciones X y Y, respectivamente

P Fuerza normal

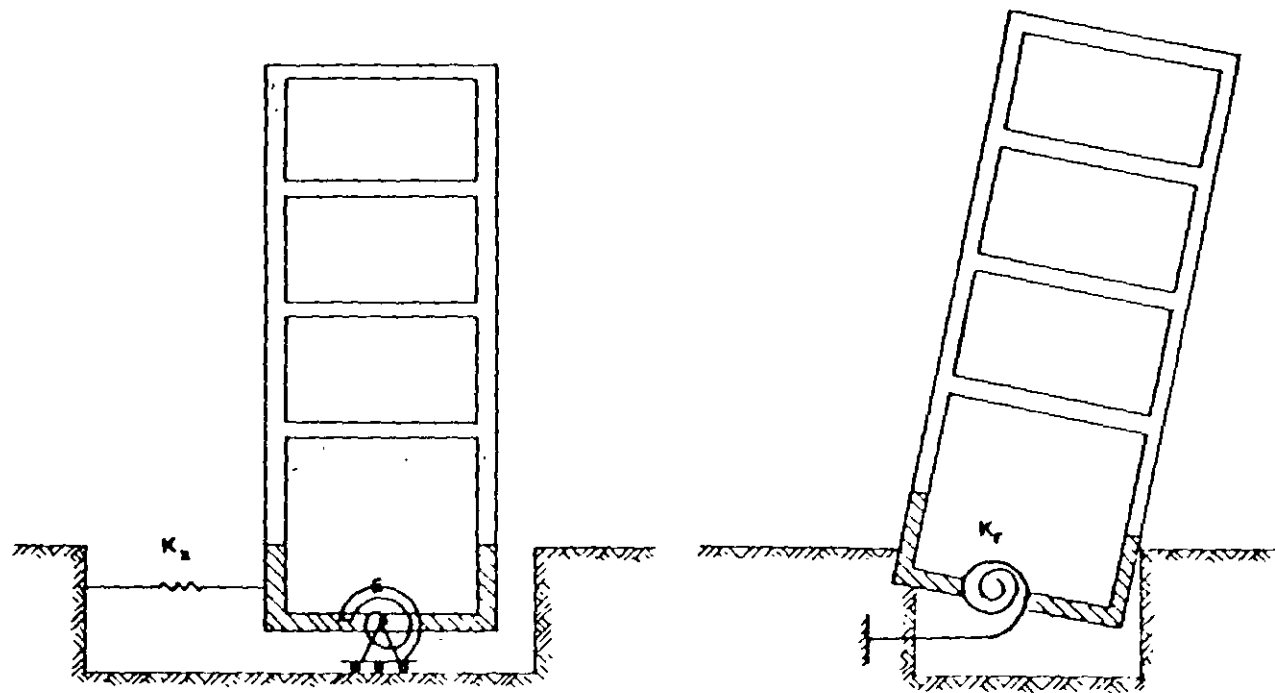


FIG 4.3 MOVIMIENTOS DE CUERPO RÍGIDO PARA INCLUIR LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA

EJEMPLO 4; NTC-SISMO-RCDF93
 ZONA III; Q=3; GRUPO B; FI=0.8

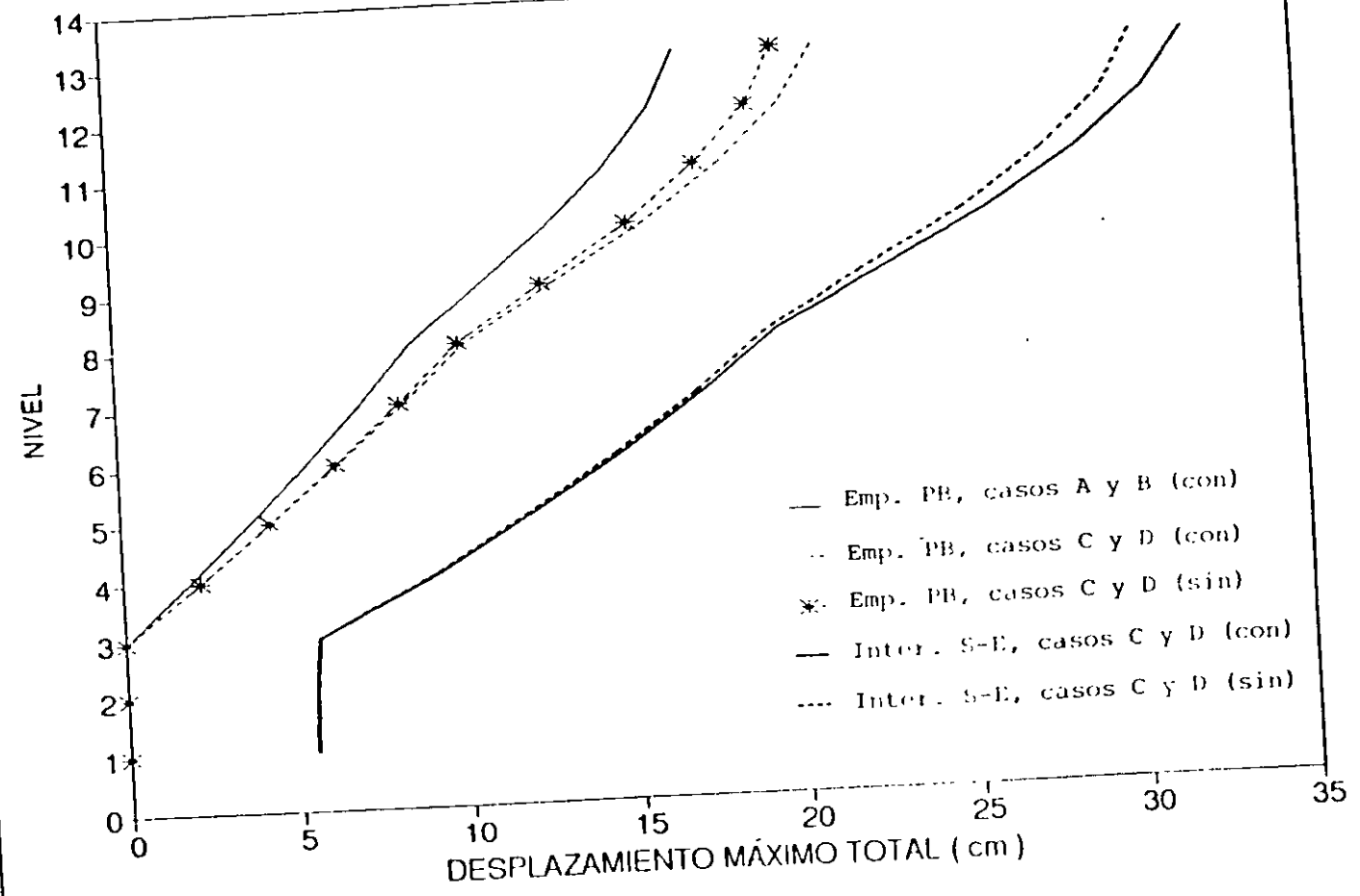


FIG 4.5 COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN DIRECCIÓN X

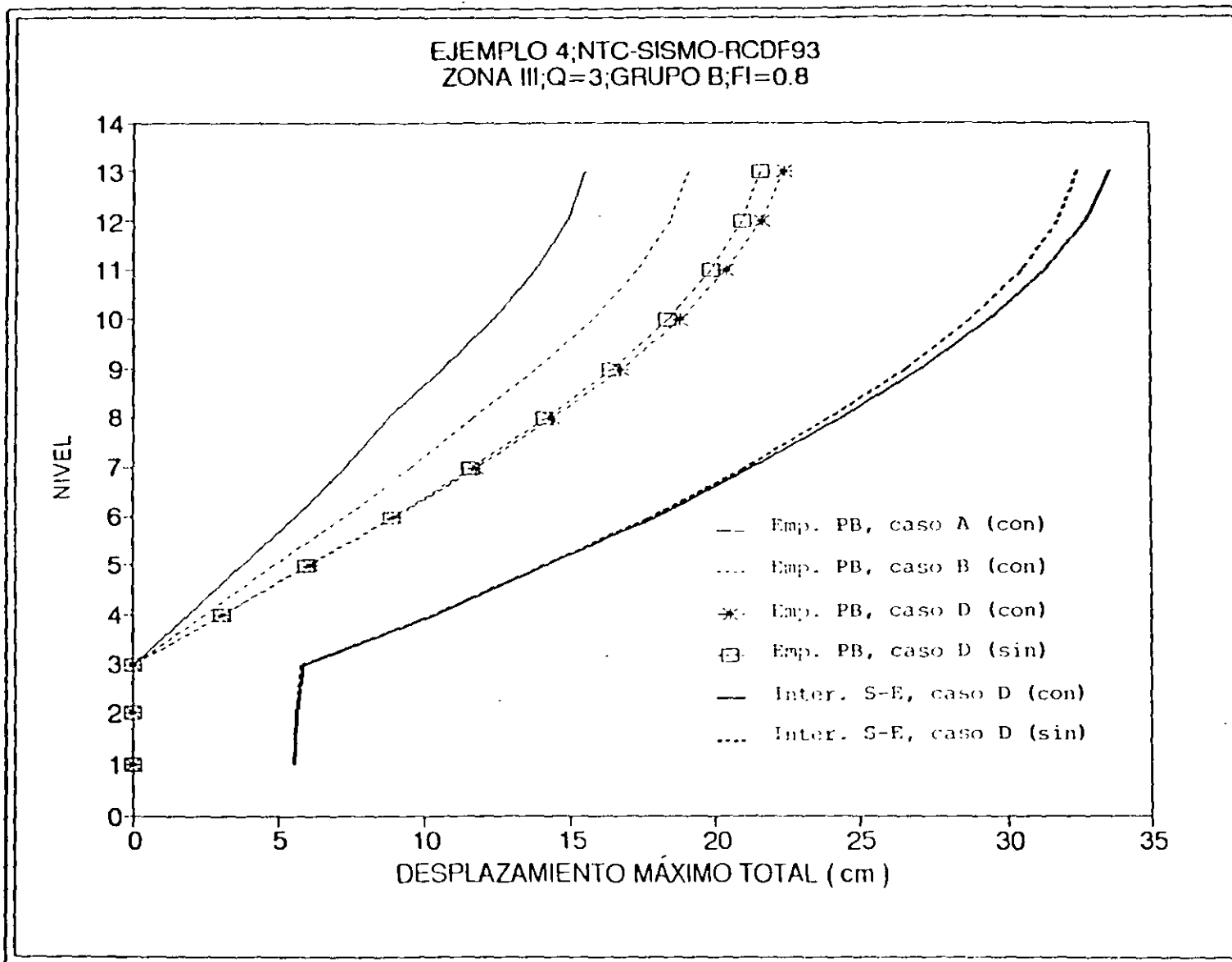


FIG 4.6 COMPARACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES MÁXIMOS TOTALES CON Y SIN LOS EFECTOS DE INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN DIRECCIÓN Y

EJEMPLO 4; NTC-SISMO-RCDF93
 ZONA III; Q=3; GRUPO B; FI=0.8

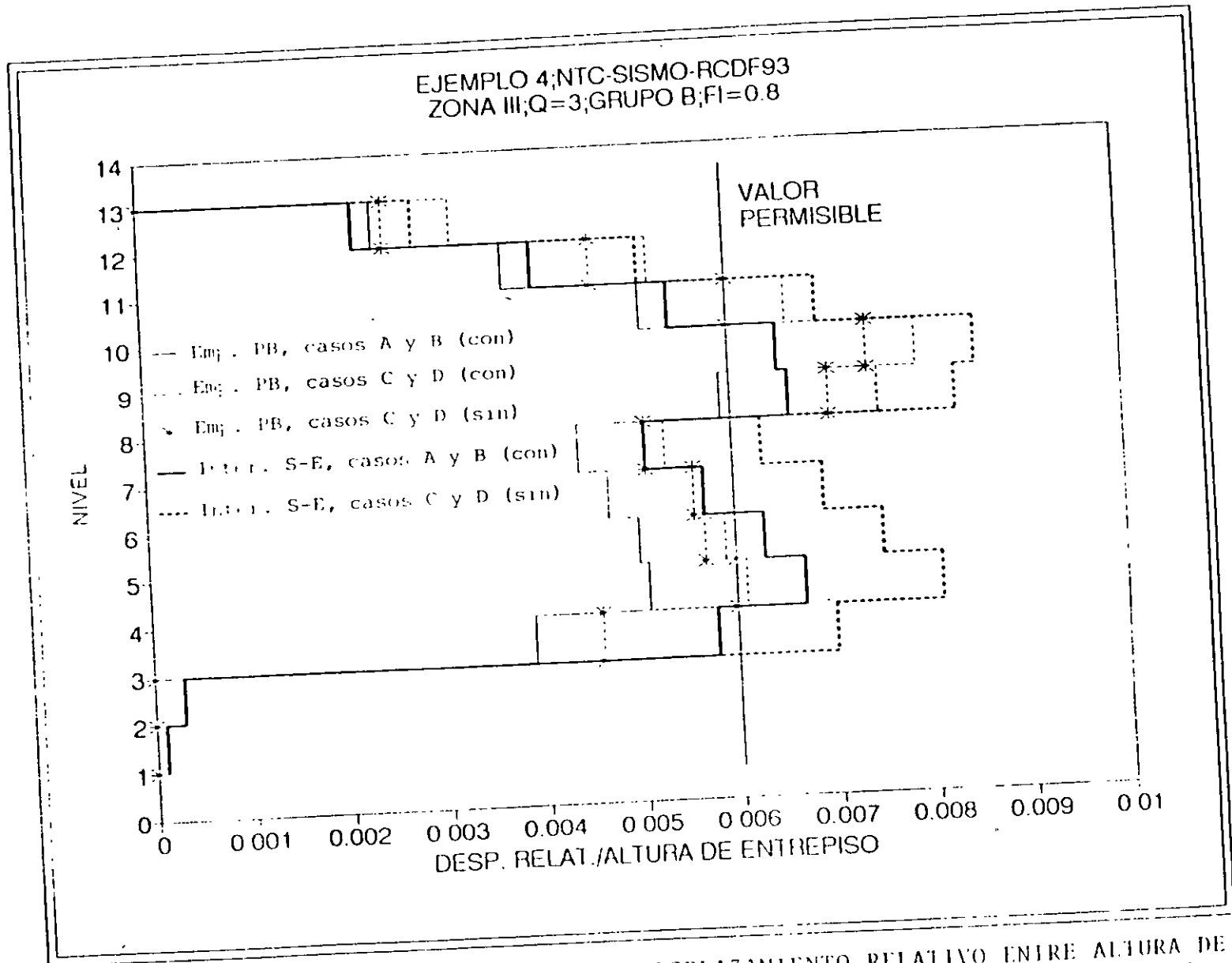


FIG 4.7. COMPARACIÓN DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN DIRECCIÓN X

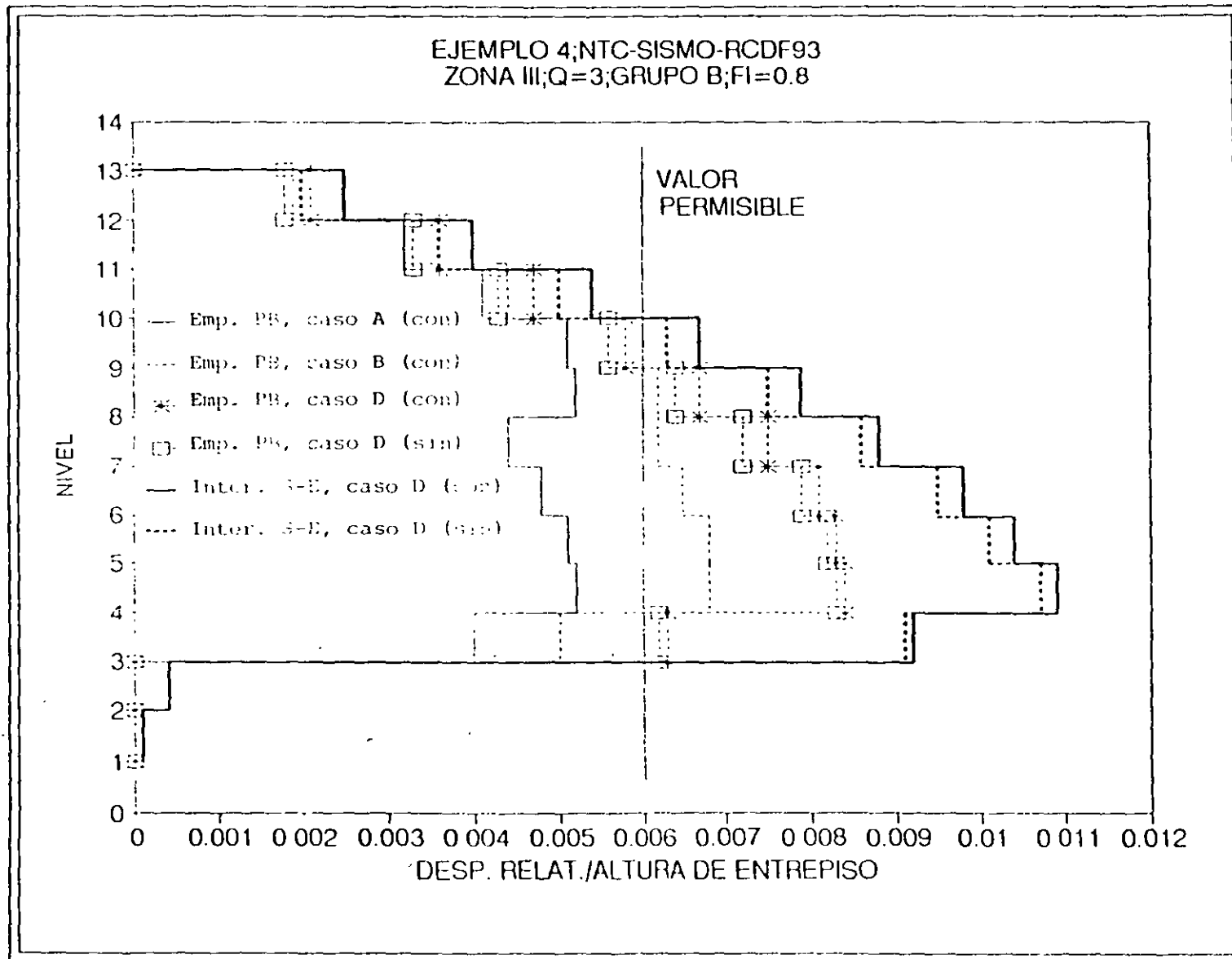


FIG 4.8 COMPARACIÓN DE RELACIONES DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO ENTRE ALTURA DE ENTREPISO CON Y SIN LOS EFECTOS DE LA INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA Y LOS DE LAS DEFORMACIONES AXIALES DE COLUMNAS, SISMO EN DIRECCIÓN Y

REFERENCIAS

1. Rosenblueth, E y Gómez, R, "Comentarios a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo", Series del Instituto de Ingeniería, UNAM, N° ES-7, México (1991)
2. Avila, J A, Gallegos, H y Díaz J L, "Criterios para incluir los efectos de torsión en la respuesta sísmica de estructuras tridimensionales", Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica y VII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Vol 1, Acapulco, México (1989)
3. Wilson, E L and Habibullah, A, "ETABS, A User's manual", Computers and Structures, Inc., Berkeley, California (1989)
4. Damy, J, "Programa de Análisis Sísmico de Edificios por Computadora", Informe Interno, Instituto de Ingeniería, UNAM, México (1986)
5. Wilson, E L, Der Kiureghian, A and Bayo E P, "A Replacement for the SRSS Method in Seismic Analysis", Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol 9, pp 187-194 (1981)