

300615

2
2y



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

**ANALISIS DE ESTRUCTURAS RETICULARES
EMPLEANDO MICROCOMPUTADORAS DE
CAPACIDAD DE MEMORIA REDUCIDA**

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el título de:
Ingeniero Civil
p r e s e n t a :
CARLOS ALBERTO AGUILERA AVILA

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TITULO : ANALISIS DE ESTRUCTURAS RETICULARES EMPLEANDO MICROCOMPUTADORAS DE CAPACIDAD DE MEMORIA REDUCIDA.

CONTENIDO :

CAPITULO I ANALISIS ESTRUCTURAL

- I.1. Planteamiento general del problema.
- I.2. Método de rigideces aplicado a estructuras reticulares.
 - I.2.1. Determinación de grados de libertad y sistema de coordenadas.
 - I.2.2. Propiedades de los elementos.
 - I.2.3. Matriz de rigidez individual.
 - I.2.4. Vector de fuerzas individual
 - I.2.5. Ensamble de la matriz de rigidez y del vector de fuerzas.
 - I.2.6. Solución del sistema y cálculo de elementos mecánicos
- I.3. Condensación estática de la matriz de rigidez
- I.4. Métodos de análisis de fuerzas laterales por sismo.
 - I.4.1. Método estático para calcular acciones sísmicas.
 - I.4.2. Método dinámico para el cálculo de acciones sísmicas.

CAPITULO II METODOS NUMERICOS

- II.1. Generalidades.
- II.2. Solución de sistemas de ecuaciones.
 - II.2.1. Método de eliminación de Gauss.
 - II.2.2. Método de Cholesky.
 - II.2.3. Método modificado de Cholesky para ecuaciones simultáneas en banda.
- II.3. Solución al problema de valores característicos.
 - II.3.1. Método de Jacobi
 - II.3.2. Método de Holzer.

CAPITULO III COMPUTADORAS

- III.1. Que es la computadora.
- III.2. Clasificación de las computadoras.
- III.3. Almacenamiento.
- III.4. Uso de la memoria principal y auxiliar.
- III.5. Tendencias actuales.

CAPITULO IV PROGRAMA DE ANALISIS ESTRUCTURAL "AER"

- IV.1. Generalidades.
- IV.2. Características del programa.
 - IV.2.1 Limitaciones
- IV.3. Manual del usuario.
- IV.4. Manual del programa.

CAPITULO V EJEMPLO DE APLICACION

- V.1. Ejemplo de aplicación

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

APENDICES

- A1. Condiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal para análisis con sismo.
- A2. Listado del programa.

CAPITULO I

ANALISIS ESTRUCTURAL

- I.1. Planteamiento general del problema.
- I.2. Método de rigideces aplicado a estructuras reticulares.
 - I.2.1. Determinación de grados de libertad y sistema de coordenadas.
 - I.2.2. Propiedades de los elementos
 - I.2.3. Matriz de rigidez individual.
 - I.2.4. Vector de fuerzas individual
 - I.2.5. Ensamble de la matriz de rigidez y del vector de fuerzas.
 - I.2.6. Solución del sistema y cálculo de elementos mecánicos.
- I.3. Condensación estática de la matriz de rigidez.
- I.4. Métodos de análisis de fuerzas laterales por sismo.
 - I.4.1. Método estático para calcular acciones sísmicas.
 - I.4.2. Método dinámico para el cálculo de acciones sísmicas.

I.1 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROBLEMA

El problema que se plantea en este trabajo consiste en determinar los elementos mecánicos y desplazamientos a que esta sometida una estructura formada por marcos reticulares mediante el uso de una microcomputadora de capacidad de memoria reducida; este problema se puede considerar en dos partes, el problema estructural y el numerico.

Para resolver el problema estructural haremos uso del método matricial de rigideces; con base en la matriz de rigidez de cada marco se calcula su matriz condensada para posteriormente ensamblada junto con la de los demás marcos y obtener así la matriz lateral de la estructura.

Empleando los criterios del Reglamento Para Construcción del Distrito Federal⁽¹⁾, se calculan las acciones sísmicas mediante la aplicación del método dinámico o estático, para finalmente combinar las acciones que actúan sobre la estructura y obtener los elementos mecánicos y desplazamientos. Así mismo se emplea el citado ordenamiento para comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles.

El problema numérico se resuelve manejando las matrices y vectores generados por la aplicación del método de análisis en arreglos numéricos de forma matricial del menor tamaño posible que cumpla con las condiciones del sistema estructural por analizar, estos arreglos son almacenados en archivos para ocupar así menor espacio de memoria de la microcomputadora.

Para compartir la memoria principal de la computadora, que por lo general es menor a la que se requiere, se utilizan archivos para los datos y el programa se realiza en forma estructurada, en donde cada una de las partes realiza una función específica y se encuentran encadenadas entre sí, siendo del menor tamaño posible para obtener un mayor espacio de memoria disponible para los cálculos que se realicen durante la ejecución del sistema de cómputo y el manejo de datos necesarios.

1.2 METODO DE RIGIDECES APLICADO A ESTRUCTURAS RETICULARES

Uno de los métodos más adecuados para el análisis de estructuras formadas por marcos reticulares de tamaño considerable, es el método de rigideces, ya que con ayuda de la computación, este método permite el manejo de los arreglos numéricos (vectores y matrices) de manera cómoda y flexible, siendo sencilla la automatización del proceso de cálculo.

El método de rigideces para el análisis estructural de un marco reticular puede resumirse en los siguientes pasos :

- a) Definir los grados de libertad del sistema estructural y establecer un sistema de coordenadas globales y uno de coordenadas locales.
- b) Definir las propiedades elásticas y geométricas de los elementos que conforman el sistema estructural.
- c) Obtener la matriz de rigidez $[k]$ en coordenadas locales de cada elemento que forma la estructura.
- d) Transformar la matriz de rigidez de cada elemento al sistema de coordenadas globales $[k']$.
- e) Obtener el vector de fuerzas actuantes $[f]$ en coordenadas locales de cada elemento que forma la estructura.

- f) Transformar el vector de fuerzas de cada elemento al sistema de coordenadas globales $[f']$.
- g) Ensamblar las matrices de rigideces de cada elemento $[k']$ en la matriz de rigidez del sistema estructural $[K]$.
- h) Ensamblar los vectores de fuerzas actuantes $[f']$ de cada elemento en el vector de fuerzas del sistema estructural $[F]$.
- i) Encontrar el vector de desplazamientos (D) , resolviendo la ecuación $[F]=[K](D)$.
- h) Calcular los elementos mecánicos de cada elemento.

A continuación se explica cada uno de los pasos mencionados de que consta este método.

1.2.1 DETERMINACION DE GRADOS DE LIBERTAD Y SISTEMA DE COORDENADAS GLOBALES

En una estructura existe un número determinado de desplazamientos independientes de los nodos, que define las posición del sistema estructural en todo momento, a este número se le denomina grados de libertad.

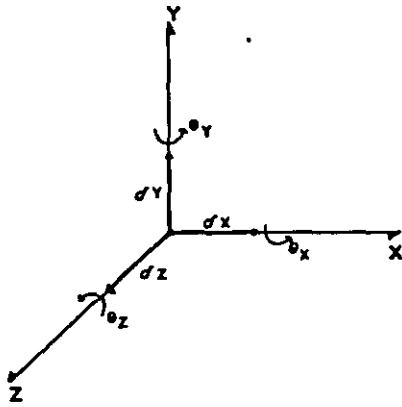
Para una estructura en el espacio de tres dimensiones cada nudo tiene como máximo seis componentes: tres desplazamientos y tres giros; en el plano solo tendrá como máximo tres componentes: dos desplazamientos y un giro.

En la figura (I.1) se muestran las componentes para cada uno de los casos.

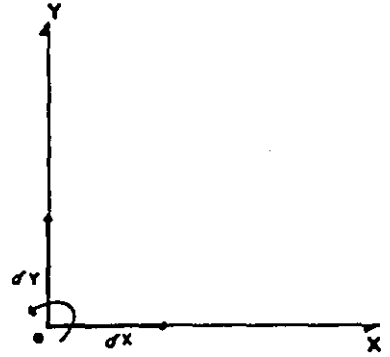
Por otro lado, cada elemento que conforma una estructura tiene que ser referido a un sistema de coordenadas, este puede ser local o global.

Se tomará la siguiente convención en el sistema de coordenadas locales, el eje x coincide con el eje neutro del elemento, los demás ejes tendrán la dirección de los ejes principales centroidales del elemento.

Las coordenadas globales son el marco de referencia que abarca a todos y cada uno de los elementos que forman a la estructura, teniendo así una misma referencia cada elemento, así como de las fuerzas que actúan y desplazamientos que se producen en el sistema estructural, en la figura (I.2) se ilustra cada uno de los sistemas de coordenadas.



ESPACIO

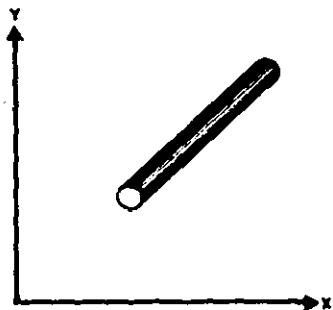


PLANO

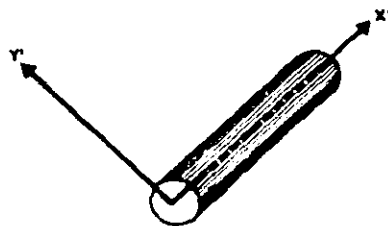
FIG. (I.1)

GRADOS DE LIBERTAD

δ = DESPLAZAMIENTO
 ● = GIRO



SISTEMA GLOBAL



SISTEMA LOCAL

FIG. (I.2)

SISTEMA DE
COORDENADAS

I.2.2 PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS

La definición de cada elemento que conforma un sistema estructural consta de propiedades elásticas y geométricas, así como de una localización específica y única.

Es necesario conocer los siguientes datos para aplicar el método de rigideces :

- E : Módulo de elasticidad.
- I : Momento de inercia de la sección transversal.
- A : Área de la Sección transversal
- N_i, N_r : Nudos de liga. (inicial, final)
- X_i, Y_i : Coordenadas del nudo inicial.
- X_r, Y_r : Coordenadas del nudo final.

Puesto que cada elemento estructural tiene una orientación definida, que se indica mediante una flecha, donde comienza el elemento se conoce como nudo inicial y donde termina, nudo final.



Figura I.3.

I.2.3 MATRIZ DE RIGIDEZ INDIVIDUAL

Cada elemento tiene una matriz de rigidez única, esta matriz esta dividida en cuatro submatrices, como se muestra en la siguiente expresión :

$$[k] = \begin{bmatrix} | & & & | \\ | & k_{11} & k_{12} & | \\ | & k_{21} & k_{22} & | \\ | & & & | \end{bmatrix} \quad (I.1)$$

Dado que la gran mayoría de los edificios con estructuración semejante a la que se analiza en este trabajo estan regidos por el fenómeno de flexión nos abocaremos sobre el, considerando también que se refiere a estructuras planas.

Así se consideran efectos de flexión para un elemento, y no se toman en cuenta efectos de cortante y torsión cada una de estas submatrices esta formada por los siguientes manera :

$$[k]_{ii} = \begin{bmatrix} | & & & | \\ | & EA/L & 0 & 0 & | \\ | & 0 & 12I/L^3 & 6EI/L^2 & | \\ | & 0 & 6EI/L^2 & 4EI/L & | \\ | & & & & | \end{bmatrix} \quad (I.2)$$

$$[k]_{11} = \begin{bmatrix} -EA/L & 0 & 0 \\ 0 & -12I/L^3 & -6EI/L^2 \\ 0 & -6EI/L^2 & 2EI/L \end{bmatrix} \quad (I. 3)$$

$$[k]_{21} = \begin{bmatrix} -EA/L & 0 & 0 \\ 0 & -12I/L^3 & -6EI/L^2 \\ 0 & -6EI/L^2 & 2EI/L \end{bmatrix} \quad (I. 4)$$

$$[k]_{22} = \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 12I/L^3 & -6EI/L^2 \\ 0 & -6EI/L^2 & 4EI/L \end{bmatrix} \quad (I. 5)$$

Esta matriz individual [k] se encuentra en un sistema de coordenadas locales, la cual tiene que ser transformada a coordenadas globales, para posteriormente poderla ensamblar en la matriz de rigidez [K] de la estructura completa.

Para lograr este cambio de coordenadas es necesario transformar cada una de las submatrices que componen a la matriz de rigidez individual [k], esto se logra aplicando la siguiente ecuación(13) :

$$[k']_{ii} = [T] [k]_{ii} [T]^T \quad (I.6)$$

donde $[k']_{ii}$ es la submatriz referida a coordenadas globales, $[T]$ es la matriz de transformación y $[T]^T$ es su transpuesta, la matriz de transformación está formada de la siguiente manera :

$$[T] = \begin{bmatrix} \vdots & \cos a & \text{sen } a & 0 & \vdots \\ \vdots & -\text{sen } a & \cos a & 0 & \vdots \\ \vdots & 0 & 0 & 1 & \vdots \end{bmatrix} \quad (I.7.)$$

donde el ángulo a es la inclinación que existe entre los ejes de coordenadas locales y las globales (figura I.3.), por lo que los valores que componen esta matriz están dados por :

$$\cos a = \frac{X_2 - X_1}{L} \quad \text{y} \quad \text{sen } a = \frac{Y_2 - Y_1}{L} \quad (I.8)$$

donde:

- X_1, Y_1 : Coordenadas del nudo inicial del elemento.
- X_2, Y_2 : Coordenadas del nudo final del elemento.
- L : Longitud del elemento.

Si hacemos $m = \text{sen } a$ y $p = \cos a$, al transformar las submatrices del sistema de coordenadas locales a globales, la ecuación (I. 6) para la submatiz $[k']_{ii}$ es :

$$[k']_{ii} = \begin{bmatrix} p & -m & 0 & 0 \\ m & p & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} EA/L & 0 & 0 \\ 0 & 12EI/L^3 & 6EI/L^2 \\ 0 & 6EI/L^2 & 4EI/L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p & m & 0 \\ -m & p & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (I. 9)$$

que al efectuar este producto se obtiene :

$$[k']_{ii} = \begin{bmatrix} (EA/L)p^2 + (12EI/L^3)m^2 & (EA/L - 12EI/L^3)pm & (-6EI/L^2)m \\ (EA/L - 12EI/L^3)pm & (EA/L)m^2 + (12EI/L^3)p^2 & (6EI/L^2)p \\ (-6EI/L^2)m & (6EI/L^2)p & 4EI/L \end{bmatrix} \quad (I. 10)$$

en forma análoga para las demás submatrices se tiene :

$$[k']_{ij} = \begin{bmatrix} -(EA/L)p^2 - (12EI/L^3)m^2 & (-EA/L + 12EI/L^3)pm & (-6EI/L^2)m \\ (-EA/L + 12EI/L^3)pm & -(EA/L)m^2 - (12EI/L^3)p^2 & (6EI/L^2)p \\ (6EI/L^2)m & (-6EI/L^2)p & 2EI/L \end{bmatrix} \quad (I. 11)$$

$$[k']_{22} = \begin{bmatrix} (EA/L)p^2 + (12EI/L^3)m^2 & (EA/L - 12EI/L^3)pm & (6EI/L^3)m \\ (EA/L - 12EI/L^3)pm & (EA/L)m^2 + (12EI/L^3)p^2 & (-6EI/L^3)p \\ (6EI/L^3)m & (-6EI/L^3)p & 4EI/L \end{bmatrix}$$

(I. 12)

$$[k']_{22} = [k']_{11}' \quad (I. 13)$$

De esta manera, la matriz de rigidez de un elemento referida a coordenadas globales es de la siguiente forma :

$$[k'] = \begin{bmatrix} & & & \\ & [k']_{11} & [k']_{12} & \\ & & & \\ [k'] & & [k']_{21} & [k']_{22} \\ & & & \end{bmatrix} \quad (I. 14)$$

I.2.4 VECTOR DE FUERZAS INDIVIDUAL

Cada elemento que forma parte de una estructura contiene dos vectores de fuerzas individual (f), uno en cada nudo y referido en coordenadas locales esta formado de la siguiente manera :

$$(f)_i = \begin{Bmatrix} f_{ix} \\ f_{iy} \\ M_i \end{Bmatrix} \quad (I. 15)$$

donde:

- f_{ix} : Fuerza sobre el eje x en el nodo i.
- f_{iy} : Fuerza sobre el eje y en el nodo i.
- M_i : Momento en el nodo i.

Los valores que componen a este vector (f), se obtienen de acuerdo a las acciones que actúan sobre el elemento.

Si el vector de fuerzas (f), se encuentra referido a coordenadas locales, es necesario transformarlo a coordenadas globales para posteriormente ensamblarlo a un solo vector de fuerzas que conforme todo el sistema estructural, este cálculo se realiza de manera semejante al transformación de la matriz de rigidez individual, aplicando la fórmula :

$$(f')_i = [T] (f)_i \quad (I. 16)$$

donde (f') es el vector de fuerzas referido a coordenadas globales, $[T]$ es la matriz de transformación (I. 7.).

1.2.5 ENSAMBLE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ Y VECTOR DE FUERZAS.

Para obtener la matriz de rigidez total [K] del sistema estructural es necesario transformar todas las matrices de rigideces de los elementos a ejes globales

El ensamble₁₁₁ es un procedimiento que consistió en sumar las submatrices individuales de los elementos en el lugar de la matriz de rigidez [K] que les corresponde de acuerdo al elemento y nodo a que corresponden, como se muestra a continuación:

$$[K] = \begin{array}{ccc} & I & J \\ \vdots & & \\ \vdots & [k']_{111} & [k']_{112} \\ \vdots & [k']_{211} & [k']_{212} \\ \vdots & & \end{array} \begin{array}{c} \vdots \\ 1 \\ \vdots \\ J \\ \vdots \end{array}$$

(1.17.)

Cada elemento *i* que forma al sistema estructural tiene un nudo inicial *I* y otro final *J*, de tal manera que la submatriz $[k']_{111}$ corresponde la posición *I,I*, análogamente a $[k']_{112}$ la posición *I,J*, a $[k']_{211}$ en *J,I* y a $[k']_{212}$ el lugar *J,J*.

Cuando dos o más submatrices de diferentes elementos les corresponde el mismo lugar, estas se suman entre sí obteniendo así una nueva submatriz ocupando esa posición.

Al tener todas las submatrices en su lugar y sumadas, el resultado es la matriz de rigidez del sistema estructural.

En la figura (I.4) se muestra dos elementos que al ser ensambladas las matrices $[k']$ la matriz de rigidez $[K]$ será :

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & R & & S & & T \\
 & \vdots & & & & & \vdots \\
 & \vdots & [k']_{v_{r1}} & & [k']_{v_{s2}} & & \vdots \\
 & \vdots & & & & & \vdots \\
 [K] = & \vdots & [k']_{v_{r1}} & & [k']_{v_{s2}} + [k']_{v_{s1}} & & [k']_{v_{t3}} \\
 & \vdots & & & [k']_{v_{s1}} & & \vdots \\
 & \vdots & & & & & \vdots \\
 & \vdots & & & [k']_{v_{s2}} & & [k']_{v_{t2}} \\
 & \vdots & & & & & \vdots
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 \\
 R \\
 S \\
 \\
 T \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \\
 \end{array}$$

Cada elemento tiene dos vectores de fuerzas, uno en cada nudo, cuando existen fuerzas que no coinciden en los nodos del elemento se calcula la fuerza actuante que ocasionen estas, cada vector (f) , corresponde a un lugar específico dentro del vector de fuerzas total (F) , este lugar está determinado de acuerdo al nudo que pertenece, como se muestra a continuación.

$$(F) = \begin{array}{ccc}
 \vdots & (f)_i & \vdots & I \\
 \vdots & & \vdots & \\
 \vdots & (f)_j & \vdots & J
 \end{array} \quad (I. 18)$$

De manera semejante a la matriz de rigidez, cuando dos o mas vectores (f) , le corresponde el mismo lugar, esto se sumarán entre si formando un nuevo vector que ocupará esa misma posición.

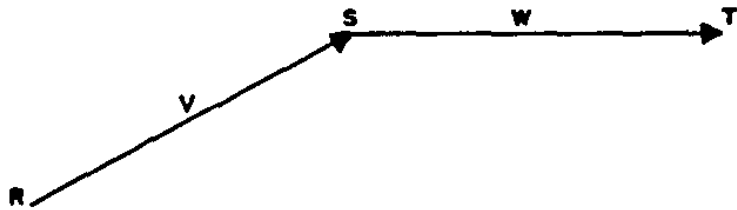


FIG. (I.4)

I.2.6 SOLUCION DEL SISTEMA Y CALCULO DE ELEMENTOS MECANICOS

Con la matriz de rigidez total [K] y el vector de fuerzas (F) se forma la ecuación fuerza - desplazamiento :

$$(F) = [K] (D) \quad (I. 19)$$

Al resolverla se obtienen los desplazamientos de los nudos contenidos en el vector (D), con base en este último se puede formar un vector de desplazamientos (d) de cada elemento formado por los de su nudo inicial y final.

Los elementos mecánicos (F) de cada elemento se calculan con el desplazamiento individual (d) y la matriz de rigidez individual [k'] resolviendo la ecuación :

$$(F) = [k'] (d) \quad (I. 19.1)$$

Es necesario recordar que para obtener los elementos mecánicos referidos a sistema de coordenadas locales, es necesario que la matriz de rigidez [k'] se encuentre referida a coordenadas locales y transformar el vector de desplazamientos (d) a la misma referencia, para obtener el vector de desplazamientos a ejes locales se multiplica por la matriz de transformación [T] (I.7) quedando la ecuación (I. 19.1) de la forma siguiente :

$$(F) = [k'] [T] (d) \quad (I. 19.2)$$

1.3 CONDENSACION ESTATICA DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ

Con el objetivo de obtener una matriz que contenga solamente determinados grados de libertad, relacionados con los demás grados y obtener las acciones producidas por estos grados libertad deseados se logra mediante el proceso de condensación estática:

La condensación estática, de la matriz de rigidez consiste en eliminar las fuerzas y grados de libertad que no intervienen para el análisis deseado, obteniendo una matriz de rigidez donde sólo intervienen los grados de libertad deseados.

Donde la ecuación de fuerza - desplazamiento será de la forma :

$$(F_2) = [K^2] (D_2) \quad (I. 20)$$

donde (F_2) es el vector de fuerzas que actúan sobre la estructura y (D_2) es el vector desplazamientos de los grados de libertad sobre los que se efectuó la condensación. El porqué del subíndice 2 se explica en los párrafos siguientes.

Para el caso particular de sismo solamente interesan los fuerzas y desplazamientos horizontales en la estructura.

Para poder realizar la condensación estática es necesario determinar los grados de libertad que se desea y cambiar los renglones y las columnas que pertenecen a dichos grados de libertad en la matriz de rigidez, a la parte inferior derecha que organizado en el sistema de ecuaciones (I.21) corresponde a la submatriz K_{22} :

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{Bmatrix} \quad (I. 21)$$

donde los subvectores (F_1) y (D_1) están compuestos por las fuerzas y desplazamientos que corresponden a los grados de libertad seleccionados.

La ecuación (I. 21) se puede escribir :

$$(F_1) = [K_{11}] (D_1) + [K_{12}] (D_2) \quad (I. 22)$$

$$(F_2) = [K_{21}] (D_1) + [K_{22}] (D_2) \quad (I. 23)$$

El vector (F_1) contiene las fuerzas verticales y momentos, mientras que en vector (F_2) están las fuerzas horizontales, que son las que actúan sobre los grados de libertad que interesan

Si se hace $(F_2) = 0$ la ecuación (I. 23) se puede escribir :

$$[K_{21}] (D_1) + [K_{22}] (D_2) = 0 \quad (I. 24)$$

Despejando (D_1) de la ecuación anterior (I. 24)

$$(D_1) = -[K_{21}]^{-1} [K_{22}] (D_2) \quad (I. 25)$$

Sustituyendo la ecuación (I. 25) en la ecuación (I. 23) se

tiene :

$$\{F_2\} = ([K_{22}] + [K_{21}] [K_{11}]^{-1} [K_{12}]) \{D_2\} \quad (I. 26)$$

Haciendo

$$[K^*] = [K_{22}] + [K_{21}] [K_{11}]^{-1} [K_{12}] \quad (I. 27)$$

se puede escribir :

$$\{F_2\} = [K^*] \{D_2\} \quad (I. 28)$$

Así $[K^*]$ es la matriz que relaciona las fuerzas horizontales $\{F_2\}$ con los desplazamientos de los grados de libertad horizontales, es decir $[K^*]$ es la matriz condensada de la estructura, que se puede obtener de la matriz del sistema mediante el procedimiento indicado en la ecuación (I. 27).

I.4. METODOS DE ANALISIS DE FUERZAS LATERALES POR SISMO

Las fuerzas y deformaciones horizontales de una estructura, permite estimar las holguras necesarias entre los elementos estructurales y los no estructurales así como la separación entre estructuras adyacentes, para evitar choques entre estos y proporcionar seguridad a la estructura

La causa mas importante de efectos horizontales en el Distrito Federal, son los sismos. en este inciso se menciona los métodos que marca el Reglamento para Construcciones del D.F. que son el método estático y el método dinámico

La elección del tipo de análisis para determinar las fuerzas laterales por sismo, depende principalmente de la altura de la estructura, si es menor a sesenta metros se puede utilizar el método estático o dinámico, en caso contrario se empleará el método dinámico

En esta sección se describe en forma breve los métodos estático y dinámico para determinar las fuerzas laterales originadas por sismo.

1.4.1 METODO ESTATICO PARA EL CALCULO DE ACCIONES SISMICAS

Este método es usado por su simplicidad, está limitado para estructuras con altura menor a 50m. (1), se considera que las fuerzas horizontales actúan en los centros de masa de los pisos, estas fuerzas F_i son iguales al peso de la masa por un coeficiente proporcional a la altura sobre el desplante h_i de la masa m_i en cuestión.

El factor de proporcionalidad se toma de tal manera que la relación $\sum V_{base} / \sum W_{total}$ en la base sea igual a C/Q pero no menor que a , donde :

a : Ordenada del espectro de aceleraciones.

C : Coeficiente sísmico.

Q : Factor de reducción por ductilidad.

W_{total} : Peso total de la estructura

V_{base} : Fuerza cortante horizontal en la base.

Para el caso de estructuras reticulares se tiene:

$$F_i = \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i} C_s W_{total} \quad (I. 23)$$

para $i = 1, 2, \dots, n$

donde :

F_i : Fuerza sísmica en el nivel i .

W_i : Peso en el nivel i .

h_i : Altura del nivel i sobre el desplante.

C_s : El mayor de C/Q y a .

n : Número de niveles.

W_{total} : Peso total de la estructura.

Pueden tomarse fuerzas cortantes menores tomando en cuenta el valor aproximado del período fundamental de vibración:

El período fundamental T, se calcula con la ecuación:

$$T = 6.3 (\sum W_i x_i^2 / [g \sum (F_i x_i)])^{1/2} \quad (I. 30)$$

donde :

- W_i : Peso de la masa i.
- F_i : Fuerza horizontal (I. 29).
- x_i : Desplazamiento del nivel i en la dirección de fuerza
- g : Aceleración de la gravedad.

Si el período fundamental T (I. 30) es menor o igual a T_{0 (1)}, el coeficiente se tomará de tal manera que la relación V/W sea igual a a/Q, calculandose a y Q como se especifica en las secciones 3 y 4 de las Normas Técnicas Complementarias para diseño por Sismo(1).

Si T es mayor que T₀ se procederá como en el párrafo anterior, donde a no se tomará menor de C/4, de tal manera que cada una de las fuerza lateral calculada F_i (I. 29), se tome proporcional al peso de la masa que corresponde multiplicando por un coeficiente dado por :

$$k_1 h_i + k_2 h_i^2 \quad (I. 31)$$

donde:

$$k_1 = q [1 - r (1 - q)] W_i / (W_i h_i) \quad (I. 32)$$

$$k_2 = 1.5 r q (1 - q) W_i / (W_i h_i^2) \quad (I. 33)$$

$$q = (T_0 / T)^2 \quad (I. 34)$$

Los valores de T_s , T_0 y r están dados por las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismos, del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en la sección 3.

1.4.2. METODO DINAMICO PARA EL CALCULO DE ACCIONES SISMICAS

El método dinámico se utiliza para determinar el efecto sísmico que actúa sobre una estructura y se puede resumir en los siguientes pasos:

- a) Determinar la matriz de masas y de rigideces.
- b) Cálculo de las fuerzas horizontales resolviendo el problema de valores y vectores característicos (frecuencias y configuración de los modos de vibración de la estructura).

El problema dinámico está planteado con la ecuación de equilibrio₍₁₎.

$$[M](\ddot{x}) + [C](\dot{x}) + [K](x) = [M](\ddot{y}) \quad (I. 35)$$

donde :

- [M] : Matriz de masa de la estructura.
- [C] : Matriz de amortiguamiento.
- [K] : Matriz de rigideces de la estructura.
- (\ddot{y}) : Vector de aceleración de la estructura.
- (\dot{x}) : Vector de velocidad estructura.
- (x) : Vector de desplazamiento.
- (\ddot{y}) : Vector de aceleración del suelo.

El miembro derecho de la ecuación (I. 35) se hace para vibración libre y dado que al despreciar el efecto del amortiguamiento, ocasiona cambios significativos en el cálculo de las configuraciones nodales y los datos de que estas resultan quedando la ecuación de equilibrio de la forma siguiente :

$$[M](\ddot{x}) + [K](x) = 0 \quad (I. 36)$$

cuya solución es :

$$(x) = (X) \text{ sen } (\omega t + \phi) \quad (I. 37)$$

donde :

- X : Amplitud de los desplazamientos.
- ω : Frecuencia natural.
- t : Tiempo.
- ϕ : Angulo de Fase.

de la ecuación (I. 37) se tiene :

$$(\ddot{x}) = -\omega^2(X) \text{ sen } (\omega t + \phi) \quad (I. 38)$$

o bien :

$$(\ddot{x}) = -\omega^2(x) \quad (I. 39)$$

que al sustituirla en la ecuación (I. 35)

$$[M](-\omega^2(x)) + [K](x) = 0 \quad (I. 40)$$

que factorizando

$$(x) ([K] - \omega^2[M]) = 0 \quad (I. 41)$$

Esta última expresión (I. 41) se denomina ecuación característica; para que existan soluciones no triviales se debe cumplir que :

$$\det : [K] - \omega^2 [M] : = 0 \quad (I. 42)$$

Del desarrollo de este determinante se obtiene el polinomio característico, cuyas raíces son los valores característicos ω^2 (frecuencias al cuadrado).

La solución de la ecuación característica (I. 41) proporciona tantas frecuencias naturales ω_i y vectores característicos $(X)_i$, como niveles tenga la estructura, a cada vector le corresponde un valor característico ω_i^2 .

Los vectores característicos $(X)_i$, están formados por los desplazamientos relativos x_n de cada nivel en cada modo de vibración.

$$(X)_i = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad (I. 43)$$

donde i es el modo de vibración y x_n desplazamiento en el nivel n .

Para obtener los desplazamientos máximos para cada vector característico es necesario multiplicarlo como se muestra en la siguiente ecuación_{max} :

$$(X_{max})_i = \frac{a_i}{\omega_i^2} C_i (X)_i \quad (I. 44)$$

donde :

- w_i : Frecuencia natural del modo i
 a_i : Aceleración para diseño sísmico para el modo i
 C_i : Coeficiente de participación del modo i

El valor de la aceleración para diseño a_i , se obtiene aplicando las condiciones de la sección 3 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo(1), del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal(1), de acuerdo al valor del período natural del modo i que se calcula aplicando la ecuación :

$$T_i = \frac{2\pi}{w_i} \quad (I. 45)$$

y el valor del coeficiente de participación C_i , se obtiene con la ecuación :

$$C_i = \frac{\sum (m_n X_{ni})}{\sum (m_n X_{ni}^2)} \quad (I. 46)$$

donde m_n es la masa del nivel n y X_{ni} el desplazamiento relativo del nivel n y el modo i .

Con los vectores de desplazamientos máximos (X_{ni}) (I. 44) y la matriz de rigidez $[K]$ se calculan las fuerzas sísmicas actuantes $(F_n)_i$, para cada modo i :

$$(F_n)_i = [K] (X_{ni})_i \quad (I. 47)$$

donde :

$$(F_n)_i = \begin{pmatrix} F_{ni} \\ F_{ni} \\ \vdots \\ F_{ni} \end{pmatrix} \quad (I. 48)$$

y las fuerzas sísmicas actuante F_n en cada nivel n de la estructura, contemplando cada uno de los modos de vibración i se obtiene aplicando la ecuación :

$$F_n = \left(\sum_{i=1}^m F_{ni}^2 \right)^{1/2} \quad (I. 49)$$

donde i corresponde al modo de vibración y j al nivel de la estructura.

CAPITULO II

METODOS NUMERICOS

- II.1. Generalidades.
- II.2. Solución de sistemas de ecuaciones.
 - II.2.1. Método de eliminación de Gauss.
 - II.2.2. Método de Cholesky.
 - II.2.3. Método modificado de Cholesky Para ecuaciones simultaneas en banda.
- II.3. Solución al problema de valores característicos.
 - II.3.1. Método de Jacobi
 - II.3.2. Método de Holzer.

II.1. GENERALIDADES

En el análisis del comportamiento de estructuras ante diferentes condiciones de carga, es necesario idealizarlas mediante modelos, ya sean matemáticos o experimentales. En lo relacionado a los modelos matemáticos, estos conducen generalmente a sistemas de ecuaciones cuya solución automática se ve facilitada por planteamientos matriciales.

En la mayoría de los casos las matrices resultan de gran tamaño, por lo que es necesario trabajarlos en computadoras utilizando métodos de solución eficientes, adecuándose al tipo de computadora.

Gran parte de estas matrices son utilizadas en la solución de sistemas de ecuaciones y en el cálculo de los valores característicos, en este capítulo se mencionan algunos de los métodos de solución a estos problemas.

II.2. SOLUCION DE SISTEMAS DE ECUACIONES

Para este trabajo se toma como un sistema de ecuaciones es un conjunto de ecuaciones lineales algebraicas, relacionadas entre sí.

Consideremos el siguiente sistema de ecuaciones :

$$\begin{aligned} a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + \dots + a_{1n} x_n &= c_1 \\ a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{23} x_3 + \dots + a_{2n} x_n &= c_2 \\ &\vdots \\ a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{m3} x_3 + \dots + a_{mn} x_n &= c_m \end{aligned} \tag{II. 1}$$

Las notaciones y reglas matriciales tiene un papel muy importante en la formulación de las ecuaciones simultaneas, haciendo su manejo mas sencillo, corto y práctico.

Este sistema de ecuaciones (II. 1) representado en notación matricial se escribe de la forma :

$$[A] (X) = (C) \tag{II. 2}$$

donde la matriz de coeficientes [A] contiene cada uno de los elementos a_{ij} del sistema, el vector (X) está formado por las incógnitas x_i y en el vector (C) se encuentran los términos independientes c_i de cada ecuación, en general los términos a_{ij} , x_i y c_i pueden ser valores reales, imaginarios, ecuaciones, etc., sin embargo para los caso que se muestran en este capítulo son valores reales.

Este sistema escrito en la ecuación (II. 1)

expresado en forma matricial es como sigue :

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{pmatrix} \quad (\text{II. 3})$$

Si las constantes c_1, c_2, \dots, c_n son todas cero, el sistema es homogéneo, estos sistemas se presentan en problemas de valores propios, como en vibración libre.

La solución de ecuaciones simultaneas es determinar un conjunto de valores para las incógnitas tales que satisfagan cada ecuación simultaneamente, en ocasiones no existen valores que logren esto.

Si existe una solución para un sistema de ecuaciones simultaneas, entonces el sistema es consistente, si ocurre lo contrario se denomina inconsistente, la consistencia de un sistema de ecuaciones no garantiza la solución única de este.

La formulación de los sistemas de ecuaciones puede hacerse exitosamente con matrices, sin embargo el trabajo al manual para resolverlos es complicado y para determinar las incógnitas es necesario una ardua labor, por lo que existen varios métodos para obtener su solución, en los siguientes incisos se expresan algunos de estos métodos.

II.2.1 METODO DE ELIMINACION DE GAUSS

El método de eliminación de Gauss, se basa en la triangulación de la matriz de coeficientes, para obtener las incógnitas por sustitución; en los siguientes párrafos se explica con mas detalle el desarrollo de este método.

Considerando la ecuación (II. 3), la solución del sistema consta del siguiente algoritmo :

Se eliminan los coeficientes que corresponden a la variable x_1 , con excepción del primer renglón, como se explica a continuación:

- i) Se elige el coeficiente a_{11}
- ii) Se multiplica el término del segundo renglón por el factor a_{21}/a_{11} , y el producto se resta al del primer renglón.
- iii) Se repite el inciso anterior hasta el renglón n , aplicando el factor a_{i1}/a_{11} .

Se repiten los pasos anteriores para cada columna hasta que la matriz [A] y el vector (C) quedan de la forma :

$$\begin{array}{cccccc|c|c} : & a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} & : & C_1 & : \\ : & & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} & : & C_2 & : \\ : & & & a_{33} & \dots & a_{3n} & : & C_3 & : \\ : & & & & & . & : & . & : \\ : & & & & & . & : & . & : \\ : & & & & & a_{nn} & : & C_n & : \end{array} \quad (II. 4)$$

De la última ecuación del sistema, se determina la incógnita x_n , pues esta ecuación es $a_{nn} x_n = C_n$, con la sustitución de esta variable x_n en la penúltima ecuación se obtiene x_{n-1} , y así sucesivamente sustituyendo las incógnitas obtenidas en la ecuación anterior se obtienen todos los valores del vector (X).

Este método se puede simplificar con la aplicación de las siguientes fórmulas :

$$a_{jj} = a_{jj} - \frac{a_{ji}}{a_{jj}} a_{jj} \quad (II. 5)$$

$$x_i = \frac{1}{a_{ii}} (a_{i,n+1} - \sum_{r=i+1}^n a_{ir} x_r) \quad (II. 6)$$

para $k = 1, \dots, n - 1$
 $i = k+1, \dots, n$
 $j = k, \dots, n + 1$
 $n = \text{Número de ecuaciones.}$

II.2.2 METODO DE CHOLSKY

La solución de un sistema de ecuaciones por el método de Cholesky, se basa en descomponer el sistema en dos matrices, una triangular inferior y otra triangular unitaria superior.

De la ecuación (II. 3) y de acuerdo a la descomposición de las matrices se tienen como resultado lo siguiente :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & C_1 \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & C_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & C_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & & & & \\ & L_{22} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & L_{nn} & \\ & & & & L_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{11} & \dots & U_{1n} & B_1 \\ & 1 & \dots & U_{2n} & B_2 \\ & & \ddots & \vdots & \vdots \\ & & & 1 & B_n \end{bmatrix}$$

(II. 8)

El sistema de ecuaciones original expresada en forma matricial es $[A](x) = (C)$, que al descomponerlo queda como $[L][U](X) = (C)$ o bien $[L]([U](X) - (B)) = 0$, donde $[L][B] = (C)$ y $[U](X) = (B)$, de esta última y mediante sustitución regresiva se obtienen los valores de las incógnitas x_i .

El procedimiento para la descomposición del sistema de ecuaciones puede expresarse con las siguientes ecuaciones aplicándolas alternadamente :

$$l_{ij} = a_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} l_{ik} u_{kj} \quad (II. 9)$$

$$u_{ij} = \frac{1}{l_{ij}} \left(a_{ij} - \sum_{m=1}^M l_{im} u_{mj} \right) \quad (\text{II. 10})$$

y posteriormente para obtener las incógnitas aplicando la ecuación:

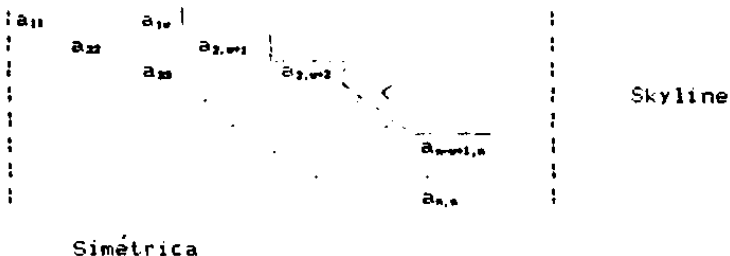
$$x_r = \left(u_{1,m1} - \sum_{m=1}^n u_{1r} x_r \right) \quad (\text{II. 11})$$

II.2.3. METODO MODIFICADO DE CHOLESKY PARA ECUACIONES SIMULTANEAS EN BANDA

Las ecuaciones simultáneas en banda son aquellas en las que los elementos diferentes de cero de la matriz de coeficientes están alrededor de su diagonal principal.

Los elementos que se encuentran entre la línea del perfil (o skyline)_{min} y la diagonal principal se le denomina franja o banda.

El número de diagonales diferentes a cero se denomina como ancho de banda.



El método modificado de Cholesky está diseñado para la solución de ecuaciones en banda, en donde esta es simétrica. Este método en cambio al de Cholesky explicado en el inciso anterior toma un nuevo rango de índices basados en el ancho de franja y el número de incógnitas.

Para el sistema $[A] (X) = [C]$, en donde la matriz $[A]$ contiene los coeficientes, el vector (X) las incógnitas y el vector (C) los valores independientes, se tienen las siguientes ecuaciones.

La matriz de coeficientes [A] se descompone en una matriz triangular [S] aplicando la siguiente ecuación :

$$s_{ii} = a_{ii} - \sum_{m=1}^{i-1} s_{im}^2 s_{mm} \quad (\text{II. 12})$$

para $i = 1, \dots, n$.

$$s_{ij} = \frac{1}{s_{ii}} \left(a_{ij} - \sum_{m=1}^{i-1} s_{im} s_{mj} s_{mm} \right) \quad (\text{II. 13})$$

para : $j = i+1, \dots, i+w-1$ n. y
 $j < \text{ancho de franja.}$

Para el vector de valores independientes (C) se descompone en un vector (D) de acuerdo a la fórmula :

$$d_i = \frac{1}{s_{ii}} \left(c_{ii} - \sum_{m=1}^{i-1} s_{im} s_{mm} \right) \quad (\text{II. 14})$$

Para obtener las incógnitas se aplica la ecuación :

$$x_i = d_i - \sum_{m=1}^{i-1} s_{im} x_m \quad (\text{II. 15})$$

II.3 SOLUCION AL PROBLEMA DE VALORES CARACTERISTICOS

II.3.1. METODO DE JACOBI

Para determinar los modos de vibración, (configuraciones modales) y las frecuencias de cada uno de una estructura, un método adecuado por su manejo matricial de datos y el poco tiempo de ejecución en computadoras es el método de Jacobi.

Este método está basado en la diagonalización de la matriz de rigidez y su inversa, esto puede ilustrarse con el siguiente esquema :

Datos:

Matriz de rigidez.

Matriz de masas.

;

Diagonalización de matrices.

;

Cálculo de modos de vibración.

Cálculo de frecuencias.

Teniendo las matrices de rigideces y de masas de la estructura por analizar, como primer paso se determina una matriz $[L]$, tal que para la matriz de masas $[M]$ sea igual a $[L][L]'$, donde $[L]$ es una matriz triangular inferior y $[L]'$ superior. Si la matriz de masas es diagonal (masas discretas) los elementos de las matrices $[L]$ y $[L]'$ son iguales, y se calculan obteniendo la

raíz cuadrada de cada elemento de la matriz de masas [M].

Una vez determinadas las matrices [L] y [L]' se obtienen sus inversas y se calcula la matriz dinámica [Go^o] que está definida por la ecuación :

$$[G_o^o] = [L]^{-1} [K] [L^{-1}]' \quad (II. 15)$$

donde [K] es la matriz de rigidez de la estructura.

La matriz dinámica [Go^o], por medio de iteraciones, se diagonaliza; este procedimiento consiste en aplicar la siguiente ecuación :

$$[G_o^o] = [R_i]' [G_{i,i}] [R_i] \quad (II. 16)$$

donde la matriz R se denomina matriz de rotación y se obtiene apartir de una matriz unitaria añadiendo los valores que se muestran en la siguiente matriz.

$$[R_{ii}] = \begin{array}{ccccccc} \vdots & 1 & & & & & \vdots \\ & & 1 & & & & \vdots \\ \vdots & & & \cos \theta & \dots & -\text{sen } \theta & \vdots \\ \vdots & & & \text{sen } \theta & \dots & \cos \theta & \vdots \\ \vdots & & & & & & 1 \\ & & & & & & \vdots \\ & & & & & & 1 \end{array} \begin{array}{l} \text{columna } r \\ \text{columna } s \end{array} \quad (II. 17)$$

donde :

$$\operatorname{Tg} 2 \theta = \frac{2g_{rs}}{g_{rr} - g_{ss}} \quad (\text{II. 18})$$

donde g_{rs} , g_{rr} , y g_{ss} son elementos de la matriz dinámica $[G^i]$ del ciclo anterior, los subíndices r y s están dados por los elementos que no pertenecen a la diagonal principal y son diferentes a cero.

Este ciclo se repite hasta que la matriz $[G_i^i]$ sea diagonal.

El producto de las matrices de rotación $[R]$ contiene las formas modales en una sola matriz, en la que cada columna representa un el vector característico de cada modo, para obtener los modos en las coordenadas originales se realiza el producto de la matriz $[L_i^i]$ por cada uno de los vectores característicos para posteriormente ser normalizados.

Las frecuencias naturales están dadas por la ecuación :

$$W_i = (V_i)^T G_n^i (V_i) \quad (\text{II. 19})$$

donde V_i es el vector característico del modo i .

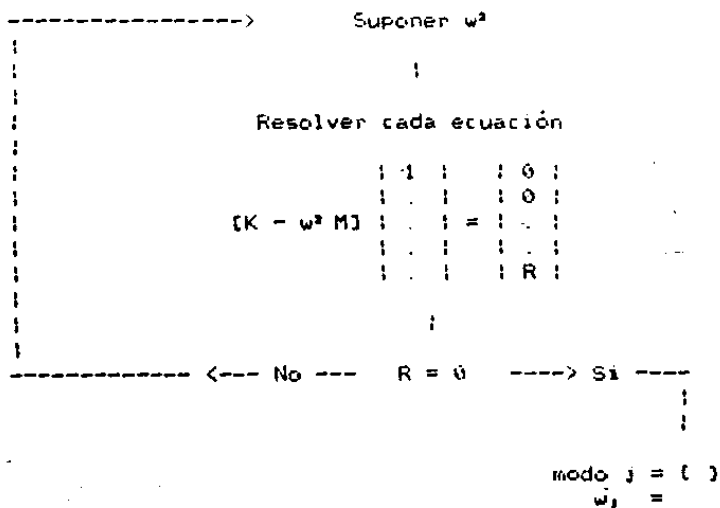
III.3.2. METODO DE HOLZER

Este metodo consiste en resolver la ecuación característica (I. 41).

$$[K - \omega^2 M] (X) = 0 \quad (\text{II. 20})$$

tratando de encontrar el valor de una frecuencia natural que satisfaga esta ecuación característica (II. 20), si el valor supuesto inicialmente es el correcto se habrá obtenido la frecuencia natural correspondiente, de lo contrario, se repite con un valor diferente, hasta que satisfaga las condiciones de la ecuación característica. Una vez obtenidas las frecuencias verdaderas, se sustituyen dentro de las dentro de la ecuación característica, con el objeto de encontrar la respectiva forma modal.¹⁰”

En el siguiente diagrama se muestra el procedimiento de este método:



CAPITULO III

COMPUTADORAS

- III.1. Que es la computadora.
- III.2. Clasificación de las computadoras.
- III.3. Almacenamiento.
- III.4. Uso de la memoria principal y auxiliar.
- III.5. Tendencias actuales.

III.1. LA COMPUTADORA

Hace tres décadas, las pocas computadoras que existían eran máquinas enormes y con costo muy alto, usadas esencialmente para fines científicos y especiales, poca gente conocía las capacidades y limitaciones de estas máquinas. Actualmente hay millones de computadoras, de todos los tipos, tamaños y costos.

Una computadora es un sistema de manipulación de datos rápido y exacto, diseñado y organizado para aceptar y almacenar datos automáticamente, procesarlos y producir resultados bajo la dirección de un programa de instrucciones detalladas paso a paso.

Estos sistemas constan de dos partes fundamentalmente, el hardware y el software, la primera esta constituida por las partes materiales de la máquina, todo aquello que se puede tocar y la en la segunda estan incluidas todas las partes intangibles como son los programas, los datos, los lenguajes de programación, los sistemas operativos, etc. A continuación se detalla brevemente los componentes del hardware

El hardware de una computadora conta de tres partes básicas que son, un dispositivo de entrada, uno de procesamiento y uno de salida.

El dispositivo de entrada permite la comunicación directa con la computadora, este dispositivo es el instrumento para alimentar a la máquina con los datos e instrucciones necesarias para la ejecución de alguna tarea específica, entre estos dispositivos se encuentran las lectoras de tarjetas, los teclados, las lectoras de discos, etc.

El dispositivo de procesamiento o unidad de procesamiento central (CPU) es la parte fundamental de un sistema de computación, esta consta de la memoria en donde almacenan los programas y los datos tanto entrada como los que obtenga durante

su funcionamiento en forma de código de máquina, y la parte de procesamiento donde manipula los datos almacenados en la memoria y ejecuta las instrucciones programadas en forma secuencial obteniendo los datos requeridos por el programa en uso, los cuales son almacenados en la memoria de la computadora.

El dispositivo de salida, así como los de entrada son instrumento de comunicación con la computadora, este dispositivo toma los resultados obtenidos en la unidad de procesamiento y los convierte en forma de máquina, que pueda ser usada posteriormente, entre estos dispositivos están las impresoras, los monitores, las cintas magnéticas, los discos flexibles, etc., algunos dispositivos de salida también pueden ser usados como de entrada.

El manejo de la información de una computadora es muy complejo y consta de tener un conjunto de instrucciones detalladas en secuencia llamado programa o sistema de cómputo y los datos necesarios para ser manipulados por este, por medio del dispositivo de entrada se accesan los datos para ser procesados mediante el sistema de cómputo almacenado en la memoria de la máquina, y tener los resultados deseados por medio del dispositivo de salida.

En la siguiente figura (III. 1) se muestra un dibujo ilustrativo de los componentes fundamentales y el funcionamiento de una computadora.

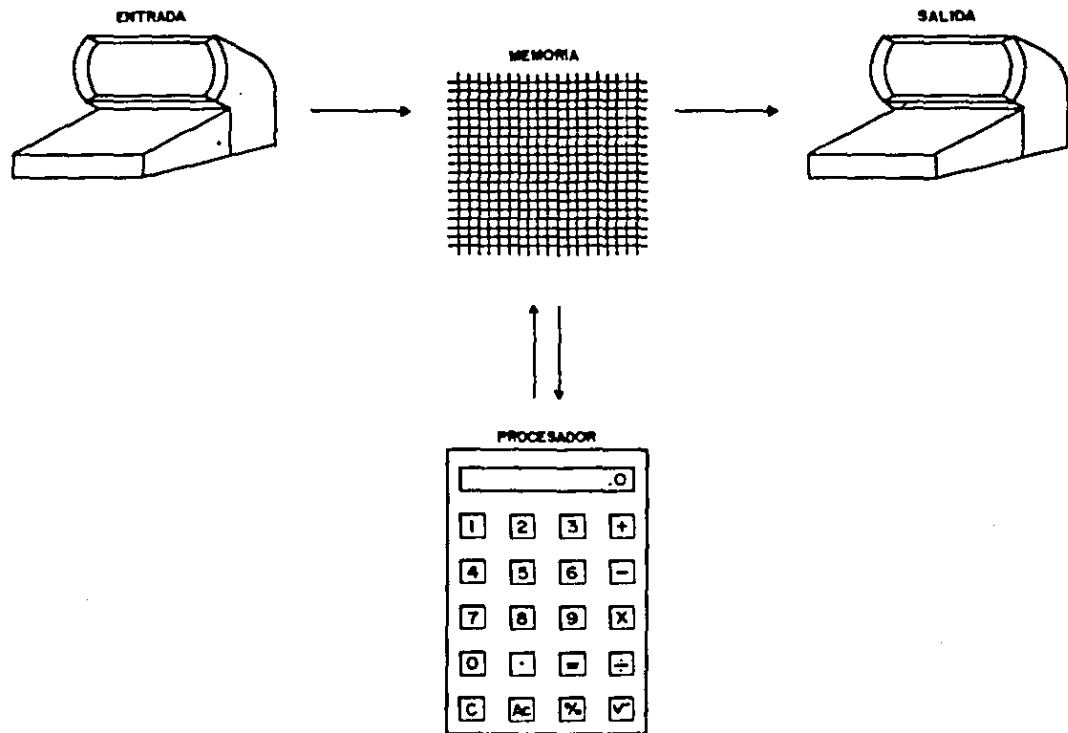


FIG. (II.1)

COMPONENTES
FUNDAMENTALES Y FUNCIONAMIENTO

III.2 CLASIFICACION DE LAS COMPUTADORAS

Las computadoras se pueden clasificar en cuanto a su tamaño y capacidad de almacenamiento, siendo esta muy difícil por los cambios tecnológicos tan rápidos que ha sufrido la industria de la computación.

Debido a que esta clasificación es muy difícil por la amplia gama de equipos disponibles sobre el tamaño y su capacidad de cómputo existe sobreposición entre las diferentes categorías, por lo que los sistemas más poderosos de una categoría pueden exceder las capacidades de los menos poderosos en otra como se ilustra en el dibujo (III.2)

Aún con esto existen cuatro grupos en los que se clasifican las computadoras, que son, microcomputadoras, minicomputadoras, macrocomputadoras y supercomputadoras, que a continuación se detallan las características principales de cada grupo.

Las microcomputadoras contemplan los sistemas más pequeños, son unidades ligeras y compactas, diseñadas para un solo usuario y para aplicaciones individuales, la capacidad de estos equipos es de 8 a 128k bytes de almacenamiento principal.

En la categoría de minicomputadoras los equipos varían de tamaño, desde un modelo instalable sobre un escritorio, hasta una unidad con aproximadamente el tamaño de un archivero de cuatro gavetas, la capacidad de almacenamiento es mayor a las microcomputadoras y llegan a tener hasta 640 bytes de almacenamiento principal.

Estos equipos por lo general atienden a varios usuarios y son usados como procesadores satélites de otros sistemas más grandes.

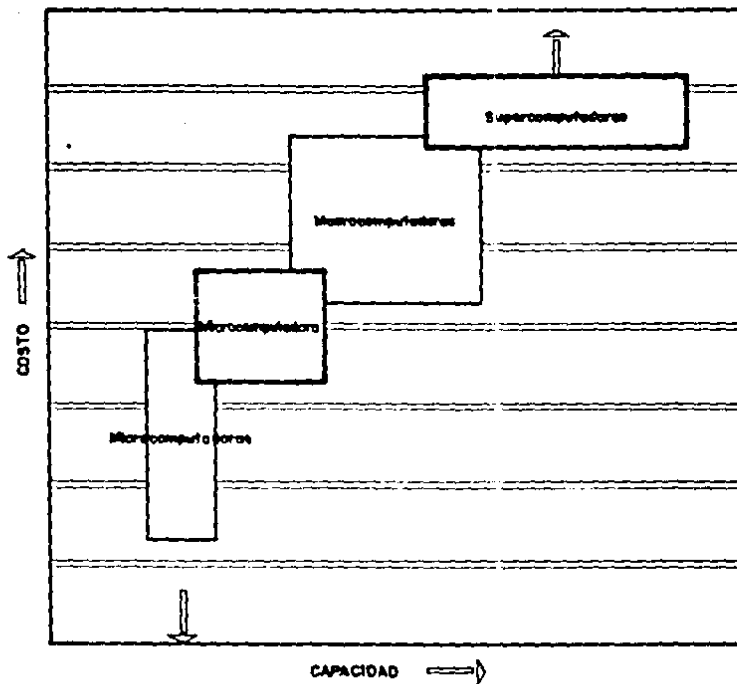


FIG. (II.2)

CLASIFICACION DE
COMPUTADORAS

El tercer grupo es el de las macrocomputadoras que son generalmente más poderosas y de mayor capacidad de almacenamiento principal que las minicomputadoras, son utilizados por varios usuarios y múltiples procesos a la vez, estos equipos varían de tamaño, desde los pequeños hasta los muy grandes, generalmente son agrupamientos en familias utilizadas como computador anfitrión, comunicándose y ejerciendo control sobre procesadores satélites más pequeños.

El grupo de supercomputadoras son los más grandes, más poderosos y de mayor costo, existen unos cuantos en número y están planeados para procesar aplicaciones científicas muy complejas.

III.3 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de datos e instrucciones se realiza en la memoria de la computadora, existiendo dos tipos de almacenen una computadora, una que se conocen como memoria principal o simplemente memoria y la otra a un almacén auxiliar o periférico, este último es un componente que esta separado y conectado físicamente a una computadora.

La memoria de una computadora esta dividida en dos clases, la memoria de acceso aleatorio (RAM) en la que se puede leer y escribir, y que se usa para mantener los programas de aplicación, los datos pasajeros y otro software, esta memoria se mide en bytes o en kibytes ($k = 1024$ bytes), y se utiliza para clasificar e identificar la capacidad del equipo y la memoria de sólo lectura (ROM) en la que se puede leer y no escribir, esta memoria contiene un conjunto fijo de instrucciones, que pueden ser acopladas con un sistema de cómputo.

La memoria principal contiene una cantidad de posiciones de almacenamiento, cada una capaz de retener un caracter de información con una orientación única dentro de la misma, este caracter esta compuesto por un bit, que es la unidad mas pequeña reconocible para una computadora y su representación es binaria por lo que sólo puede tener dos valores, uno o cero, la combinación de 8, 16 o 32 bits forma un caracter conocido como byte.

La agrupamiento de bytes es conocida como campo, estos contiene información como puede ser un nombre, una cantidad específica, un dato, una instrucción, etc.

Como el almacén principal de una computadora es por lo general de tamaño insuficiente para almacenar la totalidad de los datos e instrucciones necesarios para completar un trabajo, los datos pueden ser guardados en un almacén auxiliar de forma reconocible a una computadora llamados archivos.

Los archivos están formados por registros que son el conjunto de campos de información relativos a una entidad, que al agruparse en forma de registros del mismo tipo conforman al archivo.

III.4 USO DE LA MEMORIA PRINCIPAL Y AUXILIAR

La memoria principal de algunas computadoras es insuficiente para realizar algún trabajo, debido a que los datos y el programa de cómputo requieren una capacidad mayor a la disponible, para solucionar este problema se utiliza la programación estructurada, así como el uso de archivos de datos almacenados en la memoria auxiliar.

La programación estructurada se basa en tener varios segmentos de programa o subprogramas almacenados en un archivo propio, que se pueden cargar a la memoria principal de la computadora en forma aislada. Cada subprograma debe ser independiente, de tal manera que se pueda cambiar, modificar o implantando con mayor facilidad nuevos o mejores métodos de trabajo sin afectar a los otros, logrando así mayor vida y utilidad al programa de cómputo.

Para lograr lo anterior se tiene que identificar las funciones mayores y las que se derivan de estas, hasta obtener las funciones básicas que pueden formar un subprograma, estos relacionados entre sí por medio de un encadenamiento, que consiste en cambiar el subprograma que se encuentra almacenado en la memoria principal y ha realizado su función por uno nuevo.

Un programa desarrollado en forma estructurada comparte en forma eficiente la capacidad de la memoria principal de una computadora, pues, sólo tendrá un subprograma, mientras los otros se encuentran almacenados en la memoria auxiliar del equipo.

En la memoria auxiliar también se pueden almacenar datos y resultados en archivos, los cuales forman relación fundamental en el encadenamiento de subprogramas, esto genera que

los resultados de un subprograma pasen a ser datos de entrada para la ejecución del subprograma subsecuente.

Estos archivos de datos, localizados en la memoria auxiliar de la computadora (cassets, discos flexibles, discos duros, etc.) y pueden ser de gran tamaño, estando solamente limitados por la capacidad de la memoria auxiliar sin afectar la memoria principal.

Con este estilo de programación y el uso de archivos para información se pueden eliminar algunas limitaciones que presentan las microcomputadoras al desarrollar programas que necesitan mayor capacidad de memoria que la disponible.

III. 5 TENDENCIAS ACTUALES

El auge de las microcomputadoras, ha traído como consecuencia el mejorar los equipos en forma acelerada tanto en su hardware como software, actualmente tienden a ser mas rápidas y de menor tamaño posible remplazando con una pieza el trabajo de varias.

Todavía se recuerda cuando 10 o 20 MBytes sonaban como algo fantástico en una microcomputadora, ahora se tienen capacidad de memoria auxiliar de 70, 150 o 380 MBytes, en memoria auxiliar en disco duro y en disco flexible de 350K, 720K o 1.44 MBytes.

El rápido crecimiento de los equipos personales de cómputo lleva a utilizarlos como una herramienta de fácil adquisición y uso dentro de la gran mayoría de las áreas de trabajo, este desarrollo ha traído como consecuencia el que algunas empresas adquieran dos o mas microcomputadoras, que se encuentran enlazadas por medio de una red, solucionando con esto que la información se concentre en algún equipo, que todos la pueden utilizar y los dispositivos como impresoras, discos, etc. se pueden compartir obteniendo las ventajas siguientes :

- a) Mayor control de información, ya que no existe duplicidad de información.
- b) Ahorro en almacenamiento y dispositivos, porque solo algunos equipos necesitaran tener disco duro e impresora, ya que las redes manejan las colas de impresión.
- c) Capacidad de crecimiento y conexión a equipos grandes.

Con el uso de las redes se puede estar enlazado con equipos mayores que alquilan su información y memoria principal a diferentes usuarios, pudiendo usarla en el caso que sea necesario.

CAPITULO IV

PROGRAMA DE ANALISIS ESTRUCTURAL "AER"

IV.1. Generalidades.

IV.2. Características del programa

IV.2.1 Limitaciones

IV.3. Manual del usuario.

IV.4. Manual del programa.

IV. PROGRAMA DE ANALISIS ESTRUCTURAL "AER"

IV.1. GENERALIDADES

Las microcomputadoras por el gran desarrollo que han sufrido y el bajo costo se convierten en una herramienta de trabajo accesible y de gran versatilidad, sin embargo estos equipos constan de memoria reducida en general y por esta causa el uso se encuentra limitado en algunas áreas, en el campo del análisis estructural su empleo se encuentra restringido a estructuras con un número limitado de grados de libertad, por lo cual la programación dirigida a este tipo de equipos debe tener las siguientes características :

- a) Sencillez de operación, debido a que los usuarios de este tipo de máquinas, con programas elaborados por otras personas, rara vez tienen un conocimiento anterior con las computadoras, por lo que el programa debe ser amigable al usuario.
- b) Compatibilidad, para que un programa pueda ser desarrollado en cualquier máquina común que exista en el mercado.
- c) Manejo eficiente de la memoria, pues en estos equipos está muy limitada y de este manejo depende la capacidad y velocidad del programa.

IV.2. CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA

Es recomendable el uso de métodos eficientes y económicos como la programación estructurada, y empleando métodos de trabajo adecuados en el uso de programas de cómputo utilizados en microcomputadoras se pueden eliminar una gran cantidad de limitaciones, obteniendo además mayor facilidad para entender y modificar el programa.

El programa de análisis de estructuras reticulares que se presenta en este capítulo está realizado en lenguaje BASIC, por su gran versatilidad en el manejo y por ser un lenguaje común en los equipos que existen en el mercado, tratando de cumplir con las características antes mencionadas.

El programa está realizado para ser utilizado en microcomputadoras de capacidad de memoria reducida, enfocado para el análisis de estructuras reticulares, sometidas a sismo, considerando las características de cada marco que forma la estructura, así como la ubicación de esta conforme al Reglamento para Construcciones para el Distrito Federal, verificando los desplazamientos permisibles definidos por el mismo.

Cada marco puede estar constituido por elementos de distintos materiales, de sección transversal diferentes pero constantes entre cada nudo y pueden estar sometidos a carga uniformemente repartida.

Una de las etapas más delicadas e importantes en la utilización de un programa es la captura y validación de datos, para la captura de estos se utilizan archivos debido a que es más sencillo la corrección de estos sin tener que volver a capturarlos todos, y para la validación es muy útil graficar los datos, identificando con mayor facilidad algún posible error cometido en la captura de datos; en este programa se puede graficar cada marco que constituye la estructura por analizar.

Tomando en cuenta la importancia en la captura de datos, en este programa, respecto a la estructura por analizar se elabora un marco tipo, del cual se puede obtener todos los marcos que constituyen la estructura total eliminando elementos, pero nunca añadiendo, por lo cual deben existir en el marco tipo todas los elementos y nudos diferentes que tiene la estructura.

Como los marcos pueden tener diferentes características tanto geométricas como elásticas, se tiene un catálogo de elementos tipo diferentes, la elaboración y utilización de este catálogo se explica con mayor detalle en el manual del usuario.

La secuencia del programa tiene el siguiente flujo de solución :

Captura de datos generales de la estructura.

;

Captura del marco tipo y de elementos tipo.

;

Generación de cada marco

;

Ensamble de la matriz de rigidez y el vector de fuerzas de cada marco

;

Cálculo de la matriz condensada de cada marco y ensamble de las mismas para formar la matriz de rigidez horizontal de la estructura completa.

;

Solución al problema de valores característicos y determinación de las fuerzas y momentos resultantes debido a cargas laterales

Distribución de las fuerzas laterales aplicables a cada marco.

Solución de cada marco, incluyendo fuerzas verticales, horizontales y momentos

La forma de ejecución del programa se divide en dos grupos, el primero para la captura y validación de datos, que son almacenados en archivos para poder ser utilizados cuantas veces sean necesarios sin capturarlo multiples ocasiones y ocupar el menor espacio en la memoria principal de la computadora, el segundo para el proceso de análisis en el cual no existe intervención del usuario.

VI.2.1 LIMITACIONES

El programa de análisis de estructuras reticulares que se presenta, realiza el análisis de estructuras compuestas por marcos paralelos entre si

Los marcos pueden estar constituidos por distintos materiales, por lo que los elementos que los conforman pueden ser de diferentes características elásticas, en cuanto a la sección transversal de los elementos pueden ser diferentes entre sí, pero constantes en el desarrollo del elemento.

Cada elemento que exista en la estructura puede estar sometido a diferente carga uniformemente repartida.

El número de nudos y elementos máximo que puede tener un marco esta limitado por la capacidad de memoria principal con que se disponga, en equipos que constan de memoria reducida es de 28 nudos y 12 elementos como máximo en el marco tipo, el número de marcos esta limitado por la capacidad de almacenamiento auxiliar, para el marco máximo ocupa 20K de memoria cada uno.

La configuración mínima del equipo para el uso de este programa se explica en el inciso IV 4. de este capítulo.

VI.3. MANUAL DEL USUARIO

En este inciso se explica el manejo del programa, en cada una de las partes que lo integran.

Este programa está formado por diferentes tablas de opciones llamadas menús, indicando la actividad que ejecuta cada opción, estos menús en ocasiones están divididos en submenús.

El menú principal consta de nueve opciones que son:

OPCION

- 1 Datos Generales
- 2 Captura de Marco Tipo
- 3 Captura de Elementos Tipo
- 4 Captura de Marcos
- 5 Gráfica de marcos
- 6 Datos de la Estructura
- 7 Modificaciones
- 8 Análisis
- 0 Fin

En los siguientes párrafos se explica cada una de estas opciones.

Datos Generales :

En esta opción se captura la información relacionada a la ubicación y características de la estructura, así como los datos cuantitativos del marco tipo, estos datos son capturados con el formato que se muestra a continuación.

Número de niveles	:
Zona sísmica (I, II o III)	:
Grupo (A o E)	:
Factor de ductilidad	:
Número de marcos	:

No. Máximo de nudos :
No. Máximo de apoyos :
No. Máximo de elementos :

Los tres últimos datos se refieren al marco tipo.

Captura Marco Tipo :

En esta opción del menú principal se refiere a la formación del marco tipo y esta dividida en dos partes que se ejecutan consecutivamente; la primera para capturar las coordenadas en centímetros (x,y) primero de los nudos y después de los apoyos contenidos en el marco tipo y la segunda para la captura de la conectividad existente de cada elemento, indicando el nudo inicial y el final que le corresponde, al concluir esta opción se tiene generado completamente el marco tipo.

El formato de captura para la primera parte es:

Nudo	Coordenada - X	Coordenada - Y
*		

y para las conectividades:

Elemento	Nudo Inicial	Nudo Final
*		

Captura de Elementos Tipo :

En esta tercera opción se crea un catálogo de barras o elementos tipo diferentes y numerados consecutivamente, capturando las características geométricas y elásticas, estos datos son :

Momento de inercia (cm4) :
 Módulo de elasticidad (kg/cm2) :
 Area de la sección (cm2) :
 Carga repartida inicial (t/m) :
 Carga repartida final (t/m) :

En este catálogo deben estar contenidos todos los elementos estructurales que tengan diferentes características geométricas y propiedades elásticas que existen en la estructura completa por analizar.

Captura de Marcos :

Para generar cada marco se utiliza esta opción esta captura se realiza para cada marco en forma consecutiva.

La captura de estos marcos se realiza identificando cada elemento respecto al marco tipo eligiendo si existe o no en el marco específico y expresando el número de elemento tipo de acuerdo al catálogo formado en la opción tres, el formato de captura es:

Elemento *

Existe <S>i o <N>o :
 Elemento tipo No. :

en donde * varía conforme al número de elemento que forma el marco tipo.

Gráfica de marcos :

Esta opción gráfica el marco deseado siendo útil para validar los datos capturados del marco tipo en relación a las coordenadas nodales y conectividad, así como la formación de cada marco de la estructura; por medio de la graficación es más fácil detectar la existencia de algún error en la captura de datos.

Datos de la estructura :

En esta opción se capturan las características de cada nivel, que son el peso por metro cuadrado, el área del nivel y la altura del entre piso que cubre, estos datos son utilizados principalmente para valorar las acciones sísmicas que afectan a la estructura.

Estos datos se captura conforme al siguiente formato :

Nivel	Peso	Superficie	Altura
x	kg/m ²	m ²	m

Modificaciones :

Durante la captura de datos siempre existe la posibilidad de error o cambio en la información manejada. Por esto es de gran utilidad que se pueda realizar esta tarea sin tener que capturar todo nuevamente, esta opción permite cambiar parcial o totalmente la información. esta opción está dividida en 4 opciones principales indicadas por un submenu de la forma siguiente :

OPCION

- 1 Marco Tipo
- 2 Elemento Tipo
- 3 Datos de Cada Marco
- 4 Datos de la Estructura
- 0 Fin

Con la opción 1 se pueden modificar las coordenadas nodales de los nudos deseados, así como la conectividad de cada elemento que

forman al marco tipo.

La opción 2 permite modificar las características geométricas y elásticas de cada elemento tipo.

En la opción 3 logra cambiar la identificación de existe o no y/o el número de elemento tipo de las barras deseadas que forman a un marco.

En la opción 4 se pueden modificar las características de cada uno o todos los niveles que existen en la estructura.

La opción 0 cambia del submenú de modificaciones al principal.

Análisis :

Esta opción funciona correctamente si los datos solicitados por las opciones anteriores han sido capturados, al inicio de esta parte se tiene que indicar en que nudo por nivel se desea tomar para la condensación estática, esta última información es capturada de acuerdo al formato siguiente :

Nivel	Nudo condensación
*	

Posteriormente el programa ejecutara automáticamente el análisis de la estructura indicando en la pantalla lo que esta realizando, terminando su función con un reporte de resultados.

IV.4. MANUAL DEL PROGRAMA

El programa para el análisis de estructuras reticulares, está elaborado para computadoras de memoria principal reducida, considerando una microcomputadora con una configuración de 64K o menor de memoria principal, una o dos unidades de disco y un disco flexibles.

En utilizar dos unidades de discos, como dispositivos de memoria periférica, se considera más práctico una unidad para cargar los programas y el segundo únicamente para almacenar datos y resultados, esto facilita el almacenar distintas estructuras en diferentes discos.

El lenguaje que se utiliza es el BASIC, pues, este resulta más sencillo para programar y manejar, así como el uso de archivos, además que este lenguaje más común y existen en la mayoría de los equipos existentes en el mercado.

En este programa en lo posible se separa la lectura y escritura de archivos del algoritmo de solución, para una mejor revisión en el caso de cambiar el algoritmo este sea más sencillo y se utilizan archivos de acceso directo, para permitir una mayor libertad en la lectura de los mismos.

Tomando en cuenta los aspectos antes mencionados el programa consta de 9 módulos o subprogramas numerados en forma secuencial del AER001 bas al AER009.BAS, los tres primeros para la captura y validación de datos y los restantes para el análisis estructural, a continuación se explica lo que hace cada módulo y los archivos que genera.

AER001.BAS : Este módulo realiza la captura de datos, por medio de menús de opciones, almacena los datos en 8 archivos generales y uno particular para cada marco, y son los siguientes :

AE0002.DAT : Almacena los datos generales de la estructura que son, el número de niveles, zona sísmica, grupo, número de marcos, número de nudos, apoyos y elementos del marco tipo, y el número de elementos tipo.

AE0003.DAT : En este archivo se almacena la conectividad de los elementos del marco tipo, guardando el nudo inicial y final de cada elemento.

AE0004.DAT : En este se encuentran guardado el catálogo de elementos tipo diferentes, guardando las características geométricas y elásticas, que son el módulo de elasticidad, momento de inercia, el área transversal de la sección y la carga repartida actuante.

AE0005.DAT : En este archivo se almacena el peso por metro cuadrado, la superficie y la altura del entrepiso que cubre cada nivel.

AE0006.DAT : En este archivo se guarda las coordenadas de cada nudo.

MARCO7.DAT : De este archivo existe uno para cada marco, guardando para cada elemento si existe o no un y de que tipo es, de cada marco, poniendo el número de marco en lugar del signo ?.

AER002.BAS : Este módulo corresponde a la modificaciones a la captura de datos, utilizando los mismos archivos del módulo anterior.

AER003.BAS : Este módulo realiza la graficación del marco que se desea.

AER004.BAS : Este subprograma pregunta los nudos en que se toman para realizar la condensación estática y genera la matriz de rigidez y el vector de fuerzas de cada marco.

Para cada elemento calcula sus propiedades geométricas y elástica para formar la matriz de rigidez del elemento transformada a coordenadas globales y ser ensamblada en la matriz de rigidez del marco, posteriormente cambiar los renglones y columnas correspondientes a los grados de libertad seleccionados

Por último genera el vector de fuerzas transformado a ejes globales y ensamblarlo en el vector de fuerzas del marco

Este proceso se realiza para cada marco, obteniendo dos matrices de rigidez y un vector de fuerzas, estos datos son almacenados en los siguientes archivos :

R?.DAT : Matriz de rigidez del marco ?

K?.DAT : Matriz de rigidez del marco ? ordenada para ser condensada

F?.DAT : Vector de fuerzas del marco ?

AER005.BAS : Con la matriz de rigidez de cada marco ordenada, este módulo realiza la condensación estática de cada una obteniendo así una matriz condensada, al concluir con este proceso realiza la sumatoria de las mismas obteniendo una matriz

de rigidez condensada de toda la estructura.

Cada matriz de rigidez condensada es almacenada en un archivo propio para cada marco llamado KL?.DAT y la matriz de toda la estructura en KLTOTAL.DAT.

AER006.BAS : Este subprograma realiza el calculo de las fuerzas sísmica totales, por medio del método de Jacobi, obteniendo los desplazamientos máximos de acuerdo a los lineamientos del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, comparándolos con los permisibles, en el caso de no cumplir con lo establecido en el reglamento antes mencionado aparece en la pantalla cual nivel no cumple

Los desplazamientos totales son almacenados en un archivo denominado DTOTAL.DAT.

AER007.BAS : Este módulo calcula las fuerzas horizontales de cada marco, con la matriz de rigidez condensada del marco y los desplazamientos totales se resuelve el sistema de ecuaciones fuerzas - desplazamientos obteniendo las fuerzas horizontales actuantes en el mismo.

Estas fuerzas son ensambladas en el vector de fuerzas del marco correspondiente.

AER008.BAS : En este módulo utilizando el vector de fuerzas (F) y la matriz de rigidez [K] de cada marco resuelve el sistema $(F) = [K] (D)$ obteniendo así los desplazamientos de los nudos que conforman a los marcos de la estructura, estos desplazamientos son almacenados en archivos llamados DE?.DAT, donde el signo ? indica el número de marca a que se refiere

AER009.BAS :

Este módulo obtiene los elementos mecánicos de cada elemento, multiplicando la matriz de rigidez individual del elemento $[k]$ en coordenadas locales por el vector desplazamientos $\{d\}$ en coordenadas locales de los nudos que este conectado, posteriormente da a conocer los resultados obtenidos en el análisis estructural realizado, esto puede ser por la pantalla o por impresora.

CAPITULO V

EJEMPLO DE APLICACION

V.1. Ejemplo de aplicación.

V.1. EJEMPLO DE APLICACION

Consideremos la estructura ilustrada en la figura (V.1) siguiente con las siguientes características :

Zona sísmicas	: II
Grupo	: B
Peso por m^2	: 250 kg/m ²
Sección trasversal de las columnas	: 30 cm x 30 cm
Sección trasversal de las trabes	: 20 cm x 50 cm

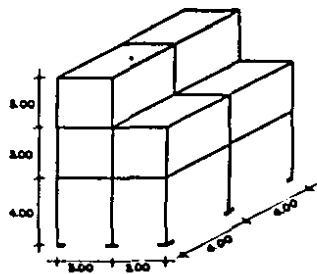
Se analizará la estructura en el sentido "x", que con relación a la figura (V. 1), el marco tipo está compuesto como se ilustra en la figura (V. 2).

Se analizará entonces tres marcos y deacuerdo con las características anteriores tiene las condiciones de carga como se encuentra en la figura (V. 3).

Con la información anterior se capturan los datos en el programa, deacuerdo al menú principal del mismo los datos de la opción 1 "Datos Generales" seran los siguientes :

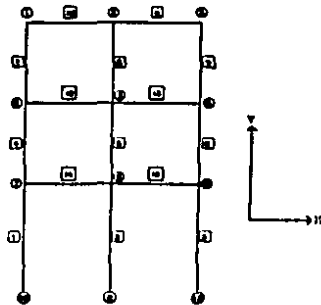
Número de niveles	: 3
Zona sísmica (I II o III)	: II
Grupo (A o B)	: B
Factor de ductilidad	: 4
Número de marcos	: 3
No. máximo de nudos	: 9
No. máximo de apoyos	: 3
No. máximo de elementos	: 15

Para formar el marco tipo utilizando la opción 2 del menú principal, la forma de captura de datos sera como se muestra a continuación :



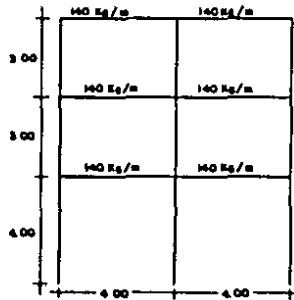
○ NUDO
□ ELEMENTO

FIG. (V.1)

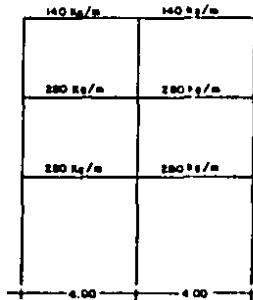


MARCO TIPO

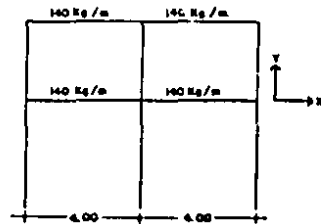
FIG. (V.2)



MARCO 1



MARCO 2



MARCO 3

FIG. (V.3)

Para las coordenadas nodales :

NUDO	Coordenada - X	Coordenada - Y (cm)
1	0	1000
2	400	1000
3	800	1000
4	0	700
5	400	700
6	800	700
7	0	400
8	400	400
9	800	400

APOYO	Coordenada - X	Coordenada - Y (cm)
10	0	0
11	400	0
12	800	0

Para la conectividad :

ELEMENTO	Nudo inicial	Nudo final
1	10	7
2	11	8
3	12	9
4	7	4
5	8	5
6	9	6
7	4	1
8	5	2
9	6	3
10	1	2
11	2	3
12	4	5
13	5	6
14	7	8
15	8	9

Utilizando la opción 3 se forma el catálogo de elementos tipo, que en este caso son tres elementos diferentes, dos para elementos horizontales y uno para los verticales, que son capturados de la siguiente forma :

Elemento tipo 1

Momento de inercia (cm4)	:	208,333
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	:	158,133
Area de la sección (cm2)	:	1,000
Carga repartida inicial (t/m)	:	0.28
Carga repartida final (t/m)	:	0.28

Elemento tipo 2

Momento de inercia (cm4)	:	208,333
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	:	158,133
Area de la sección (cm2)	:	1,000
Carga repartida inicial (t/m)	:	0.14
Carga repartida final (t/m)	:	0.14

Elemento tipo 3

Momento de inercia (cm4)	:	670,500
Módulo de elasticidad (kg/cm2)	:	158,133
Area de la sección (cm2)	:	900
Carga repartida inicial (t/m)	:	0
Carga repartida final (t/m)	:	0

Con todos los datos anteriores se puede generar cada marco empleando la opción 4, consistente en identificar si existe cada elemento con respecto al marco tipo. La captura se realiza respondiendo a dos preguntas conforme al siguiente cuadro.

Para el marco 1 :

Elemento	Existe <S>i o <N>o	Elemento tipo
1	S	3
2	S	3
3	S	3
4	S	3
5	S	3
6	S	3
7	S	3
8	S	3
9	S	3
10	S	2
11	S	2
12	S	2
13	S	2
14	S	2
15	S	2

Para el marco 2 :

Elemento	Existe <S>i o <N>o	Elemento tipo
1	S	3
2	S	3
3	S	3
4	S	3
5	S	3
6	S	3
7	S	3
8	S	3
9	S	3
10	S	2
11	S	2
12	S	1
13	S	1
14	S	1
15	S	1

Para el marco 3 :

Elemento	Existe <S>i o <N>o	Elemento tipo
1	S	3
2	S	3
3	S	3
4	S	3
5	S	3
6	S	3
7	N	
8	N	
9	N	
10	N	
11	N	
12	S	2
13	S	2
14	S	2
15	S	2

La captura referente a los datos de la estructura de la opción 6, se realiza a cabo conforme a las características de cada nivel de la estructura conforme al siguiente formato :

NIVEL	Peso kg/m ³	Superficie m ²	Altura m
1	250	48	4
2	250	48	3
3	250	24	3

Con todos los datos anteriores capturados se puede realizar el análisis de la estructura en el sentido seleccionado, al seleccionar la opción 8, primeramente se indicará los nudos de cada nivel que se desea tomar en cuenta para realizar la condensación estática, esta información es capturada por con el formato que se muestra a continuación :

NIVEL	Nudo condensación
1	7
2	4
3	1

Una vez realizada esta captura de datos, el programa automáticamente realizará el análisis indicando en la pantalla lo que está realizando, los resultados obtenidos en este análisis son los que se muestran en la siguiente tabla :

Marco 1

Elem.	Longitud	Mudo Inicial			Mudo Final		
		Fx (kg)	Fy (kg)	M (kg-cm)	Fx	Fy	M
1	400.0	-285	794	170923	285	-794	195275
2	400.0	1804	910	186016	-1804	-910	194100
3	400.0	1841	812	172753	-1841	-812	193484
4	300.0	150	87	2005	-150	-87	14634
5	300.0	1196	374	53742	-1196	-374	59086
6	300.0	894	196	15464	-894	-196	27341
7	300.0	132	121	16900	-132	-121	26370
8	300.0	620	245	34803	-620	-245	37007
9	300.0	368	224	30783	-368	-224	33168
10	400.0	460	-143	-37910	-460	143	-32631
11	400.0	224	-60	-17390	-224	60	-11890
12	400.0	101	-262	-59012	-101	262	-44789
13	400.0	-20	-247	-47330	20	247	-29104
14	400.0	1152	-715	-160042	-1152	715	-143067
15	400.0	616	-667	-113000	-616	667	-49023

Marco 2

Elem.	Longitud	Mudo Inicial			Mudo Final		
		Fx (kg)	Fy (kg)	M (kg-cm)	Fx	Fy	M
1	400.0	236	781	169154	-236	-781	195242
2	400.0	3001	910	186016	-3001	-910	194100
3	400.0	2362	625	174521	-2362	-625	193516
4	300.0	420	42	-3900	-420	-42	10100
5	300.0	1776	374	53742	-1776	-374	59086
6	300.0	1164	241	28256	-1164	-241	31875
7	300.0	145	97	12267	-145	-97	21666
8	300.0	594	245	34803	-594	-245	37007
9	300.0	301	247	35421	-301	-247	37600
10	400.0	492	-135	-35423	-492	135	-30136
11	400.0	247	-101	-20173	-247	101	-14944
12	400.0	122	-206	-66310	-122	206	-52007
13	400.0	-7	-223	-45260	7	223	-32260
14	400.0	1120	-743	-176412	-1120	743	-151437
15	400.0	584	-630	-110797	-584	630	-52170

Marco 3

Elem.	Longitud	Mudo Inicial			Mudo Final		
		Fx (kg)	Fy (kg)	M (kg-cm)	Fx	Fy	M
1	400.0	-365	793	170630	365	-793	195272
2	400.0	1230	911	186139	-1230	-911	194150
3	400.0	1367	810	172514	-1367	-810	193596
4	300.0	70	110	4976	-70	-110	14527
5	300.0	625	390	55147	-625	-390	59200
6	300.0	417	223	21367	-417	-223	25134
12	400.0	613	-202	-46600	-613	202	-37227
13	400.0	223	-137	-27721	-223	137	-19000
14	400.0	1100	-723	-170032	-1100	723	-145305
15	400.0	507	-670	-113952	-507	670	-49005

CONCLUSIONES

Con el gran desarrollo que han sufrido las microcomputadoras en los últimos años, y con la mayor facilidad para adquirirlas tanto para uso personal como en empresas, se convierte en una herramienta muy útil y versátil actualmente, por lo que es necesario un programa de análisis estructural que pueda ser usado en este tipo de máquinas, sin embargo, estos equipos se encuentran limitados por su capacidad de memoria requerida para realizar un análisis adecuado y completo en estructuras relativamente grandes.

El programa de análisis estructural que se presenta en este trabajo soluciona en gran parte esta limitación de memoria empleando algoritmos que sean más adecuados a la forma de manejo información de una microcomputadora y sean eficientes, así como por su forma estructurada en su programación.

Se utiliza en este programa conclusiones extraídas de trabajos anteriores elaborados dentro de la misma Universidad por compañeros de otras generaciones anteriores en relación a métodos y algoritmos de solución a diferentes problemas, contribuyendo a realizar un programa más actual, completo y de menor requerimiento de memoria.

Este programa está realizado en Lenguaje Basic en su forma universal, por lo que puede ser utilizado en cualquier tipo de máquina que maneje este tipo de lenguaje.

Este programa por su programación estructurada es fácil de modificar y actualizar constantemente cada una de las partes que lo forman, los algoritmos y métodos utilizados para el análisis, logrando así un programa con una gran vida útil.

Este programa puede ser mejorado a través del desarrollo de subprogramas que contemplen otros métodos numéricos o consideren diferentes tipos de elementos estructurales, como muros o contravientos, la interacción suelo - estructura, análisis de marcos no ortogonales en planta, realizar análisis dinámico paso a paso, así como utilizar la graficación para los elementos mecánicos, simular el movimiento y graficar en colores las zonas esforzadas a partir de los resultados obtenidos durante el proceso de análisis.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

A3. REFERENCIAS

1. D.D.F., "Reglamento de construcciones para el Distrito Federal", México, 1987.
2. D.D.F., "Normas técnicas complementarias para diseño por Sismo", México, 1987.
3. Gahli, A. y Neville, A., "Análisis estructural, un enfoque unificado clásico y por matrices", Diana, México, 1984.
4. Magdaleno, Carlos, "Análisis matricial de estructuras reticulares", México, 1978.
5. Cesin Farah, J., "Proposición de un método para la determinación de fuerzas laterales por sismo en estructuras tridimensionales de edificios", México, 1985.
6. Estrada Uribe, G., "Estructuras antisísmicas", C.E.C.S.A. México, 1984.
7. Kardestuncer, Hayrettin, "Introducción al análisis estructural con matrices", Colombia, 1975.
8. Vera Badillo, F., "Solución de ecuaciones algebraicas en el análisis estructural", México, 1980.
9. Sanders, Donald H., "Informática: presente y futuro", Mc Graw Hill, México, 1985.
10. Walsh, Myles E., "Entendiendo a las computadoras", C E C S A . México, 1987.
11. Bathe, K J, Wilson, E. L., "Numerical Methods in finite element analysys", Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1976.
12. UNAM, "Manual de diseño sísmico", México, 1983.

APENDICES

- A1. Condiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal para analisis por sismo.

- A2. Listado del programa.

A1. CONDICIONES DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL PARA ANALISIS CON SISMO.

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, considera que las estructuras de altura menor a 50m. pueden analizarse con el método estático o dinámico, y las estructuras mayores a esta altura se usará este último método. Para el diseño por sismo se tiene que tomar en cuenta las siguientes consideraciones que marca este reglamento :

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, toma en cuenta el tipo de terreno del lugar en que se considera estará desplantada la estructura, (Art. 219) considerando cuatro zonas que son:

ZONA	CARACTERISTICA
I	"Lomas, formadas por roca o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueda existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en roca y de cavernas y túneles excavados en suelo para explotar minas de arena"
II	"Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que esta constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de estas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros".

III "Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales, es espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m. "

Las construcciones del Distrito Federal se clasifican para lograr un grado de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable (Art. 174), como se expresa en la siguiente tablas :

GRUPO

- A** "Construcciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, o que constituya un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como construcciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana "
- B** "Construcciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el grupo A."

Quando se aplica el método de análisis dinámico se consideran los datos del espectro de diseño, que es la gráfica de

las respuestas máximas de un sistema estructural de un grado de libertad sometida a diferentes aceleraciones y que la estructura se comporta elásticamente.

Para obtener la ordenada del espectro para diseño sísmico a , se aplican las siguientes expresiones:

$$a = (1 + 3T/T_0)c/4 \quad \text{Si } T < T_0$$

$$a = c \quad \text{Si } T_0 < T < T_1$$

$$a = c (T_1 / T)^r \quad \text{Si } T > T_1$$

donde:

- a - Ordenada del espectro de diseño.
- c - Coeficiente sísmico.
- T - Periodo natural de la estructura.
- T_0, T_1 - Periodos característicos del espectro de diseño.

Los valores de c , T_0 , T_1 y r se encuentran en la siguiente tabla:

ZONA	c		T_0	T_1	r
	g r u p o				
	A	B			
I	0.24	0.16	0.2	0.6	1/2
II	0.48	0.32	0.3	1.5	2/3
III	0.60	0.40	0.6	3.9	1

El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, marca los que los desplazamientos horizontales de

cada entrepiso en una estructura debidas a fuerza cortante, no debe exceder de 0.005 la diferencia de elevacion de dicho entrepiso, si los elementos que no forman parte de la estructura, no están ligados a esta, puede tomarse 0.012 como límite..

Para el análisis estático las fuerzas laterales pueden reducirse de acuerdo a las características de la estructura, esta reducción por ductilidad se realiza aplicando un coeficiente Q, a la fuerza sísmica, llamado factor de ductilidad.

El valor del factor de ductilidad Q, esta dado por las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo¹², inciso 5, del Reglamento de construcciones para el Distrito Federal.

A2. LISTADO DEL PROGRAMA AER

```
10 ' =====
20 '
30 ' Programa : AER001.BAS
40 '
50 ' Objetivo : Menú principal
60 ' : Captura de datos
70 '
80 '
90 ' Archivos : AE0002.DAT , Datos generales
100 ' : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
110 ' : AE0004.DAT , Elementos tipo
120 ' : AE0005.DAT , Datos de la estructura
130 ' : AE0006.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
140 ' : MARCO?.DAT , Generador de marcos
150 '
160 ' =====
170 '
180 '
190 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
200 '
210 '
220 '
230 '
240 '
250 ' *** Menu de opcion a elección de datos almacenados
260 '
270 LOCATE 6,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 1 " ; : COLOR 7,0
280 PRINT " Datos nuevos "
290 LOCATE 8,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 2 " ; : COLOR 7,0
300 PRINT " Lectura de datos almacenados "
310 '
320 LOCATE 16,23 : PRINT "ELECCION < > "
330 LOCATE 16,33 : INPUT " ",0$
340 '
350 IF 0$ = "1" THEN 520
360 '
370 ' *** Lectura de datos en archivo #2
380 '
390 GOSUB 3710
400 R2% = 1 : GOSUB 3750 : NP% = INT(VAL(DG$)) : ' Numero de niveles
```

```

410 R2% = 2 : GOSUB 3750 : Z% = DG%           : ' Zona sísmica
420 R2% = 3 : GOSUB 3750 : RG% = DG%       : ' Grupo
430 R2% = 4 : GOSUB 3750 : Q% = VAL(DG%)   : ' Fact. ductilidad
440 R2% = 5 : GOSUB 3750 : NM% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de marcos
450 R2% = 6 : GOSUB 3750 : NN% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de nudos
460 R2% = 7 : GOSUB 3750 : NA% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de apoyos
470 R2% = 8 : GOSUB 3750 : NE% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de elementos
480 R2% = 9 : GOSUB 3750 : ET% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de elementos tipo
490 CLOSE #2
500 '
510 '
520 ' **** Menu principal ****
530 '
540 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
550 '
560 LOCATE 3,13 : PRINT "OPCION"
570 LOCATE 5,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 1 ";; COLOR 7,0
580                PRINT " Datos Generales "
590 LOCATE 7,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 2 ";; COLOR 7,0
600                PRINT " Captura marco tipo "
610 LOCATE 9,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 3 ";; COLOR 7,0
620                PRINT " Captura elementos tipo "
630 LOCATE 11,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 4 ";; COLOR 7,0
640                PRINT " Captura de marcos "
650 LOCATE 13,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 5 ";; COLOR 7,0
660                PRINT " Grafica de marcos "
670 LOCATE 15,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 6 ";; COLOR 7,0
680                PRINT " Datos de la estructura "
690 LOCATE 17,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 7 ";; COLOR 7,0
700                PRINT " Modificaciones "
710 LOCATE 19,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 8 ";; COLOR 7,0
720                PRINT " Analisis estructural "
730 LOCATE 21,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 0 ";; COLOR 7,0
740                PRINT " Fin del programa "
750 '
760 LOCATE 23,23 : PRINT "ELECCION < > "
770 LOCATE 23,33 : INPUT "",O%
780 '
790 ' *** Tabla de opciones ***
800 '
810 IF O% = "1" THEN 930 : 'Datos generales
820 IF O% = "2" THEN 1410 : 'Captura marco tipo
830 IF O% = "3" THEN 2290 : 'Captura elementos tipo
840 IF O% = "4" THEN 2960 : 'Captura de marcos
850 IF O% = "5" THEN 3420 : 'Grafica de marcos

```

```

860 IF O$ = "7" THEN 3450 : 'Modificaciones
870 IF O$ = "6" THEN 2680 : 'Datos de la estructura
880 IF O$ = "8" THEN 3490 : 'Análisis estructural
890 IF O$ = "0" THEN 3510 : 'Fin del programa
900 GOTO 760
910 '
920 '
930 ' *** DATOS GENERALES ***
940 '
950 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
960 COLOR 7,3 : PRINT "          DATOS GENERALES
          " : COLOR 7,0
970 '
980 ' *** Formato de captura ***
990 '
1000 LOCATE 4,15 : PRINT "Número de niveles          : "
1010 LOCATE 6,15 : PRINT "Zona sísmica (I,II o III) : "
1020 LOCATE 8,15 : PRINT "Grupo (A o B)           : "
1030 LOCATE 10,15 : PRINT "Factor Ductilidad        : "
1040 LOCATE 12,15 : PRINT "Número de marcos         : "
1050 LOCATE 14,15 : PRINT "No. Máximo de nudos     : "
1060 LOCATE 16,15 : PRINT "No. Máximo de apoyos    : "
1070 LOCATE 18,15 : PRINT "No. Máximo de elementos  : "
1080 '
1090 ' *** Captura de datos
1100 '
1110 '
1120 LOCATE 4,46 : INPUT "",NF%
1130 LOCATE 6,46 : INPUT "",Z$
1140 LOCATE 8,46 : INPUT "",RG$
1150 LOCATE 10,46 : INPUT "",Q#
1160 LOCATE 12,46 : INPUT "",NM%
1170 LOCATE 14,46 : INPUT "",NN%
1180 LOCATE 16,46 : INPUT "",NA%
1190 LOCATE 18,46 : INPUT "",NE%
1200 '
1210 LOCATE 21,20 : INPUT "Datos correctos (<S>i o <N>o) : ",O$
1220 IF O$ = "S" OR O$ = "s" THEN 1280
1230 IF O$ = "N" OR O$ = "n" THEN 930
1240 GOTO 1210
1250 '
1260 ' *** Escritura en archivo #2 ***
1270 '
1280 GOSUB 3710
1290 D6$ = STR$(NF%) : R2$ = 1 : GOSUB 3790 : 'Número de niveles
1300 D6$ = Z$      : R2$ = 2 : GOSUB 3790 : 'Zona sísmica

```



```

1310 DG$ = RG$      : R2% = 3 : GOSUB 3790 : 'Grupo
1320 DG$ = STR$(Q#) : R2% = 4 : GOSUB 3790 : 'Fact. ductilidad
1330 DG$ = STR$(NM%) : R2% = 5 : GOSUB 3790 : 'Numero de marcos
1340 DG$ = STR$(NN%) : R2% = 6 : GOSUB 3790 : 'Numero maximo de nudos
1350 DG$ = STR$(NA%) : R2% = 7 : GOSUB 3790 : 'Numero maximo de apoyos
1360 DG$ = STR$(NE%) : R2% = 8 : GOSUB 3790 : 'Numero de elementos
1370 CLOSE #2
1380 '
1390 GOTO 520 : ' *** Menú principal ***
1400 '
1410 ' *** CAPTURA DE MARCO TIPO ***
1420 '
1430 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
1440 COLOR 7,3 : PRINT "      CAPTURA DE MARCO TIPO
      " : COLOR 7,0

1450 '
1460 LOCATE 4,16 : PRINT " COORDENADAS NODALES (en centímetros)
1470 LOCATE 6,16 : PRINT " Nudo      Coordinada - X      Coordinada - Y "
1480 '
1490 J = 8 : X1# = 0 : Y1# = 0 : ' Datos de captura y coordenadas máximas
1500 '
1510 GOSUB 4370 : 'Archivo #6
1520 FOR I% = 1 TO NN%
1530   LOCATE J+1,10 : PRINT STRING$(69,32)
1540   LOCATE J,20 : COLOR 0,7 : PRINT I% : COLOR 7,0
1550   LOCATE J,32 : INPUT "",X# : 'Coordinada X
1560   LOCATE J,49 : INPUT "",Y# : 'Coordinada Y
1570   '
1580   ' *** Escritura en archivo #6
1590   R2% = I%
1600   GOSUB 4460 : 'Escritura
1610   '
1620   ' *** Cálculo de coordenadas máximas
1630   IF X1# < X# THEN X1# = X#
1640   IF Y1# < Y# THEN Y1# = Y#
1650   IF J => 15 THEN J = 7
1660   J = J + 1
1670   '
1680 NEXT I%
1690 '
1700 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
1710 COLOR 7,3 : PRINT "      CAPTURA DE MARCO TIPO
      " : COLOR 7,0

1720 '
1730 LOCATE 4,16 : PRINT " COORDENADAS NODALES (en centímetros)
1740 LOCATE 6,16 : PRINT " Apoyo      Coordinada - X      Coordinada - Y "
1750 '

```

```

1760 J=8 : ' Renglón inicial
1770 '
1780 FOR I% = NN%+1 TO NN%+NA%
1790 LOCATE J+1,10 : PRINT STRING$(69,32)
1800 LOCATE J,20 : COLOR 0,7 : PRINT I% : COLOR 7,0
1810 LOCATE J,32 : INPUT "",X% : 'Coordenada X
1820 LOCATE J,49 : INPUT "",Y% : 'Coordenada Y
1830 '
1840 ' *** Escritura en archivo #6
1850 R6% = I%
1860 GOSUB 4460 : 'Escritura
1870 '
1880 ' *** Cálculo de coordenadas máximas
1890 IF X1% < X% THEN X1% = X%
1900 IF Y1% < Y% THEN Y1% = Y%
1910 IF J => 18 THEN J = 7
1920 J = J + 1
1930 '
1940 NEXT I%
1950 '
1960 ' *** Escritura de Coordenada máxima en archivo #6
1970 '
1980 X% = X1% : Y% = Y1% : 'Coordenadas máximas
1990 R6% = .(NN%+NA%+1) : GOSUB 4460 : 'Escritura
2000 CLOSE #6
2010 '
2020 CLS : GOSUB 4540 : 'Letrero principal
2030 COLOR 7,3 : PRINT " CAPTURA DE MARCO TIPO
" : COLOR 7,0
2040 '
2050 LOCATE 4,16 : PRINT " CONECTIVIDAD "
2060 LOCATE 6,16 : PRINT " Elemento Nudo Inicial Nudo Final
2070 '
2080 J=8 : 'Renglón inicial en pantalla
2090 '
2100 GOSUB 3840 : 'Archivo #3
2110 FOR I%=1 TO NE%
2120 LOCATE J+1,10 : PRINT STRING$(69,32)
2130 LOCATE J,20 : COLOR 0,7 : PRINT I% : COLOR 7,0
2140 LOCATE J,32 : INPUT "",N1% : 'Nudo inicial
2150 LOCATE J,49 : INPUT "",N2% : 'Nudo final
2160 '
2170 ' *** Escritura en archivo #3
2180 R3% = I%
2190 GOSUB 3930 : 'Escritura
2200 '

```

```

2210   IF J => 18 THEN J = 7
2220   J = J + 1
2230   '
2240 NEXT I%
2250 CLOSE #3
2260 '
2270 GOTO 520 : 'Menú principal
2280 '
2290 ' *** ELEMENTOS TIPO ***
2300 '
2310 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
2320 COLOR 7,3 : PRINT "          ELEMENTOS TIPO
                " : COLOR 7,0
2330 '
2340 LOCATE 6,15 : INPUT " Cuantos elementos tipo : ",ET%
2350 LOCATE 6,15 : PRINT "
2360 '
2370   GOSUB 3710 : 'Escritura en archivo #2
2380   R% = 9 : DG% = STR$(ET%) : GOSUB 3790
2390   CLOSE #2
2400 '
2410 GOSUB 3390 : 'Archivo #4
2420 FOR I% = 1 TO ET%
2430   '
2440   LOCATE 5,15 : PRINT "ELEMENTO " : COLOR 0,7 : PRINT I% : COLOR 7,0
2450   LOCATE 8,20 : PRINT "Momento de Inercia (cm4)      :
2460   LOCATE 10,20 : PRINT "Módulo de elasticidad (kg/cm2) :
2470   LOCATE 12,20 : PRINT "Área de la sección (cm2)      :
2480   LOCATE 14,20 : PRINT "Carga repartida inicial (t/m) :
2490   LOCATE 16,20 : PRINT "Carga repartida final (t/m) :
2500   '
2510   LOCATE 8,54 : INPUT " ",I1#
2520   LOCATE 10,54 : INPUT " ",EE#
2530   LOCATE 12,54 : INPUT " ",AA#
2540   LOCATE 14,54 : INPUT " ",W1#
2550   LOCATE 16,54 : INPUT " ",W2#
2560   '
2570   R% = I% : GOSUB 4110 : 'Escritura en archivo #4
2580   '
2590 NEXT I%
2600 '
2610 ' Elemento tipo 0 (ET%+1)
2620 I1# = .0001 : EE# = .0001 : AA# = .0001 : W1# = 0 : W2# = 0
2630 R% = ET%+1 : GOSUB 4110 : 'Escritura en archivo
2640 '
2650 CLOSE #4

```

```

2660 GOTO 520 : 'Menú Principal
2670 '
2680 ' *** CAPTURA DATOS DE LA ESTRUCTURA ***
2690 '
2700 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
2710 COLOR 7,3 : PRINT "      DATOS DE LA ESTRUCTURA
      " : COLOR 7,0
2720 LOCATE 5,10 : PRINT " Nivel          Peso          Superficie          Altura "
2730 LOCATE 6,10 : PRINT "                kg/m2                m                "
2740 '
2750 J = 8 : 'Renglón inicial
2760 '
2770 GOSUB 4190 : 'Archivo %S
2780 FOR I% = 1 TO NP%
2790 LOCATE J+1,10 : PRINT STRING$(69,32)
2800 LOCATE J,14 : COLOR 0,7 : PRINT I% : COLOR 7,0
2810 LOCATE J,27 : INPUT "",FE#
2820 LOCATE J,37 : INPUT "",SU#
2830 LOCATE J,55 : INPUT "",AL#
2840 '
2850 J = J + 1
2860 IF J => 19 THEN J = 8
2870 '
2880 ' *** Escritura en archivo #5
2890 RS% = I% : GOSUB 4300
2900 '
2910 NEXT I%
2920 '
2930 CLOSE #5
2940 GOTO 520 : 'Menú principal
2950 '
2960 ' *** CAPTURA DE MARCOS ***
2970 '
2980 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
2990 COLOR 7,3 : PRINT "      CAPTURA DE MARCOS
      " : COLOR 7,0
3000 '
3010 '
3020 FOR I% = 1 TO NM%
3030 '
3040 ' Generación del Archivo para el marco "?".
3050 MM% = STR$(I%) : M% = LEN(MM%)
3060 NF% = "MARCO"+ MID$(MM%,2,M%) + ".DAT" : 'Nombre del archivo
3070 GOSUB 4520 : 'Archivo #7
3080 LOCATE 4,10 : PRINT "Marco : ";MM%
3090 '
3100 FOR J% = 1 TO NE%

```

```

3110 '
3120 LOCATE 7,15 : PRINT "Elemento " : : COLOR 0,7 :
3130 PRINT " ";J%:" " : COLOR 7,0
3140 LOCATE 9,15 : PRINT " Existe <S>i o <N>o : "
3150 LOCATE 10,15 : PRINT " Tipo de elemento : "
3160 '
3170 LOCATE 9,37 : INPUT "",EX$
3180 IF EX$ = "n" OR EX$ = "N" THEN 3230
3190 EX$ = "S"
3200 LOCATE 10,37 : INPUT "",TI%
3210 IF TI% <= ET% AND TI% > 0 THEN 3320 : 'Escritura en archivo
3220 '
3230 LOCATE 14,15 : COLOR 0,7 :PRINT "No existe ese tipo de elemento"
3240 FOR K=1 TO 150 : A=A : NEXT K
3250 LOCATE 14,15 : COLOR 7,0 :PRINT "
3260 LOCATE 10,36 : PRINT " "
3270 GOTO 3200
3280 '
3290 '*** No existencia del elemento
3300 EX$ = "N" : TI% = ET%+1
3310 '
3320 '*** Escritura en archivo #7
3330 R7% = J% : GOSUB 4560
3340 '
3350 NEXT J%
3360 CLOSE #7
3370 '
3380 NEXT I%
3390 '
3400 GOTO 520 : 'Menù principal
3410 '
3420 ' *** GRAFICA DE MARCOS ***
3430 CHAIN "AER003.BAS",10
3440 '
3450 ' *** MODIFICACIONES ***
3460 CHAIN "AER002.BAS",10
3470 '
3480 ' *** ANALISIS ***
3490 CHAIN "AER004.BAS",10
3500 '
3510 ' *** FIN DEL PROGRAMA ***
3520 CLS : GOSUB 4640 : 'Letrero principal
3530 '
3540 SYSTEM
3550 '

```

```
3560 '  
3570 END  
3580 '  
3590 ' *** ARCHIVOS ***  
3600 '  
3610 '     *** Archivo #1:  
3620 OPEN "AE0001.DAT" AS #1 LEN=1  
3630 FIELD #1, 1 AS 0$  
3640 RETURN  
3650 '  
3660 GET #1,1  
3670 00$ = 0$  
3680 RETURN  
3690 '  
3700 '     *** Archivo #2:  
3710 OPEN "AE0002.DAT" AS #2 LEN=5  
3720 FIELD #2, 5 AS D1$  
3730 RETURN  
3740 '  
3750 GET #2,D1$  
3760 D6$ = D1$  
3770 RETURN  
3780 '  
3790 LSET D1$ = D6$  
3800 PUT #2,R2$  
3810 RETURN  
3820 '  
3830 '     *** Archivo #3:  
3840 OPEN "AE0003.DAT" AS #3 LEN=10  
3850 FIELD #3, 5 AS N1$, 5 AS N2$  
3860 RETURN  
3870 '  
3880 GET #3,R3$  
3890 N1$ = CVI(N1$)  
3900 N2$ = CVI(N2$)  
3910 RETURN  
3920 '  
3930 LSET N1$ = M#I$(N1$)  
3940 LSET N2$ = M#I$(N2$)  
3950 PUT #3,R3$  
3960 RETURN  
3970 '  
3980 '     *** Archivo #4:  
3990 OPEN "AE0004.DAT" AS #4 LEN=50  
4000 FIELD #4, 10 AS I1$, 10 AS EE$, 10 AS AA$, 10 AS W1$, 10 AS W2$
```

```

4010 RETURN
4020 '
4030 GET #4,R4Z
4040 I1# = CVD(I1$)
4050 EE# = CVD(EE$)
4060 AA# = CVD(AA$)
4070 W1# = CVD(W1$)
4080 W2# = CVD(W2$)
4090 RETURN
4100 '
4110 LSET I1$ = M:DS(I1#)
4120 LSET EE$ = M:DS(EE#)
4130 LSET AA$ = M:DS(AA#)
4140 LSET W1$ = M:DS(W1#)
4150 LSET W2$ = M:DS(W2#)
4160 PUT #4,R4Z
4170 RETURN
4180 '
4190 '          *** Archivo #5:
4200 OPEN "AE0005.DAT" AS #5 LEN=30
4210 FIELD #5, 10 AS PE$, 10 AS SU$, 10 AS AL$
4220 RETURN
4230 '
4240 GET #5,R5Z
4250 PE# = CVD(PE$)
4260 SU# = CVD(SU$)
4270 AL# = CVD(AL$)
4280 RETURN
4290 '
4300 LSET PE$ = M:DS(PE#)
4310 LSET SU$ = M:DS(SU#)
4320 LSET AL$ = M:DS(AL#)
4330 PUT #5,R5Z
4340 RETURN
4350 '
4360 '          *** Archivo #6:
4370 OPEN "AE0006.DAT" AS #6 LEN=10
4380 FIELD #6, 10 AS X$, 10 AS Y$
4390 RETURN
4400 '
4410 GET #6,R6Z
4420 X# = CVD(X$)
4430 Y# = CVD(Y$)
4440 RETURN
4450 '

```

```
4460 LSET X$ = MKD$(X#)
4470 LSET Y$ = MKD$(Y#)
4480 PUT #5,R6%
4490 RETURN
4500 '
4510 '      *** Archivo #7 (7)
4520 OPEN NF$ AS #7 LEN = 4
4530 FIELD #7, 1 AS XE$, 3 AS TI$
4540 RETURN
4550 '
4560 LSET XE$ = EX$
4570 LSET TI$ = MKI$(TI%)
4580 PUT #7,R7%
4590 RETURN
4600 '
4610 '
4620 '      *** TITULOS ***
4630 '
4640 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES                                " : COLOR 7,0
4650 RETURN
```

ANALISIS DE ESTRUCTURA


```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa      : AER002.BAS
40 '
50 ' Objetivo      : Modificación a la
60 '                : captura de datos
70 '
80 ' Archivos      : AE0001.DAT , Elección almacen
90 '                : AE0002.DAT , Datos generales
100 '               : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
110 '               : AE0004.DAT , Elementos tipo
120 '               : AE0005.DAT , Datos de la estructura
130 '               : AE0006.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
140 '               : MARCO?.DAT , Generador de marcos
150 '
160 ' =====
170 '
180 ' **** Modificaciones de datos ****
190 '
200 CLS : GOSUB 4250
210 COLOR 7,3 : PRINT "      MODIFICACION DE DATOS
      " : COLOR 7,0
220 '
230 '
240 LOCATE 3,13 : PRINT "OPCION"
250 LOCATE 5,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 1 " : COLOR 7,0
260                PRINT " Marco tipo "
270 LOCATE 7,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 2 " : COLOR 7,0
280                PRINT " Elementos tipo "
290 LOCATE 9,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 3 " : COLOR 7,0
300                PRINT " Datos de marco X "
310 LOCATE 11,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 4 " : COLOR 7,0
320                PRINT " Datos de la estructura "
330 LOCATE 13,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 0 " : COLOR 7,0
340                PRINT " Menú principal "
350 '
360 LOCATE 16,23 : PRINT "ELECCION : > "
370 LOCATE 16,23 : INPUT " ",O%
380 '
390 ' *** tabla de opciones ***
400 '
410 IF O% = "1" THEN 430 : ' Marco tipo
420 IF O% = "2" THEN 1550 : ' Elementos tipo
430 IF O% = "3" THEN 1900 : ' Datos de marco X
440 IF O% = "4" THEN 2530 : ' Datos de la estructura
450 IF O% = "0" THEN 3030 : ' Menú principal

```

```

460 GOTO 360
470 '
480 '
490 ' *** MARCO TIPO ***
500 '
510 CLS : GOSUB 4250
520 COLOR 7,3 : PRINT "          MARCO TIPO
          " : COLOR 7,0
530 '
540 ' *** submenú de opciones ***
550 '
560 LOCATE 3,13 : PRINT "OPCION"
570 LOCATE 5,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 1 " ; : COLOR 7,0
580                                PRINT "  Coordenadas nodales "
590 LOCATE 7,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 2 " ; : COLOR 7,0
600                                PRINT "  Conectividad          "
610 LOCATE 9,15 : COLOR 0,7 : PRINT " 0 " ; : COLOR 7,0
620                                PRINT "  Menú modificaciones "
630 '
640 LOCATE 15,23 : PRINT "ELECCION < >  "
650 LOCATE 15,33 : INPUT "",0$
660 '
670 ' *** tabla de opciones ***
680 '
690 IF 0$ = "1" THEN 740  : ' Coordenadas
700 IF 0$ = "2" THEN 1100 : ' Conectividad
710 IF 0$ = "0" THEN 200  : ' Menú modificaciones
720 GOTO 640
730 '
740 ' *** Coordenadas nodales ***
750 '
760 CLS : GOSUB 4250
770 COLOR 7,3 : PRINT "          MODIFICACION DE COORDENADAS NODALES
          " : COLOR 7,0
780 '
790 GOSUB 3230 : ' Archivo #2
800 R2% = 6 : GOSUB 3270 : NN% = INT(VAL(DG$)) : 'Número de nudos
810 R2% = 7 : GOSUB 3270 : NA% = INT(VAL(DG$)) : 'Número de apoyos
820 CLOSE #2
830 '
840 LOCATE 5,15 : INPUT "Nudo a corregir :  ",NU%
850 IF (NU% > (NN% + NA%)) OR NU% <= 0 THEN 840
860 '
870 LOCATE 5,34 : COLOR 0,7 : PRINT " ";NU%;" " : COLOR 7,0
880 '
890 ' *** Lectura en archivo ***
900 GOSUB 3230 : ' Archivo #5

```

```

910 R6% = NU% : GOSUB 3930 : 'Lectura
920 '
930 LOCATE 8,15 : PRINT "Coordenada X : ";X#
940 LOCATE 10,15 : PRINT "Coordenada Y : ";Y#
950 '
960 ' *** Captura de nuevas coordenadas
970 '
980 LOCATE 13,15 : INPUT "Coordenada X : ",X#
990 LOCATE 15,15 : INPUT "Coordenada Y : ",Y#
1000 '
1010 ' *** Escritura en archivo
1020 R6% = NU% : GOSUB 3980 : ' Escritura
1030 '
1040 ' ** Cálculo de coordenada máxima
1050 X1# = X# : Y1# = Y#
1060 R6% = (NN%+NA%+1) : GOSUB 3930 : 'Lectura
1070 '
1080 IF X1# > X# THEN X# = X1#
1090 IF Y1# > Y# THEN Y# = Y1#
1100 R6% = (NN%+NA%+1) : GOSUB 3980 : 'Escritura
1110 '
1120 CLOSE #6
1130 '
1140 LOCATE 17,15 : INPUT " Otro cambio <S>1 o <N>o ",O%
1150 IF O% = "S" OR O% = "s" THEN 740
1160 GOTO 490
1170 '
1180 ' *** Conectividad ***
1190 '
1200 CLS : GOSUB 4250
1210 COLOR 7,3 : PRINT "          MODIFICACION DE CONECTIVIDAD
          " : COLOR 7,0
1220 '
1230 GOSUB 3230 : ' Archivo #2
1240 R2% = 6 : GOSUB 3270 : NN% = INT(VAL(DG$)) : 'Número de nudos
1250 R2% = 7 : GOSUB 3270 : NA% = INT(VAL(DG$)) : 'Número de apoyos
1260 R2% = 8 : GOSUB 3270 : NE% = INT(VAL(DG$)) : 'Número de elementos
1270 CLOSE #2
1280 '
1290 LOCATE 5,15 : INPUT "Elemento a corregir : ",NU%
1300 IF (NE% \ NU%) OR (NU% <= 0) THEN 1290
1310 '
1320 LOCATE 5,38 : COLOR 0,7 : PRINT " (NU%)" " : COLOR 7,0
1330 '
1340 GOSUB 3360 : 'Archivo #3
1350 R3% = INT(NU%) : GOSUB 3400 : 'Lectura de conectividad

```

```

1360 '
1370 LOCATE 7,20 : COLOR 15,0 : PRINT " Nudo inicial : ";N1%
1380 LOCATE 8,20 : PRINT " Nudo final : ";NF% : COLOR 7,0
1390 '
1400 ' *** Nuevos datos
1410 '
1420 LOCATE 11,20 : INPUT "Nudo inicial : ",N1%
1430 IF N1% > (NN%+NA%) THEN 1420
1440 LOCATE 13,20 : INPUT "Nudo final : ",NF%
1450 IF NF% > (NN%+NA%) THEN 1440
1460 '
1470 ' *** Escritura en archivo #3
1480 R3% = INT(NU%) : GOSUB 3450 : 'Escritura
1490 CLOSE #3
1500 '
1510 LOCATE 17,15 : INPUT " Otro cambio <S>i o <N>o ",O%
1520 IF O% = "S" OR O% = "s" THEN 1180
1530 GOTO 490
1540 '
1550 ' *** ELEMENTO TIPO ***
1560 '
1570 CLS : GOSUB 4250
1580 COLOR 7,3 : PRINT " MODIFICACION ELEMENTOS TIPO
" : COLOR 7,0
1590 '
1600 ' *** Lectura del Archivo #2 ***
1610 '
1620 GOSUB 3220
1630 R2% = 8 : GOSUB 3270 : NE% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de elementos
1640 R2% = 9 : GOSUB 3270 : ET% = INT(VAL(DG%)) : ' Número de elementos tipo
1650 CLOSE #2
1660 '
1670 LOCATE 5,15 : INPUT "Elemento tipo a corregir : ",NU%
1680 IF (ET% < NU%) OR (NU% <= 0) THEN 1670
1690 '
1700 LOCATE 5,43 : COLOR 0,7 : PRINT " ";NU%;" " : COLOR 7,0
1710 '
1720 ' *** Lectura en archivo #4 ***
1730 GOSUB 3500
1740 R4% = NU% : GOSUB 3550
1750 '
1760 LOCATE 7,20 : PRINT "Momento de Inercia (cm4) : ";I1%
1770 LOCATE 8,20 : PRINT "Módulo de elasticidad (kg/cm2) : ";EE%
1780 LOCATE 9,20 : PRINT "Área de la sección (cm2) : ";AA%
1790 LOCATE 10,20 : PRINT "Carga repartida inicial (t/m) : ";W1%
1800 LOCATE 11,20 : PRINT "Carga repartida final (t/m) : ";W2%

```

```

1810 '
1820 LOCATE 13,20 : INPUT "Momento de Inercia (cm4)      : ",II#
1830 LOCATE 14,20 : INPUT "Módulo de elasticidad (kg/cm2) : ",EE#
1840 LOCATE 15,20 : INPUT "Area de la sección (cm2)      : ",AA#
1850 LOCATE 16,20 : INPUT "Carga repartida inicial (t/m) : ",U1#
1860 LOCATE 17,20 : INPUT "Carga repartida final (t/m) : ",U2#
1870 '
1880 ' *** Escritura en archivo ***
1890 R4% = NU% : GOSUB 3630
1900 CLOSE #4
1910 '
1920 LOCATE 19,15 : INPUT " Otro cambio <S>1 o <N>0 ",O#
1930 IF O# = "S" OR O# = "s" THEN 1550
1940 GOTO 200
1950 '
1960 ' **** DATOS DEL MARCO Y ****
1970 '
1980 CLS : GOSUB 4250
1990 COLOR 7,3 : PRINT "          MODIFICACION DE MARCOS
          " : COLOR 7,0
2000 '
2010 ' *** Lectura de archivo #2
2020 GOSUB 3230
2030 R2% = 5 : GOSUB 3270 : NM% = INT(VAL(DG%)) : "Número de marcos
2040 R2% = 8 : GOSUB 3270 : NE% = INT(VAL(DG%)) : "Número de elementos
2050 R2% = 9 : GOSUB 3270 : ET% = INT(VAL(DG%)) : "Número de elementos tipo
2060 CLOSE #2
2070 '
2080 LOCATE 5,15 : INPUT "Marco a corregir : ",NU%
2090 IF (NM% < NU%) OR (NU% <= 0) THEN 2080
2100 '
2110 LOCATE 5,34 : COLOR 0,7 : PRINT " ";NU%;" " : COLOR 7,0
2120 '
2130 ' *** Nombre del archivo #7
2140 MM% = STR$(NU%) : M% = LEN (MM%)
2150 NF% = "marco"+ MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
2160 GOSUB 4030
2170 '
2180 LOCATE 7,15 : INPUT "Elemento : ",NV%
2190 IF (NE% < NV%) OR (NV% <= 0) THEN 2180
2200 '
2210 LOCATE 7,26 : COLOR 0,7 : PRINT " ";NV%;" " : COLOR 7,0
2220 '
2230 ' *** Lectura de archivo #7
2240 R7% = NV% : GOSUB 4080
2250 '

```

```

2260 '
2270 IF EX% = "S" THEN EX1% = "I"
2280 IF EX% <> "S" THEN EX1% = "NO"
2290 IF TI% = ET%+1 THEN TI% = 0
2300 '
2310 LOCATE 9,15 : PRINT "El elemento "; COLOR 15,0 : PRINT ;EX%;EX1%;
2320         COLOR 7,0 : PRINT " existe. "
2330 LOCATE 11,15 : PRINT "Elemento tipo : ";TI%
2340 '
2350 ' *** Datos nuevos
2360 '
2370 LOCATE 14,15 : INPUT " Existe <S>i o <N>o? ",EX%
2380 IF EX% = "n" OR EX% = "N" THEN 2480
2390 EX% = "S"
2400 LOCATE 16,15 : INPUT " Tipo de elemento " : ;TI%
2410 IF TI% <= ET% AND TI% > 0 THEN 2510 : "Escritura en archivo
2420 '
2430 LOCATE 20,15 : COLOR 0,7 : PRINT "No existe ese tipo de elemento"
2440 FOR K=1 TO 150 : A=A : NEXT K
2450 LOCATE 20,15 : COLOR 7,0 : PRINT "
2460 GOTO 2400
2470 '
2480 ' *** No existencia del elemento
2490 EX% = "N" : TI% = ET% + 1
2500 '
2510 ' *** Escritura en archivo #7
2520 R7% = NV% : GOSUB 4190
2530 CLOSE #7
2540 '
2550 LOCATE 20,15 : INPUT " Otro cambio <S>i o <N>o? ",O%
2560 IF O% = "S" OR O% = "s" THEN 1960
2570 GOTO 200
2580 '
2590 ' *** DATOS DE LA ESTRUCTURA ***
2600 '
2610 CLS : GOSUB 4250
2620 COLOR 7,3 : PRINT "         MODIFICACION DATOS DE LA ESTRUCTURA
        " : COLOR 7,0
2630 '
2640 ' *** Lectura del Archivo #2 ***
2650 '
2660 GOSUB 3230
2670 R1% = 1 : GOSUB 3270 : NF% = INT(VAL(DG%)) : "Número de niveles
2680 CLOSE #2
2690 '
2700 LOCATE 5,15 : INPUT "Nivel a modificar " : ",NU%

```

```

2710 IF (NP% < NU%) OR (NP% (= 0) THEN 2700
2720 '
2730 LOCATE 5,38 : COLOR 0,7 : PRINT " ";NU%;" " : COLOR 7,0
2740 '
2750 ' *** Lectura en archivo #5
2760 GOSUB 3720 : 'Archivo #5
2770 R5% = NU% : GOSUB 3760
2780 '
2790 ' *** título de datos
2800 '
2810 LOCATE 5,10 : PRINT " Nivel          Peso          Superficie          Altura "
2820 LOCATE 6,10 : PRINT "                kg                m2                m "
2830 '
2840 LOCATE 8,14 : COLOR 0,7 : PRINT NU% : COLOR 7,0
2850 LOCATE 8,27 : PRINT PE# : 'Peso por m2
2860 LOCATE 8,37 : PRINT SU# : 'Superficie
2870 LOCATE 8,55 : PRINT AL# : 'Altura
2880 '
2890 ' *** Datos nuevos
2900 '
2910 LOCATE 10,27 : INPUT "",FE# : 'Peso por m2
2920 LOCATE 10,37 : INPUT "",SU# : 'Superficie
2930 LOCATE 10,55 : INPUT "",AL# : 'Altura
2940 '
2950 ' *** Escritura en archivo #5
2960 R5% = NU% : GOSUB 3820
2970 CLOSE #5
2980 '
2990 LOCATE 14,15 : INPUT " Otro cambio <S>i o <N>o ",O$
3000 IF O$ = "S" OR O$ = "s" THEN 2590
3010 GOTO 200
3020 '
3030 ' *** MENU PRINCIPAL ****
3040 '
3050 CHAIN "aer001.bas",370
3060 '
3070 '
3080 '
3090 END
3100 '
3110 ' *** ARCHIVOS ***
3120 '
3130 ' *** Archivo #1:
3140 OPEN "AE0001.DAT" AS #1 LEN=1
3150 FIELD #1, 1 AS O$

```

```
3160 RETURN
3170 '
3180 GET #1,1
3190 00% = 0$
3200 RETURN
3210 '
3220 '           *** Archivo #2:
3230 OPEN "AE0002.DAT" AS #2 LEN=5
3240 FIELD #2, 5 AS D1$
3250 RETURN
3260 '
3270 GET #2,R2%
3280 DG$ = D1$
3290 RETURN
3300 '
3310 LSET D1$ = DG$
3320 PUT #2,R2%
3330 RETURN
3340 '
3350 '           *** Archivo #3:
3360 OPEN "AE0003.DAT" AS #3 LEN=10
3370 FIELD #3, 5 AS N1$, 5 AS N2$
3380 RETURN
3390 '
3400 GET #3,R3%
3410 N1$ = CVI(N1$)
3420 N2$ = CVI(N2$)
3430 RETURN
3440 '
3450 LSET N1$ = MKI$(N1$)
3460 LSET N2$ = MKI$(N2$)
3470 PUT #3,R3%
3480 RETURN
3490 '
3500 '           *** Archivo #4:
3510 OPEN "AE0004.DAT" AS #4 LEN=50
3520 FIELD #4, 10 AS I1$, 10 AS EE$, 10 AS AA$, 10 AS W1$, 10 AS W2$
3530 RETURN
3540 '
3550 GET #4,R4%
3560 I1# = CVD(I1$)
3570 EE# = CVD(EE$)
3580 AA# = CVD(AA$)
3590 W1# = CVD(W1$)
3600 W2# = CVD(W2$)
```



```
3610 RETURN
3620 '
3630 LSET I1$ = MKD$(I1#)
3640 LSET EE$ = MKD$(EE#)
3650 LSET AA$ = MKD$(AA#)
3660 LSET W1$ = MKD$(W1#)
3670 LSET W2$ = MKD$(W2#)
3680 PUT #4,R4#
3690 RETURN
3700 '
3710 '           *** Archivo #5:
3720 OPEN "AE0005.DAT" AS #5 LEN=30
3730 FIELD #5, 10 AS FE$, 10 AS SU$, 10 AS AL$
3740 RETURN
3750 '
3760 GET #5,R5#
3770 FE# = CVD(FE$)
3780 SU# = CVD(SU$)
3790 AL# = CVD(AL$)
3800 RETURN
3810 '
3820 LSET FE$ = MKD$(FE#)
3830 LSET SU$ = MKD$(SU#)
3840 LSET AL$ = MKD$(AL#)
3850 PUT #5,R5#
3860 RETURN
3870 '
3880 '           *** Archivo #6:
3890 OPEN "AE0006.DAT" AS #6 LEN=20
3900 FIELD #6, 10 AS X$, 10 AS Y$
3910 RETURN
3920 '
3930 GET #6,R6#
3940 X# = CVD(X$)
3950 Y# = CVD(Y$)
3960 RETURN
3970 '
3980 LSET X$ = MKD$(X#)
3990 LSET Y$ = MKD$(Y#)
4000 PUT #6,R6#
4010 RETURN
4020 '
4030 '           **** Archivo #7
4040 OPEN NF$ AS #7 LEN = 4
4050 FIELD #7, 1 AS XE$, 3 AS TI$
```

```
4060 RETURN
4070 '
4080 GET #7, R7%
4090 EX$ = XE$
4100 TI$ = CVI(TI$)
4110 RETURN
4120 '
4130 LSET XE$ = EX$
4140 LSET TI$ = MKI$(TI$)
4150 PUT #7,R7%
4160 RETURN
4170 '
4180 PUT #6,R6%
4190 RETURN
4200 '
4210 '
4220 '
4230 '   *** TITULOS ***
4240 '
4250 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES " : COLOR 7,0 .
4260 RETURN
```

ANALISIS DE ESTRUCTURA

```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa      : AER003.BAS
40 '
50 ' Objetivo      : Gráfica de marcos
60 '
70 ' Archivos      : AE0002.DAT , Datos generales
80 '                : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
90 '                : AE0006.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
100 '              : MARCO?.DAT , Generador de marcos
110 '
120 ' =====
130 '
140 '
150 CLS : SCREEN 0,0,0 : GOSUB 1310
160 COLOR 7,3 : PRINT "      GRAFICA DE MARCOS
      " : COLOR 7,0

170 '
180 ' *** Lectura de archivo #1
190 GOSUB 300
200 R2% = 1 : GOSUB 350 : N1% = INT (VAL(DG%)) : 'Número de pisos
210 R2% = 5 : GOSUB 350 : N2% = INT (VAL(DG%)) : 'Numero de marcos
220 R2% = 6 : GOSUB 350 : N3% = INT (VAL(DG%)) : 'Numero de nudos
230 R2% = 7 : GOSUB 350 : N4% = INT (VAL(DG%)) : 'Numero de apoyos
240 R2% = 8 : GOSUB 350 : N5% = INT (VAL(DG%)) : 'Numero de elementos
250 CLOSE #2
260 '
270 LOCATE 5,15 : INPUT "Marco por graficar : ",NU%
280 IF NU% > N2% OR NU% <= 0 THEN 270
290 '
300 ' *** Archivo de marco A
310 MM% = STR$(NU%) : M% = LEN (MM%)
320 N1% = "MARCO"+ MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
330 GOSUB 1190
340 '
350 ' *** Preparación de pantalla ***
360 SCREEN 3,0,0,0
370 '
380 LOCATE 1,20 : PRINT "MARCO ";NU%
390 '
400 ' *** Lectura de máxima coordenada de archivo #5
410 '
420 GOSUB 1090 : 'Archivo #5
430 R6% = (N3% + N4% + 1) : GOSUB 1140
440 R# = R# : ' Factor máximo
450 IF R# < Y# THEN R# = Y#

```

```

460 '
470 ' *** Preparacion de archivos #3, conectividad ***
480 GOSUB 1000 : 'Archivo #3
490 '
500 ' *** GRAFICA DE MARCO ***
510 '
520 FOR I% = 1 TO NE%
530 '
540 ' *** Lectura de nudo inicial y final de archivo #3
550 R3% = I% : GOSUB 1040 : ' Lectura
560 '
570 ' Lectura de coordenadas del nudo :
580 ' INICIAL ***
590 R6% = NI% : GOSUB 1140
600 X1# = 145 + INT(X# * 360/R#)
610 Y1# = 360 - INT(Y# * 360/R#)
620 '
630 ' FINAL ***
640 R6% = NF% : GOSUB 1140
650 X2# = 145 + INT(X# * 360/R#)
660 Y2# = 360 - INT(Y# * 360/R#)
670 '
680 ' *** Lectura de existencia del elemento
690 '
700 R7% = I% : GOSUB 1240
710 IF EX% <> "S" THEN 770
720 '
730 ' *** Dibujo del elemento
740 '
750 LINE (X1#,Y1#)-(X2#,Y2#)
760 '
770 NEXT I%
780 '
790 CLOSE
800 LOCATE 2,20 : INPUT "Otro marco por graficar <S>i o <N>o : ",O%
810 SCREEN 0,0,0
820 IF O% = "S" OR O% = "s" THEN 150
830 '
840 CHAIN "AER001.bas",370
850 '
860 END
870 '
880 ' *** ARCHIVOS ***
890 '
900 '          *** Archivo #2:

```

```

910 OPEN "AE0002.DAT" AS #2 LEN=5
920 FIELD #2, 5 AS D1$
930 RETURN
940 '
950 GET #2,R2%
960 DG$ = D1$
970 RETURN
980 '
990 '          *** Archivo #3:
1000 OPEN "AE0003.DAT" AS #3 LEN=10
1010 FIELD #3, 5 AS N1$, 5 AS N2$
1020 RETURN
1030 '
1040 GET #3,R3%
1050 N1% = CVI(N1$)
1060 N2% = CVI(N2$)
1070 RETURN
1080 '
1090 '          *** Archivo #6:
1100 OPEN "AE0006.DAT" AS #6 LEN=20
1110 FIELD #6, 10 AS X$, 10 AS Y$
1120 RETURN
1130 '
1140 GET #6,R6%
1150 X% = CVD(X$)
1160 Y% = CVD(Y$)
1170 RETURN
1180 '
1190 '          *** Archivo #7
1200 OPEN NF$ AS #7 LEN = 4
1210 FIELD #7, 1 AS XE$, 3 AS TI$
1220 RETURN
1230 '
1240 GET #7,R7%
1250 EX$ = XE$
1260 TI% = CVI(TI$)
1270 RETURN
1280 '
1290 '          *** TITULOS ***
1300 '
1310 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES
" : COLOR 7,0
1320 RETURN

```

ANALISIS DE ESTRUCTURA

```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa      : AER004 BAS
40 '
50 ' Objetivo      : Análisis estructural
60 '               : Formación de la matriz de rigidez
70 '               : Formación del vector de fuerzas
80 '               :
90 '
100 '
110 ' Archivos      : AE0002.DAT , Datos generales
120 '               : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
130 '               : AE0004.DAT , Elementos tipo
140 '               : AE0005.DAT , Datos de la estructura
150 '               : AE0006.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
160 '               : AE0008.DAT , Nodos para condensación estática
170 '               : F?.DAT , Vector de fuerzas marco ?
180 '               : R?.DAT , Matriz de rigidez marco ?
190 '               : K?.DAT , Matriz de rigidez para condensar
200 '               : MARCO?.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
210 '
220 ' =====
230 '
240 '
250 CLS : GOSUB 4040
260 '
270 ' *** Lectura de datos archivo #2
280 GOSUB 3130
290 R2% = 1 : GOSUB 3180 : NP% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de niveles
300 R2% = 5 : GOSUB 3180 : NM% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de marco
310 R2% = 6 : GOSUB 3180 : NN% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de niveles
320 R2% = 7 : GOSUB 3180 : NA% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de apoyos
330 R2% = 8 : GOSUB 3180 : NE% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de elementos
340 R2% = 9 : GOSUB 3180 : ET% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de elementos tipo
350 CLOSE #2
360 '
370 ' *** Datos para la condensación estática ***
380 '
390 COLOR 7,0 : PRINT "          CONDENSACION ESTATICA
          " : COLOR 7,0
400 '
410 '
420 GOSUB 4090 : 'Archivo #8
430 LOCATE 5,15 : PRINT "Nivel          Nudo condensación          "
440 '
450 ' *** Captura de datos

```

```

460 '
470 J = 7 : 'Renglón inicial
480 FOR I% = 1 TO NP%
490 '
500 LOCATE (J+1),15 : PRINT "
510 LOCATE J,17 : COLOR 0,7 : PRINT I% : COLOR 7,0
520 LOCATE J,39 : INPUT "",NC%
530 '
540 ' *** Verificación de existencia del nudo
550 IF NC% > NN% OR NC% <= 0 THEN 520
560 '
570 ' *** Escritura en archivo
580 R% = I% : GOSUB 4180
590 '
600 J = J + 1
610 IF J >= 16 THEN J = 7
620 '
630 NEXT I%
640 CLOSE #8
650 '
660 '
670 ' *** DIMENSION DE VARIABLES ***
680 DIM K(NN%*3, NN%*3) : ' Matriz de rigidez
690 DIM F(NN%*3) : ' Vector de fuerzas
700 DIM C(NN%*3) : ' Vector auxiliar
710 '
720 ' *** MATRIZ DE RIGIDEZ ***
730 ' *** VECTOR DE FUERZAS ***
740 '
750 CLS : GOSUB 4640
760 COLOR 7,3 : PRINT " MATRIZ DE RIGIDEZ Y VECTOR DE FUERZAS
" : COLOR 7,0
770 ' *** Ejecución para cada marco
780 '
790 FOR I% = 1 TO NM%
800 '
810 ' *** Generación de nombres de archivos
820 MM% = STR$(I%) : M% = LEN(MM%)
830 ND% = "F" + MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
840 NA% = "R" + MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
850 NE% = "+" + MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
860 NF% = "MARCO" + MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
870 '
880 ' *** Limpieza de matriz
890 FOR T% = 1 TO NN% + 3
900 FOR U% = 1 TO NN% + 3

```

```

910             KE(UX,TX) = 0
920     NEXT UX
930     F(TX) = 0
940     C(TX) = 0
950 NEXT TX
960 '
970 '*** Para cada elemento del marco X ***
980 '
990 FOR JX = 1 TO NEX
1000 '
1010     LOCATE 6,15:PRINT " Marco   ":COLOR 7,5 :PRINT I% : COLOR 7,0
1020     LOCATE 8,15:PRINT "Elemento ":COLOR 7,5 :PRINT J% : COLOR 7,0
1030 '
1040     '*** Lectura en archivo características del elemento ***
1050 '
1060     GOSUB 3940 : 'Archivo #7 (Marco X)
1070     R7% = J% : GOSUB 3990
1080     CLOSE #7
1090     GOSUB 3420 : 'Archivo #4 (Elementos tipo)
1100     R4% = I% : GOSUB 3450
1110     CLOSE #4
1120     GOSUB 3260 : 'Archivo #3 (Conectividad)
1130     R3% = J% : GOSUB 3310
1140     CLOSE #3
1150     GOSUB 3800 : 'Archivo #6 (Coordenadas nodales)
1160     R6% = NIX : GOSUB 3340 : X1# = X# : Y1# = Y#
1170     R6% = NF% : GOSUB 3940 : X2# = X# : Y2# = Y#
1180     CLOSE #6
1190 '
1200     '*** Cálculo de constantes ***
1210     L# = SQR ( (X2# - X1#)^2 + (Y2# - Y1#)^2 )
1220     CA# = (X2# - X1#) / L#
1230     SA# = (Y2# - Y1#) / L#
1240     A# = ((EE# * AA# / L#) - (12 * EE# * II# / (L#^3))) * CA# * SA#
1250     B# = (6 * EE# * II# / (L#^2)) * SA#
1260     C# = (6 * EE# * II# / (L#^2)) * CA#
1270     D# = (EE# * AA# * (SA#^2) / L#) + (12 * EE# * II# * (CA#^2) / (L#^3))
1280     E# = (4 * EE# * II#) / L#
1290     F# = E# / 2
1300     G# = (((EE# * AA#) / L#) * (CA#^2)) + (((12 * EE# * II#) / (L#^3)) * (SA#^2))
1310 '
1320 '
1330     '*** Arreglo de la matriz de rigidez [NE] ***
1340 '
1350     IF NIX > NN% THEN GOTO

```



```

1360
1370      '*** Sub matriz [S11]
1380
1390      KE(NI% # 3 - 2, NI% # 3 - 2) = KE(NI% #3 - 2, NI% # 3 - 2) + G#
1400      KE(NI% # 3 - 2, NI% # 3 - 1) = KE(NI% #3 - 2, NI% # 3 - 1) + A#
1410      KE(NI% # 3 - 2, NI% # 3      ) = KE(NI% #3 - 2, NI% # 3      ) - B#
1420
1430      KE(NI% # 3 - 1, NI% # 3 - 2) = KE(NI% #3 - 1, NI% # 3 - 2) + A#
1440      KE(NI% # 3 - 1, NI% # 3 - 1) = KE(NI% #3 - 1, NI% # 3 - 1) + D#
1450      KE(NI% # 3 - 1, NI% # 3      ) = KE(NI% #3 - 1, NI% # 3      ) + C#
1460
1470      KE(NI% # 3      , NI% # 3 - 2) = KE(NI% #3      , NI% # 3 - 2) - E#
1480      KE(NI% # 3      , NI% # 3 - 1) = KE(NI% #3      , NI% # 3 - 1) + C#
1490      KE(NI% # 3      , NI% # 3      ) = KE(NI% #3      , NI% # 3      ) + E#
1500
1510      '*** Sub matriz [S12]
1520
1530      KE(NI% # 3 - 2, NF% # 3 - 2) = KE(NI% #3 - 2, NF% # 3 - 2) - G#
1540      KE(NI% # 3 - 2, NF% # 3 - 1) = KE(NI% #3 - 2, NF% # 3 - 1) - A#
1550      KE(NI% # 3 - 2, NF% # 3      ) = KE(NI% #3 - 2, NF% # 3      ) - B#
1560
1570      KE(NI% # 3 - 1, NF% # 3 - 2) = KE(NI% #3 - 1, NF% # 3 - 2) - A#
1580      KE(NI% # 3 - 1, NF% # 3 - 1) = KE(NI% #3 - 1, NF% # 3 - 1) - D#
1590      KE(NI% # 3 - 1, NF% # 3      ) = KE(NI% #3 - 1, NF% # 3      ) + C#
1600
1610      KE(NI% # 3      , NF% # 3 - 2) = KE(NI% #3      , NF% # 3 - 2) + E#
1620      KE(NI% # 3      , NF% # 3 - 1) = KE(NI% #3      , NF% # 3 - 1) - C#
1630      KE(NI% # 3      , NF% # 3      ) = KE(NI% #3      , NF% # 3      ) + F#
1640
1650      '*** Sub matriz [S21]
1660
1670      KE(NF% # 3 - 2, NI% # 3 - 2) = KE(NF% #3 - 2, NI% # 3 - 2) - G#
1680      KE(NF% # 3 - 2, NI% # 3 - 1) = KE(NF% #3 - 2, NI% # 3 - 1) - A#
1690      KE(NF% # 3 - 2, NI% # 3      ) = KE(NF% #3 - 2, NI% # 3      ) + B#
1700
1710      KE(NF% # 3 - 1, NI% # 3 - 2) = KE(NF% #3 - 1, NI% # 3 - 2) - A#
1720      KE(NF% # 3 - 1, NI% # 3 - 1) = KE(NF% #3 - 1, NI% # 3 - 1) - D#
1730      KE(NF% # 3 - 1, NI% # 3      ) = KE(NF% #3 - 1, NI% # 3      ) - C#
1740
1750      KE(NF% # 3      , NI% # 3 - 2) = KE(NF% #3      , NI% # 3 - 2) - E#
1760      KE(NF% # 3      , NI% # 3 - 1) = KE(NF% #3      , NI% # 3 - 1) + C#
1770      KE(NF% # 3      , NI% # 3      ) = KE(NF% #3      , NI% # 3      ) + F#
1780
1790      '*** Sub matriz [S22]
1800

```

```

1810 KE(NF% * 3 - 2, NF% * 3 - 2) = KE(NF% * 3 - 2, NF% * 3 - 2) + E#
1820 KE(NF% * 3 - 2, NF% * 3 - 1) = KE(NF% * 3 - 2, NF% * 3 - 1) + A#
1830 KE(NF% * 3 - 2, NF% * 3 ) = KE(NF% * 3 - 2, NF% * 3 ) + E#
1840 ,
1850 KE(NF% * 3 - 1, NF% * 3 - 2) = KE(NF% * 3 - 1, NF% * 3 - 2) + A#
1860 KE(NF% * 3 - 1, NF% * 3 - 1) = KE(NF% * 3 - 1, NF% * 3 - 1) + C#
1870 KE(NF% * 3 - 1, NF% * 3 ) = KE(NF% * 3 - 1, NF% * 3 ) - C#
1880 ,
1890 KE(NF% * 3 , NF% * 3 - 2) = KE(NF% * 3 , NF% * 3 - 2) + E#
1900 KE(NF% * 3 , NF% * 3 - 1) = KE(NF% * 3 , NF% * 3 - 1) - C#
1910 KE(NF% * 3 , NF% * 3 ) = KE(NF% * 3 , NF% * 3 ) + E#
1920 ,
1930 ,
1940 ' *** Arreglo del vector de fuerzas (F) ***
1950 ,
1960 X1# = 0 : XF# = 0 : 'Fuerzas Verticales en nudos nulas *
1970 Y1# = -(W1# * L# / 2) * 10
1980 YF# = -(W1# * L# / 2) * 10
1990 M1# = (W1# * (L#^2) / 12) * 10
2000 MF# = -(W1# * (L#^2) / 12) * 10
2010 ,
2020 IF N1# > N2# THEN 2080
2030 ,
2040 F(N1# * 3 - 2) = F(N1# * 3 - 2) + ( X1# * CA# + Y1# * SA#)
2050 F(N1# * 3 - 1) = F(N1# * 3 - 1) + (-X1# * SA# + Y1# * CA#)
2060 F(N1# * 3 ) = F(N1# * 3 ) - M1#
2070 ,
2080 F(NF# * 3 - 2) = F(NF# * 3 - 2) + ( XF# * CA# + YF# * SA#)
2090 F(NF# * 3 - 1) = F(NF# * 3 - 1) + (-XF# * SA# + YF# * CA#)
2100 F(NF# * 3 ) = F(NF# * 3 ) - MF#
2110 ,
2120 NEXT J#
2130 ,
2140 ,
2150 ' *** Escritura en archivo # 10 ***
2160 ,
2170 GOSUB 4560 : 'Archivo #10
2180 M# = 0 : 'Contador de registros
2190 FOR K# = 1 TO (N# * 3) : 'Fregiones
2200 FOR J# = 1 TO (N# * 3) : 'Columnas
2210 ,
2220 M# = M# + 1
2230 K# = KE(K#,J#)
2240 R10# = M# : GOSUB 4440 : 'Escritura
2250 ,

```

```

2260         NEXT J%
2270     NEXT K%
2280     CLOSE #10
2290     '
2300     ' **** Escritura en archivo # 9 ****
2310     '
2320     GOSUB 4230 : 'Archivo #9
2330     FOR J% = 1 TO (NN% + 3)
2340         '
2350         F# = F(J%)
2360         R#% = J% : GOSUB 4310
2370         '
2380     NEXT J%
2390     CLOSE #9
2400     '
2410     ' **** CAMBIO DE RENGLONES Y COLUMNAS PARA LA ****
2420     ' **** CONDENSACION ESTATICA DE LA MATRIZ [KE] ****
2430     '
2440     ' **** Lectura de archivo #8, Nudo de condensación ****
2450     '
2460     FOR J% = 1 TO NP%
2470         GOSUB 4050 : 'Archivo #8
2480         R#% = J% : GOSUB 4140 : 'Lectura
2490         CLOSE #8
2500         '
2510         ' **** Cambio de columna ****
2520         '
2530         FOR K% = 1 TO (NN% + 3)
2540             C(K%) = KE(K%,NC% + 3 - 2) : 'Vector de columnas a mover
2550         NEXT K%
2560         '
2570         FOR K% = (NC% + 3 - 1) TO (NN% + 3) : 'Columnas
2580             FOR L% = 1 TO (NN% + 3) : 'Renglonés
2590                 KE(L% , K%-1) = KE(L% , K%) : 'Movimiento de
2600                 : 'columnas
2610             NEXT L%
2620         NEXT K%
2630         '
2640         FOR K% = 1 TO (NN% + 3)
2650             KE(K%,NN% + 3) = C(K%) : 'Colocación de vecto movido
2660         NEXT K%
2670         '
2680         '
2690         ' **** Cambio de renglon ****
2700         '

```

```

2710     FOR K% = 1 TO (NN% * 3)
2720         C(K%) = KE(NC% * 3 - 2, K%) : 'Vector de renglón a mover
2730     NEXT K%
2740     '
2750     FOR K% = (NC% * 3 - 1) TO (NN% * 3) : 'Renglones
2760         FOR L% = 1 TO (NN% * 3) : 'Columnas
2770             KE( K%-1 , L% ) = KE( K% , L% ) : 'Movimiento de
2780                                     : 'Renglones
2790         NEXT L%
2800     NEXT K%
2810     '
2820     FOR K% = 1 TO (NN% * 3)
2830         KE(NN% * 3, K%) = C(K%) : 'Colocación de vector movido
2840     NEXT K%
2850 NEXT J%
2860 '
2870 '*** Escritura en Archivo # 11 ***
2880 '
2890 GOSUB 4480 : 'Archivo #11
2900 '
2910 M% = 0 : 'Contador de registros
2920 FOR K% = 1 TO (NN% * 3) : 'Renglones
2930     FOR J% = 1 TO (NN% * 3) : 'Columnas
2940         '
2950             M% = M% + 1
2960             RL# = KE(K%, J%)
2970             R11% = M% : GOSUB 4570 : 'Escritura
2980         '
2990     NEXT J%
3000 NEXT K%
3010 '
3020 CLOSE #11
3030 NEXT I%
3040 CLOSE
3050 '
3060 CHAIN "AER005.BAS", 10
3070 '
3080 '
3090 END
3100 '
3110 ' *** ARCHIVOS ***
3120 '
3130 '     *** Archivo #2:
3140 OPEN "AE0002.DAT" AS #2 LEN=5
3150 FIELD #2, 5 AS D1$

```

```

3160 RETURN
3170 '
3180 GET #2,R2%
3190 DG% = D1%
3200 RETURN
3210 '
3220 LSET D1% = DG%
3230 FUT #2,R2%
3240 RETURN
3250 '
3260 '      *** Archivo #3:
3270 OPEN "AE0003.DAT" AS #3 LEN=10
3280 FIELD #3, 5 AS N1%, 5 AS N2%
3290 RETURN
3300 '
3310 GET #3,R3%
3320 NI% = CVI(N1%)
3330 NF% = CVI(N2%)
3340 RETURN
3350 '
3360 LSET N1% = MKI%(NI%)
3370 LSET N2% = MKI%(NF%)
3380 PUT #3,R3%
3390 RETURN
3400 '
3410 '      *** Archivo #4:
3420 OPEN "AE0004.DAT" AS #4 LEN=50
3430 FIELD #4, 10 AS I1%, 10 AS EE%, 10 AS AA%, 10 AS W1%, 10 AS U2%
3440 RETURN
3450 '
3460 GET #4,R4%
3470 I1% = CVD(I1%)
3480 EE% = CVD(EE%)
3490 AA% = CVD(AA%)
3500 W1% = CVD(W1%)
3510 U2% = CVD(U2%)
3520 RETURN
3530 '
3540 LSET I1% = MKD%(I1%)
3550 LSET EE% = MKD%(EE%)
3560 LSET AA% = MKD%(AA%)
3570 LSET W1% = MKD%(W1%)
3580 LSET U2% = MKD%(U2%)
3590 PUT #4,R4%
3600 RETURN

```

```
3610 '
3620 '      *** Archivo #5:
3630 OPEN "AE0005.DAT" AS #5 LEN=30
3640 FIELD #5, 10 AS PE$, 10 AS SU$, 10 AS AL$
3650 RETURN
3660 '
3670 GET #5,R5%
3680 PE# = CVD(PE$)
3690 SU# = CVD(SU$)
3700 AL# = CVD(AL$)
3710 RETURN
3720 '
3730 LSET PE$ = MKD$(PE#)
3740 LSET SU$ = MKD$(SU#)
3750 LSET AL$ = MKD$(AL#)
3760 PUT #5,R5%
3770 RETURN
3780 '
3790 '      *** Archivo #6:
3800 OPEN "AE0006.DAT" AS #6 LEN=20
3810 FIELD #6, 10 AS X$, 10 AS Y$
3820 RETURN
3830 '
3840 GET #6,R6%
3850 X# = CVD(X$)
3860 Y# = CVD(Y$)
3870 RETURN
3880 '
3890 LSET X$ = MKD$(X#)
3900 LSET Y$ = MKD$(Y#)
3910 PUT #6,R6%
3920 RETURN
3930 '
3940 '      *** Archivo #7
3950 OPEN NF$ AS #7 LEN = 4
3960 FIELD #7, 1 AS XE$, 3 AS TI$
3970 RETURN
3980 '
3990 GET #7,R7%
4000 EX$ = XE$
4010 TI% = CVD(TI$)
4020 RETURN
4030 '
4040 LSET XE$ = EX$
4050 LSET TI$ = MKI$(TI%)
```

```
4050 PUT #7,R7%
4070 RETURN
4080 '
4090 '   *** Archivo #8
4100 OPEN "AE0008.DAT" AS #8 LEN = 3
4110 FIELD #8, 3 AS NC$
4120 RETURN
4130 '
4140 GET #8,R8%
4150 NC% = CVI(NC$)
4160 RETURN
4170 '
4180 LSET NC$ = MKI$(NC%)
4190 PUT #8,R8%
4200 RETURN
4210 '
4220 '   *** Archivo #9
4230 OPEN ND$ AS #9 LEN = 15
4240 FIELD #9, 15 AS F$
4250 RETURN
4260 '
4270 GET #9,R9%
4280 F# = CVD(F$)
4290 RETURN
4300 '
4310 LSET F$ = MKD$(F#)
4320 PUT #9,R9%
4330 RETURN
4340 '
4350 '   *** Archivo #10
4360 OPEN NA$ AS #10 LEN = 15
4370 FIELD #10, 15 AS K$
4380 RETURN
4390 '
4400 GET #10,R10%
4410 K# = CVD(K$)
4420 RETURN
4430 '
4440 LSET K$ = MKD$(K#)
4450 PUT #10,R10%
4460 RETURN
4470 '
4480 '   *** Archivo #11
4490 OPEN NE$ AS #11 LEN = 15
4500 FIELD #11, 15 AS KL$
```

4510 RETURN
4520 '
4530 GET #11,R11%
4540 KL# = CVD(KL%)
4550 RETURN
4560 '
4570 LSET KL% = MFD\$(KL#)
4580 PUT #11,R11%
4590 RETURN
4600 '
4610 '
4620 ' *** TITULOS ***
4630 '
4640 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES " : COLOR 7,0
4650 RETURN

ANALISIS DE ESTRUCTURA


```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa      : AER005.BAS
40 '
50 ' Objetivo      : Analisis estructural
60 '               : Condensación estática
70 '               :
80 '
90 ' Archivos      : AE0002.DAT , Datos generales
100 '             : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
110 '             : AE0004.DAT , Elementos tipo
120 '             : AE0005.DAT , Datos de la estructura
130 '             : AE0006.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
140 '             : AE0008.DAT , Nudos para condensación estática
150 '             : F?.DAT , Vector de fuerzas marco ?
160 '             : R?.DAT , Matriz de rigidez marco ?
170 '             : K?.DAT , Matriz de rigidez para condensar
180 '             : MARCO?.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
190 '
200 ' =====
210 '
220 '
230 CLS : GOSUB 3500
240 COLOR 7,3 : PRINT "      CONDENSACION ESTATICA
      " : COLOR 7,0

250 '
260 ' *** Lectura de datos archivo #2
270 GOSUB 2070
280 R2% = 1 : GOSUB 2120 : NP% = INT(VAL(DG#)) : 'Numero de niveles
290 R2% = 5 : GOSUB 2120 : NM% = INT(VAL(DG#)) : 'Numero de marco
300 R2% = 6 : GOSUB 2120 : NN% = INT(VAL(DG#)) : 'Numero de niveles
310 R2% = 7 : GOSUB 2120 : NA% = INT(VAL(DG#)) : 'Numero de apoyos
320 CLOSE #2
330 '
340 ' *** DIMENSION DE VARIABLES ***
350 '
360 DIM K(NN% + 3, NN% + 3) : 'Matriz de rigidez
370 DIM KL(NP%, NP%) : 'Matriz condensada
380 DIM KT(NP%, NP%) : 'Matriz condensada total
390 DIM A(NP%, NN% + 3 - NP%) : 'Matriz [kdf]
400 DIM C(NP%, NP%) : 'E#A#L
410 DIM B(NP%, NN% + 3 - NP%) : 'A#K
420 '
430 '
440 ' ***** CONDENSACION *****
450 '

```

```

460 '** Para cada marco
470 FOR I% = 1 TO NM%
480 '
490 LOCATE 8,15 : PRINT STRING$(70,32)
500 LOCATE 10,15 : PRINT STRING$(70,32)
510 LOCATE 6,15 : PRINT "Marco ";:COLOR 7,5: PRINT I% : COLOR 7,0
520 '
530 '** Lectura de la matriz de rigidez modificada
540 MM% = STR$(I%) : M% = LEN (MM%)
550 NE% = "K" + MID$(MM%,2,M%) + ".DAT"
560 GOSUB 3430 : 'Archivo #11
570 '
580 '*** Acomodo en la matriz [K]
590 J% = 0 : 'Registro de lectura
600 FOR K% = 1 TO NN% + 3
610     FOR L% = 1 TO NN% + 3
620         J% = J% + 1
630         R11% = J% : GOSUB 3470 : 'Lectura
640         K(K%,L%) = KL#
650     NEXT L%
660 NEXT K%
670 CLOSE #11
680 '
690 ' *** INVERSION DE LA MATRIZ [Kff] ***
700 '
710 LOCATE 8,17 : COLOR 15,5 : PRINT " CALCULANDO LA INVERSA DE LA MATRIZ
DE RIGIDEZ " : COLOR 7,0
720 LOCATE 10,17 : COLOR 7,0 : PRINT "
" : COLOR 7,0
730 '
740 FOR LZ = 1 TO (NN%+3)-NP%
750     FOR MZ = 1 TO (NN%+3)-NP%
760 '
770         IF MZ = LZ THEN 800
780         K(LZ,MZ) = K(LZ,MZ) / K(LZ,LZ)
790 '
800     NEXT MZ
810     K(LZ,LZ) = 1 / K(LZ,LZ)
820     FOR NZ = 1 TO (NN%+3)-NP%
830 '
840         IF NZ = LZ THEN 930
850         FOR MZ = 1 TO (NN%+3)-NP%
860 '
870             IF MZ = LZ THEN 900
880             K(NZ,MZ) = K(NZ,MZ) - K(NZ,LZ) * K(LZ,MZ)
890 '
900         NEXT MZ

```

```

910          K(NZ,LZ) = -K(NZ,LZ) + K(LZ,LZ)
920
930      NEXT NZ
940  NEXT LZ
950
960
970  ' *** Asignación [A] = [Kdf] ***
980
990  FOR LZ = (NNZ + 3 - NPZ + 1) TO (NNZ + 3)
1000      FOR MZ = 1 TO (NNZ + 3 - NPZ)
1010
1020          A(LZ - (NNZ+3 - NPZ),MZ) = K(LZ,MZ)
1030
1040      NEXT MZ
1050  NEXT LZ
1060
1070  ' *** Multiplicación de [A]+[K] = [B] ***
1080
1090  FOR LZ = 1 TO NPZ
1100      FOR MZ = 1 TO (NNZ+3 - NPZ)
1110
1120          D = 0
1130
1140              FOR FZ = 1 TO (NNZ+3 - NPZ)
1150
1160                  C = A(LZ,FZ) + K(FZ,MZ)
1170                  D = D + C
1180
1190              NEXT FZ
1200          B(LZ,MZ) = D
1210      NEXT MZ
1220  NEXT LZ
1230
1240  ' *** Multiplicación de [B] + [A]t = [C] ***
1250
1260  FOR LZ = 1 TO NPZ
1270      FOR MZ = 1 TO NPZ
1280
1290          D = 0
1300
1310              FOR FZ = 1 TO (NNZ+3 - NPZ)
1320
1330                  C = B(LZ,FZ) + A(FZ,MZ)
1340                  D = D + C
1350
1360              NEXT FZ

```

```

1360
1370          C(LX,MX) = D
1380      NEXT MX
1390  NEXT LX
1400  '
1410  ' *** Calculo de [K1] ***
1420  '
1430  LOCATE 10,17 : COLOR 15,5 : PRINT "          CALCULANDO DE LA MATRIZ CONDEN
SADA      " : COLOR 7,0
1440  LOCATE 8,17 : COLOR 7,0 : PRINT "
      " : COLOR 7,0
1450  '
1460  FOR LX = 1 TO NPX
1470      FOR MX = 1 TO NPX
1480          '
1490          KL(LX,MX) = K(LX+(NPX*3-NPX),MX+(NPX*3-NPX)) - C(LX,MX)
1500          '
1510      NEXT MX
1520  NEXT LX
1530  '
1540  ' *** Sumatoria de [K1] = [K1] ***
1550  '
1560  FOR LX = 1 TO NPX
1570      FOR MX = 1 TO NPX
1580          '
1590          KT(LX,MX) = KT(LX,MX) + KL(LX,MX)
1600          '
1610      NEXT MX
1620  NEXT LX
1630  '
1640  ' *** Borrado de archivo #11 (k?.dat) ***
1650  '
1660  ' KILL NE$
1670  '
1680  ' *** Escritura en archivo # 11 (k1?.dat) ***
1690  '
1700  MM$ = STR$(IX) : M% = LEN (MM$)
1710  NE$ = "K1" + MID$(MM$,2,M%) + ".DAT"
1720  GOSUB 3430
1730  '
1740  J% = 0
1750  FOR LX = 1 TO NPX
1760      FOR MX = 1 TO NPX
1770          J% = J% + 1
1780          KL# = KL(LX,MX)
1790          R11% = J% : GOSUB 3510 : 'Escritura
1800      NEXT MX

```

```

1810 NEXT LZ
1820 '
1830 CLOSE #11
1840 NEXT IZ
1850 '
1860 ' *** Escritura en archivo #11 (KItotal) ***
1870 '
1880 NE$ = "KITOTAL.DAT"
1890 GOSUB 3430
1900 '
1910 JZ = 0
1920 FOR LZ = 1 TO NFZ
1930 FOR MZ = 1 TO NPZ
1940 JZ = JZ + 1
1950 KL$ = AT(LZ,MZ)
1960 R11Z = JZ : GOSUB 3510 : 'Escritura
1970 NEXT MZ
1980 NEXT LZ
1990 '
2000 CLOSE #11
2010 '
2020 CHAIN "AER000.EAS",10
2030 '
2040 END
2050 ' *** ARCHIVOS ***
2060 '
2070 ' *** Archivo #2:
2080 OPEN "AER0002.DAT" AS #2 LEN=5
2090 FIELD #2, 5 AS D1$
2100 RETURN
2110 '
2120 GET #2,R2Z
2130 DG$ = D1$
2140 RETURN
2150 '
2160 LSET D1$ = DG$
2170 PUT #2,R2Z
2180 RETURN
2190 '
2200 ' *** Archivo #3:
2210 OPEN "AER0003.DAT" AS #3 LEN=10
2220 FIELD #3, 5 AS M1$, 5 AS N2$
2230 RETURN
2240 '
2250 GET #3,R3Z

```

```
2260 N1% = CVI(N1%)
2270 N2% = CVI(N2%)
2280 RETURN
2290 '
2300 LSET N1% = MKI%(N1%)
2310 LSET N2% = MKI%(N2%)
2320 PUT #3,R3%
2330 RETURN
2340 '
2350 '      *** Archivo #4:
2360 OPEN "AE0004.DAT" AS #4 LEN=50
2370 FIELD #4, 10 AS I1%, 10 AS EE%, 10 AS AA%, 10 AS W1%, 10 AS W2%
2380 RETURN
2390 '
2400 GET #4,R4%
2410 I1% = CVD(I1%)
2420 EE% = CVD(EE%)
2430 AA% = CVD(AA%)
2440 W1% = CVD(W1%)
2450 W2% = CVD(W2%)
2460 RETURN
2470 '
2480 LSET I1% = MKD%(I1%)
2490 LSET EE% = MKD%(EE%)
2500 LSET AA% = MKD%(AA%)
2510 LSET W1% = MKD%(W1%)
2520 LSET W2% = MKD%(W2%)
2530 PUT #4,R4%
2540 RETURN
2550 '
2560 '      *** Archivo #5:
2570 OPEN "AE0005.DAT" AS #5 LEN=30
2580 FIELD #5, 10 AS PE%, 10 AS SU%, 10 AS AL%
2590 RETURN
2600 '
2610 GET #5,R5%
2620 PE% = CVD(PE%)
2630 SU% = CVD(SU%)
2640 AL% = CVD(AL%)
2650 RETURN
2660 '
2670 LSET PE% = MKD%(PE%)
2680 LSET SU% = MKD%(SU%)
2690 LSET AL% = MKD%(AL%)
2700 PUT #5,R5%
```

```
2710 RETURN
2720 '
2730 '      *** Archivo #6:
2740 OPEN "AE0006.DAT" AS #6 LEN=20
2750 FIELD #6, 10 AS X$, 10 AS Y$
2760 RETURN
2770 '
2780 GET #6,R6%
2790 X# = CVD(X$)
2800 Y# = CVD(Y$)
2810 RETURN
2820 '
2830 LSET X$ = MKD$(X#)
2840 LSET Y$ = MKD$(Y#)
2850 PUT #6,R6%
2860 RETURN
2870 '
2880 '      *** Archivo #7
2890 OPEN #6 AS #7 LEN = 4
2900 FIELD #7, 1 AS X$, 3 AS TI$
2910 RETURN
2920 '
2930 GET #7,R7%
2940 X$ = X$
2950 TI% = CVD(TI$)
2960 RETURN
2970 '
2980 LSET X$ = X$
2990 LSET TI$ = MKI$(TI%)
3000 PUT #7,R7%
3010 RETURN
3020 '
3030 '      *** Archivo #8
3040 OPEN "AE0008.DAT" AS #8 LEN = 3
3050 FIELD #8, 3 AS NC$
3060 RETURN
3070 '
3080 GET #8,R8%
3090 NC% = CVD(NC$)
3100 RETURN
3110 '
3120 LSET NC$ = MKI$(NC%)
3130 PUT #8,R8%
3140 RETURN
3150
```

3160 ' *** Archivo #9
3170 OPEN ND\$ AS #9 LEN = 15
3180 FIELD #9, 15 AS F\$
3190 RETURN

3200 '
3210 GET #9,R9\$
3220 F# = CVD(F\$)
3230 RETURN

3240 '
3250 LSET F\$ = MKD\$(F#)
3260 PUT #9,R9\$
3270 RETURN

3280 '
3290 ' *** Archivo #10
3300 OPEN NA\$ AS #10 LEN = 15
3310 FIELD #10, 15 AS K\$
3320 RETURN

3330 '
3340 GET #10,R10\$
3350 K# = CVD(K\$)
3360 RETURN

3370 '
3380 LSET K\$ = MKD\$(K#)
3390 PUT #10,R10\$
3400 RETURN

3410 '
3420 ' *** Archivo #11
3430 OPEN NE\$ AS #11 LEN = 15
3440 FIELD #11, 15 AS KL\$
3450 RETURN

3460 '
3470 GET #11,R11\$
3480 KL# = CVD(KL\$)
3490 RETURN

3500 '
3510 LSET KL\$ = MKD\$(KL#)
3520 PUT #11,R11\$
3530 RETURN

3540 '
3550 '
3560 ' **** TITULOS ****
3570 '

3580 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES " : COLOR 7,0
3590 RETURN

ANALISIS DE ESTRUCTURA


```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa : AER006.BAS
40 '
50 ' Objetivo : Analisis estructural
60 ' : Cálculo de fuerzas sísmicas totales
70 ' :
80 '
90 ' Archivos : AE0002.DAT , Datos generales
100 ' : AE0005.DAT , Datos de la estructura
110 ' : K1TOTAL.DAT , Matriz condensada total
120 ' : Dtotal.DAT , Vector de Desplazamientos totales
130 '
140 ' =====
150 '
160 '
170 CLS : GOSUB 4400
180 COLOR 7,3 : PRINT " FUERZAS SISMICAS TOTALES
" : COLOR 7,0
190 '
200 '
210 ' *** Lectura de datos archivo #2
220 GOSUB 3930
230 R2% = 1 : GOSUB 3930 : NP% = VAL(INT(DG%)) : 'Numero de niveles
240 R2% = 2 : GOSUB 3930 : Z% = DG% : 'Zona sísmica
250 R2% = 3 : GOSUB 3930 : RG% = DG% : 'Grupo
260 R2% = 4 : GOSUB 3930 : Q% = VAL(DG%) : 'Fact. Ductilidad
270 CLOSE #2
280 '
290 ' *** Dimension de arreglos ***
300 '
310 DIM A(NP%,NP%+1) : 'Matriz de rigidez condensada total
320 DIM B(NP%) : 'Vector de Peso/gravedad por nivel
330 DIM U(NP%,NP%) : ' Matriz de rotación
340 DIM C(NP%) : ' 1 / SQR (B(I))
350 DIM D(NP%,NP%) : ' Matriz de modos de vibración
360 DIM E(NP%,NP%) : ' Matriz de modos de vibración normalizada
370 '
380 ' *** Lectura de K1 total
390 '
400 NE% = "K1TOTAL.DAT"
410 GOSUB 4250 : 'Archivo No. 11
420 '
430 S% = 0 : 'Contador de datos
440 FOR I% = 1 TO NP%
450 FOR J% = 1 TO NP%

```

```

460          S% = S% + 1
470          R11% = S% : GOSUB 4290 : 'Lectura
480          A(I%,J%) = KL#
490      NEXT J%
500 NEXT I%
510 CLOSE # 11
520 '
530 ' *** Lectura datos de la estructura
540 GOSUB 4080 : 'Archivo #5
550 '
560 FOR I% = 1 TO NP%
570     R5% = I% : GOSUB 4120 : 'Lectura
580     B(I%) = (PE# * SUM) / 981
590     C(I%) = 1 / ( SQR(B(I%)) )
600 NEXT I%
610 CLOSE #5
620 '
630 ' *** Constantes
640 S1 = 6
650 Z = 2 * S1 : T1 = 1/(10^Z)
660 R = 5 * (NP% ^ 2) : R1 = 0 : T2 = .1
670 N1 = NP% - 1
680 GOSUB 2630
690 '
700 ' *** Desplazamientos ***
710 FOR I% = 1 TO NP%
720     FOR J% = 1 TO NP%
730         D(I%,J%) = C(I%) * U(I%,J%)
740     NEXT J%
750 NEXT I%
760 '
770 ' *** Normalización
780 FOR I% = 1 TO NP%
790     FOR J% = 1 TO NP%
800         E(I%,J%) = D(( NP%+1)-J%,I%)/D(NP%,I%)
810     NEXT J%
820 NEXT I%
830 '
840 ' *** Calculo de Frecuencias ***
850 '
860 ' Las frecuencias al cuadrado se encuentran
870 ' almacenadas en el arreglo B(I%).
880 '
890 '
900 ' *** Metodo dinamico (Reglamento D.D.F.)

```

```

910 '
920 '
930 FOR M% = 1 TO NP%
940 '
950 T = 6.28318553# / (B(M%)*(1/2))
960 '
970 IF Z% = "I" " OR Z% = "1" THEN 1020
980 IF Z% = "II" " OR Z% = "11" THEN 1090
990 IF Z% = "III" " OR Z% = "111" THEN 1160
1000 GOTO 1230
1010 '
1020 C = .24
1030 TA = .2
1040 TB = 6
1050 R = 1/2
1060 IF RG% = "B" " OR RG% = "b" " THEN C = .16
1070 GOTO 1300
1080 '
1090 C = .48
1100 TA = .3
1110 TB = 1.5
1120 R = 2/3
1130 IF RG% = "B" " OR RG% = "b" " THEN C = .32
1140 GOTO 1300
1150 '
1160 C = .6
1170 TA = .6
1180 TB = 3.9
1190 R = 1
1200 IF RG% = "B" " OR RG% = "b" " THEN C = .4
1210 GOTO 1300
1220 '
1230 '
1240 LOCATE 5,5 : INPUT "Zona Sismica (I, II o III) : ";Z%
1250 DG% = Z% : GOSUB 3930 : 'ARCHIVO #2
1260 RZ% = 2 : GOSUB 4020 : 'Escritura archivo #2
1270 CLOSE #2
1280 GOTO 970
1290 '
1300 ' *** Cálculo de ao ***
1310 '
1320 A = C
1330 IF T < TA THEN A = ((1 + (3*T/TA))*C)/4
1340 IF T > TB THEN A = C * ((TB / T) * R)
1350 A = A + (.981)

```

```

1360      '
1370      IF T >= TA THEN Q1# = Q#
1380      IF T < TA THEN Q1# = 1 + (T/TA)*(Q#-1)
1390      A = A/Q1#
1400      '
1410      '
1420      ' **** Cálculo de CC ****
1430      '
1440      ' *** Lectura datos de la estructura
1450      GOSUB 4050 : 'Archivo #5
1460      '
1470      ALT# = 0
1480      FOR J% = 1 TO NP%
1490          RS% = J% : GOSUB 4120 : 'Lectura
1500          D = D + (E(M%,J%) * FE# * SUM / 981)
1510          E = E + (E(M%,J%)^2 * FE# * SUM / 981)
1520      NEXT J%
1530      CLOSE #5
1540      CC = D/E
1550      '
1560      ' **** Cálculo de (X)max. ****
1570      FOR J% = 1 TO NP%
1580          C(J%) = (A + CC / (B(M%,J%)) * E(M%,J%)
1590      NEXT J%
1600      '
1610      ' ** Cálculo de Fuerzas, por modo Solución de (F) = [Ktotal] * (D) **
1620      '
1630      ' *** Lectura de K total
1640      NE% = "KITOTAL.DAT"
1650      GOSUB 4250 : 'Archivo No. 11
1660      S% = 0 : 'Contador de datos
1670      FOR I% = 1 TO NP%
1680          FOR J% = 1 TO NF%
1690              S% = S% + 1
1700              R11% = S% : GOSUB 4290 : 'Lectura
1710              A(I%,J%) = IL#
1720          NEXT J%
1730      NEXT I%
1740      CLOSE #11
1750      '
1760      FOR L% = 1 TO NP%
1770          G = 0
1780          FOR N% = 1 TO NP%
1790              F = A(L%,N%) * C(N%)
1800              G = G + F

```

```

1810         NEXT K%
1820         D(L%,M%) = 0
1830         D(L%,M%) = G
1840     .NEXT L%
1850 NEXT M%
1860 '
1870 ' ***** Cálculo de Fuerzas totales *****
1880 '
1890 FOR I% = 1 TO NP%
1900     FOR J% = 1 TO NP%
1910         A(I%,I%+1) = A(I%,NP%+1) + D(I%,J%)^2
1920     NEXT J%
1930 NEXT I%
1940 '
1950 FOR I% = 1 TO NP%
1960     A(I%,NP%+1) = ( SQR ( A(I%,NP%+1))) )
1970 NEXT I%
1980 '
1990 ' ***** Cálculo de desplazamientos totales *****
2000 '
2010 FOR J% = 1 TO NP%
2020     FOR I% = J% TO NP%
2030         IF A(I%,J%) <> 0 THEN 2050
2040     NEXT I%
2050 '
2060 LOCATE 8,17 : COLOR 15,4 : PRINT " INESTALBE " : COLOR 7,0
2070 ' chain "AER001.bas",370
2080 '
2090     FOR K% = 1 TO NP% + 1
2100         X = A(J%,K%)
2110         A(J%,K%) = A(I%,K%)
2120         A(I%,K%) = X
2130     NEXT K%
2140     Y = 1 / A(J%,J%)
2150     FOR K% = 1 TO NP% + 1
2160         A(J%,K%) = Y + A(J%,K%)
2170     NEXT K%
2180     FOR I% = 1 TO NP%
2190         IF I% = J% THEN 2240
2200         Y = - A(I%,J%)
2210         FOR K% = 1 TO NP% + 1
2220             A(I%,K%) = A(I%,K%) + (Y * A(J%,K%))
2230         NEXT K%
2240     NEXT I%
2250 NEXT J%

```

```

2260 '
2270 ' **** Comparacion de Desplazamientos -> Reglamento D.D.F. ****
2280 '
2290 H = 5 ; 'Posicion del renglon inicial
2300 GOSUB 4080 : 'Archivo #5
2310 FOR J% = 1 TO NP%
2320   R5% = J% : GOSUB 4120 : 'Lectura
2330   '
2340   '
2350   IF (AL#41.2) >= (A(J%,NP%+1)-A(J%-1,NP%+1))*Q# THEN 2400
2360   GOTO 2370
2370   LOCATE H,10 : PRINT "Nivel ";J%;" no pasa por desplazamiento "
2380   IF H >= 15 THEN H = 4
2390   H = H + 1
2400 NEXT J%
2410 '
2420 ' **** Borrado de archivo ****
2430 NE$ = "KITOTAL.dat"
2440 '   kill ne$
2450 '
2460 '
2470 ' **** Escritura de desplazamientos en archivo #11 ****
2480 '
2490 NE$ = "Dtotal.DAT"
2500 GOSUB 4250 : 'Archivo #11
2510 FOR I% = 1 TO NP%
2520   K1% = A(I%,NP%+1)
2530   R11% = I% : GOSUB 4330 : 'Escritura en archivo
2540 NEXT I%
2550 CLOSE #11
2560 '
2570 '
2580 CHAIN "AERO07.EAS"
2590 '
2600 GOTO 3890 : 'End
2610 '
2620 '
2630 GOSUB 2770
2640 GOSUB 2960
2650 IF X1 < T1 THEN 2740
2660 IF R1 > R THEN 2700
2670 T2 = .1 * X1
2680 GOTO 2640
2690 '
2700 LOCATE 8,17 : COLOR 15,5 : PRINT " ERROR no converge " : COLOR 7,0

```

```

2710 LOCATE 9,17 : COLOT 7,0 : INPUT "Pulsa RETURN para continuar "
2720 ' CHAIN aer001",370
2730 STOP
2740 GOSUB 3590
2750 RETURN
2760 '
2770 FOR I% = 1 TO NP%
2780     FOR J% = 1 TO NP%
2790         U(I%,J%) = 0
2800     NEXT J%
2810     U(I%,I%) = 1
2820 NEXT I%
2830 '
2840 FOR I% = 1 TO NP%
2850     B1 = SQR (B(I%))
2860     B(I%) = 1/B1
2870 NEXT I%
2880 '
2890 FOR I% = 1 TO NP%
2900     FOR J% = 1 TO NP%
2910         A(I%,J%) = B(I%) * A(I%,J%) * B(J%)
2920     NEXT J%
2930 NEXT I%
2940 RETURN
2950 '
2960 X1 = 0
2970 FOR K% = 1 TO N1
2980     K1% = K% + 1
2990     FOR L% = K1% TO NP%
3000         A1 = A(K%,K%)
3010         A2 = A(K%,L%)
3020         A3 = A(L%,L%)
3030         X = A2 * A2 / (A1 + A3)
3040         IF X > X1 THEN 3070
3050         GOTO 3080
3060     '
3070     X1 = X
3080     IF X < T2 THEN 3550
3090     R1 = R1 + 1
3100     IF A1 = A3 THEN 3160
3110     Z = .5 * (A1 - A3) / A2
3120     Z1 = 1 + 1/(Z^2)
3130     T = -Z * (1 + SQR (Z1))
3140     GOTO 3170
3150     '

```

```

3160      T = 1
3170      C = 1 / SQRT(1 + T^2)
3180      S = C * T
3190      S2 = S^2
3200      C2 = C^2
3210      A(KX,LX) = 0
3220      A0 = 2 * A2 * C * S
3230      A(KX,KX) = A1 * C2 + A0 + A3 * S2
3240      A(LX,LX) = A1 * S2 - A0 + A3 * C2
3250      '
3260      FOR IX = 1 TO NPX
3270          IF IX < KX THEN 3310
3280          IF IX > KX THEN 3360
3290          GOTO 3490
3300          '
3310          A0 = A(IX,KX)
3320          A(IX,KX) = C * A0 + S * A(IX,LX)
3330          A(IX,LX) = -S * A0 + C * A(IX,LX)
3340          GOTO 3490
3350          '
3360          IF IX < LX THEN 3400
3370          IF IX > LX THEN 3450
3380          GOTO 3490
3390          '
3400          A0 = A(KX,IX)
3410          A(KX,IX) = C * A0 + S * A(IX,LX)
3420          A(IX,LX) = -S * A0 + C * A(IX,LX)
3430          GOTO 3490
3440          '
3450          A0 = A(KX,IX)
3460          A(KX,IX) = C * A0 + S * A(LX,IX)
3470          A(LX,IX) = -S * A0 + C * A(LX,IX)
3480          '
3490      NEXT IX
3500      FOR IX = 1 TO NPX
3510          U0 = U(IX,KX)
3520          U(IX,KX) = C * U0 + S * U(IX,LX)
3530          U(IX,LX) = -S * U0 + C * U(IX,LX)
3540      NEXT IX
3550      NEXT LX
3560      NEXT IY
3570      RETURN
3580      '
3590      FOR IX = 1 TO NX
3600          FOR JX = 1 TO NPX

```



```

3610          U(I%,J%) = U(I%,J%) * B(I%)
3620      NEXT J%
3630 NEXT I%
3640 '
3650 FOR I% = 1 TO NP%
3660     S(I%) = A(I%,I%)
3670 NEXT I%
3680 '
3690 FOR I% = 1 TO NI
3700     I1 = I% + 1
3710     Z = E(I%)
3720     M% = I%
3730     FOR J% = INT(I1) TO NP%
3740         IF Z < B(J%) THEN 3770
3750             Z = E(J%)
3760             M% = J%
3770     NEXT J%
3780     B(M%) = E(I%)
3790     B(I%) = Z
3800     FOR J% = 1 TO NP%
3810         Z = U(J%,I%)
3820         U(J%,I%) = U(J%,M%)
3830         U(J%,M%) = Z
3840     NEXT J%
3850 NEXT I%
3860 RETURN
3870 '
3880 '
3890 END
3900 ' *** ARCHIVOS ***
3910 '
3920 '
3930 '     *** Archivo #2:
3940 OPEN "AE0002.DAT" AS #2 LEN=5
3950 FIELD #2, 5 AS D1$
3960 RETURN
3970 '
3980     GET #2,R2%
3990     DG$ = D1$
4000 RETURN
4010 '
4020     LSET D1$ = DG$
4030     PUT #2,R2%
4040 RETURN
4050 '

```

```

4060 '
4070 '      *** Archivo #5:
4080 OPEN "AE0005.DAT" AS #5 LEN=30
4090 FIELD #5, 10 AS FE$, 10 AS SU$, 10 AS AL$
4100 RETURN
4110 '
4120 GET #5,R5%
4130 FE$ = CVD(FE$)
4140 SU$ = CVD(SU$)
4150 AL$ = CVD(AL$)
4160 RETURN
4170 '
4180 LSET FE$ = MHD$(FE$)
4190 LSET SU$ = MHD$(SU$)
4200 LSET AL$ = MHD$(AL$)
4210 PUT #5,R5%
4220 RETURN
4230 '
4240 '      *** Archivo #11
4250 OPEN NE$ AS #11 LEN = 15
4260 FIELD #11, 15 AS IL$
4270 RETURN
4280 '
4290 GET #11,R11%
4300 NL$ = CVD(NL$)
4310 RETURN
4320 '
4330 LSET NL$ = MHD$(NL$)
4340 PUT #11,R11%
4350 RETURN
4360 '
4370 '
4380 '      *** TITULOS ***
4390 '
4400 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES
" : COLOR 7,0
4410 RETURN

```

ANALISIS DE ESTRUCTURA

```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa : AER007.BAS
40 '
50 ' Objetivo : Analisis estructural
60 ' : Calculo de fuerzas horizontales para cada
70 ' : marco.
80 '
90 ' Archivos : AE0002.DAT , Datos generales
100 ' : AE0003.DAT , Nudos para condensacion estatica
110 ' : F?.DAT , Vector de fuerzas marco ?
120 ' : R?.DAT , Matriz de rigidez marco ?
130 ' : K1?.DAT , Matriz rigidez condensada marco ?
140 ' : Dtotal.DAT , Vector desplazamientos totales
150 '
160 ' =====
170 '
180 '
190 CLS : GOSUB 1610
200 '
210 ' *** Lectura de datos archivo #2
220 GOSUB 1060
230 R2% = 1 : GOSUB 1110 : NP% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de niveles
240 R2% = 5 : GOSUB 1110 : NM% = INT(VAL(DG$)) : 'Numero de marco
250 CLOSE #2
260 '
270 '
280 '
290 COLOR 7,3 : PRINT " FUERZAS HORIZONTALES PARA CADA MARCO
" : COLOR 7,0
300 '
310 '
320 ' **** Dimension de variables ****
330 '
340 DIM A(NP%,NP%) : 'Matriz de rigidez condensada de cada marco
350 DIM D(NP%) : 'Vector de desplazamientos totales
360 DIM B(NP%) : 'Vector de fuerzas de cada marco
370 '
380 ' **** Lectura de desplazamientos archivo #11 ****
390 '
400 NE# = "Dtotal.DAT" : GOSUB 1460 : 'Archivo #11
410 FOR I% = 1 TO NP%
420 R1I% = I% : GOSUB 1500 : 'Lectura
430 D(I%) = KL#
440 NEXT I%
450 CLOSE #11

```

```

460 '
470 ' *** CALCULO DE FUERZAS HORIZONTALES P/CADA MARCO ***
480 '
490 FOR I1% = 1 TO NM%
500 '
510 ' *** Preparacion de archivos
520 MM% = STR$(I1%) : M1% = LEN(MM%)
530 ND% = "F" + MID$(MM%,2,M1%) + ".DAT"
540 NE% = "K1" + MID$(MM%,2,M1%) + ".DAT"
550 '
560 LOCATE 5,19 : PRINT "Marco No. : "; COLOR 15,4 : PRINT I1% : COLOR 7,0
570 LOCATE 7,19 : COLOR 15,4 : PRINT "   CALCULO DE FUERZAS HORIZONTALES "
580 COLOR 7,0
590 '
600 ' *** Lectura de matriz de rigidez condensada
610 S% = 0 : 'Contador de registros
620 GOSUB 1460 : 'Archivo #11
630 FOR L% = 1 TO NP%
640     FOR M% = 1 TO NP%
650         S% = S% + 1
660         R11% = S% : GOSUB 1500 : 'Lectura
670         A(L%,M%) = NL%
680     NEXT M%
690 NEXT L%
700 CLOSE #11
710 '
720 ' *** Cálculo de [F] = [K] {D}
730 '
740 FOR I% = 1 TO NP%
750     D = 0
760     FOR K% = 1 TO NP%
770         C = A(I%,K%) * D(K%)
780         D = D + C
790     NEXT K%
800     B(I%) = D
810 NEXT I%
820 '
830 ' *** Almacenamiento en archivo de fuerzas
840 '
850 GOSUB 1200 : 'Archivo #8 (Nodos condensación)
860 GOSUB 1330 : 'Archivo #9 (Vector de fuerzas)
870 '
880 FOR I% = 1 TO NP%
890     R% = I% : GOSUB 1240 : 'Lectura archivo #8
900     S% = (NC% #3 - 2)

```

```

910
920          R% = S% : GOSUB 1370 : 'Lectura archivo #9
930          F# = B(I%) + F#
940          R% = S% : GOSUB 1410 : 'Escritura archivo #9
950      NEXT I%
960      CLOSE #8 : CLOSE #9
970
980 NEXT I1%
990 '
1000 CHAIN "AER008.BAS"
1010 '
1020 '
1030 END
1040 ' *** ARCHIVOS ***
1050 '
1060 '          *** Archivo #2:
1070 OPEN "AE0002.DAT" AS #2 LEN=5
1080 FIELD #2, 5 AS D1$
1090 RETURN
1100 '
1110     GET #2,R2%
1120     DG$ = D1$
1130 RETURN
1140 '
1150     LSET D1$ = DG$
1160     PUT #2,R2%
1170 RETURN
1180 '
1190 '          *** Archivo #8
1200 OPEN "AE0008.DAT" AS #8 LEN = 3
1210 FIELD #8, 3 AS NC$
1220 RETURN
1230 '
1240     GET #8,R8%
1250     NC% = CVI(NC$)
1260 RETURN
1270 '
1280     LSET NC% = MKI$(NC%)
1290     PUT #8,R8%
1300 RETURN
1310 '
1320 '          *** Archivo #9
1330 OPEN ND$ AS #9 LEN = 15
1340 FIELD #9, 15 AS F$
1350 RETURN

```

```
1360 '  
1370 GET #9,R9%  
1380 F# = CVD(F%)  
1390 RETURN  
1400 '  
1410 LSET F# = MKD$(F#)  
1420 PUT #9,R9%  
1430 RETURN  
1440 '  
1450 ' *** Archivo #11  
1460 OPEN NE$ AS #11 LEN = 15  
1470 FIELD #11, 15 AS KL$  
1480 RETURN  
1490 '  
1500 GET #11,R11%  
1510 KL# = CVD(KL%)  
1520 RETURN  
1530 '  
1540 LSET KL$ = M#D$(KL#)  
1550 PUT #11,R11%  
1560 RETURN  
1570 '  
1580 '  
1590 ' **** TITULOS ****  
1600 '  
1610 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "  
S RETICULARES " : COLOR 7,0  
1620 RETURN
```

ANALISIS DE ESTRUCTURA

```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa : AER008.BAS
40 '
50 ' Objetivo : Análisis estructural
60 ' : Solución de cada marco
70 '
80 ' Archivos : AE0002.DAT , Datos generales
90 ' : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
100 ' : AE0008.DAT , Nudos para condensación estática
110 ' : F?.DAT , Vector de fuerzas marco ?
120 ' : R?.DAT , Matriz de rigidez marco ?
130 ' : MARCO?.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
140 ' : DE?.DAT , Vector de desplazamientos marco ?
150 '
160 ' =====
170 '
180 '
190 CLS : GOSUB 3500
200 '
210 ' *** Lectura de datos archivo #2
220 GOSUB 2510
230 R2% = 5 : GOSUB 2560 : NM% = INT(VAL(DG%)) : 'Número de marco
240 R2% = 6 : GOSUB 2560 : NN% = INT(VAL(DG%)) : 'Número de niveles
250 R2% = 7 : GOSUB 2560 : NA% = INT(VAL(DG%)) : 'Número de apoyos
260 R2% = 8 : GOSUB 2560 : NEX = INT(VAL(DG%)) : 'Número de elementos
270 CLOSE #2
280 '
290 '
300 '
310 COLOR 7,3 : PRINT " SOLUCION DE CADA MARCO
" : COLOR 7,0
320 '
330 '
340 ' *** Dimension de variables ***
350 DIM K(NN% * 3, NN% * 3 + 1) : 'Matriz de rigidez del marco
360 DIM F(NN% * 3) : 'Vector de fuerzas del marco
370 DIM B$(NN%) : 'Existencia de nudos
380 DIM C1(NN%*3) : 'Vectores auxiliares
390 DIM C2(NN%*3) : 'Vectores auxiliares
400 DIM C3(NN%*3) : 'Vectores auxiliares
410 '
420 FOR I1% = 1 TO NM%
430 '
440 LOCATE 5,10 : PRINT "Marco : "; : COLOR 15,4 : PRINT I1% : COLOR 7,0
450 '

```

```

460 ' *** Arreglo de nombres de archivos ***
470 MM$ = STR$(I1) : M% = LEN(MM$)
480 NF$ = "MARCO" + MID$(MM$,2,M%) + ".DAT"
490 NA$ = "R" + MID$(MM$,2,M%) + ".DAT"
500 ND$ = "F" + MID$(MM$,2,M%) + ".DAT"
510 '
520 ' *** Preparacion arreglo de existencia de nudos
530 '
540 FOR I1 = 1 TO NN1
550 B$(I1) = "NO"
560 NEXT I1
570 '
580 ' *** Lectura de vector de fuerzas
590 '
600 GOSUB 3090 : 'Archivo #3
610 FOR I1 = 1 TO (NN1 * 3)
620 R1% = I1 : GOSUB 3130 : 'Lectura
630 F(I1) = F#
640 NEXT I1
650 CLOSE #3
660 '
670 ' *** Lectura de matriz [K]/marco
680 '
690 GOSUB 3220 : 'Archivo #10
700 J1 = 0 : 'Contador
710 FOR M1 = 1 TO (NN1 * 3)
720 FOR L1 = 1 TO (NN1 * 3)
730 J1 = J1 + 1
740 R10% = J1 : GOSUB 3260 : 'Lectura
750 K(M1,L1) = K#
760 NEXT L1
770 NEXT M1
780 CLOSE #10
790 '
800 ' *** Calculo de nudos existentes ***
810 '
820 S% = 0
830 GOSUB 2810 : 'Archivo #7
840 GOSUB 2850 : 'Archivo #3
850 '
860 FOR I1 = 1 TO NN1
870 '
880 R7% = I1 : GOSUB 2850 : 'Lectura archivo #7
890 IF EX$(R7) = "S" THEN 960
900 '

```



```

910      R% = I% : GOSUB 2690 : 'Lectura archivo #3
920      B$(NF%) = "S"
930      IF NIZ > NNZ THEN 960
940      B$(NIZ) = "S"
950
960  NEXT I%
970  CLOSE #7
980  CLOSE #3
990
1000  ' *** Acomodo de la matriz [K]
1010
1020  FOR I% = NNZ TO 1 STEP -1
1030      IF B$(I%) = "S" THEN 1630
1040
1050      ' *** Cambio de Columnas
1060      FOR K% = 1 TO (NNZ + 3)
1070          C1(K%) = K(K%,(I%+3-2))
1080          C2(K%) = K(K%,(I%+3-1))
1090          C3(K%) = K(K%,(I%+3-0))
1100
1110      NEXT K%
1120
1130      FOR J% = I% TO (NNZ -1)
1140          FOR K% = 1 TO (NNZ + 3)
1150              K(K%,(J%+3-2)) = K(I%,(J%+1)+3-2)
1160              K(K%,(J%+3-1)) = K(I%,(J%+1)+3-1)
1170              K(K%,(J%+3-0)) = K(I%,(J%+1)+3-0)
1180          NEXT K%
1190      NEXT J%
1200
1210      FOR K% = 1 TO (NNZ + 3)
1220          K(K%,(NNZ+3-2)) = C1(K%)
1230          K(K%,(NNZ+3-1)) = C2(K%)
1240          K(K%,(NNZ+3-0)) = C3(K%)
1250      NEXT K%
1260
1270      ' *** Cambio de renglones
1280      FOR K% = 1 TO (NNZ + 3)
1290          C1(K%) = K((I%+3-2),K%)
1300          C2(K%) = K((I%+3-1),K%)
1310          C3(K%) = K((I%+3-0),K%)
1320      NEXT K%
1330
1340      FOR J% = I% TO (NNZ -1)
1350          FOR K% = 1 TO (NNZ + 3)
              K((J%+3-2),K%) = K((J%+1)+3-2,K%)

```

```

1360                                     K((J%*3-1),K%) = K((J%+1)*3-1,K%)
1370                                     K((J%*3 ),K%) = K((J%+1)*3 ),K%)
1380                                     NEXT K%
1390     NEXT J%
1400     '
1410     FOR K% = 1 TO (NN% * 3)
1420         K((NN%*3-2),K%) = C1(K%)
1430         K((NN%*3-1),K%) = C2(K%)
1440         K((NN%*3 ),K%) = C3(K%)
1450     NEXT K%
1460     '
1470     ' *** Cambio de renglón Vector de fuerzas
1480     '
1490     C1 = F(I%*3-2)
1500     C2 = F(I%*3-1)
1510     C3 = F(I%*3 )
1520     '
1530     FOR K% = I% TO (NN% -1)
1540         F(K%*3-2) = F((K%+1)*3-2)
1550         F(K%*3-1) = F((K%+1)*3-1)
1560         F(K%*3 ) = F((K%+1)*3 )
1570     NEXT K%
1580     '
1590     F(NN%*3-2) = C1
1600     F(NN%*3-1) = C2
1610     F(NN%*3 ) = C3
1620     '
1630 NEXT I%
1640     '
1650     ' *** Cálculo de nudos existentes
1660     '
1670     S% = 0
1680     FOR I% = 1 TO NN%
1690         IF B$(I%) = "S" THEN S% = S% + 1
1700     NEXT I%
1710     '
1720     ' *** Acomodo del vector de fuerzas
1730     '
1740     N% = S% * 3
1750     FOR I% = 1 TO NN% * 3
1760         K(I%,N%+1) = F(I%)
1770     NEXT I%
1780     '
1790     ' *** Solucion de (F) = [K] (D)
1800     '

```

```

1810 FOR JZ = 1 TO NZ
1820
1830     FOR IZ = JZ TO NX
1840         IF K(IZ,JZ) <> 0 THEN 1910
1850     NEXT IZ
1860
1870     LOCATE 10,10 : PRINT "INESTABLE" ;
1880     INPUT " Return para continuar ",QQ$
1890     CHAIN "AER001.bas",370
1900
1910     FOR KZ = 1 TO (NZ + 1)
1920         X = K(JZ,KZ)
1930         K(JZ,KZ) = K(JZ,KZ)
1940         K(IZ,KZ) = X
1950     NEXT KZ
1960
1970     Y = 1 - K(JZ,JZ)
1980
1990     FOR IZ = 1 TO (NZ + 1)
2000         K(JZ,KZ) = Y + K(JZ,KZ)
2010     NEXT KZ
2020
2030     FOR IZ = 1 TO NZ
2040         IF IZ = JZ THEN 2110
2050         Y = - K(IZ,JZ)
2060
2070         FOR KZ = 1 TO (NZ + 1)
2080             K(IZ,KZ) = K(IZ,KZ) + Y + K(JZ,KZ)
2090         NEXT KZ
2100
2110     NEXT IZ
2120
2130 NEXT JZ
2140 *** Reacomodo de vector desplazamientos del marco X ***
2150
2160
2170 Jz = 0
2180 FOR IZ = 1 TO NZ
2190     IF E*(IZ) <> "S" THEN 2260
2200     JZ = JZ + 1
2210     C1(IZ+3-2) = K(JZ+3-2,NZ+1)
2220     C1(IZ+3-1) = K(JZ+3-1,NZ+1)
2230     C1(IZ+3 ) = K(JZ+3 ,NZ+1)
2240     GOTO 2300
2250

```

```

2260          C1(I%#3-2) = 0
2270          C1(I%#3-1) = 0
2280          C1(I%#3 ) = 0
2290      '
2300      NEXT I%
2310      '
2320      ' *** Escritura en archivo DM7.dat
2330      '
2340      N%$ = "DE" + MID$(M%$,2,M%) + ".dat"
2350      GOSUB 3350 : 'Archivo # 11
2360      '
2370      FOR I% = 1 TO (M%#3)
2380          >L% = C1(I%)
2390          R11% = I% : GOSUB 3430
2400      NEXT I%
2410      CLOSE #1:
2420      '
2430      NEXT I1%
2440      '
2450      CHAIN "AER003.BAS"
2460      '
2470      END
2480      ' *** ARCHIVOS ***
2490      '
2500      '
2510      '          *** Archivo #2:
2520      OPEN "AER002.DAT" AS #2 LEN=5
2530      FIELD #2, 5 AS D1%
2540      RETURN
2550      '
2560      GET #2,R2%
2570      DG% = D1%
2580      RETURN
2590      '
2600      LSET D1% = DG%
2610      PUT #2,R2%
2620      RETURN
2630      '
2640      '          *** Archivo #3:
2650      OPEN "AER003.DAT" AS #3 LEN=10
2660      FIELD #3, 5 AS N1%, 5 AS N2%
2670      RETURN
2680      '
2690      GET #3,R3%
2700      N1% = (V1(I):I%)

```

```

2710 NFZ = CVI(NZ$)
2720 RETURN
2730 '
2740 LSET NI$ = MKI$(NI$)
2750 LSET NZ$ = MKI$(NFZ)
2760 PUT #3,R3I
2770 RETURN
2780 '
2790 '
2800 '      *** Archivo #7
2810 OPEN NF$ AS #7 LEN = 4
2820 FIELD #7, 1 AS AE$, 3 AS TI$
2830 RETURN
2840 '
2850 GET #7,R7I
2860 EX$ = AE$
2870 TI$ = CVI(TI$)
2880 RETURN
2890 '
2900 LSET XE$ = EX$
2910 LSET TI$ = MKI$(TI$)
2920 PUT #7,R7I
2930 RETURN
2940 '
2950 '      *** Archivo #8
2960 OPEN "AE0008.DAT" AS #8 LEN = 3
2970 FIELD #8, 3 AS NC$
2980 RETURN
2990 '
3000 GET #8,R8I
3010 NC$ = CVI(NC$)
3020 RETURN
3030 '
3040 LSET NC$ = MKI$(NC$)
3050 PUT #8,R8I
3060 RETURN
3070 '
3080 '      *** Archivo #9
3090 OPEN ND$ AS #9 LEN = 15
3100 FIELD #9, 15 AS F$
3110 RETURN
3120 '
3130 GET #9,R9I
3140 F$ = CVD(F$)
3150 RETURN

```

```

3160 '
3170 LSET F$ = MID$(F#)
3180 PUT #9,R9%
3190 RETURN
3200 '
3210 ' *** Archivo #10
3220 OPEN NA$ AS #10 LEN = 15
3230 FIELD #10, 15 AS K$
3240 RETURN
3250 '
3260 GET #10,R10%
3270 F# = CVD(K$)
3280 RETURN
3290 '
3300 LSET I$ = MID$(I#)
3310 PUT #10,R10%
3320 RETURN
3330 '
3340 ' *** Archivo #11
3350 OPEN NE$ AS #11 LEN = 15
3360 FIELD #11, 15 AS KL$
3370 RETURN
3380 '
3390 GET #11,R11%
3400 FL# = CVD(KL$)
3410 RETURN
3420 '
3430 LSET L$ = MID$(L#)
3440 PUT #11,R11%
3450 RETURN
3460 '
3470 '
3480 ' **** TITULOS ****
3490 '
3500 COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "
S RETICULARES " : COLOR 7,0
3510 RETURN
ANALISIS DE ESTRUCTURA

```

```

10 ' =====
20 '
30 ' Programa : AER009.BAS
40 '
50 ' Objetivo : Calculo de elementos mecánicos
60 ' : de cada elemento
70 ' :
80 '
90 '
100 ' Archivos : AE0002.DAT , Datos generales
110 ' : AE0003.DAT , Conectividad marco tipo
120 ' : AE0004.DAT , Elementos tipo
130 ' : AE0005.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
140 ' : AE0008.DAT , Nodos para condensacion estatica
150 ' : DE?.DAT , Desplazamientos totales nodo ?
160 ' : MARCO?.DAT , Coordenadas nodales marco tipo
170 '
180 ' =====
190 '
200 '
210 '
220 ' *** Lectura de datos archivo #2
230 GOSUB 2220
240 R2% = 5 : GOSUB 2270 : NM% = INT(VAL(DG*)) : 'Numero de marco
250 R2% = 6 : GOSUB 2270 : NN% = INT(VAL(DG*)) : 'Número de niveles
260 R2% = 7 : GOSUB 2270 : NA% = INT(VAL(DG*)) : 'Número de apoyos
270 R2% = 8 : GOSUB 2270 : NE% = INT(VAL(DG*)) : 'Numero de elementos
280 CLOSE #2
290 '
300 '
310 '
320 '
330 '
340 ' **** DIMENSION DE VARIABLES ****
350 '
360 DIM K(6,6) : ' Matriz de rigidez individual
370 DIM D(6) : ' Vector de desplazamientos ejes globales
380 DIM C(6) : ' Vector de desplazamientos ejes locales
390 DIM F(6) : ' Vector de elementos mecánicos
400 '
410 ' **** MATRIZ DE RIGIDEZ ****
420 ' *** Ejecucion para cada marco
430 '
440 FOR I% = 1 TO NM%
450 '

```

```

450      '*** Generación de nombres de archivos
470      MM$ = STR$(IX) : M% = LEN(MM$)
480      NE$ = "DE" + MID$(MM$,2,M%) + ".DAT"
490      NF$ = "MARCO" + MID$(MM$,2,M%) + ".DAT"
500      '
510      '*** Limpieza de matriz
520      FOR TX = 1 TO 6
530          FOR U% = 1 TO 6
540              KE(U%,TX) = 0
550          NEXT U%
560      NEXT TX
570      '
580      '*** Para cada elemento del marco X ***
590      CLS : GOSUB 2850 : 'Titulo
600      COLOR 7,3 : PRINT "          ELEMENTOS MECANICOS
          " : COLOR 7,0
610      LOCATE 4,3 : PRINT "Marco " : COLOR 15,5 : PRINT IX : COLOR 7,0
620      GOSUB 2850
630      '
640      O% = 9
650      FOR J% = 1 TO NE%
660          '
670          '
680          '*** Lectura en archivo características del elemento i**
690          '
700          GOSUB 2640 : 'Archivo #7 (Marco X)
710          R7% = J% : GOSUB 2690
720          CLOSE #7
730          GOSUB 2420 : 'Archivo #4 (Elementos tipo)
740          R4% = TX : GOSUB 2460
750          '
760          IF EX$ <> "S" THEN 2050
770          '
780          CLOSE #4
790          GOSUB 2310 : 'Archivo #3 (Conectividad)
800          R3% = J% : GOSUB 2380
810          CLOSE #3
820          GOSUB 2550 : 'Archivo #5 (Coordenadas nodales)
830          RE% = NI% : GOSUB 2590 : X1# = X# : Y1# = Y#
840          RE% = NF% : GOSUB 2590 : X2# = X# : Y2# = Y#
850          CLOSE #5
860          '
870          '*** Cálculo de constantes ***
880          L# = SQR ( (X2# - X1#)^2 + (Y2# - Y1#)^2 )
890          CA# = (X2# - X1#) / L#
900          SA# = (Y2# - Y1#) / L#

```



```

910      A# = (EE# * AA#/L#)
920      B# = (12 * EE# * II# / (L#^3))
930      C# = (6 * EE# * II# / (L#^2))
940      D# = (4 * EE# * II# / L#)
950      E# = (D# / 2)
960      '
970      *** Arreglo de la matriz de rigidez [KE] ***
980      '
990      *** Sub matriz [S11]
1000     '
1010     '
1020     KE(1,1) = A#
1030     KE(1,2) = 0
1040     KE(1,3) = 0
1050     '
1060     KE(2,1) = 0
1070     KE(2,2) = B#
1080     KE(2,3) = C#
1090     '
1100     KE(3,1) = 0
1110     KE(3,2) = C#
1120     KE(3,3) = D#
1130     '
1140     *** Sub matriz [S12]
1150     '
1160     KE(1,4) = -A#
1170     KE(1,5) = 0
1180     KE(1,6) = 0
1190     '
1200     KE(2,4) = 0
1210     KE(2,5) = -B#
1220     KE(2,6) = C#
1230     '
1240     KE(3,4) = 0
1250     KE(3,5) = -C#
1260     KE(3,6) = E#
1270     '
1280     *** Sub matriz [S21]
1290     '
1300     KE(4,1) = -A#
1310     KE(4,2) = 0
1320     KE(4,3) = 0
1330     '
1340     KE(5,1) = 0
1350     KE(5,2) = -B#

```

```

1360      KE(5,3) = -C#
1370      '
1380      KE(6,1) = 0
1390      KE(6,2) = C#
1400      KE(6,3) = E#
1410      '
1420      '*** Sub matiz [S22]
1430      '
1440      KE(4,4) = A#
1450      KE(4,5) = 0
1460      KE(4,6) = 0
1470      '
1480      KE(5,4) = 0
1490      KE(5,5) = E#
1500      KE(5,6) = -C#
1510      '
1520      KE(6,4) = 0
1530      KE(6,5) = -C#
1540      KE(6,6) = D#
1550      '
1560      '
1570      ' Lectura de desplazamientos en los nudos I y F.
1580      '
1590      GOSUB 2740 : 'Archivo 11
1600      R11% = (NI%+3)-2 : GOSUB 2790 : 'Lectura
1610      D(1) = KL#
1620      R11% = (NI%+3)-1 : GOSUB 2790 : 'Lectura
1630      D(2) = KL#
1640      R11% = (NI%+3) : GOSUB 2790 : 'Lectura
1650      D(3) = FL#
1660      R11% = (NF%+3)-2 : GOSUB 2790 : 'Lectura
1670      D(4) = KL#
1680      R11% = (NF%+3)-1 : GOSUB 2790 : 'Lectura
1690      D(5) = KL#
1700      R11% = (NF%+3) : GOSUB 2790 : 'Lectura
1710      D(6) = KL#
1720      CLOSE #11
1730      '
1740      ' *** Transformación a ejes locales
1750      '
1760      C(1) = CA# * D(1) + SA# * D(2)
1770      C(2) = -SA# * D(1) + CA# * D(2)
1780      C(3) = D(3)
1790      '
1800      C(4) = CA# * D(4) + SA# * D(5)

```

```

1810          C(5) = -SA# * D(4) + CA# * D(5)
1820          C(6) = D(6)
1830          '
1840          ' *** Solución de (F) = (KE)(C) ***
1850          '
1860          FOR LX = 1 TO 6
1870              F(LX) = 0
1880              FOR MX = 1 TO 6
1890                  F = KE(LX,MX) * C(MX)
1900                  F(LX) = F(LX) + F
1910              NEXT MX
1920          NEXT LX
1930          '
1940          ' *** Impresión de datos ***
1950          '
1960          '
1970          LOCATE 02,1 : PRINT USING "#### ";J%;
1980          PRINT USING "#####.# ";L#;
1990          PRINT USING "##### ";F(1),F(2),F(3),F(4),F(5),F(6)
2000          U% = U% + 1
2010          '
2020          LOCATE 02+1,1 : PRINT STRING$(80,32)
2030          IF 02 => 21 THEN LOCATE 22,3 : INPUT "Pulsar RETURN para continu
ar ",A$
2040          IF 02 => 21 THEN 02 = 9
2050          '
2060          NEXT J%
2070          LOCATE 22,3 : INPUT "Pulsar RETURN para continuar ",A$
2080          NEXT I%
2090          '
2100          '
2110          LOCATE 22,3 : COLOR 15,5 : INPUT "ANALISIS TERMINADO Pulsar RETURN para c
ontinuar ",A$
2120          COLOR 7,0
2130          CHAIN "AER001.EAS",370
2140          CLOSE
2150          '
2160          '
2170          '
2180          END
2190          '
2200          ' *** ARCHIVOS ***
2210          '
2220          ' *** Archivo #2:
2230          OPEN "AER002.DAT" AS #2 LEN=5
2240          FIELD #2, 5 AS D1$
2250          RETURN

```

```
2260 '  
2270 GET #2,R2%  
2280 DG% = D1%  
2290 RETURN  
2300 '  
2310 '          *** Archivo #3:  
2320 OPEN "AE0003.DAT" AS #3 LEN=10  
2330 FIELD #3, 5 AS N1%, 5 AS N2%  
2340 RETURN  
2350 '  
2360 GET #3,R3%  
2370 N1% = CVD(N1%)  
2380 N2% = CVD(N2%)  
2390 RETURN  
2400 '  
2410 '          *** Archivo #4:  
2420 CLOSE #4  
2430 OPEN "AE0004.DAT" AS #4 LEN=50  
2440 FIELD #4, 10 AS I1%, 10 AS EE%, 10 AS AA%, 10 AS W1%, 10 AS W2%  
2450 RETURN  
2460 GET #4,R4%  
2470 I1% = CVD(I1%)  
2480 EE% = CVD(EE%)  
2490 AA% = CVD(AA%)  
2500 W1% = CVD(W1%)  
2510 W2% = CVD(W2%)  
2520 RETURN  
2530 '  
2540 '          *** Archivo #5:  
2550 OPEN "AE0005.DAT" AS #5 LEN=20  
2560 FIELD #5, 10 AS X%, 10 AS Y%  
2570 RETURN  
2580 '  
2590 GET #5,R5%  
2600 X% = CVD(X%)  
2610 Y% = CVD(Y%)  
2620 RETURN  
2630 '  
2640 '          *** Archivo #7  
2650 OPEN NF% AS #7 LEN = 4  
2660 FIELD #7, 1 AS XE%, 3 AS T1%  
2670 RETURN  
2680 '  
2690 GET #7,R7%  
2700 EX% = XE%
```

```

2710  TI% = CVI(TI%)
2720  RETURN
2730  '
2740  '   *** Archivo #11
2750  OPEN NES AS #11 LEN = 15
2760  FIELD #11, 15 AS KL%
2770  RETURN
2780  '
2790  GET #11,R11%
2800  KL% = CVD(KL%)
2810  RETURN
2820  '
2830  '   *** TITULOS ***
2840  '
2850  COLOR 7,3 : LOCATE 1,1 : PRINT "           ANALISIS DE ESTRUCTURA
S RETICULARES                " : COLOR 7,0
2860  RETURN
2870  '
2880  LOCATE 6,1
2890  PRINT 'Elem. Longitud          Nudo Inicial          Nudo Final
"
2900  LOCATE 7,1
2910  PRINT "                Fx          Fy          M          Fx          Fy
M"
2920  RETURN
2930  '
2940  ' Limpieza de Pantalla
2950  FOR L% = 4 TO 21
2960  LOCATE L%,1 : PRINT STRING$(80,32)
2970  NEXT L%
2980  RETURN

```