

49  
Zej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

U. N. A. M.

**"ANALISIS Y DISEÑO DE ARMADURAS  
ASISTIDO POR COMPUTADORA"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERA CIVIL**

**P R E S E N T A ;**

**LOURDES ESQUEDA GARNICA**

MEXICO, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

## INDICE

- I. INTRODUCCION
  - \* SISTEMA OPERATIVO
  - \* LENGUAJE BASIC
  
- II. METODO DE LAS RIGIDECES
  - \* CONCEPTOS BASICOS DEL ALGEBRA MATRICIAL
  - \* PRINCIPIOS FUNDAMENTALES DEL ANALISIS ESTRUCTURAL
  - \* METODO DE LAS RIGIDECES
  
- III. ANALISIS
  
- IV. DISEÑO
  
- V. PROGRAMA DE COMPUTADORA
  - \* DIAGRAMA DE BLOQUE
  - \* DIAGRAMA DE FLUJO
  - \* LISTADO DEL PROGRAMA
  
- VI. EJEMPLOS
  - INDICE DE VARIABLES
  
  - CONVENCION DE SIGNOS
  
- VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
  - BIBLIOGRAFIA

## I. INTRODUCCION

## I N T R O D U C C I O N

Dentro de las ramas de la Ingeniería Civil se encuentra la llamada Ingeniería Estructural, que es la que se encarga de realizar el análisis y el diseño de estructuras. Es sabido que dicha actividad requiere de tiempo cuando se realiza a mano. En cambio, cuando se utiliza una microcomputadora, ese tiempo se reduce considerablemente dándole al profesional mayores posibilidades de desplazarse, aumentando la productividad.

Este tipo de máquinas son de fácil acceso y gran capacidad de memoria, suficiente para cubrir las necesidades del -- Ingeniero Estructuralista.

En este trabajo se presenta un programa de computadora - que realiza el análisis y el diseño de armaduras planas. Para el análisis se basa en el criterio de cargas de servicio o - esfuerzos permisibles, utilizando un archivo de secciones compuestas por ángulos, suponiendo de antemano que las secciones de dos ángulos en canal y espalda con espalda serán las usadas para cuerdas, y los ángulos en cajón, en estrella e individuales para montantes y diagonales.

En el presente capítulo, se dá un resumen de lo más importante del Sistema Operativo que se utilizó, y algunas nociones del lenguaje BASIC.

En el segundo capítulo, comenzamos con una explicación -

del álgebra matricial, la que nos va a servir para plantear - el Método de las Rigideces, pasando por los conceptos básicos del análisis estructural.

En el tercer capítulo, se aplica el Método de las Rigideces empleando el álgebra matricial.

En el capítulo cuarto, se dan las fórmulas y criterios utilizados en el programa para el diseño de armaduras planas.

En el capítulo quinto, está el listado del programa de computadora codificado en BASIC, y los diagramas de bloque y de flujo.

En el sexto capítulo, se dan ocho ejemplos resueltos con la ayuda del programa, y la comprobación de los resultados - por el Método de los Nudos.

Y finalmente, el capítulo séptimo, contiene las recomendaciones y conclusiones de este trabajo.

El archivo de ángulos que tiene el programa, fué formado consultando el Manual A.H.M.S.A.

## S I S T E M A   O P E R A T I V O

Empezaremos explicando algunos de los comandos mas importantes del sistema operativo utilizado en el programa, llamado MS-DOS.

## CLS

El comando interno CLS borra la pantalla del monitor y muestra el carácter > y el cursor indicando que ya esta lista la computadora para recibir información, en el extremo superior izquierdo.

Formato:

CLS

## COPY

El comando interno COPY es usado para duplicar archivos o programas, y transmite datos de y hacia dispositivos de entrada y salida.

Formato:

COPY (CON:)(d1:)(nombre directorio1)nombre programa1(.ext))(A)(B)  
(d2:)(nombre directorio2)nombre programa2(.ext))(A)(B)(V)

donde:

(CON:) causa que el programa fuente sea leído de la consola.

(d1:)(nombre directorio1)nombre programa1(.ext)) es el programa fuente.

(d2:)(nombre directorio2)nombre programa2(.ext)) es el programa destino o dispositivo de salida. Si éste es omitido -

un archivo es creado en la unidad de disco omitida con el mismo nombre que el archivo original.

/A causa que el archivo sea tratado como un ASCII (o texto) archivo.

La marca de término del archivo determina donde acaba el archivo.

/B causa que el archivo sea tratado como un archivo binario.

El final del archivo es determinado por medio del tamaño del archivo establecido en el directorio.

/V verifica que los datos escritos en el archivo destino -- sean grabados correctamente.

Una manera mas compleja de COPY puede ser usada para encadenar diferentes archivos, datos o dispositivos.

Formato:

COPY (d1:)(nombre directorio1)nombre programa1(.ext)(/A)(/B)

(+(d2:)(nombre directorio2)nombre programa2(.ext))(/A)(/B)...

(d3:)(nombre directorio3)nombre programa3(.ext)(/A)(/B)(/V)

Los parámetros son los mismos como en la forma estandar de COPY, excepto por la adición del signo + el cual le permite especificar múltiples programas fuente o dispositivos de encadenamiento.

Si no se especifica el archivo destino, el o los archivos serán añadidos simplemente al archivo original (nombre programa1)

Si los parámetros /A y /B siguen directamente al comando COPY en vez de estar después del archivo fuente o destino



por encadenamiento, se asume que ambos, el archivo fuente y destino, son ASCII (/A) o binarios (/B).

Ejemplos:

A> COPY TUTOR.EXE C: PROGRAMS

1 file(s) copied

Estamos copiando un archivo o programa llamado TUTOR.EXE del directorio actual del disco, contenido en la unidad de disco A: al directorio PROGRAMS en la unidad de disco C:.

Si el archivo TUTOR.EXE existe en el directorio PROGRAMS será escrito sobre éste.

A> COPY \*.\* B:

TUTOR.BAS  
NEWPROG.BAS  
BIGFILE.TXT

3 file(s) copied

Este comando COPY copia todos los archivos o programas de la unidad de disco A: al directorio actual del disco en la unidad de disco B:.

A> COPY NEWPROG.BAS NEWPROG.BAK

1 file(s) copied

Aquí estamos haciendo una copia de un archivo en el mismo directorio del original. Tenemos que especificar un nombre diferente para el nuevo archivo, en este caso NEWPROG.BAK como podemos ver, es una copia de NEWPROG.BAS .

A > COPY B: SOMEDATA.TXT

1 file(s) copied

Este comando COPY copia el archivo SOMEDATA.TXT al directorio actual del disco en la unidad de disco A: .

No se esta especificando el destino, asi que se asume - que será el directorio actual en la unidad de disco omitida.

El símbolo A indica que la unidad de disco omitida es la A:.

A > COPY FILE1.TXT + FILE2.TXT FILE3.TXT

1 file(s) copied

COPY puede añadir un archivo a muchos otros y crear un nuevo archivo (o escribir de nuevo un viejo archivo).

Este comando muestra como combinar el contenido de - - FILE1.TXT y FILE2.TXT en un nuevo archivo llamado FILE3.TXT.

#### DATE

Es un comando interno que nos permite ver la fecha actual en el sistema DOS. También es utilizada para cambiar la fecha si se quiere.

Formato:

DATE (mm-dd-yy)

Ejemplos:

C > DATE

Current date is 07-04-85

Enter new date:

C> DATE 01-01-85

C> DATE 1.1.85

Cuando DATE es ejecutada, la fecha actual es mostrada y podemos cambiarla. Presionando la tecla RETURN podemos dejar la fecha sin modificar.

La fecha puede ser cambiada a nuevos días y año 1985 en cualquiera de las formas anteriores, o como la que sigue:

C> 1/1/85

#### ERASE

El comando interno ERASE o DEL borra archivos del disco flexible o duro.

Formato:

DEL(d:)(nombre directorio)(nombre programa(.ext))

o

ERASE(d:)(nombre directorio)(nombre programa(.ext))

Ejemplos:

C> ERASE C: PROGRAMS TUTOR.EXE

borra el archivo TUTOR.EXE del directorio PROGRAMS en el disco C: .

C> DEL \*.TXT

borra todos los archivos con la extensión .TXT del directorio omitido actual.

C> DEL \*.\*

Are you sure (Y/N)?

borra todos los archivos del directorio actual. Sea cuida-

dos, este comando puede borrar todo el disco.

#### FORMAT

Es un comando externo que crea un nuevo directorio en un disco y prepara al disco para aceptar nuevos archivos o programas.

Formato:

```
FORMAT (d:){/S}{/1}{/8}{/V}{/D}
```

donde:

d: es el nombre de la unidad de disco que contiene al disco que se quiere formatear.

/S causa que FORMAT copie los archivos IO.SYS, MSDOS.SYS y COMMAND.COM del sistema, en el disco cuando se formatea.

/1 formatea un disco de un solo lado. Los discos con un solo lado retienen 160 KB o 180 KB, dependiendo del número de sectores.

/8 formatea 8 sectores de cada lado en lugar de 9.

/V causa que FORMAT se detenga y pregunte el nombre del volumen.

/D incrementa la velocidad del directorio formado. Debe usarse preferiblemente con /8.

Ejemplo:

```
C> FORMAT A: /S
```

```
Insert new diskette for drive A:
ans strike any key when ready
Formatting... Format complete
System transferred
```

Este comando formatea el disco en la unidad A: y transfiere los tres archivos del sistema (COMMAND.COM, MSDOS.SYS y IO.SYS) en el disco.

El disco no tiene que ser virgen, pero si tiene algunos archivos o programas serán destruidos.

#### RENAME

Es un comando interno que le da la opción de cambiar el nombre de los archivos o programas.

Formato:

REN (d:)(nombre directorio)nombre programal(.ext)nombre programa2(.ext)

donde:

(d:)(nombre directorio)nombre programal(.ext) es el nombre del archivo o archivos que desea cambiar.

nombre programa2(.ext) es el nuevo nombre. Note que no puede especificar el nombre de la trayectoria. No puede renombrar un archivo en otro directorio, así que no hay razón para especificar el nombre del directorio.

Ejemplo:

C> RENAME C: PROGRAMS TUTOR.BAS XYZZY.TXT

Este ejemplo renombra el archivo TUTOR.BAS en el directorio PROGRAMS en el disco C: a XYZZY.TXT. No especifique el nombre del directorio cuando se refiera al nuevo archivo.

#### TIME

Es un comando interno que nos permite ver la hora actual

en el sistema. Y es utilizado también para cambiar la hora.

Formato:

TIME (hh(:mm(:ss(:cc))))

donde:

hh = la hora (usando 24 horas)

mm = los minutos

ss = segundos

cc = centésimas de segundo

Si se teclea TIME sin ningún parámetro, mostrará la hora y le dará la oportunidad de cambiarla.

Ejemplo:

C> TIME

Current time is 16:34:04.29

Enter new time:

## TREE

Es un comando externo que lista todos los directorios y subdirectorios en el disco omitido o especificado, y lista opcionalmente los archivos en los directorios.

Formato:

TREE (d:)(/F)

d: es la unidad de disco que contiene al disco en donde se requiere ver los directorios.

/F lista los nombres de los archivos dentro de cada directorio.

No hay que confundir los términos "directorio" y "sub--directorio".

Un subdirectorio es un directorio que existe dentro de otro directorio. Muchos directorios son subdirectorios.

Solo los directorios que tienen el mismo nombre que la unidad de disco no son subdirectorios (A:, B: y C:). A:, B: y C: son llamados directorios raices.

Ejemplo:

C> TREE/F

Path \PROGRAMS

Sub-directories: BASPROGS

CCODE

Files:

TUTOR.BAS

ONELINE.TXT

Path \PROGRAMS CCODE

Sub-directories: None

Files:

CCOMP.EXE

TEST.ASM

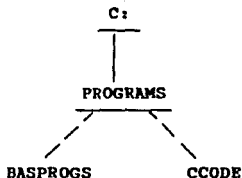
Path \PROGRAMS BASPROGS

Sub-directories: None

Files:

TUTOR.BAS

DBMFILE.BAS



Si se tiene un directorio como el de la figura, el comando TREE/F mostrará el directorio como en el ejemplo anterior.

El parámetro /F causa que los archivos de cada directorio sean listados.

#### TYPE

Es un comando interno que se usa para mostrar el conte-

nido de un archivo de texto.

Formato:

TYPE (d:)(nombre directorio)nombre archivo(.ext)

donde:

d: es la unidad de disco que contiene el disco en donde se quiere leer el archivo.

(nombre directorio)nombre archivo(.ext) es el nombre del - archivo (y del directorio, si el archivo no esta en el directorio omitido actual) que se quiere ver.

Ejemplo:

C> TYPE NURSERY.RYM

```
HUMPTY DUMPTY SAT ON A WALL
HUMPTY DUMPTY HAD A GREAT FALL
ALL THE KINGS HORSES
AND ALL THE KINGS MEN
COULDN`T PUT HUMPTY
TOGETHER AGAIN
```

Aquí tenemos un ejemplo donde se muestra el contenido - de un archivo.

Si existen mas datos que los que se puede tener acceso en pantalla, se seguirá listando hasta que muestre todo el - contenido. Si se quiere detener el listado, se deben combinar las teclas de Ctrl y Numlock para ver los datos.

Si se oprimen las teclas Ctrl y PrtSc se podrá imprimir en papel lo que se muestra en pantalla.

**VERIFY**

Es un comando interno que le dice al sistema DOS que - lea todo lo escrito en el disco para asegurar que los datos



están correctamente grabados. En otras palabras, VERIFY - causa que el sistema DOS cheque dos veces todo lo escrito en el disco.

Formato:

VERIFY (ON)

o

VERIFY (OFF)

Ejemplo:

C > VERIFY

VERIFY is off

Esta instrucción es para que se cheque que VERIFY esta conectado. No se deja en operación siempre porque esto provocaría que se grabara con lentitud el disco, ya que el sistema tiene que releer cada pieza de información escrita.

Para conectar este comando se tiene que teclear así:

C > VERIFY ON

## L E N G U A J E B A S I C

Los elementos básicos de este lenguaje lo constituyen - las constantes, variables, arreglos, expresiones y proposiciones.

Un programa consiste en un grupo de proposiciones, las - cuales estan formadas por expresiones y operadores que siguen reglas previamente establecidas semejantes a las reglas gramaticales. A continuación se presentan los elementos básicos - del lenguaje BASIC.

Cada renglón de un programa en lenguaje BASIC se debe numerar, dicho número se debe colocar al principio de cada renglón , identificándolo.

Las variables indican cualquier cantidad a la que se puede hacer referencia, y puede tener distintos valores durante la ejecución de un programa.

Esta variable se indica por cualquier letra del alfabeto seguida por un solo dígito, entre 0 y 9. También puede ser - indicada por varias letras, o una combinación de letras y -- números.

Son ejemplos de variables las siguientes:

| VALIDAS | NO VALIDAS |
|---------|------------|
| X       | 5B         |
| Al      | T*         |
| YX      | .5         |
| NOMBRE  | A-         |

Existen variables alfanuméricas, que permiten el manejo de datos alfanuméricos como nombres, direcciones y cualquier otro tipo de información. Estas variables se indican por una o varias letras con o sin números, seguidas por el símbolo de pesos (\$).

Son ejemplos de variables alfanuméricas los siguientes:

| VALIDAS | NO VALIDAS |
|---------|------------|
| A\$     | S\$\$      |
| NAME\$  | A.\$       |
| EDAD5\$ | N\$7       |

Las expresiones se definen como constantes, variables, - funciones o cualquier combinación de estos elementos, separados por operadores o paréntesis, que cumplan con ciertas reglas.

Los símbolos de los operadores aritméticos se presentan a continuación:

| SIMBOLO | OPERACION      |
|---------|----------------|
| +       | Adición        |
| -       | Sustracción    |
| *       | Multiplicación |
| /       | División       |
| ↑       | Exponenciación |

Son ejemplos de expresiones:

| EXPRESION MATEMATICA | EXPRESION EN BASIC |
|----------------------|--------------------|
| b-2                  | B-2                |
| ab                   | A*B                |
| d/(-c)               | D/(-C)             |
| mb/aj                | (M*B)/(A*J)        |

Por otro lado, todos los sistemas tienen disponible una serie de funciones matemáticas de uso frecuente. Los nombres de las funciones que el lenguaje BASIC ofrece, consisten de tres letras, seguidas de un argumento encerrado dentro de un paréntesis. Dicho argumento puede ser una constante, variable o expresión. A continuación se presentan algunas funciones en BASIC.

| FUNCION MATEMATICA    | NOMBRE | EJEMPLO    |
|-----------------------|--------|------------|
| Seno de un ángulo     | SIN    | SIN(A+B)   |
| Coseno de un ángulo   | COS    | COS(X)     |
| Tangente de un ángulo | TAN    | TAN(X1/X2) |
| Angulo tangente       | ATN    | ATN(C)     |
| Exponencial           | EXP    | EXP(5*X-Y) |
| Raíz cuadrada         | SQR    | SQR(X*Y)   |
| Valor absoluto        | ABS    | ABS(B-C)   |
| Logaritmo natural     | LOG    | LOG(A/B)   |

Otras funciones disponibles son:

INT que calcula el máximo entero que no excede el valor del argumento, por ejemplo:

$$\text{INT}(4.6) = 4 \qquad \text{INT}(-1.3) = -2$$

SGN evalúa el signo del argumento, esto es:

$$\begin{aligned} \text{SGN}(X) &= -1 && \text{si } X < 0 \\ \text{SGN}(X) &= 0 && \text{si } X = 0 \\ \text{SGN}(X) &= 1 && \text{si } X > 0 \end{aligned}$$

Las proposiciones o instrucciones que se usan en el lenguaje BASIC pueden ser aritméticas, de control, de entrada y/o salida, de especificación y de subprograma.

#### Proposición REM

Permite la inserción de comentarios dentro del programa.

Tiene la forma general:

10 REM comentario

Dicho comentario no tiene ningún efecto en la ejecución del programa, sirviendo solo para identificar alguna parte -- del programa o para cualquier uso que se desee.

#### **Proposiciones de entrada y/o salida**

Estas controlan la transmisión de información entre la - computadora y las unidades de entrada/salida.

Esta información se transmite en grupos de datos o archi vos comprendidos de uno o varios registros, cada uno de los - cuales esta formado por elementos.

Como proposiciones de entrada/salida se tienen:

#### **Proposición INPUT**

Esta proposición permite la entrada de datos mientras se esta corriendo el programa. La proposición tiene la forma:

20 INPUT lista de variables

en donde la lista de variables indica los nombres de las va- riables cuyos valores se introducen por medio del teclado de la computadora.

#### **Proposición PRINT**

Esta proposición permite la comunicación entre la máqui- na y el usuario mediante la impresión de información, y tiene la forma:

### 20 PRINT lista de elementos

en donde la lista de elementos incluye valores de variables y expresiones, resultados de cálculos numéricos, impresión de mensajes o títulos, saltar renglones en blanco para el espaciamiento vertical de la información, así como combinaciones de los elementos anteriores.

### Proposiciones de control

Las proposiciones de control se utilizan para especificar el orden de ejecución de las proposiciones de un programa.

Las instrucciones dentro de éste se ejecutan en orden -- progresivo, indicado por los números de proposición o de renglón, sin embargo, se puede alterar el orden de ejecución de las proposiciones utilizando las llamadas de control, que en general, transfieren el orden de ejecución a una parte específica dentro del programa. El lenguaje BASIC proporciona --- las siguientes proposiciones de control:

#### Proposición GOTO

Esta proposición tiene la forma:

30 GOTO n

en donde n es el número de renglón de una proposición existente en cualquier parte del programa. Al encontrarse la proposición GOTO durante la ejecución del programa, la siguiente instrucción que se ejecutará será la etiquetada con el número n.

Por ejemplo:

```

100 GOTO 200
110   "
120   "
130   "
   "
   "
200 ←
  
```

#### Proposición IF - THEN

Con esta proposición se puede alterar el orden de ejecución, dependiendo de si cierta relación entre expresiones es verdadera o falsa. La forma de esta proposición es:

30 IF a operador de relación b THEN n

en donde a y b son expresiones válidas relacionadas por un operador de relación. Si la relación es verdadera, el control se transfiere a la proposición con número de renglón n, y si es falsa se hace la transferencia al renglón inmediato posterior. Los operadores de relación son seis y se representan con los siguientes símbolos:

| SIMBOLO | SIGNIFICADO       | EJEMPLO      |
|---------|-------------------|--------------|
| =       | igual que         | A=B          |
| <       | menor que         | A < X        |
| >       | mayor que         | 0.1 > B*A-C  |
| <=      | menor o igual que | 5*A <= 3-2*B |
| >=      | mayor o igual que | 5 >= 5*C     |
| < >     | diferente que     | A <> A+B-C   |

#### Proposición STOP

Esta proposición tiene la forma:

40 STOP

la cual da como resultado la terminación de la ejecución del programa, por ejemplo:

490 STOP

termina la ejecución del programa en la proposición de número de renglón 490.

Para continuar con la ejecución del programa, existe una proposición llamada CONT, la cual puede teclarse directamente en el teclado para proseguir con la corrida del programa.

#### Proposición END

Tiene la forma general:

200 END

e indica el final de un programa, siendo básicamente la última proposición de todo programa.

#### Instrucción iterativa

Esta instrucción permite indicar la ejecución repetida de una serie de instrucciones, las cuales se denominan ciclo de iteración, pudiéndose cambiar el valor de ciertas variables en cada iteración. Forman a esta instrucción dos proposiciones: FOR y NEXT. De éstas, la proposición FOR es la primera del rango o ciclo, y la proposición NEXT la última.

La forma general de esta instrucción es:

```

  → FOR R = a TO b STEP c
    |
    |
    |
  ← NEXT R
  
```

en donde R representa una variable, generalmente llamada índi



ce, que debe ser la misma para ambas proposiciones FOR y NEXT y a, b, c indican cualquier expresión válida en BASIC.

La primera vez que se ejecuten las instrucciones, la variable R tiene el valor a, y para cada repetición el índice R se recalcula incrementándole al valor de a acumulativamente - el valor de c, hasta obtener el valor de la expresión b.

El incremento c puede ser negativo o positivo; si es positivo, las iteraciones se ejecutan hasta el valor máximo del índice que no exceda al valor de la expresión b; y si el incremento c es negativo, las iteraciones se ejecutan hasta que el valor último del índice sea mayor o igual al de la expresión b.

Después de ejecutarse el ciclo de iteración por última vez, el control se transfiere a la proposición inmediata posterior de la proposición NEXT.

En caso de que el incremento c sea igual a +1, se puede omitir la parte STEP c, escribiéndose la proposición FOR como sigue:

FOR R = a TO b

Dentro del rango de proposiciones FOR-NEXT, pueden existir otras proposiciones FOR-NEXT, constituyendo una nidificación o anidación de proposiciones FOR-NEXT, con la condición de que un rango interior se encuentre totalmente dentro de un rango exterior. Se permite la transferencia fuera del rango de las proposiciones FOR-NEXT en cualquier instante.

Sin embargo, lo que la mayoría de los sistemas no permite, es la transferencia de control fuera de un rango y el regreso posterior del control dentro de este rango, especial--

mente cuando se cambian los valores de R, a, b y c. Un caso especial lo constituyen los subprogramas, permitiéndose el uso y regreso de un subprograma al rango de proposiciones FOR-NEXT.

Cabe mencionar que no permite el uso de la misma variable R (índice) en distintos rangos de una nidificación de proposiciones FOR-NEXT.

### **Manejo de arreglos**

Podemos formar conjuntos de valores ordenados de cierta manera, llamados generalmente arreglos.

En algunos casos puede ser adecuado manipular a cada uno de ellos como un todo. Dichos arreglos están constituidos por elementos, los cuales se les puede hacer referencia a cada uno por separado.

### **Variabes con subíndice**

Una variable con subíndice constituye un arreglo, en la que se comprenden uno o dos subíndices separados por una coma.

El nombre del arreglo que es una variable, se forma de la misma manera que ésta, es decir, con el nombre de la variable con subíndice se hace referencia a un arreglo formado por un conjunto ordenado de elementos, en donde el o los subíndices indican una cierta posición que, un elemento contenido en dicho arreglo, ocupa dentro del mismo. El número de subíndices representa la dimensión del arreglo; los arreglos de una

dimensión se denominan arreglos lineales o vectores; y los de dos dimensiones se llaman matrices. Los subíndices pueden ser constantes, variables o expresiones.

Los elementos de un arreglo se numeran en forma consecutiva, empezando en general con el número uno.

Existen sistemas que no aceptan los subíndices cero o negativos, sin embargo, hay sistemas que si aceptan el subíndice cero.

Se permite que el nombre de un arreglo se use también como nombre de una variable sin subíndice, en un mismo programa. Por lo tanto C y C(I) representan elementos diferentes.

#### Proposición de especificación DIM

La proposición DIM proporciona información a la máquina con respecto al tamaño y naturaleza de los arreglos. Esta proposición tiene la forma general:

$$40 \text{ DIM } a(K1), b(K2), \dots, c(K3)$$

en donde a, b y c son nombres de arreglos y K1, K2 y K3 se componen de una o dos constantes enteras sin signo, separadas por una coma, y representando cada una el valor máximo reservado para cada subíndice del arreglo.

Cuando un arreglo no aparece indicado en la proposición DIM la máquina reserva automáticamente diez localidades para cada subíndice, por lo tanto, si ningún subíndice en los arreglos de un programa excede el valor de diez, puede omitirse

la proposición DIM. La ventaja de especificar un subíndice menor de diez, es reservar menos espacio de memoria que el que automáticamente se reservaría si no se hace ninguna indicación.

En un programa pueden aparecer varias proposiciones DIM, aunque por lo general la especificación de un arreglo, solo se hace una vez. En los arreglos bidimensionales o matrices, el primer subíndice define el número de renglones, y el segundo define el número de columnas del arreglo.

### **Subprogramas**

Para evitar la programación repetida de varios cálculos, el programador puede escribir sus propios subprogramas, los cuales permiten escribir una sola vez las proposiciones del cálculo y permiten hacer referencia a dicho cálculo en cualquier parte del programa, sin necesidad de repetir en cada ocasión todas las proposiciones del cálculo.

### **Proposición GOSUB**

Con esta proposición se hace transferencia del programa a una subrutina y tiene la forma:

40 GOSUB n

en donde n es el número de renglón donde empiezan las proposiciones de la subrutina a la cual se hace la transferencia de control. Una subrutina no necesita comenzar con una proposición especial, puede comenzar con cualquier proposición en BASIC y puede contener cualquier número de estas.

**Proposición RETURN**

Esta proposición tiene la forma:

50 RETURN

y especifica la terminación de la ejecución de una subrutina.

Esta proposición hace que se transfiera el control de -  
regreso a la siguiente proposición de referencia a la subrutina (GOSUB). Se permite la existencia de varias proposiciones RETURN especificadas en la subrutina.

Un programa puede tener varias subrutinas y se permite -  
que una subrutina haga referencia a otra de ellas, formándose una nidificación de subrutinas. Las subrutinas unidas deben mantener un orden jerárquico estricto.

**Manejo de archivos**

En el lenguaje utilizado en el ámbito de la computación un archivo es un conjunto ordenado de información de cualquier tipo. Así, un archivo puede contener una secuencia de proposiciones en BASIC (o en cualquier otro lenguaje), o puede contener valores tanto numéricos como alfanuméricos; el -  
primero es un programa en un determinado lenguaje y al segundo se le denomina un archivo de datos.

Algunos sistemas poseen en lenguaje BASIC proposiciones para el manejo de archivos, las cuales en la mayoría de los -  
casos son similares a las proposiciones matriciales, aunque existen diferencias en la forma de las proposiciones del -  
BASIC para el manejo de archivos entre las distintas versio--

nes del BASIC o entre un sistema y otro.

## II. METODO DE LAS RIGIDECES

## A L G E B R A M A T R I C I A L

### Conceptos básicos del álgebra matricial

Antes de empezar con el método de las rigideces, es conveniente mencionar las bases matemáticas con que se cuenta - para plantearlo.

La utilidad de las matrices en el análisis lineal de estructuras se basa en que las matrices proporcionan un medio matemático sencillo para expresar la teoría. Además, la solución que expresa la teoría puede obtenerse mas fácilmente - mediante una secuencia de operaciones matriciales para la que es totalmente necesaria una computadora de alta velocidad y - gran capacidad.

Los conceptos básicos del álgebra matricial serán explicados a continuación.

Definiremos como matriz al conjunto rectangular de elementos ordenados en filas y columnas. El orden de una matriz se refiere a su tamaño. Una matriz que contenga  $m$  filas y  $n$  columnas tiene un orden  $(m \times n)$ . Las matrices se pueden representar por una sola letra.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ \cdot & & & \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

En la expresión anterior  $a_{ij}$  representa un elemento cualquiera de la matriz. Los subíndices de los elementos tienen un significado de posición. El primer subíndice representa -



el número de la fila y el segundo el número de la columna en los que está situado el elemento.

Una matriz no es un determinante. Un determinante es un conjunto cuadrado colocado entre dos líneas verticales.

Es un operador que representa una serie de operaciones - que han de hacerse entre los elementos. Si los elementos son numéricos, puede calcularse su valor. La matriz, por el contrario, representa solamente una ordenación, pero no implica ninguna relación operatoria entre los elementos.

A continuación se exponen algunos tipos especiales de matrices.

**Matriz fila.** Es la compuesta por una sola fila. Su orden es  $(1 \times n)$ . Así,

$$A = ( a_{11} \quad a_{12} \quad \dots \quad a_{1n} )$$

**Matriz columna.** Es la compuesta por una sola columna. Su orden es  $(m \times 1)$ . Generalmente se utilizan corchetes para representar una matriz columna. Así,

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{m1} \end{bmatrix}$$

**Matriz nula.** Es aquella en la que todos sus elementos son iguales a cero.

Por ejemplo:

$$0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Una matriz nula corresponde al cero del álgebra ordinaria.

**Matriz transpuesta.** La transpuesta de una matriz  $A$  se designa por  $A^T$  y se obtiene intercambiando las filas y las columnas de  $A$ . Así, si

$$A = \begin{bmatrix} a & b & c \\ x & y & z \\ u & v & w \end{bmatrix}$$

Entonces:

$$A^T = \begin{bmatrix} a & x & u \\ b & y & v \\ c & z & w \end{bmatrix}$$

Evidentemente

$$(A^T)^T = A$$

**Matriz diagonal.** Es una matriz cuadrada ( $m = n$ ) en la que todos los elementos que no sean los colocados sobre la diagonal principal (de la parte superior izquierda a la parte inferior derecha) son cero. Por ejemplo:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix}$$

**Operaciones entre matrices**

**Multipliación.**

Si  $A$  es una matriz  $(pxq)$  y  $B$  es una matriz  $(qxr)$ , tales

que A y B son compatibles (es decir, el número de columnas de A es igual al número de filas de B) en ese orden, el producto  $C = A B$  es una matriz (pxr) en la que el elemento  $c_{ij}$  en la fila i y en la columna j en C, es el producto interno de la fila i de A por la columna j de B. Es decir,

$$c_{ij} = \sum_{k=1}^q a_{ik} b_{kj}$$

Así, si las matrices A y B son las indicadas antes, entonces

$$C = A B$$

es una matriz (pxr), cuya expresión es la siguiente:

$$C = A B = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1r} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2r} \\ \vdots & & & \\ c_{p1} & c_{p2} & \cdots & c_{pr} \end{bmatrix}$$

La multiplicación no es conmutativa, esto es, en general

$$A B \neq B A$$

La transpuesta del producto de dos matrices compatibles es el producto de las matrices transpuestas tomadas en orden inverso, esto es,

$$(A B)^T = B^T A^T$$

**División.** No existe división directa en las matrices. La operación de división se realiza mediante la inversión.

Por ejemplo, dada una matriz cuadrada A, se puede encontrar otra matriz cuadrada B del mismo orden, tal que:

$$A B = I$$

donde I es la matriz identidad, esto es,



El valor del determinante se obtiene utilizando todos - los cofactores asociados con una de las filas (o una de las - columnas) del determinante, lo que se conoce como expansión de Laplace. Por ejemplo, si se utiliza la primera fila:

$$|A| = a_{11}\bar{a}_{11} + a_{12}\bar{a}_{12} + \dots + a_{1n}\bar{a}_{1n}$$

Análogamente,

$$|A| = a_{21}\bar{a}_{21} + a_{22}\bar{a}_{22} + \dots + a_{2n}\bar{a}_{2n}$$

$$\vdots$$

$$|A| = a_{n1}\bar{a}_{n1} + a_{n2}\bar{a}_{n2} + \dots + a_{nn}\bar{a}_{nn}$$

Ahora, considérese el producto de matrices

$$C = A (\bar{A})^T = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{a}_{11} & \bar{a}_{21} & \dots & \bar{a}_{n1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \bar{a}_{1n} & \bar{a}_{2n} & \dots & \bar{a}_{nn} \end{bmatrix}$$

El elemento (1,1) de C es:

$$a_{11}\bar{a}_{11} + a_{12}\bar{a}_{12} + \dots + a_{1n}\bar{a}_{1n}$$

Por lo que:

$$C = A (\bar{A})^T = \begin{bmatrix} |A| & 0 & \dots & 0 \\ 0 & |A| & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & |A| \end{bmatrix} = |A| I$$

de donde

$$A \frac{(A)^T}{|A|} = I$$

Por lo tanto,

$$A^{-1} = \frac{(\bar{A})^T}{|A|} = \frac{\text{adj } A}{|A|}$$

La aplicación de la inversa de una matriz se da en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales simultáneas.

Muchos problemas estructurales, tanto estáticamente determinados como indeterminados, requieren la solución de dichos sistemas.

Considérese el sistema de ecuaciones lineales simultáneas:

$$\begin{aligned} a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n &= b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n &= b_2 \\ &\vdots \\ a_{n1}X_1 + a_{n2}X_2 + \dots + a_{nn}X_n &= b_n \end{aligned}$$

Este sistema puede expresarse en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

o simplemente

$$A X = B$$

donde A es una matriz cuadrada y X y B son matrices columna.

Siempre y cuando A no sea singular se puede obtener:

$$X = A^{-1} B$$

puesto que

$$A^{-1} A X = A^{-1} B$$

y

$$A^{-1} A = I$$

Determinando  $A^{-1}$  se resuelve  $X$ . Por ejemplo:

$$X_1 + 5X_2 + 2X_3 = 9$$

$$X_1 + X_2 + 7X_3 = 6$$

$$-3X_2 + 4X_3 = -2$$

La forma matricial será:

$$\begin{bmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 1 & 1 & 7 \\ 0 & -3 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \\ -2 \end{bmatrix}$$

o

$$A X = B$$

Si

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 1 & 1 & 7 \\ 0 & -3 & 4 \end{bmatrix}$$

entonces,

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} -25 & 26 & -33 \\ 4 & -4 & 5 \\ 3 & -3 & 4 \end{bmatrix}$$

Así,

$$X = A^{-1}B = \begin{bmatrix} -25 & 26 & -33 \\ 4 & -4 & 5 \\ 3 & -3 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \\ -2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

esto es,

$$x_1 = -3 \quad ; \quad x_2 = 2 \quad ; \quad x_3 = 1$$

Continuemos pues, con la teoría de donde podremos aplicar los conceptos anteriores.



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

En el análisis de armaduras planas, es decir, en dos dimensiones, se idealizan las armaduras como un sistema de barras contenidas en un plano e interconectadas en juntas o nudos, suponiendo un comportamiento elástico y lineal.

Consideremos como datos básicos para el análisis de una estructura los siguientes:

- 1) Geometría de la estructura, es decir, se conocen las dimensiones de los elementos y de las secciones.
- 2) Propiedades mecánicas de los materiales, como lo es el módulo de elasticidad  $E$ .
- 3) Solicitaciones, Se estudiarán solo las solicitaciones en los nudos (como cargas puntuales).

Cuando una estructura está bajo la acción de solicitaciones, los miembros de ella sufren deformaciones, y como consecuencia, puntos dentro de la estructura se desplazarán hacia nuevas posiciones. En general, todos los puntos de la estructura, excepto puntos de apoyo inmóviles, sufrirán dichos desplazamientos, estos últimos causados por los efectos acumulativos de las deformaciones de todos los elementos.

Un desplazamiento es una traslación, rotación o ambas, de algún punto de la estructura; una traslación se refiere a la distancia recorrida en línea recta por un punto de una estructura; y una rotación significa el ángulo de giro de la tangente de la curva elástica en un punto.

El cálculo de estos desplazamientos es una parte esencial del análisis estructural y, para ello, es necesario com-

prender las deformaciones, las cuales producen estos desplazamientos.

Considerémos un elemento de longitud arbitraria cortado de un miembro de una estructura. Por simplicidad se considera que la barra tiene una sección circular (figura 2.1).

En cualquier sección transversal existirán componentes de las fuerzas internas desarrolladas por la barra debido a la acción de sollicitaciones externas (fuerzas externas) que en el caso general están formadas por tres fuerzas y tres pares.

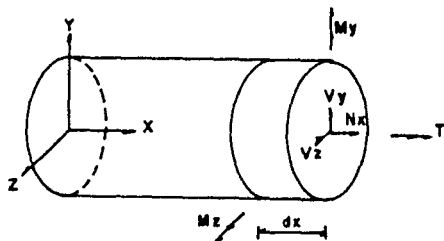


Figura 2.1

"Componentes de las fuerzas que actúan en una sección"

Las fuerzas son:

$N_x$ ; fuerza axial

$V_z$  y  $V_y$ ; fuerzas cortantes

T; par torsionante

My y Mz; pares flexionantes

Las deformaciones de la barra pueden analizarse tomando separadamente cada componente de las fuerzas, y determinando su efecto sobre un elemento de la barra. El elemento se obtiene aislando una porción de la barra entre dos secciones transversales separándolas una pequeña distancia  $dx$ .

El desplazamiento total de un punto cualquiera de una estructura será la suma de los desplazamientos producidos por las deformaciones debidas a la acción de las fuerzas actuantes sobre dicha estructura, esto es, se supone válido el principio de superposición de causas y efectos.

En una estructura particular, no todos los tipos de deformaciones serán significantes en el cálculo de los desplazamientos.

En nuestro caso, una armadura plana, las acciones que van a estar actuando sobre ésta pueden ser fuerzas actuando en el plano de la armadura. Estas actúan en los propios miembros, pero para propósitos de análisis, estas últimas cargas pueden reemplazarse por cargas estáticamente equivalentes que actúan en las articulaciones.

Para armaduras planas se consideran los nudos como articulaciones, y las cargas a las que van a estar sujetas serán fuerzas concentradas aplicadas en las articulaciones.

Entonces, el objetivo que se persigue al realizar el análisis estructural es encontrar los valores de las siguien

tes incógnitas:

- 1) Desplazamientos lineales de los nudos de la armadura.
- 2) Deformaciones lineales de las barras que forman a la armadura.
- 3) Fuerza axial actuante en cualquier sección de las barras - que constituyen a la armadura.

#### I.- Principio de continuidad o de compatibilidad geométrica

Este principio supone que las deformaciones que sufren las barras de una estructura son pequeñas, y por lo tanto se pueden obtener relaciones entre las deformaciones lineales de las barras y los desplazamientos lineales de los nudos.

Las ecuaciones de compatibilidad deben de, por ejemplo, ser satisfechas en todos los puntos de apoyo en donde es necesario que los desplazamientos de la estructura sean consistentes con las condiciones de apoyo, por ejemplo, es un apoyo fijo no puede haber desplazamientos lineales de los extremos de las barras que concurren a dicho apoyo.

#### II.- Equilibrio

Dado que uno de los objetivos de cualquier análisis estructural es el de determinar las fuerzas internas, y las reacciones en los apoyos, una solución correcta para cualquiera de estas cantidades debe satisfacer todas las condiciones de equilibrio estático, no solo para toda la estructura, sino también para cualquier parte de ella tomada como un

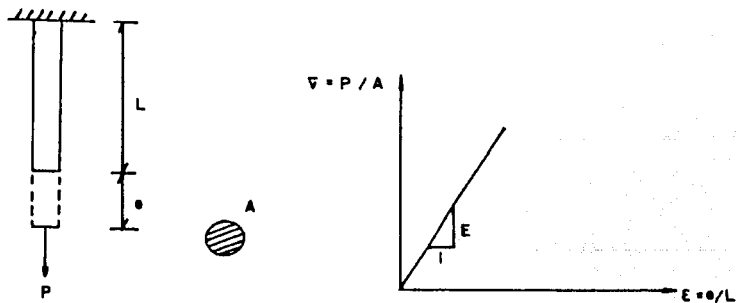
cuerpo libre.

En el caso de las armaduras planas es condición necesaria y suficiente que el equilibrio se cumpla aislando como cuerpo libre a cualquier nudo, esto es, deberá cumplirse que:

$$\sum F_x = 0 \quad ; \quad \sum F_y = 0$$

### III.- Ley de Hooke

Se considera que el material del cual están hechas todas las barras que forman a la estructura tienen un comportamiento elástico y lineal el cual puede ser representado por la Ley de Hooke, la cual se expresa como:



- $P$  ; fuerza axial actuante  
 $e$  ; deformación longitudinal  
 $A$  ; área transversal

$L$  ; longitud de la barra

La pendiente de la recta obtenida de la gráfica esfuerzo axial ( $\sigma$ ) y deformación unitaria ( $\epsilon$ ) es conocida como el módulo de elasticidad del material o módulo de Yung ( $E$ ) característico de cada material.

Sustituyendo en la ecuación (2.1) a  $\sigma$  y  $\epsilon$  por  $P/A$  y  $e/L$  respectivamente tenemos:

$$P/A = E e / L$$

$$P = E A e / L$$

$$P = k e \quad (2.2)$$

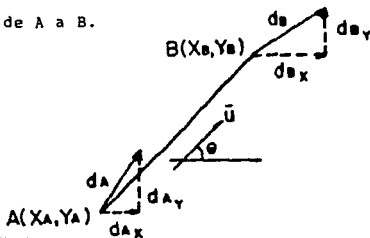
$$k = E A / L \quad (2.3)$$

En la ecuación (2.2)  $P$  es la fuerza axial actuante en la barra,  $e$  su deformación longitudinal y  $k$  es la llamada - rigidez relativa o axial.

#### Matriz de continuidad o de transformación

Relaciona los desplazamientos lineales de las barras, y para obtenerla aplicaremos el principio de continuidad.

Primero obtengamos el valor de  $e_i$  (alargamiento o acortamiento de la barra  $i$ ) en función de los desplazamientos de sus nudos extremos  $A$  y  $B$ . Para ello sea  $\hat{u}_i$  un vector unitario paralelo a la barra  $i$ , considerémos que las barras tienen orientación de  $A$  a  $B$ .









$$\sum F_x = 0$$

$$F_{x_j} = P_i \cos \theta_i + P_m \cos \theta_m - P_n \cos \theta_n - P_o \cos \theta_o$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{y_j} = P_i \sin \theta_i - P_m \sin \theta_m + P_n \sin \theta_n + P_o \sin \theta_o$$

o bien,

$$(F_j) = (\bar{u}_i) P_i - (\bar{u}_m) P_m + (\bar{u}_n) P_n - (\bar{u}_o) P_o$$

Con esta expresión obtendremos la regla para formar - por renglones dobles a la matriz de equilibrio. Cada columna corresponde a una barra, si el vector  $\bar{u}_i$  de esta barra sale del nudo le corresponde  $-(\bar{u}_i)$ , si entra  $+(\bar{u}_i)$ , por lo que:

$$\begin{bmatrix} [F_{x_1}] \\ [F_{y_1}] \\ \cdot \\ \cdot \\ [f_j] \\ \cdot \\ \cdot \\ [F_n] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +(\bar{u}_i) \\ -(\bar{u}_m) \\ +(\bar{u}_n) \\ -(\bar{u}_o) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ P_j \\ \cdot \\ \cdot \\ P_n \end{bmatrix}$$

Puede verse que esta regla coincide con la regla para - formar a la matriz ( a ), pero en la matriz de equilibrio los renglones son las columnas de la matriz de continuidad, entonces:

$$(F) = (a^T) (P) \quad (2.6)$$

## M E T O D O D E L A S R I G I D E C E S

Este fenómeno toma como incógnitas a los desplazamientos nodales. Las ecuaciones fundamentales para aplicar este método se deducen de los principios básicos del análisis estructural vistos anteriormente. Estas ecuaciones son:

$$(e) = (a) (d) \quad \text{Principio de continuidad}$$

$$(p) = (k) (e) \quad \text{Ley de Hooke}$$

$$(F) = (a^T) (p) \quad \text{Equilibrio}$$

En principio, las incógnitas a resolver son  $(e)$ ,  $(d)$  y  $(p)$ ; pero tenemos tres ecuaciones para obtenerlas.

Resolveremos el sistema por sustitución como sigue:

Sustituimos la ecuación (2.5) en (2.2) y obtenemos:

$$(p) = (e) (a) (d) \quad (2.7)$$

Tomamos la ecuación (2.7) y la sustituimos en la (2.6):

$$(F) = (a^T) (k) (a) (d) = (K) (d) \quad (2.8)$$

$$\text{donde } (K) = (a^T) (k) (a) \quad (2.9)$$

es la llamada matriz de rigidez global de la estructura.

Resolvemos el sistema obteniendo los desplazamientos de la siguiente manera:

$$(d) = (K^{-1}) (F) \quad (2.10)$$

y sustituimos  $(d)$  en la ecuación (2.5) para obtener las deformaciones  $(e)$ . Finalmente, sustituimos  $(e)$  en la ecuación (2.2) para obtener los elementos mecánicos  $(p)$ .

De hecho, este método llamado también de los desplazamientos, puede aplicarse tanto a las estructuras estáticamente determinadas como a las estructuras estáticamente indeterminadas.

### III. A N A L I S I S

## A N A L I S I S

Empezaremos planteando una regla para numerar los nudos de una armadura. Tomemos la estructura de la figura (3.1) - como ejemplo ilustrativo.

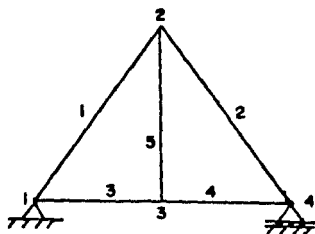


Figura 3.1

Si hacemos la diferencia entre los números que etiquetamos a los nudos de una barra, obtendremos un cierto número, por ejemplo, si tomamos la barra 2 los nudos que tiene son el (2) y el (4), haciendo la diferencia  $(4)-(2)$  obtenemos el número 2; si tomamos la barra 4, los nudos que la unen son el (3) y el (4) y la diferencia resulta igual a 1. Si continuamos este procedimiento, vemos que el mayor valor de las diferencias es igual a 2, que es el mínimo posible en la numeración de los nudos. Pero, si hubiéramos numerado los nudos como en la figura (3.2) vemos que el valor en la diferen

cia de la barra 3 es igual a 3, el cual no es el mínimo posible. Por lo tanto, es conveniente tratar de encontrar el mínimo posible cuando numeremos los nudos, ya que ésto reduce el ancho de banda y por consecuencia el tiempo de cálculo.

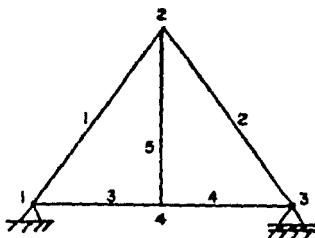


Figura 3.2

| Barra | Nudos   | Diferencia |
|-------|---------|------------|
| 1     | (1) (2) | 1          |
| 2     | (2) (3) | 1          |
| 3     | (1) (4) | 3          |
| 4     | (4) (3) | 1          |
| 5     | (2) (4) | 2          |

Una nota interesante es, que si etiquetamos los nudos en "zig-zag", generalmente da buenos resultados. Veamos el siguiente ejemplo ilustrativo en la figura (3.3).

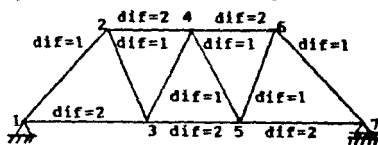


Figura 3.3

Ya que tenemos numerados los nudos, colocamos nuestra armadura en un plano coordenado como en la figura (3.4) que, por simplificación, colocaremos a la cuerda inferior sobre el eje X y al nudo (1) en el origen.

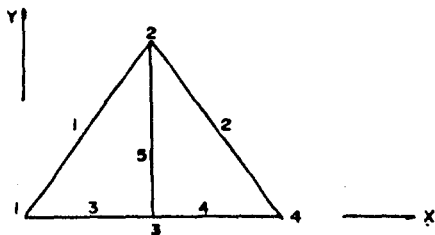


Figura 3.4

A los ejes X y Y se les llama ejes globales porque los elementos de la estructura están referidos a ellos.

Después, obtenemos de alguna manera las coordenadas de cada nudo. Lo representaremos en la siguiente tabla:

| Nudo | X     | Y     |
|------|-------|-------|
| 1    | $x_1$ | $y_1$ |
| 2    | $x_2$ | $y_2$ |
| 3    | $x_3$ | $y_3$ |
| 4    | $x_4$ | $y_4$ |

Tabla 3.1

Conocidos estos puntos procederemos a calcular las longitudes de las barras.

Tomamos como ejemplo la barra 1 de la figura (3.4) dibujada a continuación:

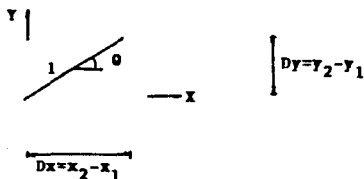


Figura 3.5

La proyección de la barra en el eje X tiene una longitud:

$$D_x = x_2 - x_1 \quad (3.1)$$

y la longitud de la proyección de la barra sobre el eje Y será:

$$D_y = y_2 - y_1 \quad (3.2)$$

Por lo que la longitud de la barra la calculamos con la expresión (3.3).

$$L = (D_x^2 + D_y^2)^{1/2} \quad (3.3)$$

Teniendo las proyecciones de la barra y la longitud de ésta, podemos calcular los cosenos directores con las siguientes ecuaciones:

$$\cos \theta = \frac{D_x}{L} \quad (3.4)$$



$$\text{sen } \theta = \frac{D y}{L} \quad (3.5)$$

Con cualquiera de estas ecuaciones podemos conocer la inclinación de la barra haciendo la inversa del coseno o la del seno indistintamente.

Continuemos ahora con la numeración de las barras de nuestra armadura.

Para este efecto, daremos un procedimiento sistemático, por comodidad, de la manera en que hay que etiquetar las barras.

Empezaremos primero numerando, de izquierda a derecha, las barras que forman parte de la cuerda superior; después continuaremos numerando las barras de la cuerda inferior; enseguida numeramos las barras llamadas diagonales; y por último, las barras que se llaman montantes.

En la figura (3.6) ilustraremos dicho procedimiento.

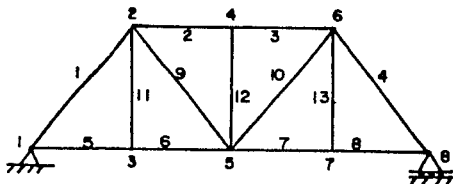


Figura 3.6

Para nuestro ejemplo, numeraremos las barras como sigue:

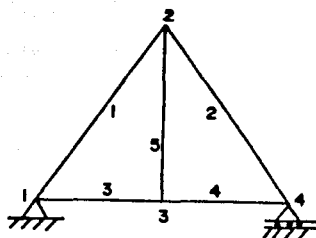


Figura 3.7

A continuación, haremos una tabla de las incidencias de las barras, aunque la manera de indicar qué nudo es el final y cual es el inicial, de una barra es indistinto ya que no altera en lo absoluto los resultados del cálculo.

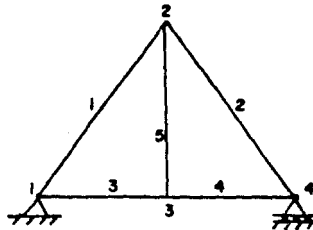
| Barra | Nudo inicial | Nudo final |
|-------|--------------|------------|
| 1     | 1            | 2          |
| 2     | 2            | 4          |
| 3     | 1            | 3          |
| 4     | 3            | 4          |
| 5     | 2            | 3          |

Tabla 3.2

Por otro lado, es necesario conocer los tipos de apoyo que tiene la armadura.

Analizando la estructura que hemos estado citando como ejemplo, vemos que tiene dos apoyos diferentes; en el nudo (1) restringe el movimiento en los dos sentidos; en el nudo

(4) lo restringe solo en dirección Y.



Bajo esta circunstancia, en el sistema de ecuaciones se reduce el número de estas y de incógnitas, esto es, si suponemos por un momento que la armadura no tiene apoyos, los posibles desplazamientos serán los indicados en la figura (3.8).

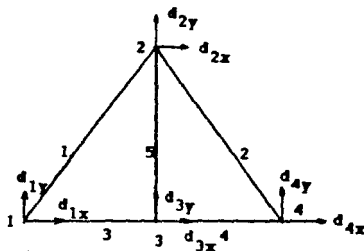


Figura 3.8

Por lo que existirían ocho incógnitas y ocho ecuaciones pero como los apoyos restringen los desplazamientos, las incógnitas serán las expresadas en la figura (3.9).

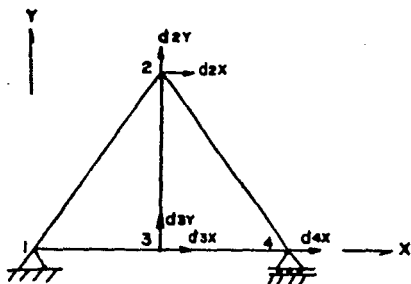


Figura 3.9

Para este caso en particular, se tendrán cinco ecuaciones con cinco incógnitas.

A los desplazamientos  $d_{in}$  los numeramos como lo indica la figura (3.10).

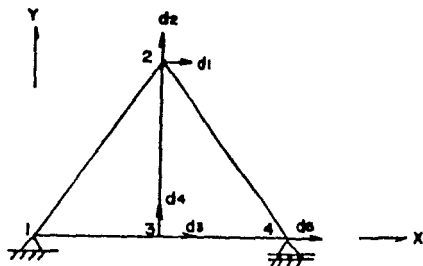


Figura 3.10

De esta manera,

$$d_{2x} = d_1$$

$$d_{2y} = d_2$$

$$d_{3x} = d_3$$

$$d_{3y} = d_4$$

$$d_{4x} = d_5$$

A estos números se les denomina indicadores de ecuación.

Cada nudo tiene un par de estos números, diferentes de cero, o no, dependiendo de el o los movimientos restringidos.

Construiremos una tabla con estos indicadores.

| Nudo | Desplazamiento |    | Indicadores de ecuación |   |
|------|----------------|----|-------------------------|---|
|      | X              | Y  | X                       | Y |
| 1    | no             | no | 0                       | 0 |
| 2    | si             | si | 1                       | 2 |
| 3    | si             | si | 3                       | 4 |
| 4    | si             | no | 5                       | 0 |

Tabla 3.3

El paso que sigue en esta secuencia, es la construcción de la matriz de transformación, basándonos en la expresión - (2.5.1). Tomando los valores obtenidos por las ecuaciones - (3.4) y (3.5), tomando información de la tabla (3.2) y, por último, considerando los indicadores de ecuación de la tabla (3.3) tenemos:

| Barra       | Nudos |   |        |        |        |        |       |   |
|-------------|-------|---|--------|--------|--------|--------|-------|---|
|             | 1     |   | 2      |        | 3      |        | 4     |   |
|             | x     | y | x      | y      | x      | y      | x     | y |
| 1           |       |   | $c_1$  | $s_1$  |        |        |       |   |
| 2           |       |   | $-c_2$ | $-s_2$ |        |        | $c_2$ |   |
| 3           |       |   |        |        | $c_3$  | $s_3$  |       |   |
| 4           |       |   |        |        | $-c_4$ | $-s_4$ | $c_4$ |   |
| 5           |       |   | $-c_5$ | $-s_5$ | $c_5$  | $s_5$  |       |   |
| Indicadores | 0     | 0 | 1      | 2      | 3      | 4      | 5     | 0 |

Tabla 3.4

Como se indicó anteriormente,  $s_i$  y  $c_i$  son respectivamente el seno y el coseno del ángulo de inclinación de la barra  $i$ .

Obsérvese que no se han considerado los elementos del nudo (1) en las dos direcciones, ni los elementos del nudo (4) en la dirección Y. La razón es que los desplazamientos en dichos nudos en las direcciones mencionadas están restringidos por los apoyos.

La siguiente expresión es la matriz de transformación o de compatibilidad:

$$(a) = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ c_1 & s_1 & 0 & 0 & 0 \\ -c_2 & -s_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & c_3 & s_3 & 0 \\ 0 & 0 & -c_4 & -s_4 & c_4 \\ -c_5 & -s_5 & c_5 & s_5 & 0 \end{bmatrix} \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{matrix} \quad (3.6)$$

Los indicadores de ecuación y el número de barras determinan el tamaño de la matriz (a), por lo que el orden de la matriz es (5x5), esto es (NBxIN).

Además, conviene hacer una tabla en donde indiquemos - las características de cada barra.

| Barra | Area  | Módulo de elasticidad |
|-------|-------|-----------------------|
| 1     | $A_1$ | $E_1$                 |
| 2     | $A_2$ | $E_2$                 |
| 3     | $A_3$ | $E_3$                 |
| 4     | $A_4$ | $E_4$                 |
| 5     | $A_5$ | $E_5$                 |

Tabla 3.5

Después, calculemos los coeficientes de rigidez relativa  $k$  con las longitudes de cada barra y con los datos de la tabla (3.5), basándonos en la ecuación  $k = A E / L$ , y formemos la matriz diagonal ( $k$ ) de la siguiente manera:

$$(k) = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & k_{55} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

El orden de esta matriz es (5x5) en este caso, (NBxNB).

Ya que tenemos la matriz ( $a$ ) y la matriz ( $k$ ) podemos - formar la matriz de rigidez global ( $K$ ) de la estructura.

Para esto, apliquemos la expresión (2.9). Primero tenemos que obtener la transpuesta de la matriz ( $a$ ).

$$(a^T) = \begin{bmatrix} c_1 & -c_2 & 0 & 0 & -c_5 \\ s_1 & -s_2 & 0 & 0 & -s_5 \\ 0 & 0 & c_3 & -c_4 & c_5 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4 & s_5 \\ 0 & c_2 & 0 & c_4 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Después, haciendo la multiplicación de las matrices obtenemos la matriz de rigidez global:

$$(K) = (a^T) (k) (a)$$

$$(K) = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & b_{45} \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & b_{55} \end{bmatrix}$$

donde:

$$\begin{aligned} b_{11} &= c_1^2 k_{11} + c_2^2 k_{22} + c_5^2 k_{55} \\ b_{12} = b_{21} &= c_1 s_1 k_{11} + s_2 c_2 k_{22} + s_5 c_5 k_{55} \\ b_{13} = b_{31} &= -c_5^2 k_{55} \\ b_{14} = b_{41} &= -c_5 s_5 k_{55} \\ b_{15} = b_{51} &= -c_2^2 k_{22} \\ b_{22} &= s_1^2 k_{11} + s_2^2 k_{22} + s_5^2 k_{55} \\ b_{23} = b_{32} &= -s_5 c_5 k_{55} \\ b_{24} = b_{42} &= -s_5^2 k_{55} \\ b_{25} = b_{52} &= -s_2 c_2 k_{22} \\ b_{33} &= c_3^2 k_{33} + c_4^2 k_{44} + c_5^2 k_{55} \\ b_{34} = b_{43} &= s_3 c_3 k_{33} + s_4 c_4 k_{44} + s_5 c_5 k_{55} \\ b_{35} = b_{53} &= -c_4^2 k_{44} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 b_{44} &= s_3^2 k_{33} + s_4^2 k_{44} + s_5^2 k_{55} \\
 b_{45} &= b_{54} = -s_4 c_4 k_{44} \\
 b_{55} &= c_2^2 k_{22} + c_4^2 k_{44}
 \end{aligned}$$

Obsérvese que la matriz (K) es de orden (5x5), esto es (INxIN). Por otro lado, se tienen las cargas nodales aplicadas sobre la estructura. Consideremos una carga unitaria aplicada en el nudo (3) en dirección al eje global Y (figura 3.11).

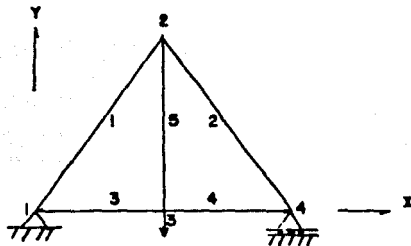


Figura 3.11

Si comparamos la figura (3.10) con la figura (3.11) podemos ver que la dirección de la fuerza coincide con la dirección del desplazamiento 4 ( $d_4 = d_{3y}$ ) pero en sentido opuesto al eje global Y, por lo que el valor de F será  $-F$  en el sistema de ecuaciones donde las incógnitas son los desplazamientos.

Formemos este sistema basándonos en la ecuación (2.8).

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & b_{45} \\ b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & b_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F \\ 0 \end{bmatrix}$$

Esto es,  $(K)(d) = (F)$

Y resolvemos el sistema de ecuaciones con la expresión (2.10) obteniendo los desplazamientos en los nudos.

Continuamos después aplicando la ecuación (2.5) para obtener las deformaciones en las barras.

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & s_1 & 0 & 0 & 0 \\ -c_2 & -s_2 & 0 & 0 & c_2 \\ 0 & 0 & c_3 & s_3 & 0 \\ 0 & 0 & -c_4 & -s_4 & c_4 \\ -c_5 & -s_5 & c_5 & s_5 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \end{bmatrix}$$

es decir,  $(e) = (a)(d)$

Haciendo la multiplicación de la matriz (a) por la matriz columna (d) obtenemos:

$$\begin{aligned} e_1 &= c_1 d_1 + s_1 d_2 \\ e_2 &= -c_2 d_1 - s_2 d_2 + c_2 d_5 \\ e_3 &= c_3 d_3 + s_3 d_4 \\ e_4 &= -c_4 d_3 - s_4 d_4 + c_4 d_5 \\ e_5 &= -c_5 d_1 - s_5 d_2 + c_5 d_3 + s_5 d_4 \end{aligned}$$

Que son las deformaciones de las barras, provocadas por la fuerza F.

En la figura (3.12) se muestra la armadura que nos ha servido de ejemplo sin deformar y, sobrepuesta la armadura ya deformada.

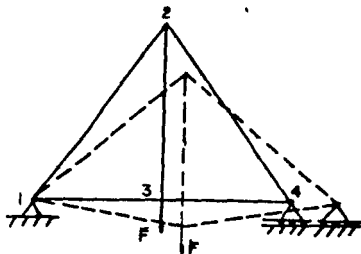


Figura 3.12

Obtenidas las deformaciones, podemos calcular los elementos mecánicos  $p$  en las barras aplicando la ecuación (2.2).

En forma matricial,

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & k_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & k_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \\ e_5 \end{bmatrix}$$

esto es,

$$(p) = (k) (e)$$

Después, podríamos checar el equilibrio con la ecuación (2.6) :

$$(F) = (a^T) (p)$$

en forma matricial:

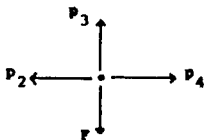
$$\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_1 & -c_2 & 0 & 0 & -c_5 \\ s_1 & -s_2 & 0 & 0 & -s_5 \\ 0 & 0 & c_3 & -c_4 & c_5 \\ 0 & 0 & s_3 & -s_4 & s_5 \\ 0 & c_2 & 0 & c_4 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \end{bmatrix}$$

Por lo que obtenemos:

$$\begin{aligned} c_1 p_1 - c_5 p_5 - c_2 p_2 &= 0 \\ s_1 p_1 - s_2 p_2 - s_5 p_5 &= 0 \\ c_3 p_3 - c_4 p_4 + c_5 p_5 &= 0 \\ s_3 p_3 - s_4 p_4 + s_5 p_5 &= -F \\ c_2 p_2 + c_4 p_4 &= 0 \end{aligned}$$

Además de dicha comprobación, podemos checar el equilibrio por el Método de los nudos, tomando cualquier nudo y las barras que coinciden en éste con sus respectivos elementos mecánicos.

Por ejemplo, comprobemos el equilibrio en el nudo (3):

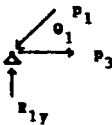


$$\sum F_x = p_4 - p_2 = 0 ; \sum F_y = p_3 - F$$

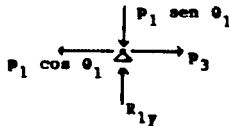
Y continuamos tomando todos los nudos para checar el equilibrio.

Por último, obtenemos las reacciones en los apoyos con el mismo método.

Tomemos como ejemplo el nudo-apoyo (1). Calculando la suma de fuerzas en dirección global X y en dirección global Y de la siguiente manera, obteniendo la reacción  $R_{1Y}$ .



esto es,



entonces,

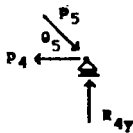
$$\sum F_x = P_3 - P_1 \cos \theta_1 = 0$$

$$\sum F_y = R_{1Y} - P_1 \sin \theta_1 = 0$$

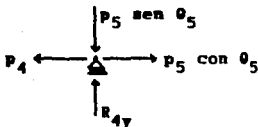
por lo que,

$$R_{1Y} = P_1 \sin \theta_1$$

Ahora, tomando el nudo apoyo (4) tenemos,



esto es,



entonces,

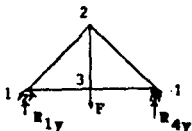
$$\sum F_x = p_5 \cos \theta_5 - p_4 = 0$$

$$\sum F_y = R_{4y} - p_5 \sin \theta_5 = 0$$

por lo que,

$$R_{4y} = p_5 \sin \theta_5$$

Ahora, comprobemos el equilibrio general de la armadura:



entonces,

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = R_{1y} + R_{4y} - F = 0$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$\sum M_4 = 0$$

En el programa de computadora se sigue un procedimiento general, similar al que se expuso.

En seguida, daremos en una tabla, de manera ilustrativa

los datos que se necesita introducir al programa y los valores que obtiene.

| DATOS                         | CALCULOS                   |
|-------------------------------|----------------------------|
| Número de nudos               | Longitudes de las barras   |
| Número de barras              | Cosenos directores         |
| Número de apoyos              | Matriz de transformación   |
| Coordenadas de los nudos      | Matriz local de rigideces  |
| Incidencias de las barras     | Matriz global de rigideces |
| Restricciones en los apoyos   | Desplazamientos            |
| Características de las barras | Deformaciones              |
| Cargas nodales                | Elementos mecánicos        |
|                               | Reacciones en los apoyos   |

Tabla 3.6

Cabe mencionar que el programa tiene una subrutina que resuelve el sistema de ecuaciones por el método de Gauss.

#### IV. D I S E Ñ O



## D I S E Ñ O

En lo que se refiere al diseño, los elementos que constituyen a una armadura, llamados barras, se diseñarán con el siguiente procedimiento.

Para el caso en que la barra se encuentre sometida a - fuerzas de tensión, se utilizará la siguiente expresión:

$$P_{adm} = 0.6 f_y A \quad (4.1)$$

donde  $A$  ; área transversal de la sección  
 $f_y$  ; esfuerzo de fluencia del material

El factor 0.6 nos asegura que el material va a estar - dentro del rango elástico lineal de la curva esfuerzo-deformación unitaria.

Para el caso en que la barra se encuentre sometida a - fuerzas de compresión, se seguirán los pasos que a continuación se muestran.

- 1.- Se calcula el momento de inercia alrededor del eje X y - del eje Y (  $I_{xx}$  y  $I_{yy}$  respectivamente) .
- 2.- Se obtienen los radios de giro en X y en Y con la si-- guiente expresión:

$$r = ( I / A )^{1/2} \quad (4.2)$$

para ambos sentidos, esto es,  $r_x$  y  $r_y$ .

- 3.- Calculamos el coeficiente de columna  $C_c$  con la expresión

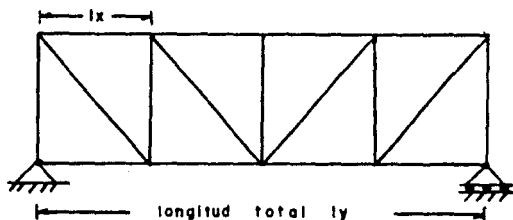
$$C_c = (2\pi^2 E / f_y)^{1/2} \quad (4.3)$$

4.- Obtenemos la relación de esbeltez en X y en Y de la siguiente manera:

$$1/r_x ; 1/r_y$$

donde  $r_x$  y  $r_y$  son los radios de giro ya obtenidos. En el caso de la longitud  $l$  se tomará como sigue:

Cuando el elemento al que se está diseñando es parte de una cuerda, la longitud que se tomará para calcular la relación de esbeltez en sentido X va a ser la de la barra definida entre dos nudos de la cuerda; en sentido Y va a ser la longitud total de la cuerda, si es que no se cuenta con arriostramientos perpendiculares a la armadura.



Por el contrario, cuando el elemento no forma parte de alguna cuerda, como son las diagonales y los montantes, la longitud que se tomará para el cálculo de la relación de esbeltez va a ser la misma para ambos sentidos, esto es, la longitud de la barra.

5.- Comparamos  $1/rx$  contra  $1/ry$  y tomamos la que tenga el mayor valor para hacer la siguiente comparación: La relación de esbeltez  $1/r$  debe ser menor a 200. En el caso en que sea mayor, se considerará a dicho elemento como muy esbelto y habrá que modificar la sección, aumentando el área y el radio de giro.

6.- Comparamos  $Cc$  con  $1/r$

si  $1/r$  es menor que  $Cc$  aplicamos la expresión (4.4)  
para obtener el esfuerzo admisible en el rango inelástico.

si  $1/r$  es mayor que  $Cc$  aplicamos la expresión (4.5)  
obteniendo el esfuerzo admisible en el rango elástico.

$$F_{adm} = (1 - ((1/r)^2 / 2Cc^2)) f_y / FS_2 \quad (4.4)$$

$$\text{donde } FS_2 = 5/3 + 3/8(1/r)/Cc - 1/8(1/r)^3/Cc^3$$

$$F_{adm} = Cc^2 / 2(1/r)^2 f_y / FS_1 \quad (4.5)$$

$$\text{donde } FS_1 = 23/12$$

En cualquiera de los dos casos, el esfuerzo admisible -  $F_{adm}$  debe ser menor o igual a  $0.6f_y$ , en caso contrario se tomará como  $F_{adm} = 0.6f_y$ .

7.- Obtenemos entonces, la carga admisible del elemento con la expresión :

$$P_{adm} = F_{adm} A \quad (4.6)$$

Ya obtenidas las cargas admisibles, hacemos el cociente de  $P_{adm}$  entre  $P_{actuante}$  para conocer la relación de cargas.

En el caso de las cuerdas, la carga actuante que vamos a tomar para dicha relación será la mayor, en valor absoluto de las cargas en los elementos que forman la cuerda.

Para la aceptación de las secciones de la armadura, vamos a comparar la relación de cargas con el siguiente intervalo:

$$0.90 \leq RC \leq 1.10 \quad (4.7)$$

Si dicha relación de cargas (RC) es menor a 0.90, debemos aumentar la sección; pero si es mayor a 1.10 la reduciremos.

Después de checar todas las relaciones de cargas se tendrá

- 1) Que todas las RC estén dentro del rango de aceptación, con lo que el diseño queda concluido.
- 2) Que no todas las RC estén dentro del rango, con lo que tendremos algunas secciones modificadas.

En este caso, como las áreas van a cambiar, volveremos a analizar la estructura y obtendremos nuevos elementos mecánicos y nuevos desplazamientos, y así, volveremos a checar las secciones hasta que estas se encuentren dentro del rango de aceptación.

El programa cuenta con un archivo de ángulos, el cual - está compuesto de las siguientes secciones:

| TIPO | DESCRIPCION                     | SIMBOLOGIA |
|------|---------------------------------|------------|
| 1    | Un ángulo                       | L          |
| 2    | Dos ángulos en cajón            | □          |
| 3    | Dos ángulos en estrella         | ⊕          |
| 4    | Dos ángulos espalda con espalda | ⌋⌋         |
| 5    | Dos ángulos en canal            | └┘         |

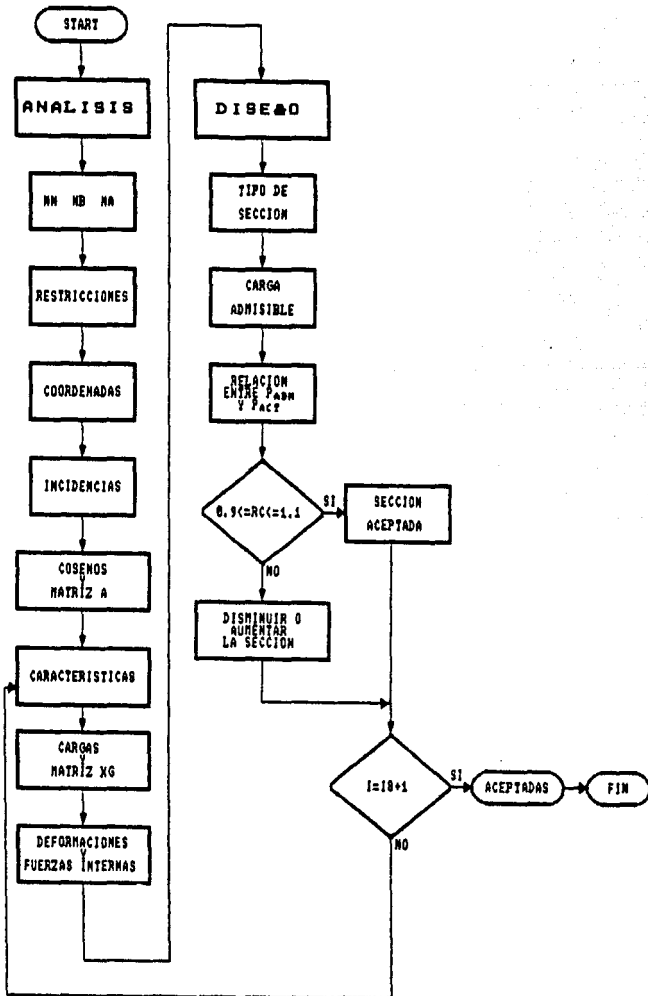
Tabla 4.1

Dentro del programa se ha supuesto de antemano que las secciones de los tipos 4 y 5 se usarán para las cuerdas superior e inferior y los otros tipos (1, 2 y 3) para diagonales y montantes.

Como ya se mencionó en el capítulo I, las características de las secciones fueron obtenidas del Manual A.H.M.S.A.

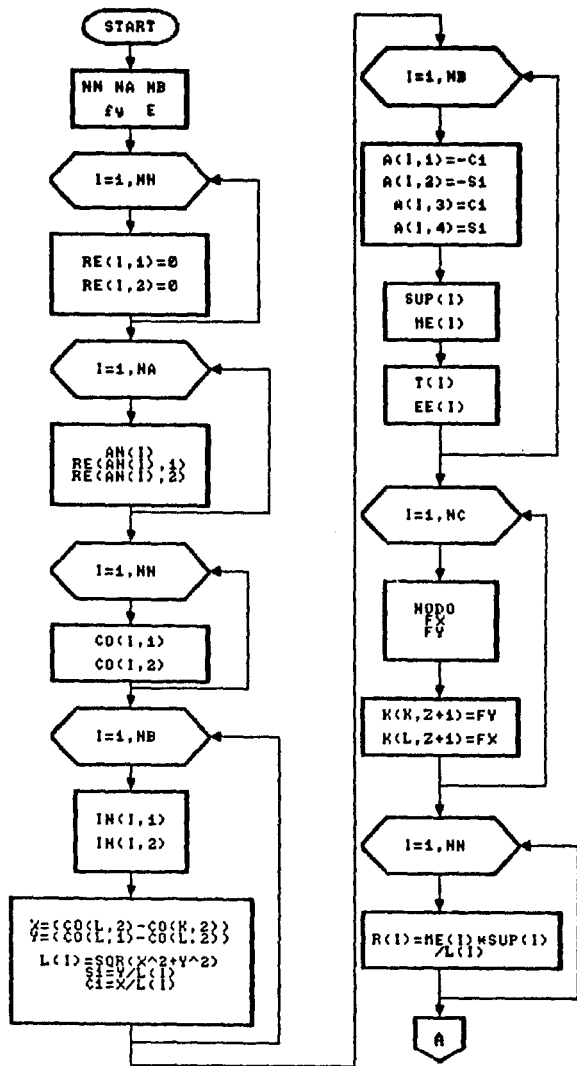
## V. PROGRAMA DE COMPUTADORA

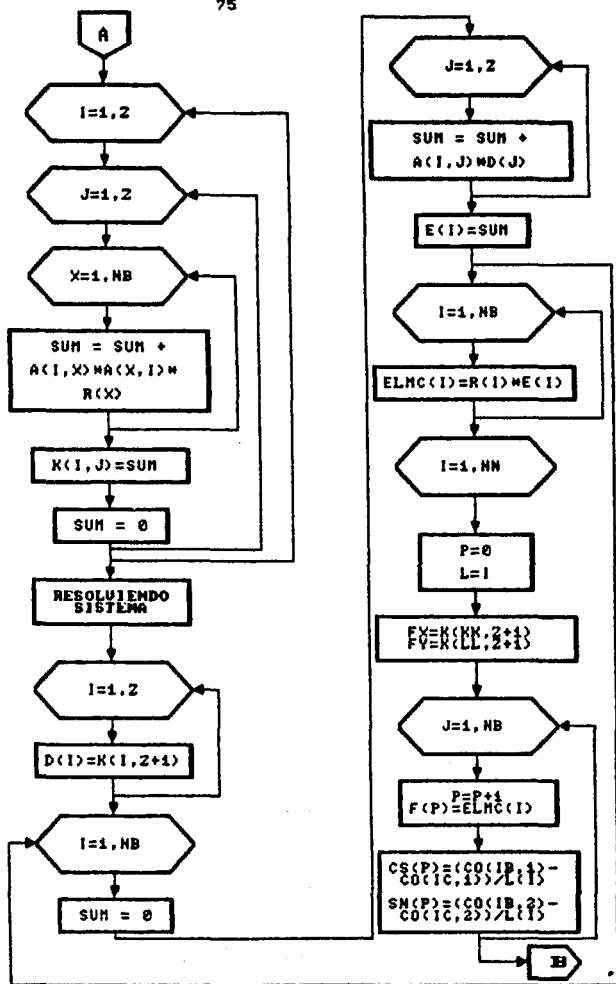
## DIAGRAMA DE BLOQUE

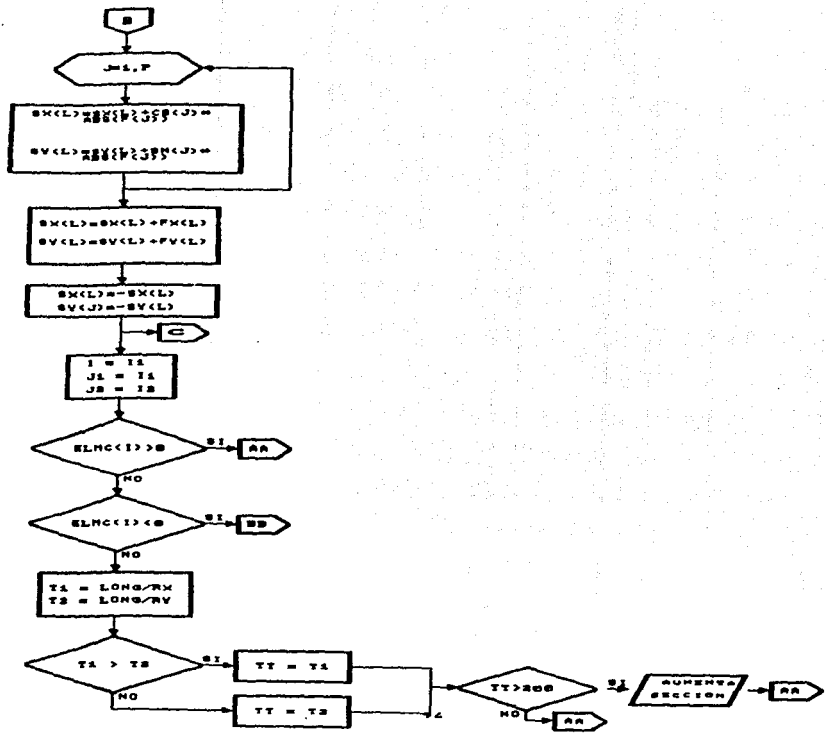




## DIAGRAMA DE FLUJO









## LISTADO DEL PROGRAMA

```

19 PRINT"-----"
20 NH$=""
21 PRINT:INPUT"NUMERO DE BARRAS      ":";NB
22 PRINT:INPUT"NUMERO DE NUDOS      ":";NN
24 PRINT:INPUT"NUMERO DE APOYOS      ":";NA:PRINT:INPUT"DISEÑO (S)          ":";ABC$
:IF ABC$="N" THEN B2=2039000:GOTO 26
25 PRINT:INPUT"                      ":";fy      ":";YF:PRINT:INPUT"MODULO DE ELASTICIDAD:";E2
26 PRINT:INPUT"OK(S) ?":RESP$
28 IF RESP$="N"THEN CLS:GOTO 13
31 PRINT:CLS:PRINT"FAVOR DE ESPERAR.....":
42 PRINT"lectura concluida"
43 FOR DD=1 TO 1000:NEXT DD
45 I=0
55 FOR I = 1 TO NN
60 RE(1,1)=0:RE(1,2)=0
65 NEXT I
66 REM REGRESO
67 CLS
70 FOR I = 1 TO NA
72 PRINT"RESTRICCIONES EN LOS APOYOS  ":PRINT"-----"
73 PRINT:PRINT"LIBRE=N  FIJO=S"
74 PRINT:PRINT "APOYO # :":I
75 PRINT:INPUT"NUDO-APOYO      ":";AN(I)
76 PRINT:INPUT"RESTRINGIDO EN X:";A#
77 PRINT:INPUT"RESTRINGIDO EN Y:";B#
78 PRINT:INPUT"OK (S) ":";RESP#
79 IF RESP#="N" THEN CLS:GOTO 55
80 IF A#="S" THEN RE(AN(I),1)=1:GOTO 82
81 RE(AN(I),1)=0
82 IF B#="S" THEN RE(AN(I),2)=1:GOTO 100
83 RE(AN(I),2)=0
100 CLS:NEXT I
105 PRINT"NUDO","REST.X","REST.Y":PRINT"-----"
106 FOR I=1 TO NN
140 IF IE(1,1) = 0 THEN GOTO 155
145 IF IE(1,2)=0 THEN PRINT I,"NO","SI":GOTO 165
150 PRINT I,"NO","NO":GOTO 165
155 IF IE(1,2)=0 THEN PRINT I,"SI","SI":GOTO 165
160 PRINT I,"SI","NO"
165 NEXT I
166 PRINT"-----"
170 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ?":RESP$:IF RESP$="N" THEN GOTO 55
171 CLS
172 REM REGRESO
185 FOR I = 1 TO NN
187 PRINT"COORDENADAS":PRINT"-----"
190 PRINT:PRINT"NUDO:";I
195 PRINT:INPUT" X:";CO(1,1)
200 PRINT:INPUT" Y:";CO(1,2)
205 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ?":RESP$
210 IF RESP$="N" THEN CLS:

```

ESTA TESIS NO PUEDE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

78

BIBLIOTECA CENTRAL

```
215 CLS: NEXT I
220 PRINT"NUDD", " X", " Y":PRINT"-----"
225 FOR I = 1 TO NN
230 PRINT I, CO(I,1), CO(I,2)
235 IF I=20 THEN INPUT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",Z#:ELSE NEXT I
236 PRINT"-----"
240 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ";RESP#:IF RESP#="N" THEN CLS: GOTO 242
241 CLS :GOTO 255
245 CLS : GOTO 242
255 FOR I = 1 TO NB
257 PRINT"INCIDENCIAS EN LAS BARRAS":PRINT"-----"
260 PRINT:PRINT"BARRA: ";I
265 PRINT:INPUT"NUDD INICIAL: ";IN(I,1)
270 PRINT:INPUT"NUDD FINAL 1: ";IN(I,2)
275 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ?":RESP#
280 IF RESP#="N" THEN CLS: GOTO 257
285 CLS: NEXT I
290 PRINT"BARRA", "NUDD I", "NUDD F"
291 PRINT"-----"
295 FOR I = 1 TO NB
300 PRINT I, IN(I,1),IN(I,2)
305 IF I=20 THEN INPUT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",Z#
306 NEXT I: PRINT"-----"
310 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ";RESP#:IF RESP#="N" THEN CLS:GOTO 312
311 CLS:GOTO 319
312 INPUT"QUE BARRA ESTA MAL: ";N3
313 INPUT"DEL NUDD: ";IN(N3,1)
314 INPUT"AL NUDD: ";IN(N3,2)
315 INPUT"ALGUNA OTRA BARRA: ";RESP#
316 IF RESP# = "N" THEN CLS:GOTO 290
317 CLS: GOTO 312
320 PRINT"ARMADURA PLANA":INPUT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",R#:SCREEN 0,0,0
324 REM COSENOS
325 FOR I = 1 TO NB
330 PRINT"-";:K=IN(I,1):L=IN(I,2)
335 Y=CO(L,2)-CO(K,2)
340 X=CO(L,1)-CO(K,1)
345 L(I)=SQR(X^2 + Y^2)
350 C1(I)=X/L(I)
355 S1(I)=Y/L(I)
360 NEXT I
365 CLS
370 PRINT"MATRIZ DE TRANSFORMACION"
380 FOR I = 1 TO NB
385 PRINT"-";:K=IN(I,1):L=IN(I,2)
390 X1=IE(K,1):X2=IE(K,2)
395 X3=IE(L,1):X4=IE(L,2)
400 NEXT I
405 FOR I = 1 TO Z: FOR J = 1 TO Z+1: KB(I,J)=0:NEXT J:NEXT I
410 CLS
441 PRINT"CARACTERISTICAS"
442 PRINT"-----"
```

ESTA TERCERA NO SEDE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

79

```
442 PRINT"CARACTERISTICAS"
443 PRINT"-----"
445 PRINT:INPUT"DE LA BARRA          ":I1
450 PRINT:INPUT"A LA BARRA          ":I2
457 PRINT:INPUT"TIPO (1-5)          ":TP
459 IF TP=4 THEN PRINT:INPUT"      ":E1:PRINT:PRINT:GOTO 470
465 PRINT:PRINT:E1=0
470 INPUT"OK(S) ?":RESP#
475 IF RESP#="N" THEN CLS:GOTO 442
480 FOR I = 11 TO I2:SUP(I)=1:ME(I)=B2:T(I)=TP:EE(I)=E1:NEXT I
485 PRINT:INPUT"FIN DE DATOS (N):":RESP#
490 IF RESP#="S" THEN CLS:GOTO 500
495 CLS:GOTO 442
500 PRINT"BARRA","AREA","E","TIPO","e"
501 PRINT"-----"
505 FOR I = 1 TO NB
510 PRINT I,SUP(I),ME(I),T(I),EE(I)
514 IF I=20 THEN INPUT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",Z#
515 NEXT I
516 PRINT"-----"
517 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ":RESP#:IF RESP#="N" THEN GOTO 430
520 CLS:PRINT"CARGAS"
521 PRINT"-----"
525 PRINT:INPUT"NUMERO DE NUDOS CARGADOS:":C
527 OPEN "CARGA.DAT" FOR OUTPUT AS # 1
530 PRINT:PRINT:CLS
534 FOR J=1 TO C:PRINT"CARGAS:":PRINT"-----":PRINT:PRINT"NUMERO DE NUDOS C
ARGADOS:":C
535 PRINT:INPUT"NUDO   ":NUDD
540 PRINT:INPUT"FZA. X:":FX
545 PRINT:INPUT"FZA. Y:":FY
550 PRINT:PRINT:INPUT"OK(S) ":RESP#
555 IF RESP#="N" THEN CLS:GOTO 530
561 K=IE(NUDD,1):L=IE(NUDD,2)
574 FOR I=1 TO NB:K=IE(I,1):L=IE(I,2)
575 PRINT # 1, K,G(K,Z+1),K,G(L,Z+1)
576 NEXT I
577 CLOSE # 1
580 CLS
585 PRINT"NUDD","FZA. X","FZA. Y"
586 PRINT"-----"
590 FOR I = 1 TO NN
595 K=IE(I,1):L=IE(I,2)
600 PRINT I,PG(K,Z+1),G(L,Z+1)
605 IF I=20 THEN INPUT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",Z#
606 NEXT I:PRINT"-----":PRINT:INPUT"OK(S) ":RESP#
611 IF RESP#="N" THEN GOTO 530
607 FY=0:   FOR I=1 TO NN:K=IE(I,1):L=IE(I,2):KG(K,Z+1)=0:KG(L,Z+1)=0:NEXT I
615 FOR I = 1 TO NB:R(I)=ME(I)*SUP(I)/L(I):NEXT I
620 SUM=0
625 FOR I = 1 TO Z:PRINT "-":
630 FOR J= 1 TO Z:PRINT"-":
```



```

660 NEXT J
665 NEXT I:OPEN "KG.DAT" FOR OUTPUT AS # 10 :FOR I=1 TO Z:FOR J=1 TO Z:PRINT #10
,KG(I,J):NEXT J:NEXT I:CLOSE # 10
666 REM SUBPROGRAMA
668 OPEN "CARGA.DAT" FOR INPUT AS # 1
698 CLS:PRINT"RESOLVIENDO SISTEMA":OPEN "KG.DAT" FOR INPUT AS #10:FOR I=1 TO Z:F
OR J=1 TO Z:INPUT #10,KG(I,J):NEXT J:NEXT I:CLOSE # 10
699 FOR J=1 TO Z
700 FOR I=J TO Z
701 IF KG(I,J)<>0 THEN 705
702 NEXT I
703 PRINT"NO TIENE SOLUCION"
704 END
705 FOR K=1 TO Z+1
710 X=KG(J,K)
715 KB(J,K)=KG(I,K)
720 KB(I,K)=X
725 NEXT K
730 Y=1/KG(J,J)
735 FOR K=1 TO Z+1
740 KG(J,K)=Y*KG(J,K)
745 NEXT K
750 FOR I=1 TO Z
755 IF I = J THEN 780
760 Y=-KG(I,J)
765 FOR K=1 TO Z+1
770 KB(I,K)=KG(I,K)+Y*KG(J,K)
775 NEXT K
780 NEXT I:PRINT",";
785 NEXT J:CLS
790 PRINT"SISTEMA RESUELTO":CLS
795 FOR I = 1 TO Z
800 D(I)=KG(I,Z+1)
805 NEXT I
810 CLS:PRINT"DEFORMACIONES"
815 FOR I = 1 TO NB:PRINT",";
820 SUM=0
825 FOR J=1 TO Z
835 NEXT J
840 E(I)=SUM
845 NEXT I
850 CLS
855 PRINT"ELEMENTOS MECANICOS"
860 FOR I = 1 TO NB:PRINT",";
865 ELMEC(I)=INT(R(I)*E(I)*100+.5)/100
870 NEXT I
875 CLS
876 PRINT"CONDICION #:";I:PRINT

```

```

880 PRINT"BARRA FUERZA INTERNA DESCRIPCION"
881 PRINT"-----"
885 FOR I=1 TO NB
890 IF ELMEC(I)<0 THEN PRINT I,ELMEC(I),"COMPRESION":GOTO 901
895 IF ELMEC(I)=0 THEN PRINT I,ELMEC(I),"NO TRABAJA":GOTO 901
900 PRINT I,ELMEC(I),"TENSION"
901 IF I=20 THEN INPUT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",Z:ELSE NEXT I:PRINT"-----"
902 PRINT"-----":PRINT:PRINT:PRINT"NUDO","DESPL,X","DESPL,Y"
(I,2):PRINT I,D(KK),D(LL):NEXT I
903 PRINT"-----"
904 IF NM$="NO" THEN 910
905 PRINT:PRINT:INPUT"PARA CONTINUAR OPRIMA RETURN",W$
910 CLS
911 OPEN "CARGA.DAT" FOR INPUT AS # 1
912 FOR I=1 TO NN:KK=IE(I,1):LL=IE(I,2)
913 INPUT # 1,KG(KK,Z+1),KG(LL,Z+1)
914 NEXT I:CLOSE # 1
915 PRINT"EQUILIBRIO EN LOS NUDOS"
920 FOR I=1 TO NN
925 L=1
930 F=0: KK=IE(I,1):LL=IE(I,2):FX(I)=KG(KK,Z+1):FY(I)=KG(LL,Z+1)
935 FOR J=1 TO NB
1026 PRINT
1034 PRINT "NUDO","SX","SY" :PRINT"-----"
1035 FOR I=1 TO NN
1036 L=1
1037 W1=AN(1):W2=AN(2):W3=AN(3)
1038 IF L=W1 THEN GOTO 1042
1039 IF L=W2 THEN GOTO 1042
1040 IF L=W3 THEN GOTO 1042
1041 PRINT L,INT(SX(I)*100+.5)/100,INT(SY(I)*100+.5)/100
1042 NEXT I:PRINT"-----":PRINT
1043 PRINT:PRINT"REACCIONES EN APOYOS","Unidades en Kg"
1044 PRINT
1045 PRINT"APOYO","RX","RY" :PRINT"-----"
1100 FOR I=1 TO NN
1101 L=1
1103 IF L=W1 THEN GOTO 1107
1104 IF L=W2 THEN GOTO 1107
1105 IF L=W3 THEN GOTO 1107
1106 GOTO 1120
1107 PRINT I,INT(SX(I)*100+.5)/100,INT(SY(I)*100+.5)/100
1120 NEXT I
1121 PRINT"-----"
1160 IF NM$="NO" THEN 1200
1189 PRINT:PRINT:PRINT"OPRIMA RETURN PARA CONTINUAR",:INPUT"W$
1202 IF ABC$="N" THEN 1824
1205 PRINT Y$:PRINT Z$ DISEÑO "Z$:PRINT Y$
1206 IF NM$="NO" THEN LS=0:L=0:LL=0:GOTO 1223

```

```

1207 PRINT"SUBROUTINA 1301": GOTO 1301
1218 PRINT"FAVOR DE ESPERAR"
1223 GOTO 1332
1230 IF NM#="ACEPTADAS" THEN GOTO 2000
1232 CLS
1233 PRINT Y#;PRINT Z#;"ANALISIS"Z#;PRINT Y#
1234 GOTO 610
1301 CLS;PRINT"MONTEANTES";PRINT"-----"
1302 INPUT"DE LA BARRA:";I1
1303 INPUT"A LA BARRA :";I2
1305 INPUT"OK (S) :";RESP#
1306 IF RESP#="N" THEN CLS;GOTO 1301
1308 PRINT"DIAGONALES" :PRINT"-----"
1309 INPUT"DE LA BARRA:";I3
1310 INPUT"A LA BARRA :";I4
1312 INPUT"OK (S) :";RESP#
1313 IF RESP#="N" THEN CLS;GOTO 1308
1315 PRINT"CUERDA SUPERIOR" :PRINT"-----"
1316 INPUT"DE LA BARRA:";I5
1317 INPUT"A LA BARRA :";I6
1320 INPUT"OK (S) :";RESP#
1321 IF RESP#="N" THEN CLS;GOTO 1315
1323 PRINT"CUERDA INFERIOR";PRINT"-----"
1324 INPUT"DE LA BARRA:";I7
1325 INPUT"A LA BARRA :";I8
1328 INPUT"OK (S) :";RESP#
1329 IF RESP#="N" THEN CLS;GOTO 1323
1330 CLS :PRINT "MUNTEANTES","DIAGONALES","C.SUP.,""C.INF";PRINT"-----"
1331 PRINT I1;"-";I2;I3;"-";I4;I5;"-";I6;I7;"-";I8;PRINT"-----"
1332 LS=0;LL=0;FSM=0;FIM=0: REM P ADM. EN CUERDAS Y RL DE CUERDAS
1348 FOR I=5 TO 16
1356 LL=0;LL=LS;J1=1;FF=FSM;FP=15;IF J1=0 THEN 1500
1358 PRINT" ";:IF FF=0 THEN 1390
1359 IF FF=0 THEN 2000
1360 IF I(I)=4 THEN 1365
1361 FOR J=1 TO 44: SUP(J)=AY(J);RX=FXH(J);RY=Y9H(J);LONG=L(J)
1362 TI=LONG/RX;T2=LL/RY;IF T1>T2 THEN T1=TI ELSE T1=T2
1363 IF T1<200 THEN 1364 ELSE 1500
1364 PRINT "J=";J: NEXT J;SUP(J1)=1;GOTO 1500
1365 IF EE(J1)=0 THEN 1373
1366 IF EE(J1)=.63 THEN 1376
1367 IF EE(J1)=.74 THEN 1374
1368 IF EE(J1)=.95 THEN 1382

```

```

1369 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A8(J): RX=X8R(J): RY=Y8R(J): LONG=L(J1)
1370 T1=LONG/RX: T2=LL/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1371 IF TT>200 THEN 1372 ELSE 1500
1372 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1373 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A4(J): RX=X4R(J): RY=Y4R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1374 IF TT>200 THEN 1375 ELSE 1500
1375 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1376 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A5(J): RX=X5R(J): RY=Y5R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1377 IF TT>200 THEN 1378 ELSE 1500
1378 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1379 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A6(J): RX=X6R(J): RY=Y6R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1381 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1382 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A7(J): RX=X7R(J): RY=Y7R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1383 IF TT>200 THEN 1384 ELSE 1500
1384 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1390 REM PADM EN TENSION
1391 IF T(J1)=4 THEN 1397
1392 FOR J=1 TO 44: SUP(J1)=A9(J): RX=X9R(J): RY=Y9R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1393 IF TT>200 THEN 1396
1394 FA=.6*2530: PA(J1)=SUP(J1)*FA
1395 RL(J1)=ABS(PA(J1)/FF): IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1396 ELSE 1500
1396 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1397 IF EE(J1)=0 THEN 1405
1398 IF EE(J1)=.65 THEN 1409
1399 IF EE(J1)=.79 THEN 1413
1400 IF EE(J1)=.95 THEN 1417
1401 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A8(J): RX=X8R(J): RY=Y8R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1402 IF TT>200 THEN 1404
1403 FA=.6*2530: PA(J1)=FA*SUP(J1): RL(J1)=ABS(PA(J1)/FF): IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)
.<.9 THEN 1404 ELSE 1500
1404 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1405 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A4(J): RX=X4R(J): RY=Y4R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1406 IF TT>200 THEN 1408
1407 FA=.6*2530: PA(J1)=FA*SUP(J1): RL(J1)=ABS(PA(J1)/FF): IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)
.<.9 THEN 1408 ELSE 1500
1408 PRINT"*": NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1409 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A5(J): RX=X5R(J): RY=Y5R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1410 IF TT>200 THEN 1412

```

```

1411 PA(J1)=.6*2530*SUP(J1);RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF);IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN
N 1412 ELSE 1500
1412 PRINT"*": NEXT J;SUP(J1)=1;GOTO 1500
1413 FOR J=1 TO 66;SUP(J1)=A6(J);RX=X6R(J);RY=Y6R(J);LONG=L(J1);T1=LONG/RX;T2=LL
/RX;IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1414 IF TT>200 THEN 1416
1415 PA(J1)=.6*2530*SUP(J1);RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF);IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN
N 1416 ELSE 1500
1416 PRINT"*": NEXT J;SUP(J1)=1;GOTO 1500
1417 FOR J=1 TO 66;SUP(J1)=A7(J);RX=X7R(J);RY=Y7R(J);LONG=L(J1);T1=LONG/RX;T2=LL
/RX;IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1418 IF TT>200 THEN 1420
1419 PA(J1)=.6*2530*SUP(J1); RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF);IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 TH
EN 1420 ELSE 1500
1420 PRINT"*": NEXT J;SUP(J1)=1;GOTO 1500
1450 CC=126; REM PA COMPRESION
1451 IF T(J1)=4 THEN 1454
1452 FOR J=1 TO 66;SUP(J1)=A9(J);RX=X9R(J);RY=Y9R(J);LONG=L(J1);T1=LONG/RX;T2=LL
/RX;IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1453 IF TT>200 THEN 1456
1454 CC=126;IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)^3;FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/
FS2;GOTO 1456
1455 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1456 IF FA>.6*2530 THEN FA=.6*2530
1457 PA(J1)=FA*SUP(J1);RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF);IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 145
8 ELSE 1500
1458 PRINT"*": NEXT J;SUP(J1)=1;GOTO 1500
1459 IF EE(J1)=0 THEN 1470
1460 IF EE(J1)=.63 THEN 1477
1461 IF EE(J1)=.79 THEN 1483
1462 IF EE(J1)=.95 THEN 1489
1463 FOR J=1 TO 66;SUP(J1)=A8(J);RX=X8R(J);RY=Y8R(J);LONG=L(J1);T1=LONG/RX;T2=LL
/RX;IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1464 IF TT>200 THEN 1469
1465 CC=126;IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)^3;FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/
FS2;GOTO 1467
1466 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1467 IF FA>.6*2530 THEN FA=.6*2530
1468 PA(J1)=FA*SUP(J1);RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF);IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 146
9 ELSE 1500
1469 PRINT"*": NEXT J;SUP(J1)=1;GOTO 1500
1470 FOR J=1 TO 66;SUP(J1)=A4(J);RX=X4R(J);RY=Y4R(J);LONG=L(J1);T1=LONG/RX;T2=LL
/RX;IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1471 IF TT>200 THEN 1476
1472 CC=126;IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)^3;FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/
FS2;GOTO 1474
1473 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1474 IF FA>.6*2530 THEN FA=.6*2530
1475 PA(J1)=FA*PA(J1);RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF);IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1476
ELSE 1500

```

PAID BY ORIGIN

```

1476 PRINT"*"; NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1477 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A5(J): RX=X5R(J): RY=Y5R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN T1=T2 ELSE TT=T2
1478 IF TT>200 THEN 1482 ELSE CC=126: IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)
^3: FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/FS2: GOTO 1480
1479 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1480 IF FA>.6*2530 THEN THEN FA=.6*2530
1481 PA(J1)=FA*PA(J1): RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF): IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1482
ELSE 1500
1482 PRINT"*"; NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1483 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A6(J): RX=X6R(J): RY=Y6R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN T1=T2 ELSE TT=T2
1484 IF TT>200 THEN 1488 ELSE CC=126: IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)
^3: FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/FS2: GOTO 1486
1485 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1486 IF FA>.6*2530 THEN THEN FA=.6*2530
1487 PA(J1)=FA*PA(J1): RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF): IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1488
ELSE 1500
1488 PRINT"*"; NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1489 FOR J=1 TO 66: SUP(J1)=A7(J): RX=X7R(J): RY=Y7R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=LL
/RX: IF T1>T2 THEN T1=T2 ELSE TT=T2
1490 IF TT>200 THEN 1494 ELSE CC=126: IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)
^3: FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/FS2: GOTO 1492
1491 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1492 IF FA>.6*2530 THEN THEN FA=.6*2530
1493 PA(J1)=FA*SUP(J1): RL(J1)=ABS(PA(PP)/FF): IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1494
ELSE 1500
1494 PRINT"*"; NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1500
1500 FOR I=15 TO 16: SUP(I)=SUP(I5): RL(I)=RL(I5): NEXT I
1501 FOR I=17 TO 18: SUP(I)=SUP(I7): RL(I)=RL(I7): NEXT I
1502 IF J1=17 THEN 1510
1503 FF=17: J1=17: LL=1: FF=FFH: IF I7=0 THEN 1508
1504 KCM MONTANTES Y DIAGONALES
1511 PRINT"*"; J1=11: J2=12: IF J1=0 THEN 1600
1512 IF ELMED(J1)=0 THEN 1532
1514 IF ELMED(J1)=0 THEN 1550
1516 IF T(J1)=1 THEN 1524
1518 IF T(J1)=2 THEN 1528
1520 FOR J=1 TO 36: SUP(J1)=A3(J): RX=X3R(J): RY=Y3R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=L
ONG/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1521 IF TT>200 THEN 1523
1522 GOTO 1600
1523 PRINT"*"; NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1600
1524 FOR J=1 TO 54: SUP(J1)=A1(J): RX=X1R(J): RY=Y1R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=L
ONG/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1525 IF TT>200 THEN 1527
1526 GOTO 1600
1527 NEXT J: SUP(J1)=1: GOTO 1600
1528 FOR J=1 TO 22: SUP(J1)=A2(J): RX=X2R(J): RY=Y2R(J): LONG=L(J1): T1=LONG/RX: T2=L
ONG/RX: IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2

```

FALLA DE ORIGEN

```

1528 FOR J=1 TO 22: SUP(J)=A2(J):RX=X2R(J):RY=Y2R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1529 IF TT>200 THEN 1531
1530 GOTO 1600
1531 PRINT"*":NEXT J: SUP(J)=1:GOTO 1600
1532 REM PA TENSION
1533 IF T(J1)=1 THEN 1539
1534 IF T(J1)=2 THEN 1543
1535 FOR J=1 TO 36: SUP(J)=A3(J):RX=X3R(J):RY=Y3R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1536 IF TT>200 THEN 1538
1537 PA(J1)=.6*2530*SUP(J1):RL(J1)=ABS(PA(J1)/ELMEC(J1)):IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1538 ELSE 1600
1538 PRINT"*":NEXT J: SUP(J)=1:GOTO 1600
1539 FOR J=1 TO 54: SUP(J)=A1(J):RX=X1R(J):RY=Y1R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1540 IF TT>200 THEN 1542
1541 PA(J1)=.6*2530*SUP(J1):RL(J1)=ABS(PA(J1)/ELMEC(J1)):IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1542 ELSE 1600
1542 PRINT"*":NEXT J: SUP(J)=1:GOTO 1600
1543 FOR J=1 TO 22: SUP(J)=A2(J):RX=X2R(J):RY=Y2R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1544 IF TT>200 THEN 1546
1545 PA(J1)=.6*2530*SUP(J1):RL(J1)=ABS(PA(J1)/ELMEC(J1)):IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1546 ELSE 1600
1546 PRINT"*":NEXT J: SUP(J)=1:GOTO 1600
1550 IF T(J1)=1 THEN 1559
1551 IF T(J1)=2 THEN 1566
1552 FOR J=1 TO 36: SUP(J)=A3(J):RX=X3R(J):RY=Y3R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1553 IF TT>200 THEN 1558
1554 CC=126:IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)^3:FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/FS2:GOTO 1556
1555 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1556 IF FA>.6*2530 THEN FA=.6*2530
1557 PA(J1)=FA*SUP(J1):RL(J1)=ABS(PA(J1)/ELMEC(J1)):IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1558 ELSE 1600
1558 NEXT J: SUP(J)=1:GOTO 1600
1559 FOR J=1 TO 54: SUP(J)=A1(J):RX=X1R(J):RY=Y1R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1560 IF TT>200 THEN 1563
1561 CC=126:IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)^3:FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/FS2:GOTO 1563
1562 FA=(CC/TT)^2/2*YF/1.92
1563 IF FA>.6*2530 THEN FA=.6*2530
1564 PA(J1)=FA*SUP(J1):RL(J1)=ABS(PA(J1)/ELMEC(J1)):IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 THEN 1565 ELSE 1600
1565 NEXT J: SUP(J)=1:GOTO 1600
1566 FOR J=1 TO 22: SUP(J)=A2(J):RX=X2R(J):RY=Y2R(J):LONB=L(J):T1=LONB/RX:T2=LONB/RX:IF T1>T2 THEN TT=T1 ELSE TT=T2
1567 IF TT>200 THEN 1572
1568 CC=126:IF TT<CC THEN FS2=5/3+3/8*TT/CC-1/8*(TT/CC)^3:FA=(1-(TT/CC)^2/2)*YF/FS2:GOTO 1570

```

```

1569 FA=(CC/TT)^2/2*YF
1570 IF FA>.6*YF THEN FA=.6*2530
1571 PA(J1)=FA*SUP(J1);RL(J1)=ABS(PA(J1)/ELMEC(J1));IF RL(J1)>1.1 OR RL(J1)<.9 T
HEN 1572 ELSE 1600
1572 NEXT J ;SUP(J1)=1;GOTO 1600
1600 REM CONTEO
1601 J1=J1+1; IF J1>=J2+1 THEN 1603
1602 GOTO 1512
1603 IF J2=14 THEN 1605
1604 J1=I3;J2=I4; IF I3<>0 THEN 1512
1605 REM ANALISIS PRELIMINAR PARA CHECAR LAS SECCIONES
1606 IF TY>= 3 THEN 1824
1607 NMS="ND";LL=0;GOTO 610
1824 REM Aviso de término de diseño y análisis
1825 PLAY "t230mban"
1826 FOR JJ=1 TO 3
1827 READ MUSIC#
1828 PLAY MUSIC#
1829 DATA "o3col"
1830 DATA "o4col"
1831 DATA "o5col"
1832 NEXT JJ
2000 REM LISTADO DE DATOS Y RESULTADOS EN IMPRESORA
2001 LPRINT:LPRINT:LPRINT
2002 ' DATOS GENERALES
2003 INPUT"PAGINA #1";EN:LPRINT"
2004 LPRINT"===== "
2006 LPRINT
2008 LPRINT"ARMADURA PLANA ARPLADIS"
2010 LPRINT"ANALISIS Y DISEÑO U.N.A.M. 1989"
2012 LPRINT"===== "
2014 LPRINT:LPRINT "NOMBRE :";NOMS
2015 LPRINT
2016 LPRINT" DATOS GENERALES"
2018 LPRINT"
2020 LPRINT
2022 LPRINT" NUMERO DE BARRAS ;",NB
2024 LPRINT" NUMERO DE NUDOS ;",NN
2026 LPRINT" NUMERO DE APOYOS ;",NA
2027 LPRINT" fy ;",YF
2028 LPRINT" MODULO DE ELASTICIDAD ;",B2
2029 LPRINT
2030 LPRINT" RESTRICCIONES EN APOYOS"
2032 LPRINT"
2034 LPRINT"APOYO","REST.X","REST.Y "
2036 IF W1=0 THEN GOTU 2042
2037 LPRINT W1.
2038 IF IE(W1,1)=0 THEN LPRINT "S";GOTU 2040
2039 LPRINT "N";
2040 IF IE(W1,2)=0 THEN LPRINT "S";GOTU 2042
2041 LPRINT "N"
2042 IF W2=0 THEN GOTU 2048
2043 LPRINT W2.

```



```

2044 IF IE(W2,1)=0 THEN LPRINT "S",;GOTO 2046
2045 LPRINT "N",
2046 IF IE(W2,2)=0 THEN LPRINT "S" ;GOTO 2048
2047 LPRINT "N"
2048 IF W3=0 THEN GOTO 2054
2049 LPRINT W3,
2050 IF IE(W3,1)=0 THEN LPRINT "S",;GOTO 2052
2051 LPRINT "N",
2052 IF IE(W3,2)=0 THEN LPRINT "S" ;GOTO 2054
2053 LPRINT "N"
2054 LPRINT
2056 LPRINT
2058 LPRINT" DATOS GENERALES DE LOS NUDOS";LPRINT"-----"
2059 LPRINT "                COORDENADAS", "FUERZAS APLICADAS  "
2060 LPRINT"NUDO", " X", " Y", " FX", " FY"
2061 OFEN "CARGA.DAT" FUR INPUT AS # 1;FOR I=1 TO NN:K=IE(I,1);L=IE(I,2)
2062 INPUT # 1,KG(K,Z+1),KG(L,Z+1); NEXT I;CLOSE # 1
2064 FOR I=1 TO NN: K=IE(I,1);L=IE(I,2)
2066 LPRINT I,CD(I,1),CD(I,2),KG(K,Z+1),KG(L,Z+1)
2067 NEXT I
2068 LPRINT;LPRINT
2070 LPRINT"     DATOS GENERALES DE LAS BARRAS"
2072 LPRINT" -----"
2074 LPRINT
2076 LPRINT"BARRA", "NI", "NJ", "AKEA", "LONG"
2084 FOR I=1 TO NB
2085 LPRINT I,IN(I,1),IN(I,2),SUP(I),L(I)
2088 NEXT I;LPRINT"-----"
2089 IN=UT"NUMERO DE FAGINA";N;LPRINT"                                ";N
2090 LPRINT;LPRINT
2091 LPRINT
2092 LPRINT"===== "
2094 LPRINT"                RESULTADOS DEL ANALISIS"
2095 LPRINT"===== "
2096 LPRINT
2098 LPRINT" NUDO", "DES. X", "DES. Y"
2100 LPRINT"-----"
2102 FOR I=1 TO NN:K=IE(I,1);LL=IE(I,2)
2104 LPRINT I,D(KK),D(LL)
2106 NEXT I
2108 LPRINT"-----"
2110 LPRINT
2112 LPRINT"BARRA", "FUENZA INTERNA"
2114 LPRINT"-----"
2116 FOR I=1 TO NB
2118 IF ELMEC(I)<0 THEN LPRINT I,ELMEC(I), "COMPRESION";GOTO 2121
2119 IF ELMEC(I)=0 THEN LPRINT I,ELMEC(I), "NO TRABAJA";GOTO 2121
2120 LPRINT I,ELMEC(I), "TENSION"

```

```

2121 NEXT I :LPRINT"-----"
2122 LPRINT:LPRINT"NUDO","RX","RY":LPRINT"-----"
--":LPRINT
2123 FOR I=1 TO NN:L=I:W1=AN(1):W2=AN(2):W3=AN(3): IF L=W1 THEN 2126
2124 IF L=W2 THEN 2126
2125 IF L=W3 THEN 2126
2126 LPRINT L,INT(SX(L)*100+.5)/100,INT(SY(L)*100+.5)/100
2127 NEXT I:LPRINT"-----"; IF ABC$="N" THEN 22
10
2128 LPRINT"-----"
2130 LPRINT"          RESULTADOS DEL DISEÑO"
2132 LPRINT"-----"
2134 LPRINT
2136 LPRINT"BARRA","SECCION","          RELACION DE CARGAS"
2138 FOR I=1 TO NB
2139 IF T(I)=1 THEN 2150
2140 IF T(I)=2 THEN 2154
2141 IF T(I)=3 THEN 2158
2142 IF T(I)=4 THEN 2152
2143 FOR J=1 TO 44:IF SUP(I)=A1(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2150 FOR J=1 TO 54:IF SUP(I)=A1(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2154 FOR J=1 TO 22:IF SUP(I)=A2(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2158 FOR J=1 TO 36:IF SUP(I)=A3(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2162 IF EE(I)=0 THEN 2167
2163 IF EE(I)=.63 THEN 2168
2164 IF EE(I)=.79 THEN 2169
2165 IF EE(I)=.95 THEN 2170
2166 FOR J=1 TO 66:IF SUP(I)=A8(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2167 FOR J=1 TO 66:IF SUP(I)=A4(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2169 FOR J=1 TO 66:IF SUP(I)=A5(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2167 FOR J=1 TO 66:IF SUP(I)=A6(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2170 FOR J=1 TO 66:IF SUP(I)=A7(J) THEN NAF(I)=NOMBRE#(J):GOTO 2200 ELSE NEXT J
2200 NEXT I
2202 FOR I=1 TO NB
2204 LPRINT I,NAF(I),EE(I),RL(I)
2206 NEXT I
2208 LPRINT"-----"
2210 INPUT"¿QUIERE OTRO LISTADO (S)?:RESP#
2212 IF RESP#="N" THEN END
2214 GOTO 2000

```

## VI. E J E M P L O S

## EJEMPLOS

EJEMPLO 1

Datos generales:

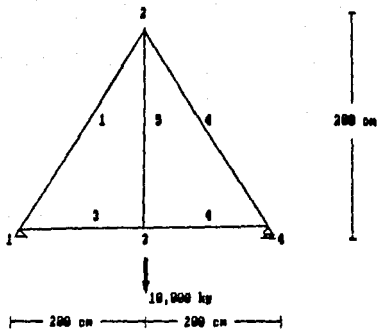
# de barras = 5

# de nudos = 4

# de apoyos = 2

 $E = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$ Acero A-36  $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ 

Las barras 1, 2, 3 y 4 son tipo 4, es decir, dos ángulos espalda con espalda con  $e = 0.95 \text{ cm}$  y la barra 5 es tipo 3, esto es, dos ángulos en estrella.



=====

ARMADURA PLANA                      ARPLADIS  
 ANALISIS Y DISEÑO                  U.N.A.M.                  1988

=====

NOMBRE : EJEMPLO 1

-----

DATOS GENERALES

-----

|                       |   |         |
|-----------------------|---|---------|
| NUMERO DE BARRAS      | : | 5       |
| NUMERO DE NUDDOS      | : | 4       |
| NUMERO DE APOYOS      | : | 2       |
| fy                    | : | 2530    |
| MODULO DE ELASTICIDAD | : | 2039000 |

-----

RESTRICCIONES EN APOYOS

-----

| APOYO | REST. X | REST. Y |
|-------|---------|---------|
| 1     | S       | S       |
| 4     | N       | S       |

DATOS GENERALES DE LOS NUDDOS

-----

| NUDDO | COORDENADAS |     | FUERZAS APLICADAS |        |
|-------|-------------|-----|-------------------|--------|
|       | X           | Y   | FX                | FY     |
| 1     | 0           | 0   | 0                 | 0      |
| 2     | 200         | 200 | 0                 | 0      |
| 3     | 200         | 0   | 0                 | -10000 |
| 4     | 400         | 0   | 0                 | 0      |

DATOS GENERALES DE LAS BARRAS

-----

| BARRA | NI | NJ | AREA  | LONG     |
|-------|----|----|-------|----------|
| 1     | 1  | 2  | 15.36 | 282.8427 |
| 2     | 2  | 4  | 15.36 | 282.8427 |
| 3     | 1  | 3  | 1     | 200      |
| 4     | 3  | 4  | 1     | 200      |
| 5     | 2  | 3  | 1     | 200      |

-----

=====  
 RESULTADOS DEL ANALISIS  
 =====

| NUDO | DES. X   | DES. Y    |
|------|----------|-----------|
| 1    | 0        | 0         |
| 2    | .4904367 | -.5807468 |
| 3    | .4904366 | -1.56162  |
| 4    | .9808731 | 0         |

| BARRA | FUERZA INTERNA |            |
|-------|----------------|------------|
| 1     | -7071.07       | COMPRESION |
| 2     | -7071.09       | COMPRESION |
| 3     | 5000           | TENSION    |
| 4     | 5000           | TENSION    |
| 5     | 10000          | TENSION    |

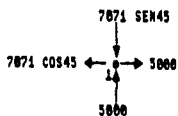
| NUDO | RX   | RY      |
|------|------|---------|
| 1    | 0    | 5000    |
| 2    | .01  | -.02    |
| 3    | 0    | 0       |
| 4    | -.02 | 5000.02 |

 =====  
 RESULTADOS DEL DISEÑO  
 =====

| BARRA | SECCION   |     | RELACION DE CARGAS |
|-------|-----------|-----|--------------------|
| 1     | 2 1/2X1/4 | .95 | 1.091082           |
| 2     | 2 1/2X1/4 | .95 | 1.091082           |
| 3     | NO EXISTE | .95 | 14.14169           |
| 4     | NO EXISTE | .95 | 14.14169           |
| 5     | NO EXISTE | 0   | 9.912541           |

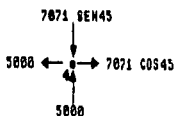
 =====

Comprobando:



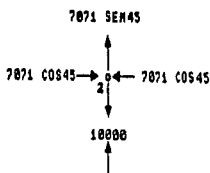
$$\Sigma F_x = 5000 - 7071 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = 5000 - 7071 \sin 45 = 0$$



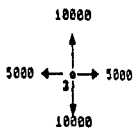
$$\Sigma F_x = 5000 - 7071 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = 5000 - 7071 \sin 45 = 0$$



$$\Sigma F_x = 7071 \cos 45 - 7071 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = 7071 \sin 45 + 7071 \sin 45 - 10000 = 0$$



$$\Sigma F_x = 5000 - 5000 = 0$$

$$\Sigma F_y = 10000 - 10000 = 0$$

**EJEMPLO 2**

Datos generales:

n de barras = 6

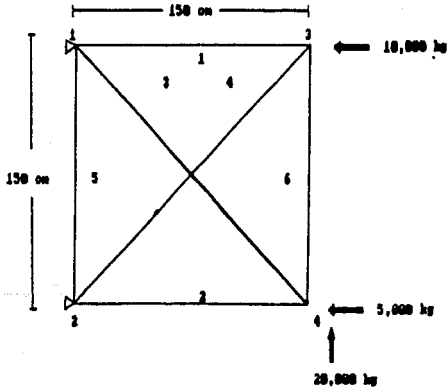
n de nudos = 4

n de apoyos = 2

$$E = 2,039,000 \text{ kg/cm}^2$$

Acero A-36  $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ 

Las barras 1 y 2 son tipo 5, es decir, dos ángulos en canal, y de la barra 3 a la 6 son tipo 1, esto es, un solo ángulo.







=====  
 RESULTADOS DEL ANALISIS  
 =====

| NUDO | DES.X         | DES.Y    |
|------|---------------|----------|
| 1    | 0             | 0        |
| 2    | 0             | 0        |
| 3    | -5.942834E-02 | .2200822 |
| 4    | .1161463      | .2600819 |

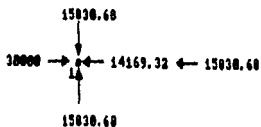
| BARRA | FUERZA INTERNA |            |
|-------|----------------|------------|
| 1     | -14169.32      | COMPRESION |
| 2     | 10830.67       | TENSION    |
| 3     | -22387.96      | COMPRESION |
| 4     | 5896.32        | TENSION    |
| 5     | 0              | NO TRABAJA |
| 6     | -4169.32       | COMPRESION |

| NUDO | RX     | RY        |
|------|--------|-----------|
| 1    | 30000  | -15830.68 |
| 2    | -15000 | -4169.32  |
| 3    | .01    | .01       |
| 4    | -.01   | 0         |

 =====  
 RESULTADOS DEL DISEÑO  
 =====

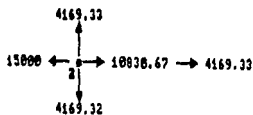
| BARRA | SECCION    |   | RELACION DE CARGAS |
|-------|------------|---|--------------------|
| 1     | 8X51 CANAL | 0 | .9726659           |
| 2     | 6X32 CANAL | 0 | 1.042772           |
| 3     | 7&X16 A    | 0 | .9274808           |
| 4     | 44X5 A     | 0 | 1.037518           |
| 5     | 25X5 A     | 0 | 0                  |
| 6     | 44X6 A     | 0 | 1.008847           |

Comprobando:



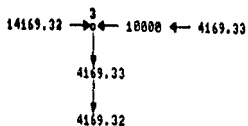
$$\Sigma F_x = 30000 - 14169.32 - 15030.60 = 0$$

$$\Sigma F_y = 15030.60 - 15030.60 = 0$$



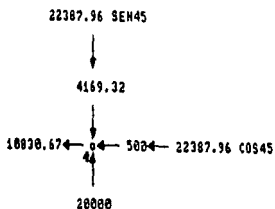
$$\Sigma F_x = -15000 + 10030.67 + 4169.33 = 0$$

$$\Sigma F_y = 4169.33 - 4169.32 = 0$$



$$\Sigma F_x = 14169.32 - 10000 - 4169.33 = 0$$

$$\Sigma F_y = 4169.32 - 4169.33 = 0$$



$$\Sigma F_x = -10030.67 - 5000 + 22387.96 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = -4169.32 + 20000 - 22387.96 \sin 45 = 0$$

**EJEMPLO 3**

Datos generales:

n de barras = 7

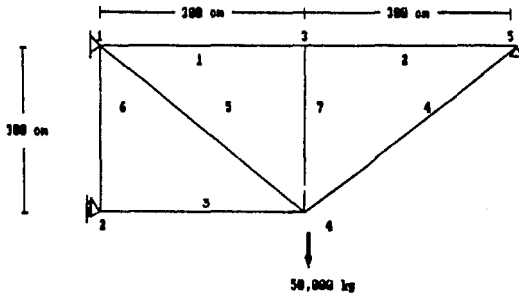
n de nudos = 5

n de apoyos = 3

$$E = 2,039,800 \text{ kg/cm}^2$$

Acero A-36  $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ 

De la barra 1 a la 4 se considerarán tipo 4 con  $e = 0.79 \text{ cm}$ ; y de la 5 a la 7 son tipo 1.



ARMADURA PLANA ARPLADIS  
 ANALISIS Y DISEÑO U.N.A.M. 1988

NOMBRE : EJEMPLO 3

-----  
 DATOS GENERALES  
 -----

|                       |   |         |
|-----------------------|---|---------|
| NUMERO DE BARRAS      | : | 7       |
| NUMERO DE NUDOS       | : | 5       |
| NUMERO DE APOYOS      | : | 3       |
| fy                    | : | 2530    |
| MODULO DE ELASTICIDAD | : | 2039000 |

-----  
 RESTRICCIONES EN APOYOS  
 -----

| APOYO | REST. X | REST. Y |
|-------|---------|---------|
| 1     | S       | S       |
| 2     | S       | N       |
| 5     | S       | S       |

-----  
 DATOS GENERALES DE LOS NUDOS  
 -----

| NUDO | COORDENADAS |     | FUERZAS APLICADAS |        |
|------|-------------|-----|-------------------|--------|
|      | X           | Y   | FX                | FY     |
| 1    | 0           | 300 | 0                 | 0      |
| 2    | 0           | 0   | 0                 | 0      |
| 3    | 300         | 300 | 0                 | 0      |
| 4    | 300         | 0   | 0                 | -50000 |
| 5    | 600         | 300 | 0                 | 0      |

-----  
 DATOS GENERALES DE LAS BARRAS  
 -----

| BARRA | NI | NJ | AREA     | LUNG     |
|-------|----|----|----------|----------|
| 1     | 1  | 3  | 17.54    | 300      |
| 2     | 3  | 5  | 17.54    | 300      |
| 3     | 2  | 4  | 22.32    | 300      |
| 4     | 4  | 5  | 22.32    | 424.2641 |
| 5     | 1  | 4  | 21.68    | 424.2641 |
| 6     | 1  | 2  | 8.770001 | 300      |
| 7     | 3  | 4  | 8.770001 | 300      |

-----

=====  
 RESULTADOS DEL ANALISIS  
 =====

| NUDO | DES. X       | DES. Y    |
|------|--------------|-----------|
| 1    | 0            | 0         |
| 2    | 0            | 0         |
| 3    | 0            | -.4729378 |
| 4    | 2.825341E-03 | -.4729378 |
| 5    | 0            | 0         |

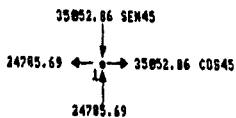
| BARRA | FUERZA INTERNA |            |
|-------|----------------|------------|
| 1     | 0              | NO TRABAJA |
| 2     | 0              | NO TRABAJA |
| 3     | 428.61         | TENSION    |
| 4     | 35658.4        | TENSION    |
| 5     | 35052.26       | TENSION    |
| 6     | 0              | NO TRABAJA |
| 7     | 0              | NO TRABAJA |

| NUDO | RX        | RY       |
|------|-----------|----------|
| 1    | -24785.69 | 24785.69 |
| 2    | -428.61   | 0        |
| 3    | 0         | 0        |
| 4    | .01       | .02      |
| 5    | 25214.3   | 25214.3  |

 =====  
 RESULTADOS DEL DISEÑO  
 =====

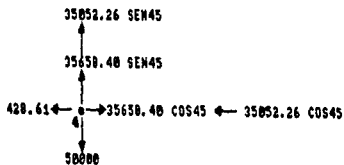
| BARRA | SECCION   |     | RELACION DE CARGAS |
|-------|-----------|-----|--------------------|
| 1     | 2X3/8     | .79 | 0                  |
| 2     | 2X3/8     | .79 | 0                  |
| 3     | 2 1/2X3/8 | .79 | .9501761           |
| 4     | 2 1/2X3/8 | .79 | .9501761           |
| 5     | 7&X16 A   | 0   | .9388907           |
| 6     | 51X9 A    | 0   | 0                  |
| 7     | 51X9 A    | 0   | 0                  |

 =====



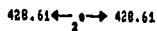
$$\sum F_x = -24785,69 + 35052,86 \cos 45 = 0$$

$$\sum F_y = 24785,69 - 35052,86 \sin 45 = 0$$



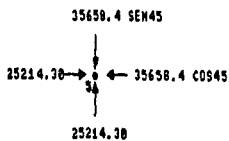
$$\sum F_x = -428,61 + 35650,40 \cos 45 - 35052,26 \cos 45 = 0$$

$$\sum F_y = -50000 + 35052,26 \sin 45 + 35650,40 \sin 45 = 0$$



$$\sum F_x = 428,61 - 428,61$$

$$\sum F_y = 0$$



$$\sum F_x = 25214,30 - 35650,4 \cos 45$$

$$\sum F_y = 25214,30 - 35650,4 \sin 45$$



$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

**EJEMPLO 4**

Datos generales:

# de barras = 10

# de nudos = 6

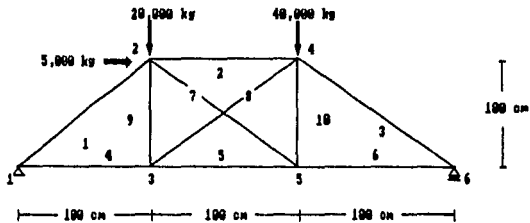
# de apoyos = 2

$$E = 2,839,000 \text{ kg/cm}^2$$

Acero A-36  $f_y = 2538 \text{ kg/cm}^2$ 

De la barra 1 a la 6 son tipo 4; la barra 7 y la barra 8 son tipo 1; y la 9 y la 10 son tipo 3, esto es, dos ángulos en estrella.

Las barras que son tipo 4 tienen una  $e = 8.95 \text{ cm}$ .







=====  
 RESULTADOS DEL ANALISIS  
 =====

| NUDO | DES. X       | DES. Y    |
|------|--------------|-----------|
| 1    | 0            | 0         |
| 2    | 6.189971E-02 | -.1446266 |
| 3    | 6.591883E-02 | -.2853749 |
| 4    | 2.430955E-02 | -.306557  |
| 5    | .1381436     | -.2020868 |
| 6    | .215049      | 0         |

| BARRA | FUERZA INTERNA |            |
|-------|----------------|------------|
| 1     | -35355.35      | COMPRESION |
| 2     | -32130.14      | COMPRESION |
| 3     | -49497.46      | COMPRESION |
| 4     | 29999.98       | TENSION    |
| 5     | 32869.85       | TENSION    |
| 6     | 34999.99       | TENSION    |
| 7     | 3012.48        | TENSION    |
| 8     | -4058.6        | COMPRESION |
| 9     | 2869.86        | TENSION    |
| 10    | -2130.15       | COMPRESION |

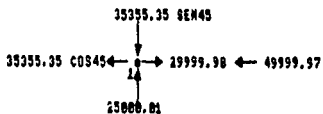
| NUDO | RX       | RY       |
|------|----------|----------|
| 1    | -4999.97 | 25000.01 |
| 2    | -.01     | 0        |
| 3    | -.01     | 0        |
| 4    | -.02     | 0        |
| 5    | .01      | 0        |
| 6    | 0        | 34999.99 |

 =====  
 RESULTADOS DEL DISEÑO  
 =====

| BARRA | SECCION   |     | RELACION DE CARGAS |
|-------|-----------|-----|--------------------|
| 1     | 4X3X1/2   | .95 | 1.010453           |
| 2     | 4X3X1/2   | .95 | 1.010453           |
| 3     | 4X3X1/2   | .95 | 1.010453           |
| 4     | 2 1/2X3/8 | .95 | .9680506           |
| 5     | 2 1/2X3/8 | .95 | .9680506           |
| 6     | 2 1/2X3/8 | .95 | .9680506           |
| 7     | 32X3 A    | 0   | .9725342           |
| 8     | 38X9 A    | 0   | 1.024824           |
| 9     | NO EXISTE | 0   | 34.54015           |
| 10    | NO EXISTE | 0   | 44.79832           |

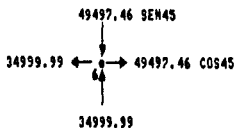
 =====

Comprobando:



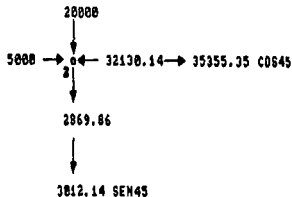
$$\sum F_x = -49999.97 - 35355.35 \cos 45 = 0$$

$$\sum F_y = 25000.01 - 35355.35 \sin 45 = 0$$



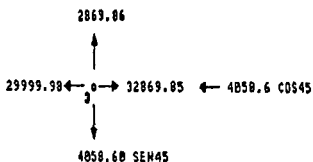
$$\sum F_x = -34999.99 + 49497.46 \cos 45 = 0$$

$$\sum F_y = 34999.99 - 49497.46 \sin 45 = 0$$



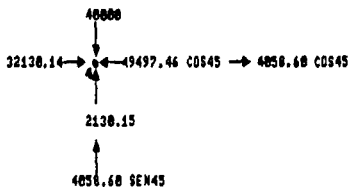
$$\sum F_x = -32130 + 35355.35 \cos 45 + 3012.48 \cos 45 + 5000 = 0$$

$$\sum F_y = -2869.06 - 3012.48 \sin 45 + 35355.35 \sin 45 - 20000 = 0$$



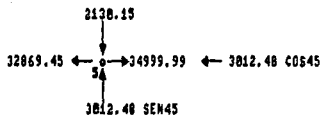
$$\sum F_x = -29999.98 + 32869.05 - 4058.60 \cos 45 = 0$$

$$\sum F_y = 2869.06 - 4058.60 \sin 45 = 0$$



$$\Sigma F_x = 32130.14 + 4058.60 \cos 45^\circ - 49497.46 \cos 45^\circ = 0$$

$$\Sigma F_y = -40000 + 2130.15 + 49497.46 \sin 45^\circ + 4058.60 \sin 45^\circ = 0$$



$$\Sigma F_x = -32869.45 + 34999.99 - 3012.40 \cos 45^\circ = 0$$

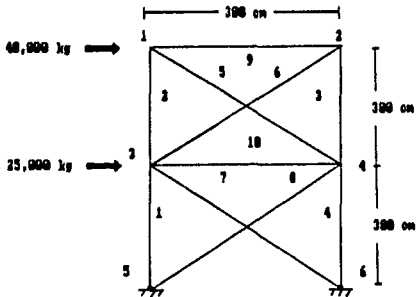
$$\Sigma F_y = -2130.15 + 3012.40 \sin 45^\circ = 0$$

**EJEMPLO 3**

Datos generales:

# de barras = 10  
 # de nudos = 6  
 # de apoyos = 2  
 $E = 2,839,000 \text{ kg/cm}^2$   
 Acero A-36  $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

De la barra 1 a la 4, se considerarán como las cuerdas con una sección tipo 4 ( $e = 1.27 \text{ cm}$ ); y de la barra 5 a la 10 son tipo 1.



ARMADURA PLANA ARPLADIS  
 ANALISIS Y DISEÑO U.N.A.M. 1988

NOMBRE : EJEMPLO 5

-----  
 DATOS GENERALES  
 -----

|                       |   |         |
|-----------------------|---|---------|
| NUMERO DE BARRAS      | : | 10      |
| NUMERO DE NUDOS       | : | 6       |
| NUMERO DE APOYOS      | : | 2       |
| fy                    | : | 2530    |
| MODULO DE ELASTICIDAD | : | 2039000 |

-----  
 RESTRICCIONES EN APOYOS  
 -----

| APOYO | REST. X | REST. Y |
|-------|---------|---------|
| 5     | S       | S       |
| 6     | S       | S       |

-----  
 DATOS GENERALES DE LOS NUDOS  
 -----

| NUDO | COORDENADAS |     | FUERZAS APLICADAS |    |
|------|-------------|-----|-------------------|----|
|      | X           | Y   | FX                | FY |
| 1    | 0           | 600 | 40000             | 0  |
| 2    | 300         | 600 | 0                 | 0  |
| 3    | 0           | 300 | 25000             | 0  |
| 4    | 300         | 300 | 0                 | 0  |
| 5    | 0           | 0   | 0                 | 0  |
| 6    | 300         | 0   | 0                 | 0  |

-----  
 DATOS GENERALES DE LAS BARRAS  
 -----

| BARRA | NI | NJ | AREA  | LDNG     |
|-------|----|----|-------|----------|
| 1     | 5  | 3  | 51.34 | 300      |
| 2     | 3  | 1  | 51.34 | 300      |
| 3     | 2  | 4  | 89.54 | 300      |
| 4     | 4  | 6  | 89.54 | 300      |
| 5     | 1  | 4  | 45.87 | 424.2641 |
| 6     | 3  | 2  | 1     | 424.2641 |
| 7     | 3  | 6  | 45.87 | 424.2641 |
| 8     | 5  | 4  | 29.74 | 424.2641 |
| 9     | 1  | 2  | 13.61 | 300      |
| 10    | 3  | 4  | 1     | 300      |

-----

=====  
 RESULTADOS DEL ANALISIS  
 =====

| NUDO | DES. X   | DES. Y    |
|------|----------|-----------|
| 1    | 1.294735 | .3027595  |
| 2    | 1.223846 | -.154398  |
| 3    | .4739466 | .2126219  |
| 4    | .5688567 | -.1377678 |
| 5    | 0        | 0         |
| 6    | 0        | 0         |

| BARRA | FUERZA INTERNA |            |
|-------|----------------|------------|
| 1     | 74192.46       | TENSION    |
| 2     | 31452.72       | TENSION    |
| 3     | -8547.321      | COMPRESION |
| 4     | -70807.66      | COMPRESION |
| 5     | -44480.89      | COMPRESION |
| 6     | 12087.71       | TENSION    |
| 7     | -48355.33      | COMPRESION |
| 8     | 43568.62       | TENSION    |
| 9     | -8547.26       | COMPRESION |
| 10    | 645.07         | TENSION    |

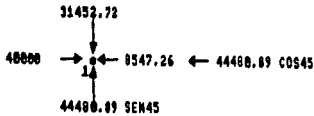
| NUDO | RX        | RY        |
|------|-----------|-----------|
| 1    | 0         | -.02      |
| 2    | .04       | -.02      |
| 3    | .01       | .05       |
| 4    | 0         | .07       |
| 5    | -30807.66 | -105000.1 |
| 6    | -34192.38 | 105000    |

 =====  
 RESULTADOS DEL DISEÑO  
 =====

| BARRA | SECCION   |      | RELACION DE CARGAS |
|-------|-----------|------|--------------------|
| 1     | 4X3X5/8   | 1.27 | 1.050432           |
| 2     | 4X3X5/8   | 1.27 | 1.050432           |
| 3     | 6X4X3/4   | 1.27 | 1.087866           |
| 4     | 6X4X3/4   | 1.27 | 1.087866           |
| 5     | 1S2X16 A  | 0    | 1.021499           |
| 6     | NO EXISTE | 0    | 3.532625           |
| 7     | 1S2X16 A  | 0    | .9396522           |
| 8     | 101X16 A  | 0    | 1.036189           |
| 9     | 76X9 A    | 0    | .9875136           |
| 10    | NO EXISTE | 0    | 66.19645           |

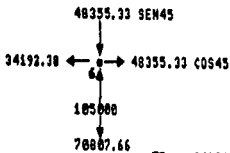
 =====

Comprobando:



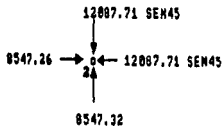
$$\Sigma F_x = 48000 - 8547.26 - 44488.89 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = -31452.72 + 44488.89 \text{ SEN}45 = 0$$



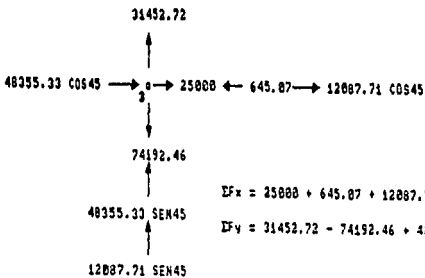
$$\Sigma F_x = 34192.38 - 48355.33 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = -78887.66 - 48355.33 \text{ SEN}45 + 105000 = 0$$



$$\Sigma F_x = 8547.26 - 12887.71 \cos 45 = 0$$

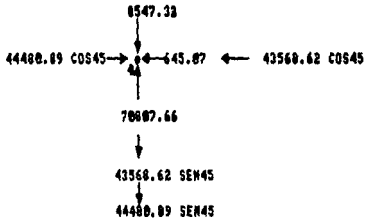
$$\Sigma F_y = 8547.32 - 12887.71 \text{ SEN}45 = 0$$



$$\Sigma F_x = 25000 + 645.87 + 12887.71 \cos 45 - 48355.33 \cos 45 = 0$$

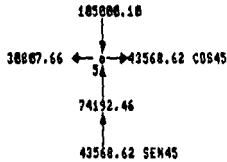
$$\Sigma F_y = 31452.72 - 74192.46 + 48355.33 \text{ SEN}45 + 12887.71 \text{ SEN}45 = 0$$





$$\Sigma F_x = -645.87 + 44488.89 \cos 45 - 43568.62 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = -8547.32 + 78887.66 - 43568.62 \sin 45 - 44488.89 \sin 45 = 0$$



$$\Sigma F_x = -38887.66 + 43568.62 \cos 45 = 0$$

$$\Sigma F_y = -185886.18 + 74192.46 + 43568.62 \sin 45 = 0$$

## INDICE DE VARIABLES

## I N D I C E D E V A R I A B L E S

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| RE       | Restricciones en los apoyos       |
| IE       | Indicador de ecuación             |
| CO       | Coordenadas                       |
| IN       | Incidencias                       |
| L        | Longitud                          |
| A        | Matriz de continuidad             |
| KG       | Matriz global de rigideces        |
| SOP      | Area transversal                  |
| ME       | Módulo de elasticidad             |
| D        | Desplazamientos                   |
| E        | Deformaciones                     |
| ELMEC    | Elementos mecánicos               |
| R        | Matriz local de rigideces         |
| FX       | Fuerza en X                       |
| FY       | Fuerza en Y                       |
| CS       | Coseno                            |
| SN       | Seno                              |
| SX       | Suma de fuerzas en X              |
| SY       | Suma de fuerzas en Y              |
| XR       | Radio de giro en X                |
| XY       | Radio de giro en Y                |
| NOMBRE\$ | Tipo de sección                   |
| AN       | Area transversal                  |
| YF       | Esfuerzo de fluencia del material |
| MODULO   | Módulo de elasticidad             |

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| <b>NA</b> | <b>Número de apoyos</b>      |
| <b>NB</b> | <b>Número de barras</b>      |
| <b>NN</b> | <b>Número de nudos</b>       |
| <b>Z</b>  | <b>Indicador de ecuación</b> |

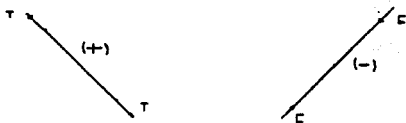
## CONVENCION DE SIGNOS

## CONVENCION DE SIGNOS

### A) Cargas puntuales en los nudos.



### B) Elementos mecánicos.



### C) Reacciones en los apoyos.



## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque las microcomputadoras sean de gran ayuda para el Ingeniero Civil, hay que considerarlas como lo que son, unas máquinas incapaces de pensar y razonar por si solas.

Partiendo de este hecho, hay que tomar en cuenta que siempre será necesaria la intervención del sentido comun y la experiencia de un Ingeniero Civil en la solución definitiva de un problema, que para este caso específico, será el análisis y el diseño de una armadura plana.

Cabe mencionar que el programa esta diseñado de tal manera que no acepta armaduras de mas de 14 nudos, 25 barras y 3 apoyos. Además, solo diseña armaduras planas, no arriostradas con struts ni con contraventeos laterales, es decir, se consideran por separado, de una estructura total, como puede ser la cubierta de una bodega.



## BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DEL SISTEMA OPERATIVO MS-DOS V2.1  
DENKI CORONA, 1981
2. MANUAL DEL GUBASIC  
TELEVIDEO, 1982
3. APUNTES DE MECANICA DE MATERIALES III  
FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.
4. MANUAL DE CONSTRUCCION EN ACERO  
A.H.N.S.A., 1975
5. TEORIA ELEMENTAL DE LAS ESTRUCTURAS  
YUAN-YU HSIEH  
PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A., 1973