

Software de Análisis Estructural

Manual de Ejemplos Aplicativos

# FEM49

Versión 5.3



© C. Lugtmeier 2003

© O. Fuentes F 2003

### Contenidos

INTRODUCCION .....	3
EJEMPLO 1: CALCULO DE VIGA CON CARGA DISTRIBUIDA Y PUNTUAL .....	4
EJEMPLO 2: CALCULO DE ARMADURA O CERCHA CON CARGAS NODALES .....	26
EJEMPLO 3: CALCULO DE VIGA BIEMPOTRADA DE SECCION ESCALONADA .....	35
EJEMPLO 4: CALCULO DE PORTICO CON ASENTAMIENTO Y GIRO EN LOS APOYOS.....	45
EJEMPLO 5: CALCULO DE VIGA CON ROTULA.....	54
EJEMPLO 6: CALCULO DE PORTICO CON APOYOS INCLINADOS .....	63
EJEMPLO 7: CALCULO DE VIGA CON APOYOS ELASTICOS .....	35
EJEMPLO 8: CALCULO DE VIGA DE SECCION VARIABLE .....	45
EJEMPLO 9: CALCULO DE PORTICO CON BARRAS DE SECCION VARIABLE .....	54
EJEMPLO 10: .....	63
EJEMPLO 11: EJEMPLO DE PROGRAMACION EN FEM49v5.3 .....	63

### **Introducción**

La última versión tan esperada por los usuarios del FEM ha sido portada a la HP49G y lanzada por Caspar Lugtmeier me refiero a la versión 5.3, a los q ya están familiarizados con el uso del FEM y a los que aun no, menciono lo nuevo: el cálculo de vigas continuas es posible es decir ahora podemos graficar los diagramas de una sola vez, el uso de tipos y combinaciones de carga, cargas de temperatura, cálculo de las tensiones de cortadura, combinaciones de tensiones correspondientes al axial y momentos en los extremos, tensiones de Huber-Hencky. En esta versión de *“Manual de Ejemplos aplicativos al FEM49v5.3”* resolveremos muchos problemas típicos referidos al análisis estructural aumentando el número de ellos y calculando algunos que con versiones anteriores del FEM habrían sido tediosas por no decir imposibles. Ahora el uso del FEM se le hará mucho más fácil, ahora contamos con el Manual de Referencia traducido al español gracias Héctor Bernardo.

Desde que tuve mi HP49G la búsqueda de un buen programa de cálculo estructural fue importante hasta que encontré el FEM49, lo que este programa realiza en esta pequeña maquina es impresionante, fue desde entonces que decidí crear este documento con la finalidad de ayudar a los usuarios que tenían poca o ninguna relación con el idioma ingles. Los ejemplos aplicativos que aquí presento le ayudaran a usted a sacarle el mayor provecho a este excelente programa, cada uno de ellos esta explicado paso a paso (no pude ser más didáctico) usted no se puede perder.

La esperanza es que este documento sea de gran utilidad a todas aquellas personas de habla hispana, difunda más aun el uso del FEM49 e incentive a Caspar Lugtmeier a lanzar nuevas versiones, y también a los usuarios a crear programas que usen como plataforma el FEM49 ya que este es totalmente programable.

Oscar Fuentes Fuentes.

22 de Agosto del 2003

■ ■ Ica - Perú

El análisis es un medio  
para un fin – no un fin en sí-  
ya que el objetivo primario  
del ingeniero estructural  
es diseñar, no analizar.

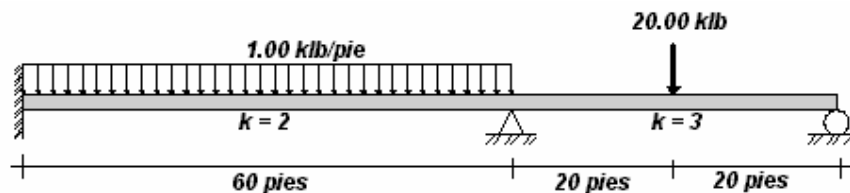
Norris & Wilbur

## EJEMPLOS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL USANDO EL FEM49v5.3

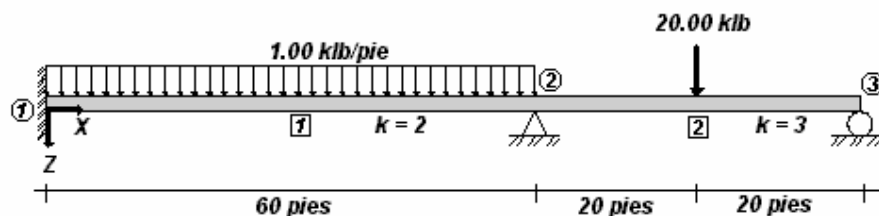
El FEM49 utiliza la siguiente convención de signos:

<i>Sist. coordenadas</i>	<i>Cargas puntuales</i>	<i>Cargas distribuidas</i>	<i>Momentos</i>
 $X (+)$ $Z (+)$	 $(+)$ $(-)$	 $(+)$ $(-)$	 $(+)$ $(-)$

**Ejemplo 1.-** Calcular la viga mostrada en la figura siguiente:



Lo primero que debemos hacer es establecer un origen de coordenadas posteriormente enumerar los nudos y elementos de nuestra estructura, para nuestro caso lo realizaremos de la siguiente manera:



Como podemos observar hemos establecido nuestro eje de coordenadas en el nudo 1, pudiendo ser este colocado en cualquier lugar. Realizado los pasos anteriores procedemos al cálculo en sí utilizando el programa FEM49.

**TIPO DE ESTRUCTURA:**

Ingresamos al directorio INPUT y activamos el comando FRAME con la tecla F6.

```

RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:
NODE | MEMB | PROP | SUPP | HREL | FRAM=

```


También lo podemos hacer escribiendo en el stack (pila) 1 y ejecutar el comando FRAM¿ este comando necesita como argumento el 1 ó 0 de acuerdo al tipo de estructura que deseamos a calcular ( 1=Frame, 0=Truss).

Lo inverso al comando anterior es el comando FRAM?, como podemos observar FRAM? nos da el tipo actual y FRAM¿ nos pregunta que tipo de estructura vamos a calcular.

FRAME = Tipo Pórticos

TRUSS = Tipo Cercha o Armaduras.

Este paso es muy importante, aquí se le dice al programa que tipo de estructura tendrá que calcular para que tome los criterios correspondientes a cada tipo de estructura.

Como no vamos a trabajar con casos de carga o combinaciones de carga recomendaría desactivar el comando LCASE que se encuentra en el segundo menú del módulo principal FEM de ser necesario presione varias veces la tecla  hasta encontrar el comando LCASE para desactivarlo, en las pantallas podemos observar LCASE activado y desactivado.

```

RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:
LCAS=FAST | RND = | G. | AV = | -

```

```

RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
5:
4:
3:
2:
1:
LCASE=FAST | RND = | G. | AV = | -

```

Los siguientes pasos serán el ingreso de nudos, barras, propiedades de las barras, apoyos, etc, etc..

Como se vera mas adelante el manejo de este programa es muy sencillo.

**COORDENADAS DE NUDOS:**

Se hace mención a las coordenadas de los nudos, como podemos apreciar para nuestra estructura las coordenadas de los nudos son las siguientes:

Nudo	X	Z
1	0	0
2	60	0
3	100	0

**Comando: NODE**


( Node = Nudo)

La sintaxis es la siguiente:

[ X Z ] , donde X y Z son las respectivas coordenadas.

Se ira colocando los datos de la manera que se muestra:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

Por cada ingreso de coordenada presionamos  y procedemos al ingreso del siguiente.

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[60 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[100 0]
```

Terminado el ingreso de coordenadas presionamos .

**BARRAS:**

Se hace mención a los elementos de nuestra estructura donde daremos a conocer la conectividad y sus respectivas propiedades. Para nuestro caso:

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	2

**Comando: MEMB**

(Member = Miembro)

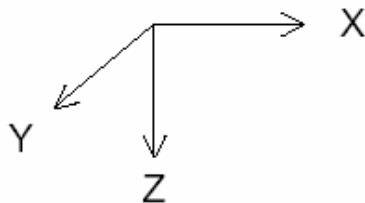
La sintaxis es la siguiente: [ Ni Nj Property ]

Donde Ni = Nudo inicial

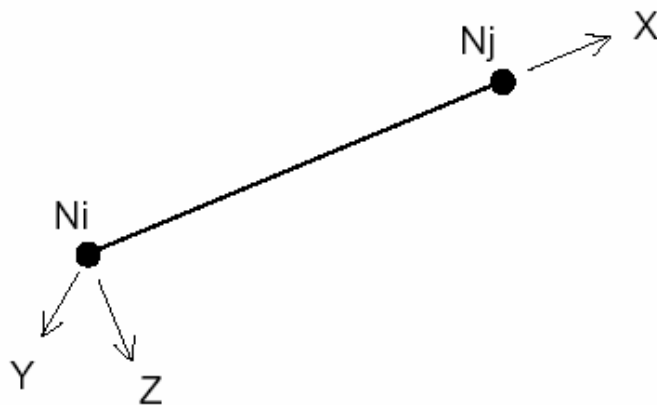
Nj = Nudo final

Property = propiedad del elemento.

*Sistema de coordenadas Globales*



*Sistema de coordenadas locales:*





Los datos se ingresan como sigue:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]
  
```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 2]
  
```

Por cada ingreso de barras presionamos  y procedemos al ingreso de la siguiente, una vez terminado el ingreso de barras presionamos .

**PROPIEDADES:**

Se hace mención a las propiedades de las barras o elementos descritos anteriormente, se ingresan datos como Área,  $I_y$ , Emod de cada elemento. Para nuestra estructura tenemos los siguientes:

Propiedad	Area	$I_y$	Emod
1	2	1	1
2	3	1	1

**Nota 1:**

Debemos dar una breve explicación del cuadro anterior:

En la casilla correspondiente al área se han colocado los valores del “k” (rigidez relativa,  $k = I_y / L$ ) por que no conocemos el área de cada elemento.

En la casilla correspondiente al  $I_y$  y Emod (Inercia y Módulo de elasticidad) se han colocado 1 por que no conocemos los valores reales de estas propiedades.

**Comando: PROP**

(Property = Propiedad)

La sintaxis es la siguiente: [Area  $I_y$  Emod]

Donde:

Area = Área de la sección transversal del elemento.

$I_y$  = Momento de Inercia con respecto al eje Y.

Emod = Módulo de Elasticidad.

El ingreso datos es como sigue:

```



Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[2 1 1]

```

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #2
[3 1 1]

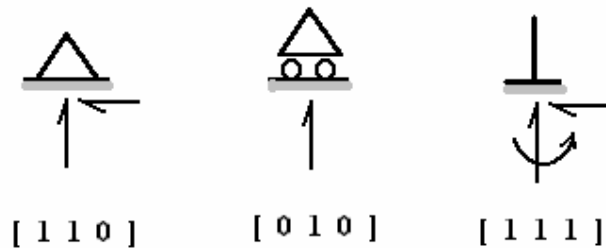
```

Por cada ingreso de propiedad presionamos  y procedemos al ingreso de la siguiente, una vez terminado el ingreso de propiedades presionamos .



**APOYOS:**

Se hace mención a los apoyos que existen en la estructura a analizar.  
Se debe tener el siguiente criterio para los apoyos:



0 = libre    1 = restringido    < 0 = resorte

Para nuestra estructura tenemos lo siguiente:

Nudo	Ux	Uz	Ry
1	1	1	1
2	1	1	0
3	0	1	0

**Comando: SUPP**

(Support = Soporte)

La sintaxis es la siguiente: [ Node UX? UZ? RY? ]

Donde:

Node = Número del nudo.

UX? = Pregunta si existe restricción en X.

UZ? = Pregunta si existe restricción en Z.

RY? = Pregunta si existe rotación en Y.

El ingreso de datos es como sigue:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

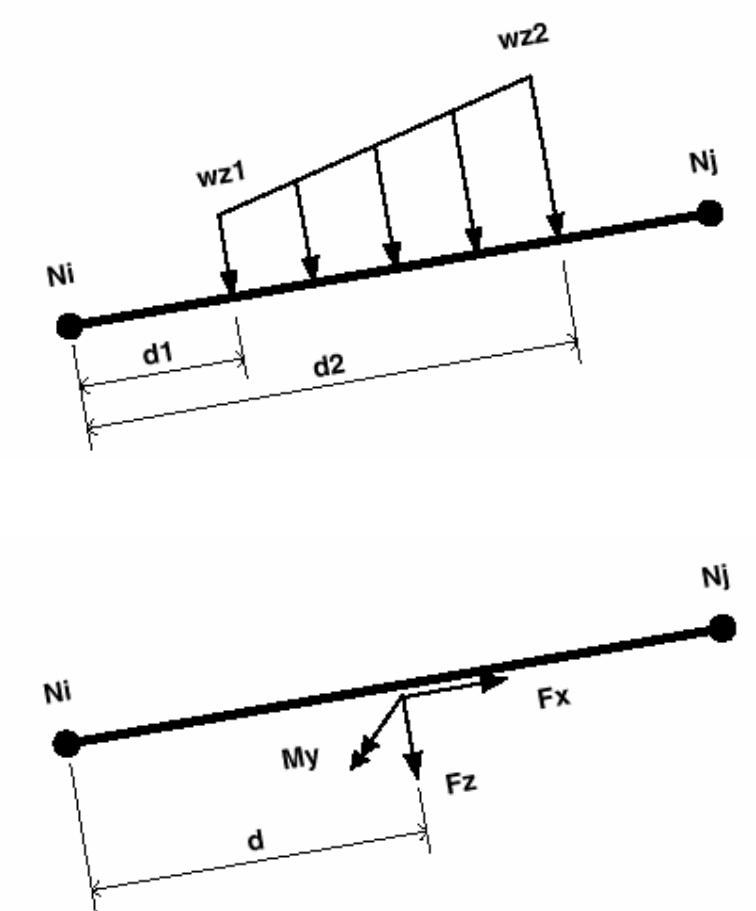
```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 1 1 0]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #3
[3 0 1 0]
```

Por cada ingreso de nudo presionamos  y procedemos al ingreso del siguiente, una vez terminado el ingreso de nudos presionamos .

**INGRESO DE CARGAS:**

Como podemos apreciar en nuestra estructura existen dos tipos de cargas las cuales son distribuidas y puntuales. El FEM utiliza el criterio mostrado en las figuras para este tipo de cargas:



**CARGAS CONCENTRADAS O PUNTUALES EN LAS BARRAS:**

Existe una sola carga puntual en nuestra estructura en el elemento 2.  
Para nuestro caso:

Barra	Fx	Fz	My	d
2	0	20	0	20

**Comando: MLC**

(Member Load Concenter = Carga Concentrada en el Miembro)

La sintaxis es la siguiente: [ Memb Fx Fz My d ]

Donde:

Memb = Barra o miembro cargado.

Fx = Fuerza en X.

Fz = Fuerza en Z.

My = Momento en Y.

d = Distancia desde el nudo inicial.

El ingreso de datos es como sigue:

```

Memb: Loaded Member
d: Distance from Ni
[ Memb Fx Fz My d ]
Memb Conc Load: #1
[2 0 20 0 20]

```

Una vez ingresado los datos de la carga puntual presionamos  y .

**CARGAS DISTRIBUIDAS EN LAS BARRAS:**

En nuestra estructura tenemos una sola carga distribuida exactamente en la barra o elemento 1.

Para nuestro caso:

Barra	WZ1	WZ2	d1	d2
1	1	1	0	60

**Comando: MLZ**

( Member Load Z = Carga en el Miembro en la dirección Z).

La sintaxis es la siguiente: [ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]

Donde:

Memb = Barra o Miembro cargado.

wz1 = Carga inicial en la dirección Z.

wz2 = Carga final en la dirección Z.

d1 = Distancia a la carga inicial con respecto al nudo inicial.

d2 = Distancia a la carga final con respecto al nudo inicial.

El ingreso de datos es como sigue:

```

Memb: Loaded Member
d1: Load starts d2: Load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Memb Trap z Load: #1
[1 1 1 0 60]

```

Una vez ingresado los datos de la carga puntual presionamos  y .

**DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:**

Ingresamos al Directorio PLOT.

Primero veamos el criterio que utiliza el FEM para dibujar sus estructuras:

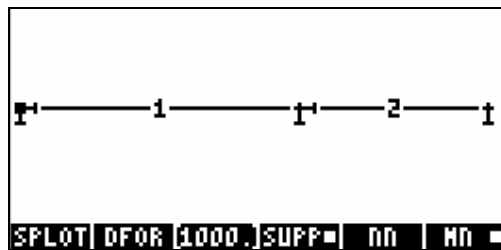
Grados de libertad	Restringido	Resorte		frame	truss
UX			Junta		
UZ					
RY					

Frame = Pórticos  
Truss = Armaduras

**Comando: SPLOT**

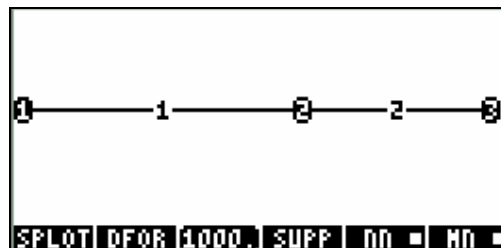
(Structure Plotting ; Graficando la Estructura)

El cual esta dentro del directorio PLOT o llamándolo directamente desde la pila.  
Tenemos lo siguiente:



Podemos apreciar la viga con sus tipos de apoyos y barras numeradas graficados debido a que el comando SUPP y MN (Member number) esta activado.

Si activamos MN y NN a la vez y volvemos a graficar obtenemos las barras y nudos enumerados:



Lamentablemente el FEM no grafica las cargas de la estructura ☹.

**CALCULANDO LA ESTRUCTURA:**

Una vez terminado el ingreso de todos los datos procederemos a calcular la estructura. Antes de calcular nuestra estructura es una buena idea tener una información de esta, ejecutamos el comando SINFO.

(Structure Information = Información de la Estructura) con lo cual tendremos lo siguiente:

```

NEW
Frame  SCALC: No
NODE:   3      NLF:  -
MEMB:   2      NLD:  -
PROP:   2      MLC:   1
SUPP:   3      MLX:  -
MREL:   -      MLZ:   1
                   MLT:  -
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO

```

Lo que la pantalla esta indicando son las características de nuestra estructura. Como podemos ver nos esta indicando que nuestra estructura se llama NEW es del tipo Frame y no esta calculada por otro lado tenemos 3 nudos, 2 miembros, 2 propiedades, 3 apoyos, 1 carga concentrada y 1 carga distribuida en Z. Claramente podemos apreciar que concuerda con nuestra estructura.

De haber algún error en el ingreso de datos el programa nos lo indicara, para ver como lo hace hemos generado un error solo para ver que sucede, básicamente hemos quitado las coordenadas del nudo 1, veamos:

```

NEW
Frame  SCALC: No
NODE:   2      NLF:  -
MEMB:  INVAL   NLD:  -
PROP:   2      MLC:   1
SUPP:  INVAL   MLX:  -
MREL:   -      MLZ:   1
                   MLT:  -
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO

```

Podemos ver que se genera error en miembros y apoyos con el mensaje INVAL. Es decir ingresos invalidados.

Hecha la aclaración sigamos con el cálculo de nuestra estructura, con la información correcta ejecutamos el comando SCALC para correr el programa, mientras se calcula la estructura aparecerá una serie mensajes en el encabezado de la pantalla el cual nos indica la evolución del cálculo.

Si el comando FAST esta activado los mensajes no aparecerán.

**RESULTADOS DEL PROGRAMA:**

Terminado la corrida del programa, veamos los resultados:

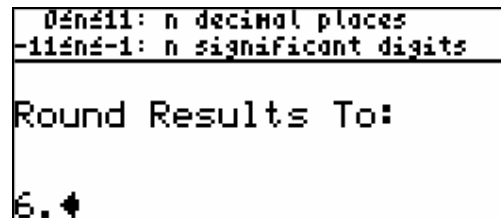
**RESULTADOS NUMERICOS:**

Podemos visualizarlos en el directorio RESULT.

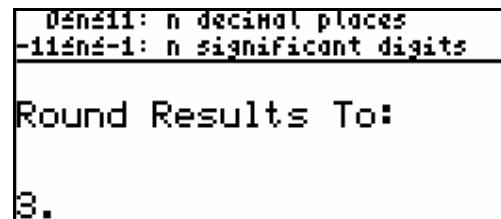
En algunos casos podemos fijar el número de decimales para la presentación de los resultados, dentro del directorio RESULT presionamos NEXT y llegamos al siguiente menú:



En la parte inferior podemos visualizar el número 6 presionamos la tecla de función correspondiente a este y tenemos:



El numero de decimales solo esta en el rango de 0 a 11 en la pantalla muestra que esta en 6 una buena idea seria colocarlo en 3 o la cantidad de decimales que crea conveniente el usuario.

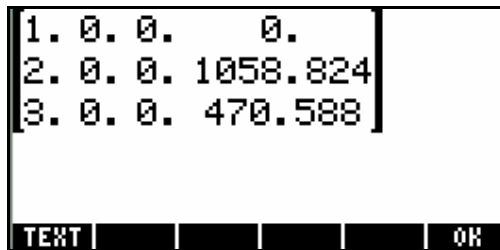


### DESPLAZAMIENTOS EN LOS NUDOS:

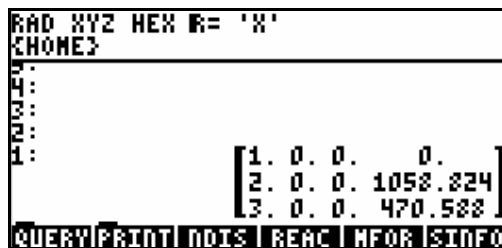
**Comando: NDIS**

(Nodal Displacement = Desplazamientos Nodales)

Obtenemos en la pila una matriz de resultados, dependiendo si el comando AV esta o no activado podemos obtener los resultados en el snack o directamente en el editor de matrices; si la matriz esta en el snack y es demasiado grande podemos visualizarla utilizando el comando SCROLL o fijar las banderas -72, -73, -80.



## Utilizando SCROLL



Utilizando las banderas.

Básicamente esta matriz nos indica lo siguiente (aquí se presenta con todos sus decimales):

Nudo	$\Delta x$	$\Delta z$	$\Theta(\text{rad})$
1.	0.	0.	0.
2.	0.	0.	1058.823529
3.	0.	0.	470.588235

Donde:

$\Delta x$  = Desplazamiento en el eje X.

$\Delta z$  = Desplazamiento en el eje Z.

 $\Theta$  = Rotación o giro del nudo (rad).

### Nota 2:

Como no ingresamos los datos reales de  $I_y$  y  $E_{mod}$  estos datos ( $\Delta x, \Delta z, \Theta$ )

Deberán dividirse entre el producto de  $I_y$  y  $E_{mod}$  reales para obtener los desplazamientos reales.



**REACCIONES EN LOS APOYOS:****Comando: REAC**

Obtenemos:

```

RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
4:
3:
2:
1:      [1. 0. -31.765 335.294]
        [2. 0. -43.971  0.]
        [3. 0. -4.265  0.]
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO

```

Analizando la matriz:

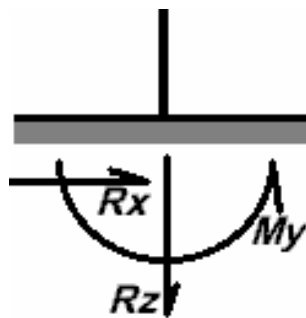
	Apoyo	Rx	Rz	My
[	1.	0.	-31.765	335.294
	2.	0.	-43.971	0.
	3.	0.	-4.265	0.
]				

Donde:

Rx = Reacción en X.

Rz = Reacción en Z.

My = Momento en Y.



**FUERZAS EN LAS BARRAS:****Comando: MFOR**

Obtenemos:

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1:
2:
3:
1: [1. 1. 0. -31.765 335.294]
   [1. 2. 0. -28.235 -229.412]
   [2. 2. 0. -15.735 229.412]
   [2. 3. 0. -4.265 0.]
[QUERY|PRINT|ADIS|REAC|MFOR|SINFO]

```

Analizando la Matriz:

	Barra	Nudo	N	V	M
[	1.	1.	0.	-31.765	335.294
	1.	2.	0.	-28.235	-229.412
	2.	2.	0.	-15.735	229.412
	2.	3.	0.	-4.265	0.

Donde:

N = Fuerza axial.

V = Fuerza Cortante.

M = Momento Flector.

Podemos también visualizar los resultados con los comandos del directorio PRINT exactamente con los comandos I\$, O\$, IO\$.

Donde:

I\$ : Presenta una lista de todos ingresos de datos.

O\$ : Presenta una lista de todos los resultados del cálculo.

IO\$: Presenta los ingresos y resultados del programa.

Esto es ideal si lo usamos en un emulador copiamos el string y lo podemos pegar y visualizar en cualquier editor de textos en el PC.

Para una muestra ejecutemos el comando IO\$:

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1: "**** FEM49 5.3 ****"
   File: NEW
   Type: FRAME
   Axes: X+ Z+
   *** PARTICULARS ***
   NODE: 3  NLF : -
[If | Of | IOI | PI | POI | FIOI]

```

Para visualizarlo por completo utilizemos el comando SCROLL escribiéndolo en la pila.  
Lista de IO\$ utilizando el comando SCROLL.

```

**** FEM49 5.3 ****
File: NEW
Type: FRAME
Axes: X+ Z+

```

```

*** PARTICULARS ***
NODE: 3   DLF : -
MEMB: 2   DLD : -
PROP: 2   MLC : 1
SUPP: 3   MLX : -
MREL: -   MLZ : 1
          MLT : -

```

```

***** INPUT *****
NODAL COORDINATES
1 X:0.
  Z:0.
2 X:60.
  Z:0.
3 X:100.
  Z:0.

```

```

MEMBER INCIDENCES
1 Ni:1. Dj:2. P:1.
2 Ni:2. Dj:3. P:2.

```

```

PROPERTIES
1 A:2.
  I:1.
  E:1.
2 A:3.
  I:1.
  E:1.

```

```

SUPPORTED NODES
1. UX?:Restr
   UZ?:Restr
   RY?:Restr
2. UX?:Restr
   UZ?:Restr
   RY?:Free
3. UX?:Free
   UZ?:Restr
   RY?:Free

```

```

CONC MEMBER LOADS
2. FX:0.
   FZ:20.
   MY:0.
   d :20.

```

```

MEMBER TRAP 2 LOADS
1. MZ1:1.
   MZ2:1.
   d1 :Start
   d2 :60.

```

```

***** RESULTS *****
NODAL DISPLACEMENTS
1. UX:0.
   UZ:0.
   RY:0.
2. UX:0.
   UZ:0.
   RY:1058.824
3. UX:0.
   UZ:0.
   RY:470.588

```

```

SUPPORT REACTIONS
1. FX:0.
   FZ:-31.765
   MY:335.294
2. FX:0.
   FZ:-43.971
   MY:0.
3. FX:0.
   FZ:-4.265
   MY:0.

```

```

MEMBER END FORCES
1. FXi:0.
   FZi:-31.765
   MYi:335.294
   FXj:0.
   FZj:-28.235
   MYj:-229.412
2. FXi:0.
   FZi:-15.735
   MYi:229.412
   FXj:0.
   FZj:-4.265
   MYj:0.

```

Como podemos apreciar nos da las características de nuestro cálculo como son: nombre del archivo, tipo de estructura, orientación de ejes, particularidades, coordenadas de los nudos, miembros incidentes, propiedades, nudos apoyados, carga concentrada en los miembros, cargas trapezoidales en el eje z, desplazamientos nodales, reacciones en los apoyos y fuerzas finales en los miembros.

**INFORMACION DE LOS MIEMBROS O BARRAS:****Comando: MINFO**

MINFO (Member Information = Información del Miembro)

Entremos al directorio RESULT y luego a QUERY de ser necesario usemos NEXT y tendremos lo siguiente:

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
7:
6:
5:
4:
3:
2:
1:
MINFO/SINFO/R:11/AXIS=+H  MN
```

MINFO nos da la información de la barra que deseamos, primero debemos colocar en el stack el número de la barra de la cual deseamos tener información y ejecutar MINFO.



Como ejemplo vamos a requerir información de la barra 1:

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
7:
6:
5:
4:
3:
2:
1: 1.
MINFO/SINFO/R:11/AXIS=+H  MN
```

```
MEM
Frame SCALC: Yes
Member: 1 NI: 1 NJ: 2
Length: 60.000E0
Area: 2.0000E0
Iy: 1.0000E0
EMod: 1.0000E0
MREL: -
MLC: - MLX: - MLZ: 1 MLT: -
MINFO/SINFO/R:11/AXIS=+H  MN
```

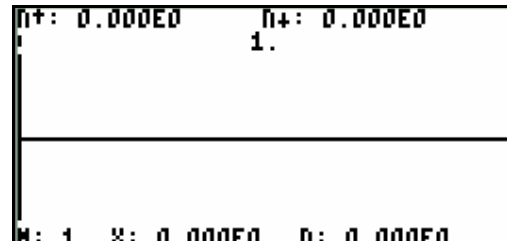
Nos devuelve una pantalla con todas las características de la barra que hemos requerido anteriormente, en este caso la barra o miembro 1.

**RESULTADOS GRAFICOS:**

El programa nos proporciona el grafico de axiales, cortantes, Momentos flectores, alargamientos en el eje X, flechas en el eje Z, y Rotación o giros en el eje Y de cada elemento o barra. Si ejecutamos   obtenemos la siguiente pantalla que nos dice la combinación de tecla que debemos hacer de acuerdo al comando que queremos:

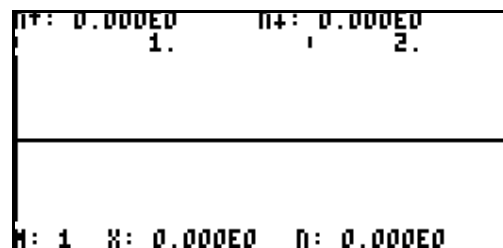
**GRAFICOS DE ESFUERZO AXIAL:****Comando: NPLT**

Este se encuentra en el directorio QUERY, para obtener el grafico del cortante de la barra deseada debemos colocar el número de esta en el stack, los gráficos se muestra para la barra 1; ejecutando el comando N (NPLT sin cambio) obtenemos:



Nos indica que en la barra 1 no existe fuerza axial.

Así podemos ir viendo los gráficos axiales para cada elemento, si queremos ver el grafico para la segunda barra basta con requerirla, como se menciona en la sección anterior; ahora veamos lo nuevo de la versión 5.3 del FEM, si queremos obtener los gráficos de una sola vez colocaremos en una lista los números de las barras a graficar. El grafico de fuerza axial para toda la viga es:

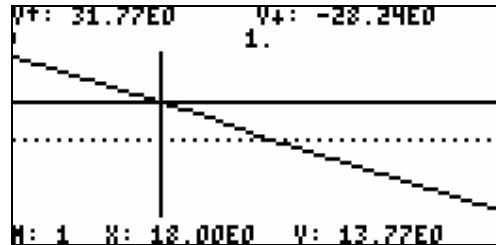


Si activamos el comando AV podemos trazar el grafico.

Como ya era sabido podemos concluir que en nuestra viga no existen fuerzas axiales.

**GRAFICOS DE ESFUERZO CORTANTE:****Comando: VPLT**

Este se encuentra en el directorio QUERY, ejecutando el comando obtenemos:



**Para la barra 1:**

Nos muestra el valor de la cortante positivo y negativo, el número del miembro, la distancia X y el valor del cortante V según el trazado, en este caso se muestra que en la barra 1 a una distancia X de 18 ft el cortante V es 13.77.

Existe un comando que nos da el valor de la fuerza el cortante en este caso para un punto determinado.

***¿Cuanto vale el cortante en la barra 1 a una distancia de 12 pies?***

Ejecutando el comando VX, el cortante a una distancia X.

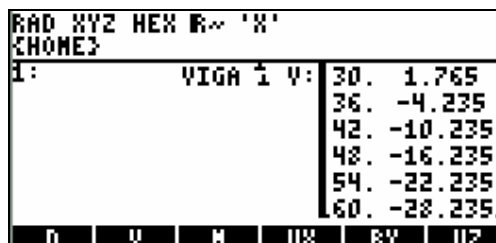
Para saberlo colocamos 1 y 12 en la pila y ejecutamos VX (   ):



El resultado cuyo formato **Archivo-Miembro-Distancia X- V** es:



Si colocamos 1 en la pila y presionamos   obtenemos:



Utilizando el comando SCROLL (escribimos SCROLL) o editando la matriz tenemos una mejor visualización de esta, la matriz completa será:

	X	V
VIGA 1 V:	0.	31.764706
	6.	25.764706
	12.	19.764706
	18.	13.764706
	24.	7.764706
	30.	1.764706
	36.	-4.235294
	42.	-10.235294
	48.	-16.235294
	54.	-22.235294
	60.	-28.235294

Explicemos esta matriz:

La barra 1 a sido examinada en 11 puntos (keypoints) consecutivos, por ejemplo veamos en la matriz a una distancia de 42 pies el cortante vale -10.2352 (el número de decimales se puede cambiar como se explico anteriormente).

La barra se puede seccionar en mucho más puntos con el comando **8:11**

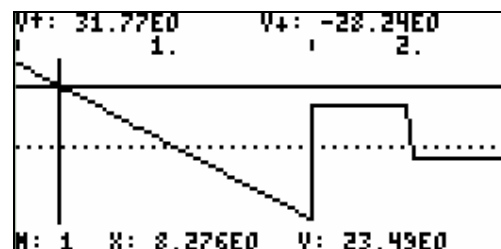
# of Keypoints on Member 2 ≤ # ≤ 100
# Of Keypoints:
304

A mayor número de puntos los gráficos serán más exactos pero más lentos.

### Para toda la viga tenemos:

Colocamos en una lista los números de las barras q deseamos graficar su diagrama de Cortantes, activando el comando AV para poder trazarlo:

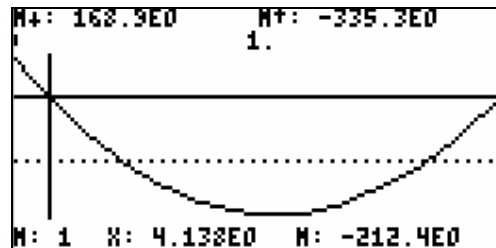
RAD XYZ HEX R~ 'X'
CHOME3
4:
0:
2:
1:
(1.)
(2.)
n   y   m   ux   ry   uz



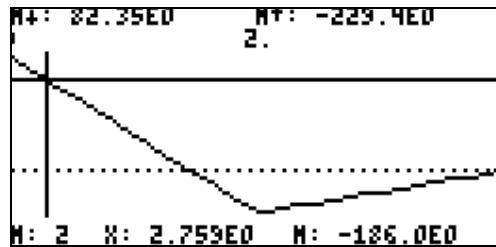
**GRAFICOS DE MOMENTO FLECTOR:****Comando: MPLT**

Este se encuentra en el directorio QUERY, ejecutando el comando obtenemos:

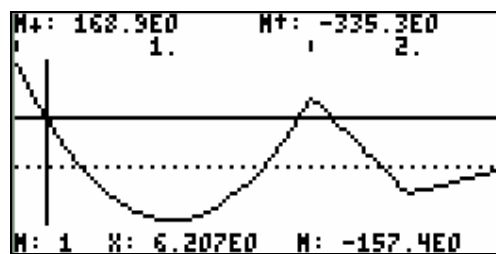
Para barra 1 tenemos:



Para la barra 2 tenemos:



Para toda la Viga tenemos:



Si deseamos analizar el valor del Momento flector en un punto determinado q no podemos hallar con el modo de trazado podemos realizar el mismo procedimiento que se explico para el Cortante.

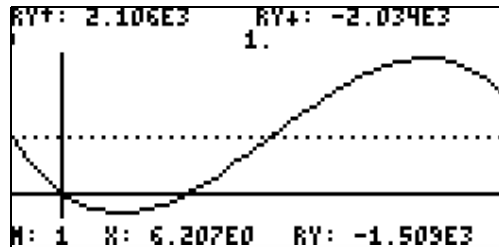


**GRAFICO DE LOS ALARGAMIENTOS EN X:****Comando: UXPLT**

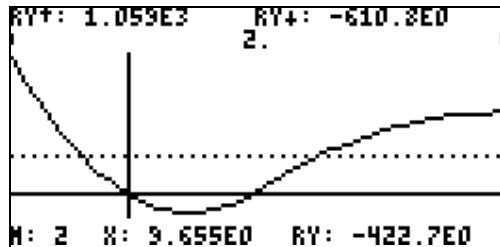
Debido a que los axiales en la viga son ceros lógicamente los alargamientos son cero.

**GRAFICO DE ROTACIONES O GIROS EN Y:****Comando: RYPLT**

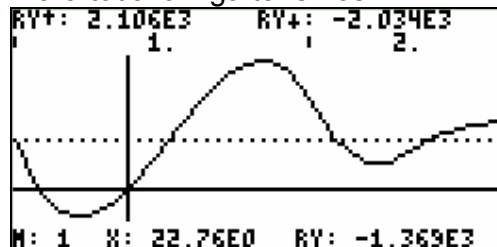
Para la barra 1 tenemos:



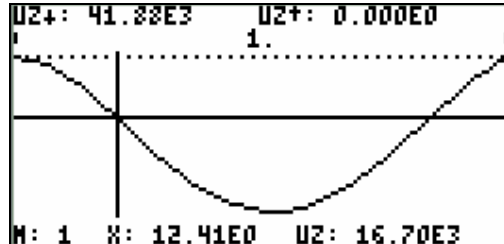
Para la barra 2 tenemos:



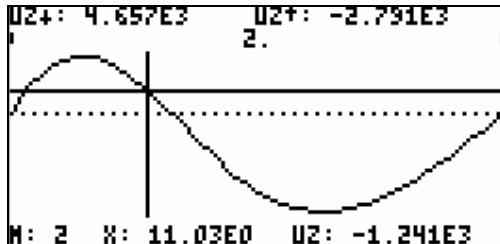
Para toda la viga tenemos:

**GRAFICO DE LAS FLECHAS EN Z:****Comando: UZPLT**

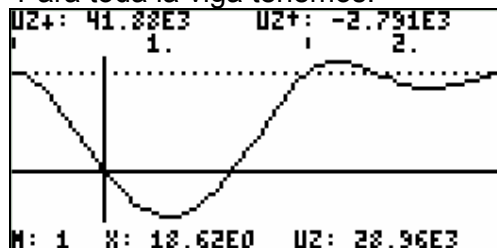
Para la barra 1 tenemos:



Para la barra 2 tenemos:

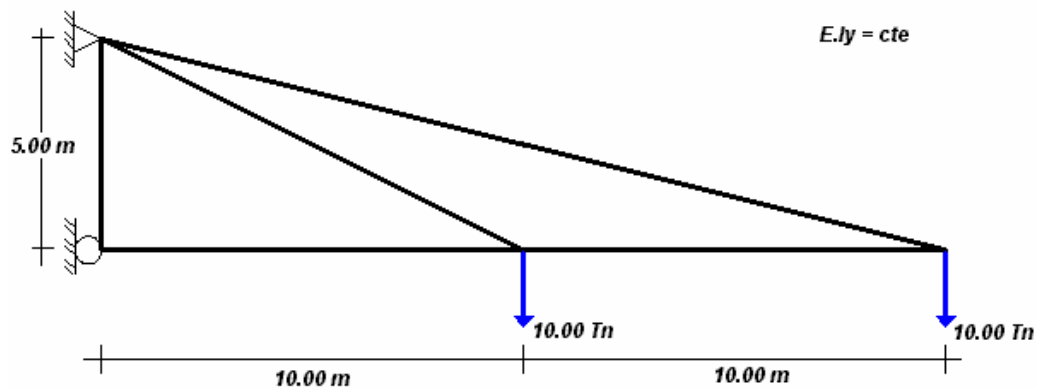


Para toda la viga tenemos:

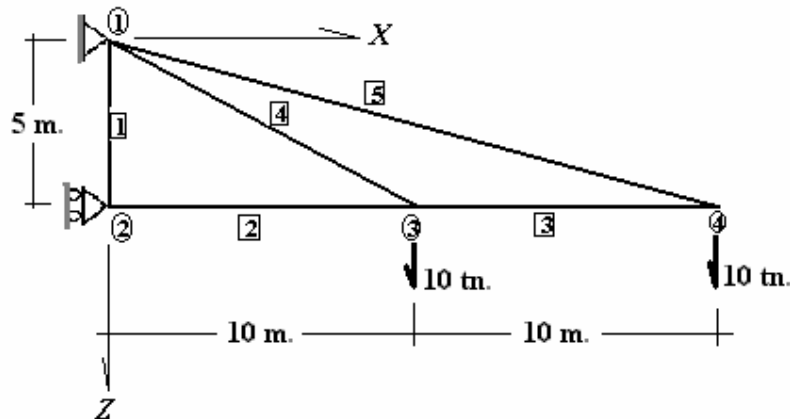


Como hemos podido ver podemos analizar barra por barra o la viga de una sola vez.

**Ejemplo 2.-** Analizar la Armadura mostrada en la figura.



Como realizamos en el ejemplo anterior, lo primero es establecer un eje de coordenadas, enumerar nudos y barras de nuestra estructura:



Ingresamos al directorio INPUT y desactivamos el comando FRAME con la tecla F6 ya que nuestra estructura es del tipo TRUSS.

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
CHONE3
5:
4:
3:
2:
1:
NODE MEMB PROP SUPP MREL FRAME

```

Los pasos a seguir son similares al ejemplo anterior salvo algunas excepciones, como se podrá ir observar a lo largo del desarrollo del problema.

**COORDENADAS DE NUDOS:**

Coordenadas de los nudos de nuestra estructura.

**Comando: NODE**

Sintaxis: [ X Z ]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	0	5
3	10	5
4	20	5

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[0 5]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[10 5]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[20 5]
```

**BARRAS:**

Conectividad de las barras y su respectiva propiedad.

**Comando: MEMB**

Sintaxis: [ Ni Nj Property ]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1
4	1	3	1
5	1	4	1

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #4
[1 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #5
[1 4 1]

```

**PROPIEDADES:**

Propiedad de cada elemento como área, inercia, módulo de elasticidad.

**Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area Iy Emod ]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1

Como se podrá apreciar no se han colocado los valores reales correspondientes por que no conocerlos, en su lugar se han colocado unos.

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]
  
```

**APOYOS:**

Características de los apoyos.

**Comando: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX	UZ	RY
1	1	1	0
2	1	0	0

0 = libre    1 = fijo    < 0 = resorte ó muelle

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 0]
  
```

```

Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 1 0 0]
  
```

### CARGAS NODALES:

Carga puntual que se aplica a cada nudo.

**Comando: NLF**

Sintaxis: [ Node FX FZ MY ]

Nudo	FX	FZ	MY
3	0	10	0
4	0	10	0

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[3 0 10 0]
```

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #2
[4 0 10 0]
```

### INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Terminado el ingreso de datos se procede a una evaluación de la estructura.

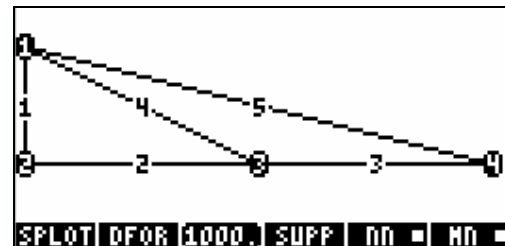
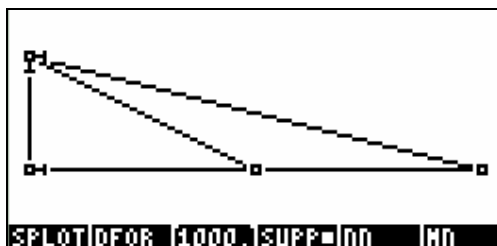
**Comando: SINFO**

```
ARMADURA
Truss SCALC: No
NODE: 4 NLF: 2
MEMB: 5 NLD: -
PROP: 1 MLC: -
SUPP: 2 MLX: -
MREL: - MLZ: -
MLT: -
FILE INPUT/SCALC/RESULT PLOT SINFO
```

Las características mostradas son las correspondientes a nuestra armadura los cuales son 4 nudos, 5 barras, 1 propiedad, 2 apoyos, 2 cargas nodales. Verificada nuestra armadura solo nos quedara calcularla.

### DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

**Comando: SPLOT**



**CALCULANDO LA ESTRUCTURA:****Comando: SCALC**

Antes de ejecutar este comando previamente se debe desactivar el comando LCASE. Ejecutando este comando observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

**RESULTADOS NUMERICOS:**

A Continuación se presentara todos los resultados numéricos de nuestra estructura calculada.

**DESPLAZAMIENTOS NODALES:****Comando: NDIS**

Sintaxis: [ Nudo  $\Delta X$   $\Delta Z$   $\Theta(\text{rad})$  ]

Fijaremos las banderas 72, 73, 80 para tener una mejor visualización de las matrices, así: { -72 -73 -80} SF, fijaremos tres decimales para nuestros resultados y desactivaremos el AV para ver la matriz en el stack y no en el Editor de Matrices (MTRW).

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1:
3:
2:
1:
      [1.  0.  0.  0.]
      [2.  0.  0.  0.]
      [3. -600. 1759.017 0.]
      [4. -1000. 7504.64 0.]
QUERY PRINT NDIS REAC MFOR SINFO

```

Los valores de  $\Delta X$ ,  $\Delta Z$  y  $\Theta$  se dividirán entre  $E/I$  reales para obtener desplazamientos y rotaciones reales.

Esta matriz nos indica lo siguiente:

Nudo	$\Delta x$	$\Delta z$	$\Theta(\text{rad})$
1.	0.	0.	0.
2.	0.	0.	0.
3.	-600.	1759.017	0.
4.	-1000.	7504.64	0.

Donde:

- $\Delta x$  = Desplazamiento en el eje X.
- $\Delta z$  = Desplazamiento en el eje Z.
- $\Theta$  = Rotación o giro del nudo (rad).





Visualización de la matriz de fuerzas con el comando SCROLL:

Nudo	Barra	N	V	M
1.	1.	0.	0.	0.
1.	2.	0.	0.	0.
2.	2.	60.	0.	0.
2.	3.	-60.	0.	0.
3.	3.	40.	0.	0.
3.	4.	-40.	0.	0.
4.	1.	-22.361	0.	0.
4.	3.	22.361	0.	0.
5.	1.	-41.231	0.	0.
5.	4.	41.231	0.	0.

Como podemos observar no existen esfuerzos cortantes ni Momentos flectores debido a que en las estructuras de este tipo (armaduras) no existen dichas fuerzas.


### DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:

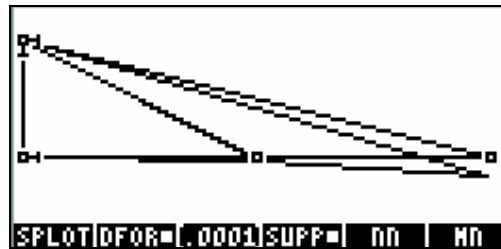
Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número **1000**, si presionamos la tecla de función correspondiente a este tenemos:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
1000
```

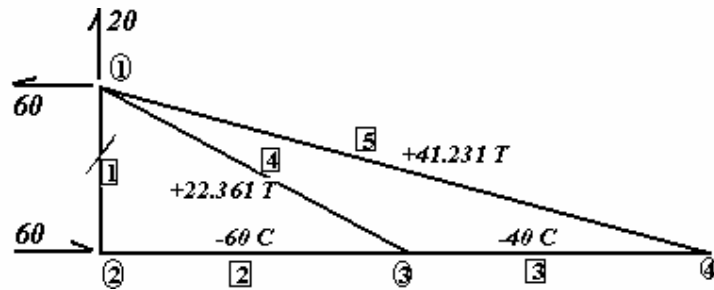
Para nosotros bastara cambiar el 1000 por 0.0001 (tanteo) caso contrario no se podrá visualizar bien la deformada:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.0001
```

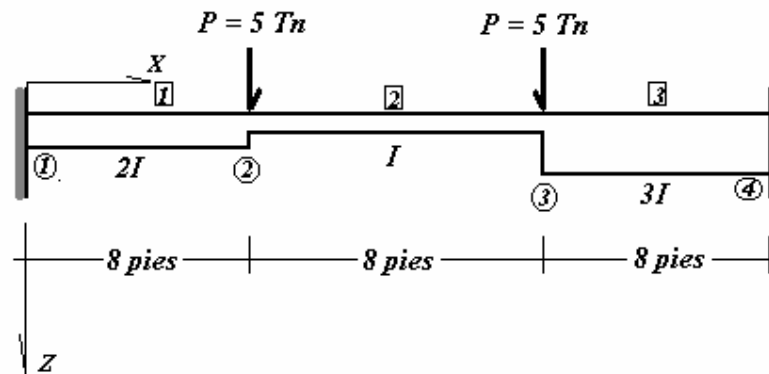
Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



Con todos los resultados obtenidos tenemos lo siguiente:



**Ejemplo 3.-** Calcular la viga que se muestra:



Activamos el comando FRAME la razón es por que la estructura que analizaremos es del tipo marco y desactivaremos el comando LCASE.

FRAME activado

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
CHONE>
7:
6:
5:
4:
3:
2:
1:
CODE MEMB PROP SUPP MBEL FRAM

```

LCASE desactivado

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
CHOMED
:
:
:
:
:
:
:
:
CASE FAST RAD 3.0V -

```

### COORDENADAS:

**Comando: NODE**

Sintaxis: [ X Z ]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	8	0
3	16	0
4	24	0

Ingreso de Datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[8 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[16 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[24 0]
```

**BARRAS:****Comando: MEMB**

Sintaxis: [ Ni Nj Property ]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	2
2	2	3	1
3	3	4	3

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 2]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 3]

```

### PROPIEDADES:

#### **Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area Iy Emod ]

Propiedad	Área	Iy	Emod
1	1	1	1
2	2	2	1
3	3	3	1

Ingreso de datos:

```
Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]
```

```
Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #2
[2 2 1]
```

```
Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #3
[3 3 1]
```

### APOYOS:

#### **Comando: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
4	1	1	1

Ingresos de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[4 1 1 1]
```

### CARGAS NODALES:

#### **Comando: NLF**

Sintaxis: [ Node FX FZ MY ]

Nudo	FX	FZ	MY
2	0	5	0
3	0	5	0

Ingreso de datos:

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[2 0 5 0]
```

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #2
[3 0 5 0]
```

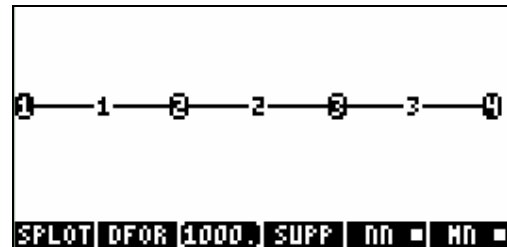
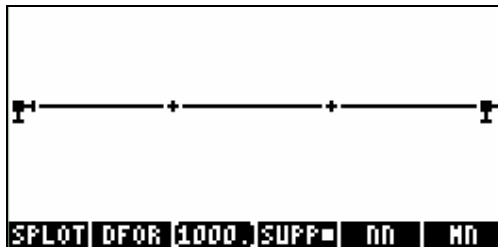
### INFORME DE LA ESTRUCTURA:

Comando: SINFO

HIGH SECCION VARIABLE			
Frame		SCALC: No	
NODE:	4	NLF:	2
MEMB:	3	NLD:	-
PROP:	3	MLC:	-
SUPP:	2	MLX:	-
MREL:	-	MLZ:	-
		MLT:	-
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO			

### DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

Comando: SPLOT



### CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

Comando: SCALC

Ejecutando este comando observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.




**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número **1000**, si presionamos la tecla de función correspondiente a este tenemos:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
1000
```

Para nosotros bastara cambiar el 1000 por 0.009 (tanteo) caso contrario no se podrá visualizar bien la deformada:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.0094
```

Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



Podemos observar que la escala de deformación a cambiado (en el menú).

**RESULTADOS NUMERICOS:**

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80, también fijaremos nuestro número de decimales a 3.

**DESPLAZAMIENTOS EN LOS NUDOS:****Comando: NDIS**

Sintaxis: [ Nudo  $\Delta X$   $\Delta Z$   $\Theta Y(\text{rad})$  ]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1:
2:
3:
4:
1:      [ 1. 0.   0.   0. ]
        [ 2. 0. 239.133 -34.746 ]
        [ 3. 0. 220.269 36.203 ]
        [ 4. 0.   0.   0. ]
QUERY|PRINT|NDIS|REAC|MFOR|SINFO
```

**REACCIONES:****Comando: REAC**

Sintaxis: [Nudo RX RZ MY]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
5:
6:
4:
3:
2:
1:      [ 1. 0. -4.694 27.464 ]
        [ 4. 0. -5.306 -34.798 ]
QUERY|PRINT|NDIS|REAC|MFOR|SINFO
```

**ESFUERZOS EN LAS BARRAS:****Comando: MFOR**

Sintaxis: [ Barra Nudo Axial Corte Momento ]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1:
1:      [ 1. 1. 0. -4.694 27.464 ]
        [ 1. 2. 0.  4.694 10.091 ]
        [ 2. 2. 0.   .306 -10.091 ]
        [ 2. 3. 0.  -.306  7.646 ]
        [ 3. 3. 0.  5.306 -7.646 ]
        [ 3. 4. 0. -5.306 -34.798 ]
QUERY|PRINT|NDIS|REAC|MFOR|SINFO
```

**GRAFICOS DE LOS ESFUERZOS:**

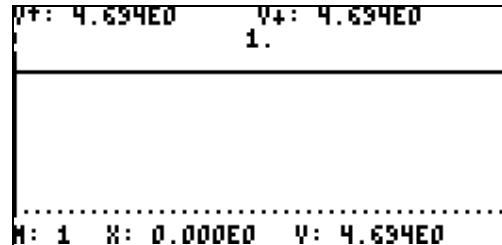
Ingresamos al directorio QUERY.

Como podemos sabemos en nuestra estructura no existen fuerzas axiales, por tal motivo obviaremos las graficas de esta fuerza.

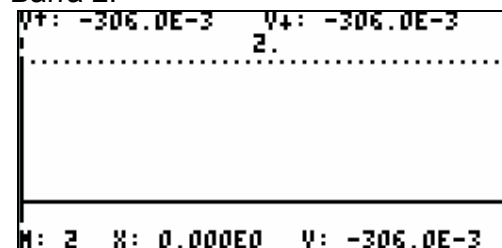
Graficaremos los diagramas con el AV activado para poder trazar los gráficos.

**ESFUERZOS CORTANTES:**

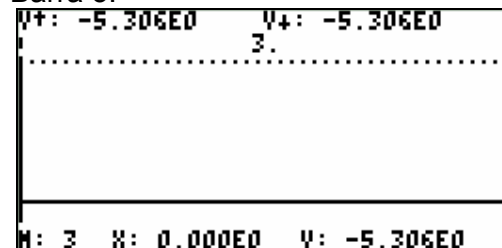
Barra 1:



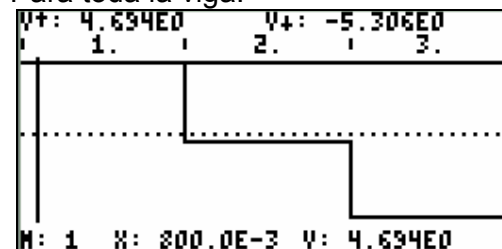
Barra 2:



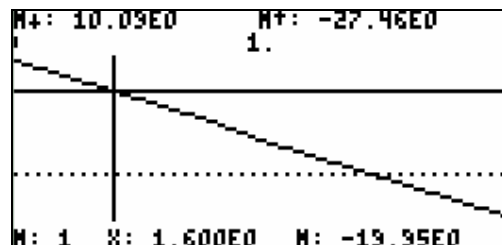
Barra 3:



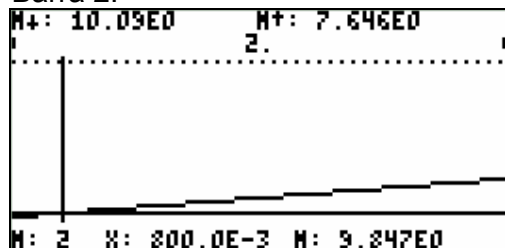
Para toda la viga:

**MOMENTOS FLECTORES:**

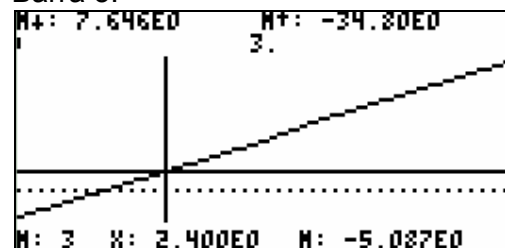
Barra 1:



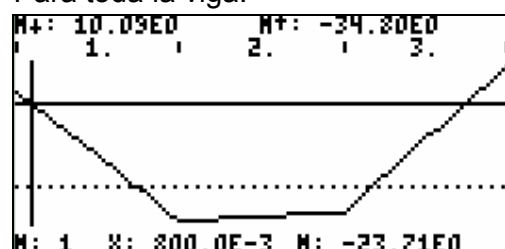
Barra 2:



Barra 3:

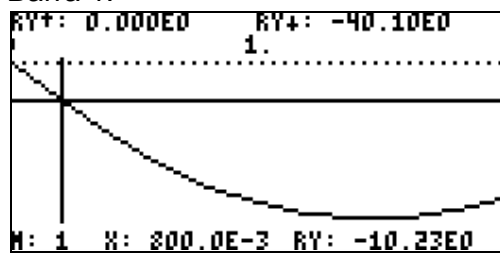


Para toda la viga:

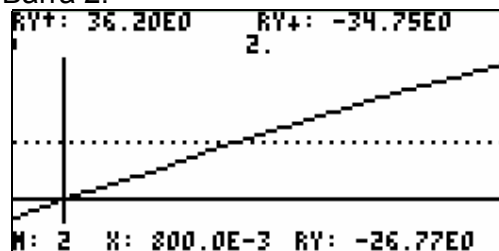


### ROTACION O GIRO EN Y:

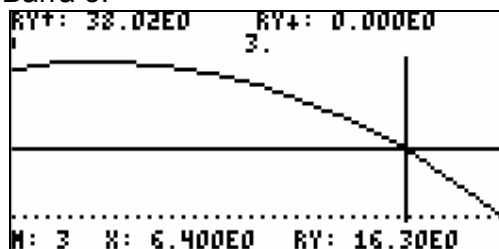
Barra 1:



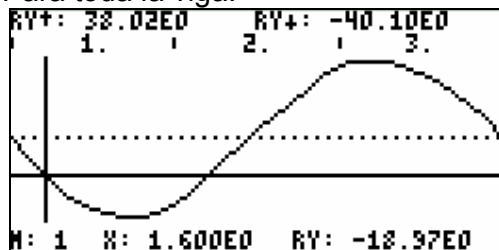
Barra 2:



Barra 3:

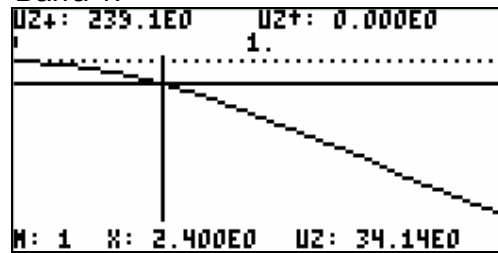


Para toda la viga:

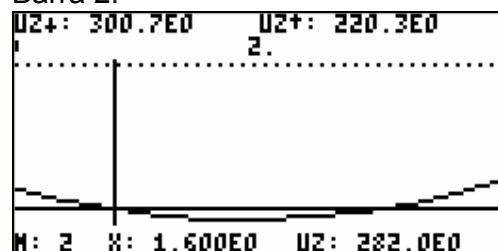


### FLECHAS EN Z:

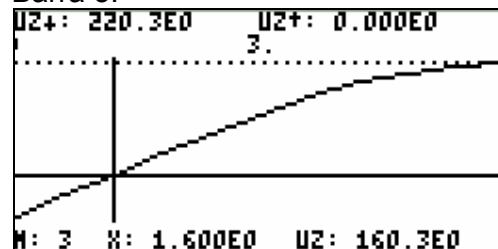
Barra 1:



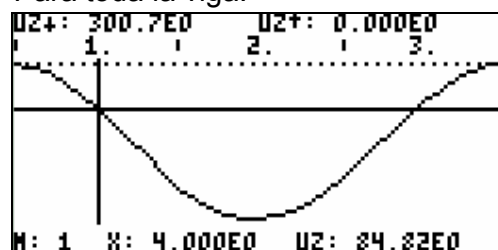
Barra 2:



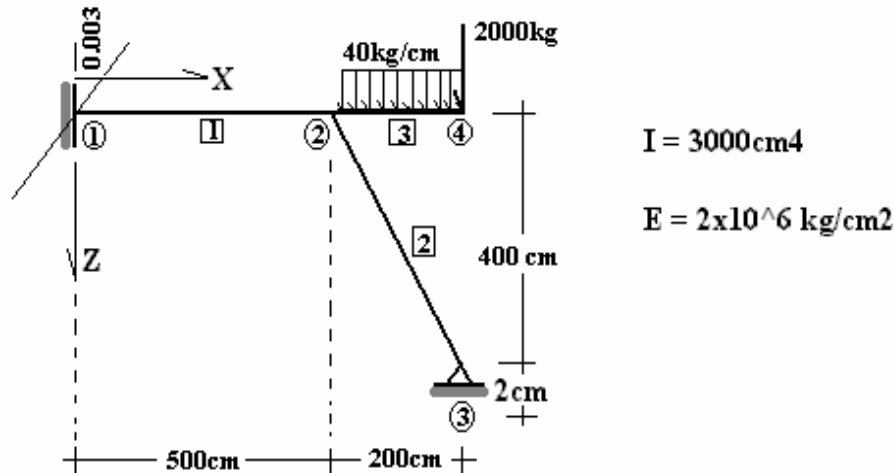
Barra 3:



Para toda la viga:



**Ejemplo 4.-** Resolver la estructura mostrada, sabiendo que el empotramiento experimenta un giro de  $+0.003$  Rad. y el apoyo un asentamiento de  $2.00$  cm. respecto a su posición inicial. Tomar  $I=3000 \text{ cm}^4$ ,  $E=2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$  para todos los elementos.



### COORDENADAS DE NUDOS:

#### Comando0: NODE

Sintaxis: [ X Z ]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	500	0
3	700	400
4	700	0

Ingreso de datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[500 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[700 400]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[700 0]
```

### BARRAS:

#### **Comando: MEMB**

Sintaxis: [ Barra Ni Nj Property ]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	2	4	1

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]
    
```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]
    
```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[2 4 1]
    
```

### PROPIEDADES:

#### **Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area Iy Emod ]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1

Ingreso de datos:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]
    
```

### APOYOS:

#### **Comandos: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
3	1	1	0

Ingreso de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[3 1 1 0]
```

### FUERZAS NODALES:

#### **Comando: NLF**

Sintaxis: [ Node FX FZ MY ]

Ingreso de datos:

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[4 0 2000 0]
```

### DESPLAZAMIENTOS:

#### **Comando: NLD** (Node Load Displacement)

Sintaxis: [ Node UX UZ RY ]

Ingreso de datos:

```
Node: Displaced Node
UX UZ RY: Displacement Loads
[ Node UX UZ RY ]
Nodal Displ Load: #1
[1 0 0 -0.003]
```

```
Node: Displaced Node
UX UZ RY: Displacement Loads
[ Node UX UZ RY ]
Nodal Displ Load: #2
[3 0 2 0]
```

### CARGAS DISTRIBUIDAS:

#### Comando: MLZ

Sintaxis: [ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]

Ingreso de datos:

```

Memb: Loaded Member
d1: load starts d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Memb Trap z Load: #1
[3 40 40 0 200]
    
```

### INFORME DE LA ESTRUCTURA:

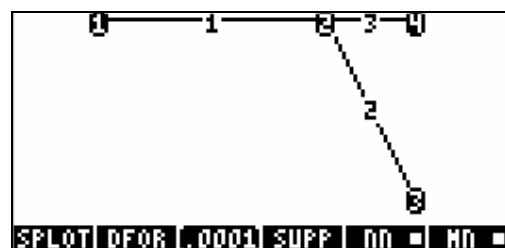
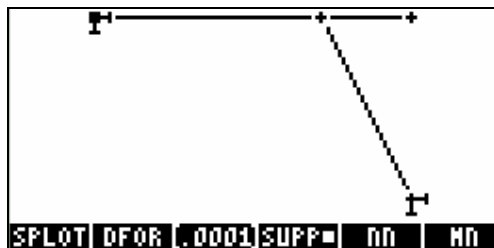
#### Comando: SINFO

```

PORTICO
Frame SCALC: No
NODE: 4 NLF: 1
MEMB: 3 NLD: 2
PROP: 1 MLC: -
SUPP: 2 MLX: -
MREL: - MLZ: 1
MLT: -
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO
    
```

### DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

#### Comando: SPLOT



### CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

#### Comando: SCALC


Ejecutando este comando observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

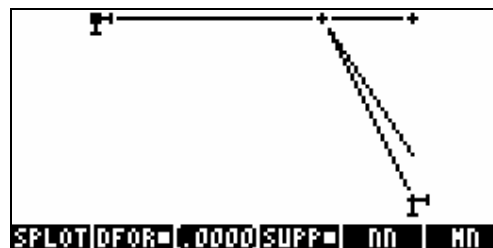


**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número, si presionamos la tecla de función correspondiente a este y coloquemos lo siguiente:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.00000001
```

Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:

**RESULTADOS NUMERICOS:**

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80, también fijaremos nuestro número de decimales a 3.

**DESPLAZAMIENTO NODALES:**

Comando: NDIS

Sintaxis: [ Nudo  $\Delta X$   $\Delta Z$   $\Theta Y$ (rad) ]

```
RAD XYZ HEX R= 'X'
{HOME}
3:
2:
1:
1: 1. 0. 0.
2. -2305095.267 7530989.531
3. 0. 2.
4. -2305095.267 29659638576.4
QUERY PRINT NDIS REAC MFOR SINFO
```

Nudo	$\Delta X$	$\Delta Z$	$\Theta Y$
1.	0.	0.	-.003
2.	-2305095.267	7530989.531	-81593871.268
3.	0.	2.	40815147.401
4.	-2305095.267	29659638576.4	-174927204.601

Sintaxis: [ Nudo RX RZ MY ]

Nudo	RX	RZ	MY
1.	4610.191	1957.53	-326194.741
3.	-4610.191	-11957.53	0.

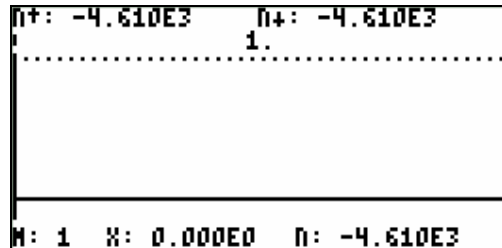
Sintaxis: [ Barra Nudo Axial Corte Momento ]

Barra	Nudo	Axial	Corte	Momento
1.	1.	4610.191	1957.53	-326194.741
1.	2.	-4610.191	-1957.53	-652570.226
2.	2.	12756.88	1224.09	-547429.774
2.	3.	-12756.88	-1224.09	0.
3.	2.	0.	-10000.	1200000.
3.	4.	0.	2000.	0.

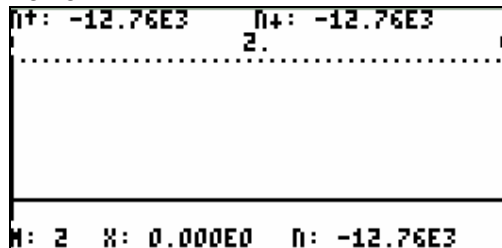
### GRAFICOS DE LOS FUERZOS:

#### ESFUERZOS AXIALES:

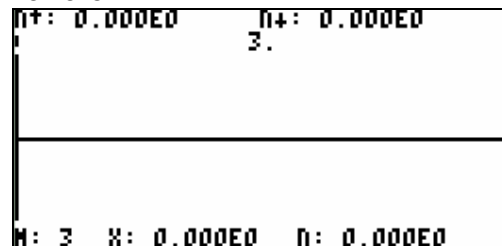
Barra 1:



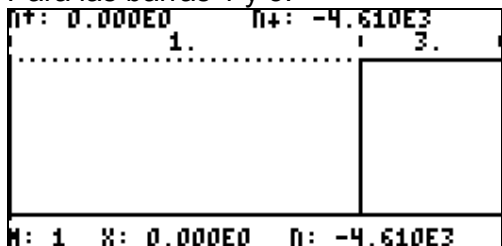
Barra 2:



Barra 3:

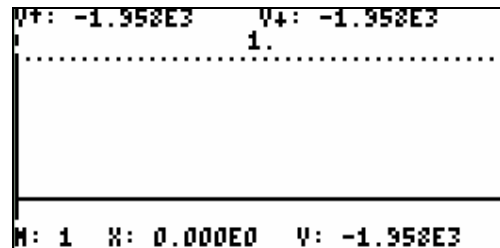


Para las barras 1 y 3:

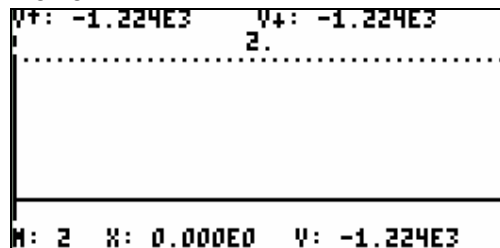


#### ESFUERZOS CORTANTES:

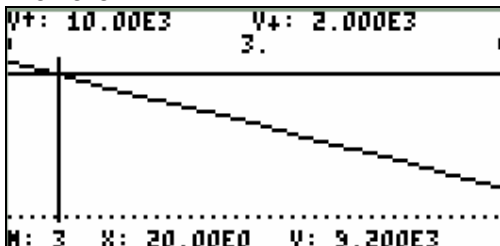
Barra 1:



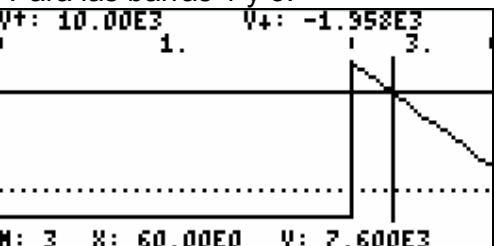
Barra 2:



Barra 3:



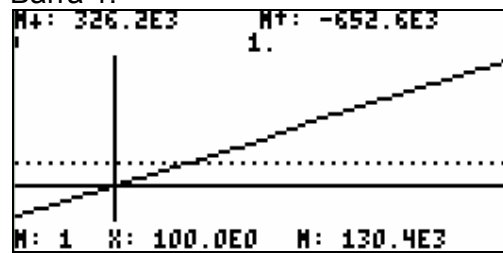
Para las barras 1 y 3:



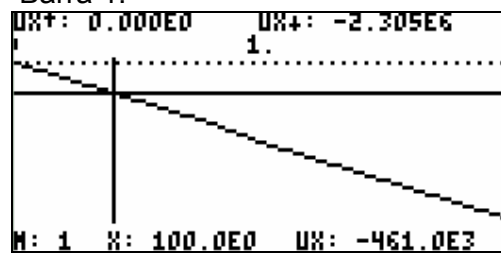
### MOMENTOS FLECTORES:

### DESPLAZAMIENTO EN X:

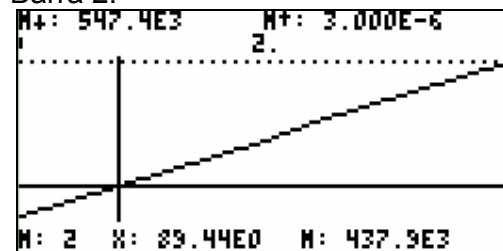
Barra 1:



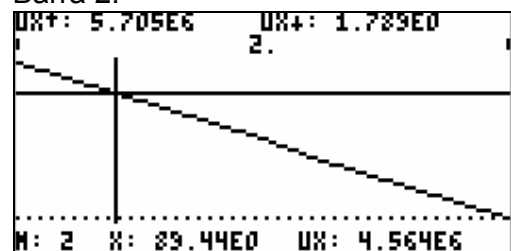
Barra 1:



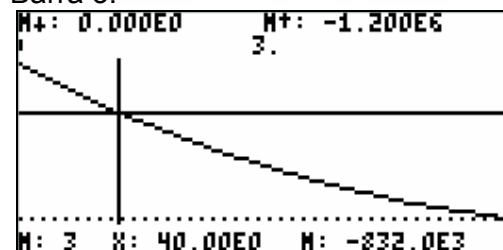
Barra 2:



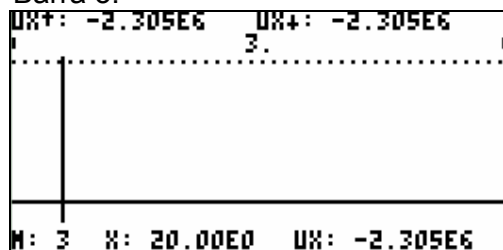
Barra 2:



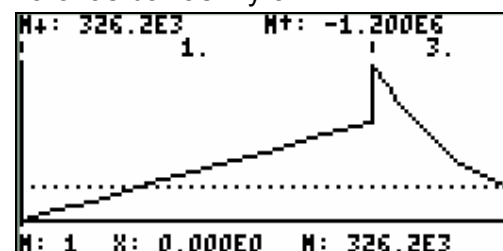
Barra 3:



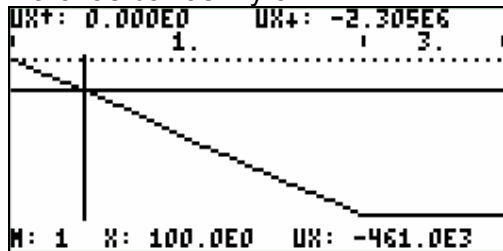
Barra 3:



Para las barras 1 y 3:



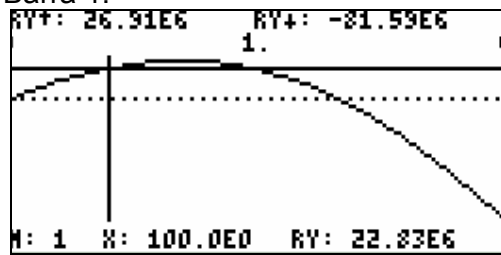
Para las barras 1 y 3:



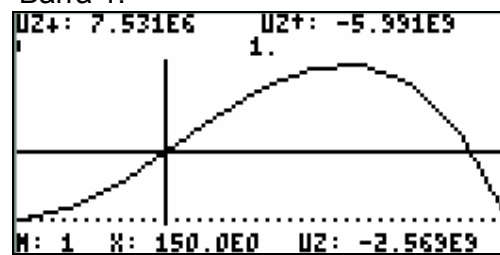
### ROTACION EN Y:

### FLECHA EN Z:

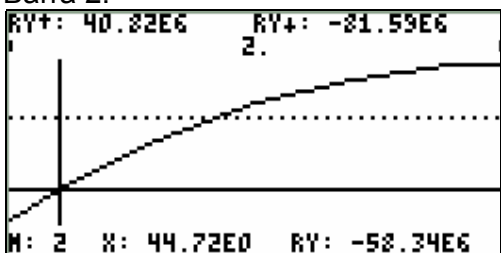
Barra 1:



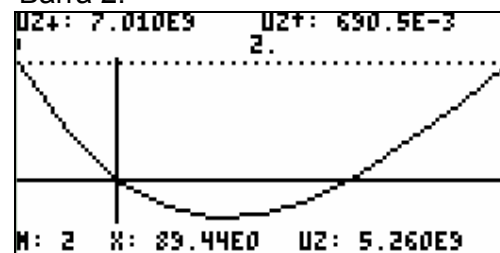
Barra 1:



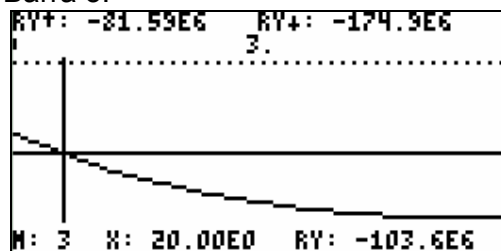
Barra 2:



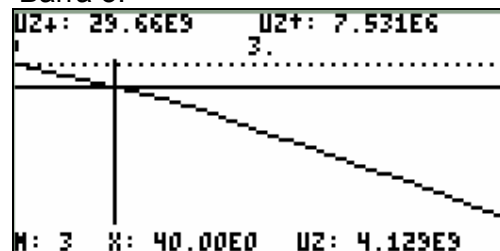
Barra 2:



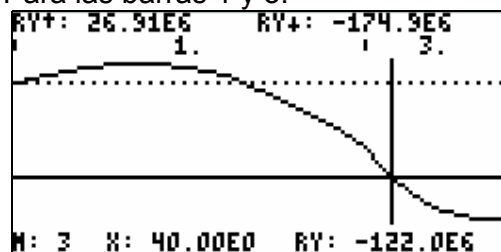
Barra 3:



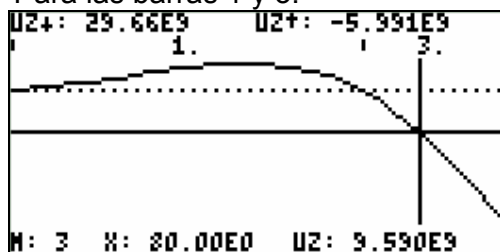
Barra 3:



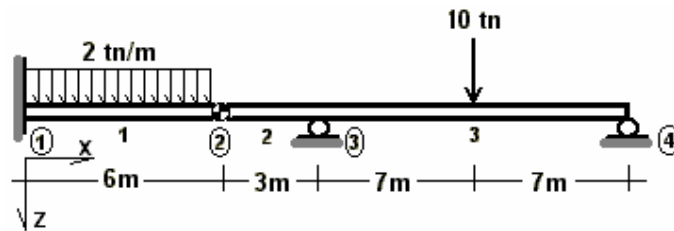
Para las barras 1 y 3:



Para las barras 1 y 3:



**Ejemplo 5.-** Calcular las esfuerzos cortantes y momentos flectores de la viga que se muestra sabiendo que en el nudo 2 existe una rotula, el módulo de elasticidad y la Inercia es constante.  $E \cdot I_y = \text{cte}$



Activamos el comando FRAME la razón es por que la estructura que analizaremos es del tipo marco y desactivaremos el comando LCASE.

FRAME activado

```
RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
:
:
:
:
:
:
:
:
:
:
:
NODE MEMB PROP SUPP MREL FRAME
```

LCASE desactivado

```
RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
:
:
:
:
:
:
:
:
:
:
:
LCASE/FAST RND = 3. JAV -
```

**COORDENADAS DE NUDOS:****Comando: NODE**

Sintaxis: [ X Z ]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	6	0
3	9	0
4	23	0

Ingreso de Datos:

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[6 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[9 0]

```

```

X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[23 0]

```

**BARRAS:****Comando: MEMB**

Sintaxis: [ Ni Nj Property ]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]

```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 1]

```



### PROPIEDADES:

#### **Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area Iy Emod ]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1

Ingreso de datos:

```
Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1]
```

### APOYOS:

#### **Comando: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
2	0	0	1
3	0	1	0
4	0	1	0

Ingresos de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 0 0 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #3
[3 0 1 0]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #4
[4 0 1 0]
```

**BARRAS DESACOPLADAS:****Comando: MREL**

Sintaxis: [ Member RELi? RELj? ]

RELi? = pregunta si esta acoplada (fija) o desacoplada (libre) su nudo inicial.

RELj? = pregunta si esta acoplada (fija) o desacoplada (libre) su nudo final.

Barra	Reli?	Relj?
1	0	1
2	1	0

Ingreso de datos:

```
Member Moment and release
0=NO REL (FIXED) 1=REL (PINNED)
[ Member RELi? RELj? ]
Released Member: #1
[1 0 1]
```

```
Member Moment and release
0=NO REL (FIXED) 1=REL (PINNED)
[ Member RELi? RELj? ]
Released Member: #2
[2 1 0]
```

**CARGAS CONCENTRADAS O PUNTUALES:****Comando: NLC**

Sintaxis: [ Barra Fx Fz My d ]

Barra	Fx	Fz	My	d
3	0	10	0	7

Ingreso de datos:

```
Membr: Loaded Member
d: Distance from Ni
[ Memb Fx Fz My d ]
Memb Conc Load: #1
[3 0 10 0 7]
```

### CARGAS DISTRIBUIDAS:

**Comando: MLZ**

Sintaxis: [ Barra wz1 wz2 d1 d2 ]

Barra	WZ1	WZ2	d1	d2
1	2	2	0	6

El ingreso de datos es como sigue:

```

Mem: Loaded Member
d1: load starts d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Memb Trap z Load: #1
[1 2 2 0 6]
    
```

### INFORME DE LA ESTRUCTURA:

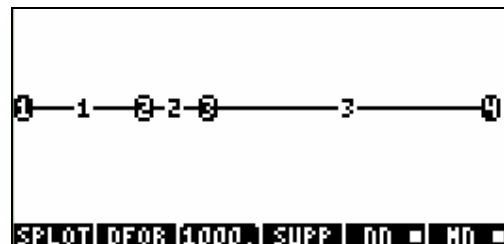
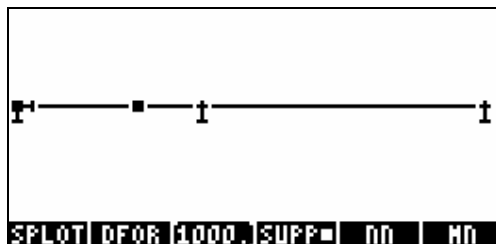
**Comando: SINFO**

```

VIGA CON ROTULA
Frame SCALC: No
NODE: 4 NLF: -
MEMB: 3 NLD: -
PROP: 1 MLC: 1
SUPP: 4 MLX: -
MREL: 2 MLZ: 1
      MLT: -
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO
    
```

### DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

**Comando: SPLOT**



**CALCULO DE LA ESTRUCTURA:****Comando: SCALC**


Ejecutamos este comando y observaremos en el encabezado de la hp una serie de mensajes que nos va indicando el proceso de cálculo.

**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

Antes de dibujar la deformada debemos fijar la escala de deformación, se puede ver en la parte derecha del comando DFOR un número **1000.**

Para nosotros bastara cambiar el 1000 por 0.01 (tanteo) caso contrario no se podrá visualizar bien la deformada:

```
DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
DFOR Magnification:
.01
```

Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:

**RESULTADOS NUMERICOS:**

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80.

**FUERZAS EN LAS BARRAS:****Comando: MFOR**

Sintaxis: [ Barra Nudo Axial Corte Momento ]

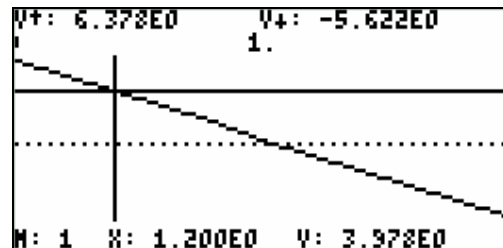
```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
1: 1. 1. 0. -6.378049 2.268293
   1. 2. 0. -5.621951 0.
   2. 2. 0. 5.621951 0.
   2. 3. 0. -5.621951 -16.865854
   3. 3. 0. -6.204704 16.865854
   3. 4. 0. -3.795296 0.
QUERY/PRINT NOIS REAC MFOR SINFO
```

### GRAFICOS DE LOS ESFUERZOS:

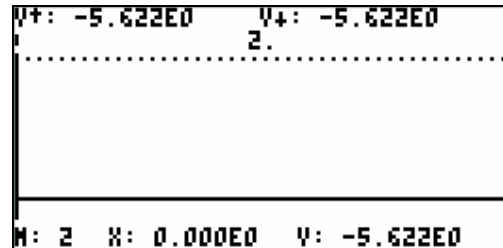
Ingresamos al directorio QUERY.

### ESFUERZOS CORTANTES:

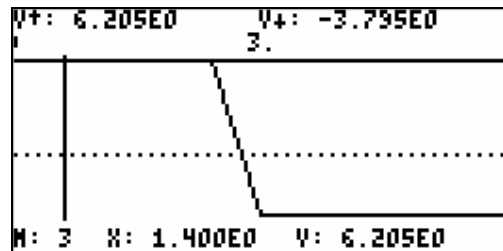
Barra 1:



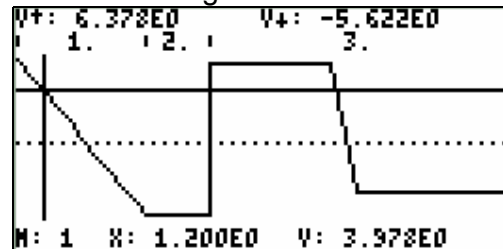
Barra 2:



Barra 3:

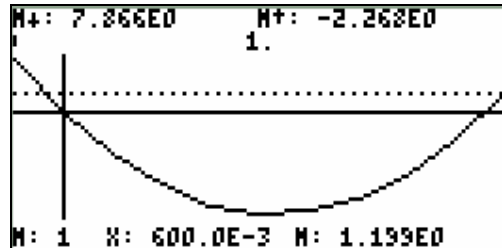


Para toda la viga:

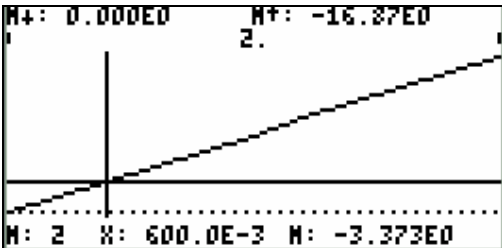


### MOMENTOS FLECTORES:

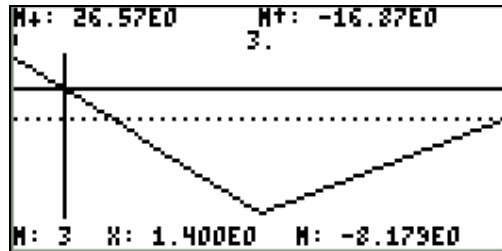
Barra 1:



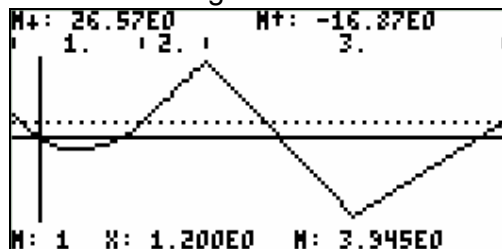
Barra 2:



Barra 3:



Para toda la viga:



**Nota:** (ver 4.3.25 del Manual de Referencia)

El módulo QUERY no puede calcular los desplazamientos transversales UZPLT y rotación RYPLT de las barras que tienen un desacoplamiento en el nudo inicial (Ni). Cuando intentamos graficar RYPLT y UZPLT de la barra 2 nos dará un mensaje de error:

 RYPLT Error:  
MREL at Ni / TRUSS

 UZPLT Error:  
MREL at Ni / TRUSS

Para evitar este error se deberá orientar la barra para que el desacoplamiento sea al final de está (nudo Nj). Como se sabe un nudo debe fijarse a por lo menos una barra para obtener la rotación, por otra parte la estructura no podrá resolverse. Debemos modificar la matriz de Barras y la matriz del comando MREL:

**Barras:**

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	3	2	1
3	3	4	1

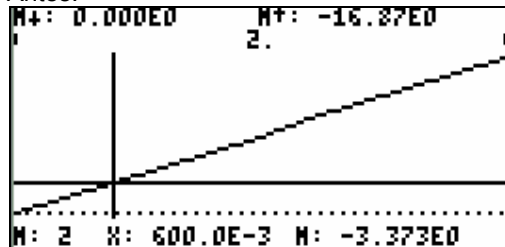
**Barras Desacopladas (MREL):**

Barra	Reli?	Relj?
1	0	1
2	0	1

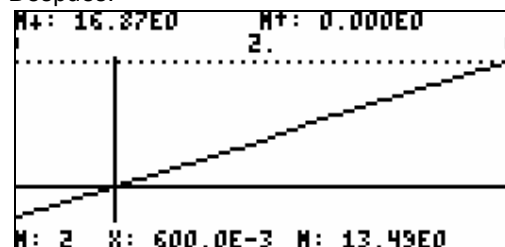
Lo que he hecho es orientar la barra 2 de manera que el nudo inicial Ni este siempre fijo, hecha la modificación calcularemos la estructura, al graficar el diagrama de momentos y el desplazamiento transversal de la barra 2 nos saldrá de cabeza, veamos:

Diagrama de momentos de la barra 2:

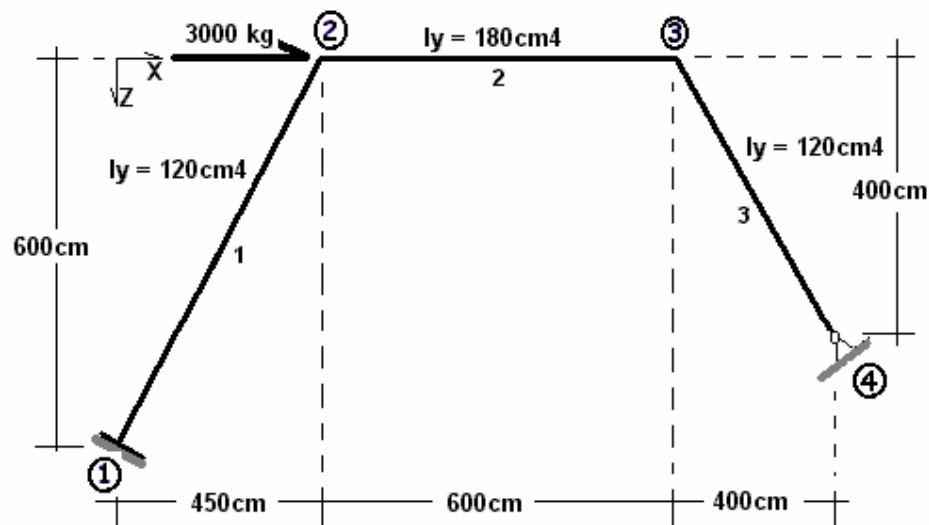
Antes:



Después:



**Ejemplo 6.-** Calcular las reacciones y dibujar los diagramas de Cortantes y Momentos del pórtico mostrado en la figura,  $E_{mod}=2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ .



Como en el ejemplo anterior ejecutamos activamos el comando FRAME por que la estructura que analizaremos es del tipo pórtico.

### COORDENADAS DE NUDOS:

#### Comando: NODE

Sintaxis: [ X Z ]

Nudo	X	Z
1	0	600
2	450	0
3	1050	0
4	1450	400

Ingreso de Datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 600]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[450 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[1050 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[1450 400]
```

### BARRAS:

#### **Comando: MEMB**

Sintaxis: [ Ni Nj Property ]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	2
3	3	4	1

Ingreso de datos:

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]
    
```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 2]
    
```

```

Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 1]
    
```

### PROPIEDADES:

#### **Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area Iy Emod ]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	2000000
2	1.5	1.5	2000000

Ingreso de datos:

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 2E6]
    
```

```

Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #2
[1.5 1.5 2E6]
    
```



**APOYOS:****Comando: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
4	1	1	0

Ingresos de datos:

```
node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[4 1 1 0]
```

**FUERZAS O CARGAS NODALES:****Comando: NLF**

Sintaxis: [ Node FX FZ MY ]

Nudo	Fx	Fz	My
2	3000	0	0

Ingreso de datos:

```
node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[2 3000 0 0]
```

**INFORME DE LA ESTRUCTURA:**

Comando: SINFO

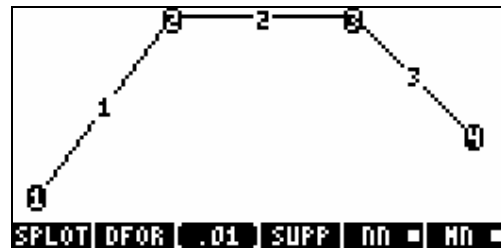
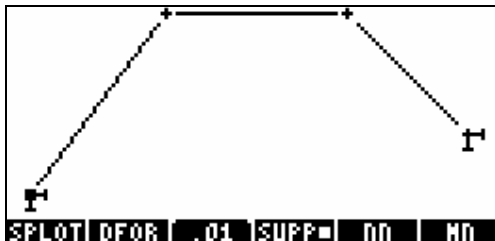
```

PORTICO CON APOYOS INCLINADOS
Frame  SCALC: No
-----
NODE:   4      DLF:   1
MEMB:   3      DLD:   -
PROP:   2      MLC:   -
SUPP:   2      MLX:   -
MREL:   -      MLZ:   -
                   MLT:   -
FILE INPUT SCALC RESULT PLOT SINFO

```

**DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:**

Comando: SPLOT

**CALCULO DE LA ESTRUCTURA:**


Comando: SCALC

**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

```

DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 MM is plotted as 1 M
-----
DFOR Magnification:
.01

```

Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



**RESULTADOS NUMERICOS:**

Para una buena visualización de los resultados activaremos las banderas -72, -73 y -80.

**FUERZAS EN LAS BARRAS:****Comando: MFOR**

Sintaxis: [ Barra Nudo Axial Corte Momento ]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME] 05:37,12:JAN
1: 1. 1. -1580.393601 -639.515724
   1. 2. 1580.393601 639.515724
   2. 2. 1540.15125 880.605502
   2. 3. -1540.15125 -880.605502
   3. 3. 1711.73355 -466.369255
   3. 4. -1711.73355 466.369255
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO
```

Usando el comando SCROLL:

Barra	Nudo	Axial	Corte	Momento
1.	1.	-1580.393601	-639.515724	215091.791323
1.	2.	1580.393601	639.515724	264545.003259
2.	2.	1540.15125	880.605502	-264545.003261
2.	3.	-1540.15125	-880.605502	-263818.2977
3.	3.	1711.73355	-466.369255	263818.2977
3.	4.	-1711.73355	466.369255	0.

**REACCIONES:****Comando: REAC**

Sintaxis: [ Apoyo Rx Rz My ]

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME] 05:50,12:JAN
1:
2:
3:
4: 1. -1459.848739 880.605447 215091.791323
   4. -1540.151264 -880.605538
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO
```

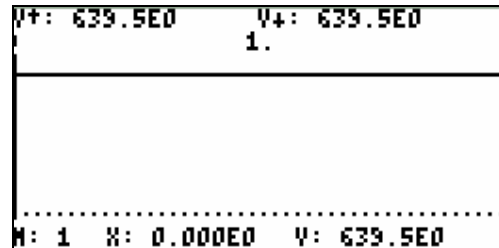
Apoyo	Rx	Rz	My
1.	-1459.848739	880.605447	215091.791323
4.	-1540.151264	-880.605538	0.

### GRAFICOS DE ESFUERZOS:

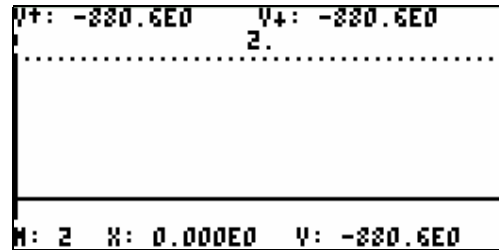
Ingresamos al directorio QUERY.

### ESFUERZOS CORTANTES:

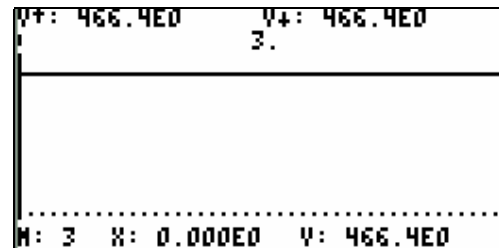
Barra 1:



Barra 2:

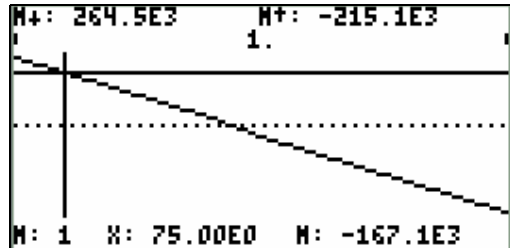


Barra 3:

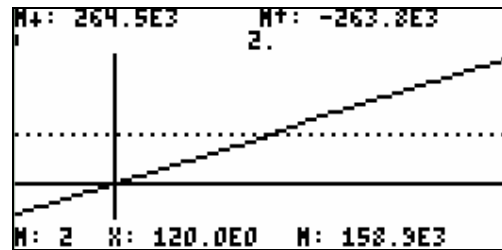


### MOMENTOS FLECTORES:

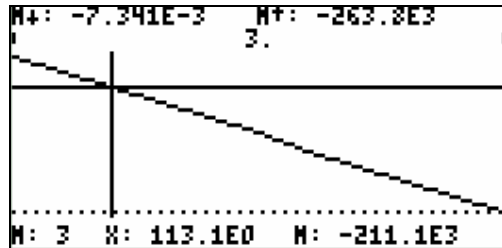
Barra 1:



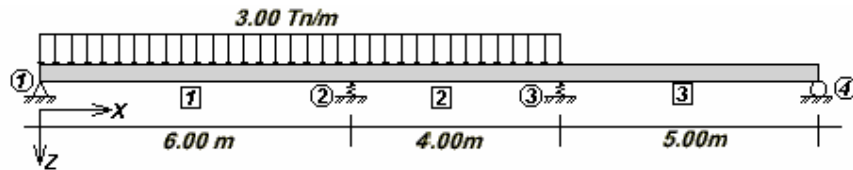
Barra 2:



Barra 3:



**Ejemplo 7.-** Dibujar los diagramas de Momentos Flectores y Esfuerzos Cortantes para la viga que se muestra, en la que  $E \cdot I_y = 1.2 \times 10^5 \text{ T.m}^2$ . Los apoyos 2 y 3 son elásticos, con coeficientes de 400 y 500 T/m., respectivamente.



Activamos el comando FRAME.

### COORDENADAS DE NUDOS:

**Comando: NODE**

Sintaxis: [ X Z ]

Nudo	X	Z
1	0	0
2	6	0
3	10	0
4	15	0

Ingreso de Datos:

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #1
[0 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #2
[6 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #3
[10 0]
```

```
X: X-coordinate of Node (X+)
Z: Z-coordinate of Node (Z+)
[ X Z ]
Node: #4
[15 0]
```

### BARRAS:

#### **Comando: MEMB**

Sintaxis: [ Ni Nj Property ]

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	1
3	3	4	1

Ingreso de datos:

```
Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #1
[1 2 1]
```

```
Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #2
[2 3 1]
```

```
Ni/Nj: Start/End Node of Member
Property: Type of Cross-Section
[ Ni Nj Property ]
Member: #3
[3 4 1]
```

### PROPIEDADES:

#### **Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area Iy Emod ]

Propiedad	Area	Iy	Emod
1	1	1	1.2E5

Ingreso de datos:

```
Iy: Moment of Inertia
Emod: Modulus of Elasticity
[ Area Iy Emod ]
Property: #1
[1 1 1.2E5]
```

### APOYOS:

#### **Comando: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	0
2	0	-400	0
3	0	-500	0
4	0	1	0

Ingresos de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 0]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[2 0 -400 0]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #3
[3 0 -500 0]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #4
[4 0 1 0]
```

### CARGAS DISTRIBUIDAS:

#### **Comando: MLZ**

Sintaxis: [ Barra wz1 wz2 d1 d2 ]

Barra	WZ1	WZ2	d1	d2
1	3	3	0	6
2	3	3	0	4

Ingreso de datos:

```
Membr: Loaded Member
d1: load starts d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Membr Trap z Load: #1
[1 3 3 0 6]
```

```
Membr: Loaded Member
d1: load starts d2: load ends
[ Memb wz1 wz2 d1 d2 ]
Membr Trap z Load: #2
[2 3 3 0 4]
```

**INFORME DE LA ESTRUCTURA:**

Comando: SINFO

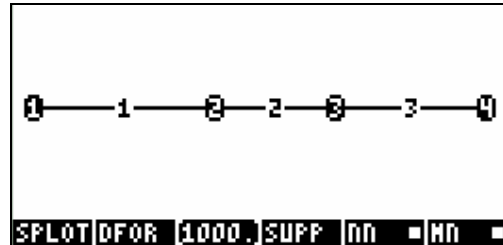
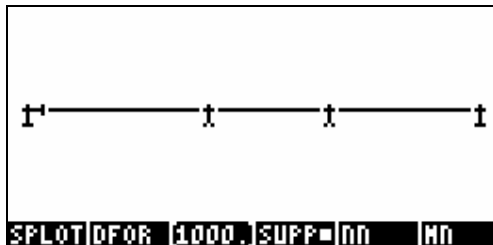
```

VIGA CON APOYOS ELASTICOS
Frame  SCALC: No
-----
NODE:   4      NLF:  -
MEMB:   3      NLD:  -
PROP:   1      MLC:  -
SUPP:   4      MLX:  -
NREL:   -      MLZ:  2
                   MLT:  -
FILE INPUT/SCALC/RESULT/ PLOT/ SINFO

```

**DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:**

Comando: SPLOT

**CALCULO DE LA ESTRUCTURA:**

Comando: SCALC


Ejecute el comando SCALC para calcular nuestra viga.

**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**

```

DEFORMATION PLOT SCALE
1000: 1 mm is plotted as 1 m
-----
DFOR Magnification:
100.4

```

Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:



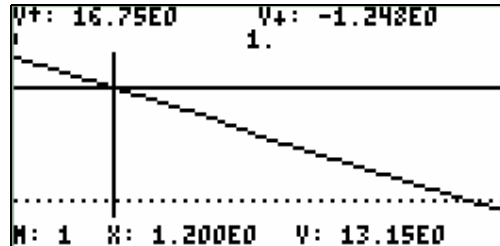


### GRAFICOS DE ESFUERZOS:

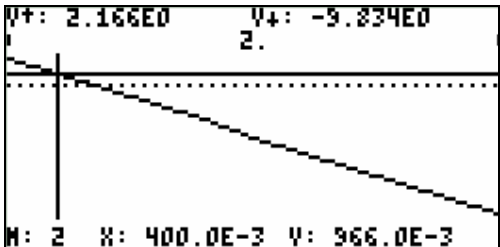
Ingresamos al directorio QUERY.

#### ESFUERZOS CORTANTES:

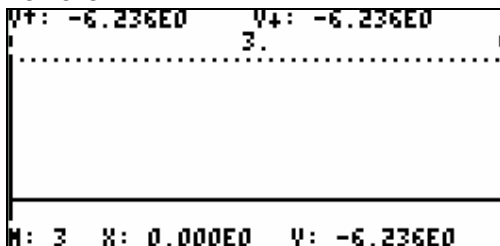
Barra 1:



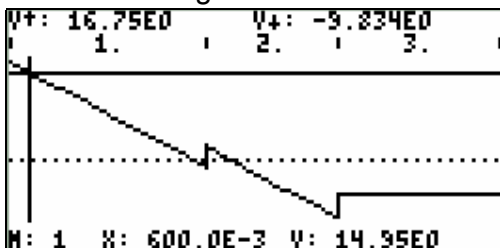
Barra 2:



Barra 3:

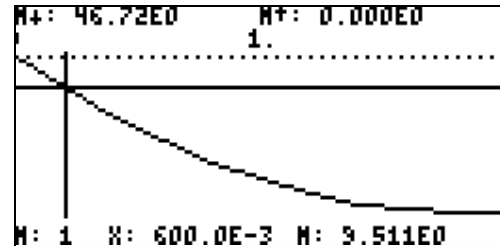


Para toda la viga:

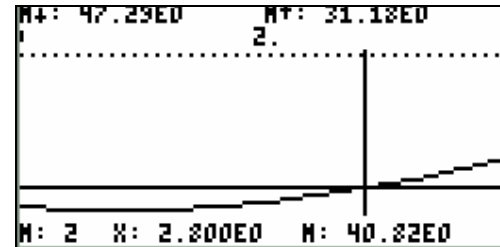


#### MOMENTOS FLECTORES:

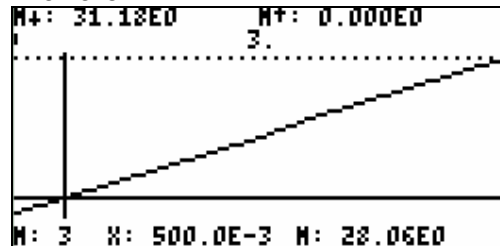
Barra 1:



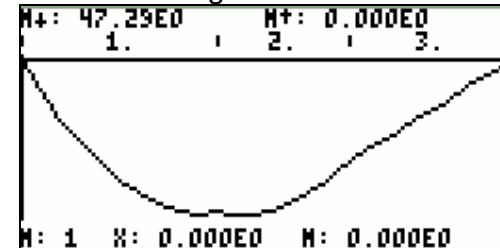
Barra 2:



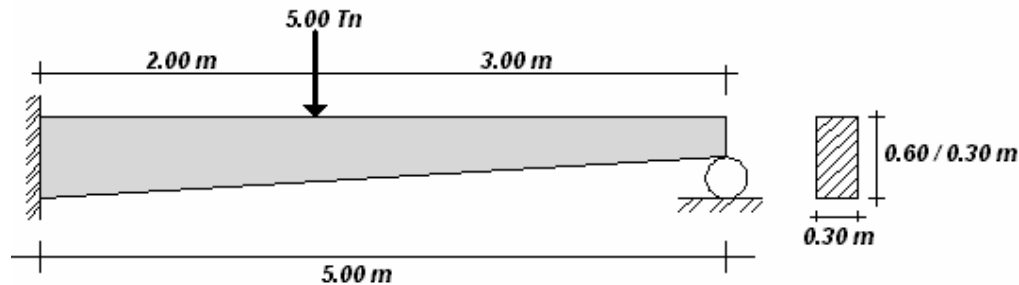
Barra 3:



Para toda la viga:

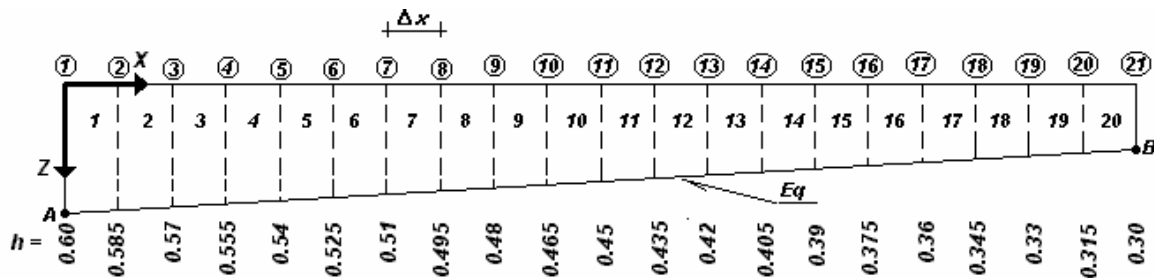


**Ejemplo 8.-** Por acción de la carga indicada, determinar las reacciones en los apoyos, graficar los diagramas de Esfuerzos Cortantes y Momento Flectores para la viga cuya sección varía desde 0.60 m hasta 0.30 m.  $E = 2 \times 10^5 \text{ T.m}^2$ .



Activamos el comando FRAME.

Dado que la viga es de sección variable seccionaremos la viga en 20 tramos cada tramo será considerado como un miembro o barra.



Como vemos ahora nuestra estructura consta de 21 nudos y 20 barras.

$$\Delta x = \text{Longitud de la viga} / \text{Número de Tramos} \quad \Delta x = 5.00 \text{ m.} / 20 \quad \Delta x = 0.25 \text{ m.}$$

Para la obtención e ingreso de datos tales como coordenada de nudos, conectividad de barras entre otras que utilizamos para calcular nuestra viga los podemos hacer de distintas maneras, aquí se he usado una manera rápida, tal vez a usted le agrade.

Tenemos los puntos A y B podemos hallar fácilmente la ecuación de la recta que gobierna la sección variable de nuestra viga, esta ecuación nos ayudara mucho para la obtención de datos.

$$A = (0, h_i) \quad B = (L_v, h_f)$$

$$A = (0, 0.60) \quad B = (5.00, 0.30)$$

El ROM 1.19-6 tiene el comando DROITE el cual halla la ecuación de una recta dado las coordenadas de dos puntos en el stack, si usted tiene el ROM 1.18 o cualquier otra que no tiene este comando el siguiente programa **EcR** le será útil:

```

* + A B
* B A - CONJ OBJ+ SWAP B+C
OBJ+ 2. +ARRY DUP [ 'X' 'Z' ]
SWAP DOT SWAP A OBJ+ 2. +ARRY
DOT = 2 SOLVE EQ+ SWAP DROP
*
*

```

Coloque en el stack las coordenadas de A y B y ejecute el programa. *Solo para HP49G*

RAD XYZ HEX R~ 'X'				
[HOME]				
5:				
4:				
3:				
2:			(0.,.6)	
1:			(5.,.3)	
Ecr Vx				

Coordenadas de A y B

RAD XYZ HEX R~ 'X'				
[HOME]				
5:				
4:				
3:				
2:				
1:			-(.06*X-.6)	
Ecr Vx				

Ecuación de la Recta

A continuación hallaremos la matriz [X H], para ello creamos el programa **XH**:

```

* + Eq Lv Nt
* 0. Lv
  FOR x x DUP 'X' STO Eq +NUM
2. ROW+ Lv Nt /
  STEP Nt 2. / FP
  IF 0. SAME
  THEN Nt 1. +
  ELSE Nt
  END ROW+
* 'X' PURGE
*

```

Este necesita en el stack la ecuación hallada anteriormente, la longitud de la viga y en número de tramos en que será dividida la viga.

RAD XYZ HEX R~ 'X'				
[HOME]				
5:				
4:				
3:			-(.06*X-.6)	
2:			5.	
1:			20.	
XH Ecr Vx				

Ecuación, Lv, Nt

RAD XYZ HEX R~ 'X'				
[HOME]				
1:				
			4.25 .345	
			4.5 .33	
			4.75 .315	
			5. .3	
XH Ecr Vx				

Matriz [X H]

X	H
0.	.6
.25	.585
.5	.57
.75	.555
1.	.54
1.25	.525
1.5	.51
1.75	.495
2.	.48
2.25	.465
2.5	.45
2.75	.435
3.	.42
3.25	.405
3.5	.39
3.75	.375
4.	.36
4.25	.345
4.5	.33
4.75	.315
5.	.3

**COORDENADAS DE NUDOS:****Comando: NODE**

Sintaxis: [X Z]

Con la matriz [X H] y el número de tramos en el stack hallaremos la matriz [X Z], por simple inspección podemos observar que las coordenadas Z son cero, el siguiente programa **XZ** hallara la matriz [X Z] y lo cargara automáticamente al FEM y dejara la matriz [X H] en el stack.

RAD XYZ HEX R~ 'X'	
[HOME]	
2:	4.25 .345
	4.5 .33
	4.75 .315
	5. .3
1:	20.
BARRA XZ XH ECR VV VIGA	

```

« → Nt
« DUP 1. COL- SWAP
DROP 1. Nt 1. +
FOR Z 0.
NEXT Nt 1. + ROW→
2. COL→ →NODE
»
»

```

Nudo	X	Z
1	0.00	0.00
2	0.25	0.00
3	0.50	0.00
4	0.75	0.00
5	1.00	0.00
6	1.25	0.00
7	1.50	0.00
8	1.75	0.00
9	2.00	0.00
10	2.25	0.00
11	2.50	0.00
12	2.75	0.00
13	3.00	0.00
14	3.25	0.00
15	3.50	0.00
16	3.75	0.00
17	4.00	0.00
18	4.25	0.00
19	4.50	0.00
20	4.75	0.00
21	5.00	0.00

**BARRAS:**

**Comando: MEMB**

Sintaxis: [Ni Nj Property]

El siguiente programa **BARRA** hallara la matriz [Ni Nj Property] y lo cargara automáticamente al FEM.

Necesita el número de tramos en el stack.

```
RAD XYZ HEX R~ 'X'
<HOME>
5:
4:
3:
2:
1: 20.
BARRA| XZ | XH | EcR | VX | VIGH
```

```
« → Nt
« 1. Nt
FOR M M DUP 1. +
M 3. ROW→
NEXT Nt ROW→
→MEMB
»
»
```

Barra	Ni	Nj	Propiedad
1	1	2	1
2	2	3	2
3	3	4	3
4	4	5	4
5	5	6	5
6	6	7	6
7	7	8	7
8	8	9	8
9	9	10	9
10	10	11	10
11	11	12	11
12	12	13	12
13	13	14	13
14	14	15	14
15	15	16	15
16	16	17	16
17	17	18	17
18	18	19	18
19	19	20	19
20	20	21	20

**PROPIEDADES:****Comando: PROP**

Sintaxis: [ Area ly Emod ]

Con la matriz [X H], el ancho de la viga, el número de tramos y el Módulo de Elasticidad en el stack hallaremos la matriz [ Area ly Emod ], el siguiente programa **PROPI** hallara la matriz [ Area ly Emod ] y lo cargara automáticamente al FEM.

```

RAD XYZ HEX R~ 'X'
[HOME]
4:      ^ [4.75 .315]
3:      [5.   .3]
2:      20.
1:      200000.
PROPI|BARRA| XZ | XH | ECR | V%

```

```

« → B Nt E
  « B Nt NDUPN →LIST
  SWAP 2. COL- SWAP
  DROP Nt 1. + ROW-
  DROP AXL DUP2 * AXL
  UNROT 3. ^ * 12. /
  AXL E Nt NDUPN →LIST
  AXL 3. COL→ →PROP
  »
»

```

Propiedad	Area	ly	Emod
1	0.18	0.0054	200000
2	0.1755	0.005005040625	200000
3	0.171	0.004629825	200000
4	0.1665	0.004273846875	200000
5	0.162	0.0039366	200000
6	0.1575	0.003617578125	200000
7	0.153	0.003316275	200000
8	0.1485	0.003032184375	200000
9	0.144	0.0027648	200000
10	0.1395	0.002513615625	200000
11	0.135	0.002278125	200000
12	0.1305	0.002057821875	200000
13	0.126	0.0018522	200000
14	0.1215	0.001660753125	200000
15	0.117	0.001482975	200000
16	0.1125	0.001318359375	200000
17	0.108	0.0011664	200000
18	0.1035	0.001026590625	200000
19	0.99	0.000898425	200000
20	0.945	0.000781396875	200000

### APOYOS:

#### **Comando: SUPP**

Sintaxis: [ Node UX? UZ? RY? ]

Nudo	UX?	UZ?	RY?
1	1	1	1
21	0	1	0

Ingresos de datos:

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #1
[1 1 1 1]
```

```
Node: Supported Node
0=Free 1=Restrained <0=Spring
[ Node UX? UZ? RY? ]
Supported Node: #2
[21 0 1 0]
```

### FUERZAS O CARGAS NODALES:

#### **Comando: NLF**

Sintaxis: [Node FX FZ MY ]

Nudo	Fx	Fz	My
9	0	5	0

Ingreso de datos:

```
Node: Loaded Node
FX FZ MY: Force Loads
[ Node FX FZ MY ]
Nodal Force Load: #1
[9 0 5 0]
```

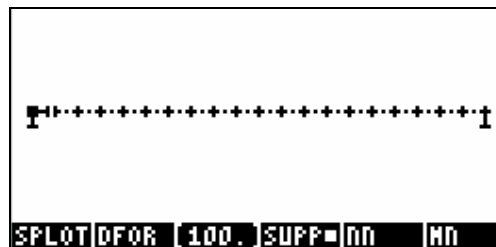
### INFORME DE LA ESTRUCTURA:

## Comando: SINFO

VIGA DE SECCION VARIABLE			
Frame	SCALC: No		
NODE:	21	NLF:	1
MEMB:	20	NLD:	-
PROP:	20	NLC:	-
SUPP:	2	NLX:	-
MREL:	-	NLZ:	-
		NLT:	-
FILE	INPUT	SCALC	RESULT
PLOT	SINFO		

### DIBUJANDO LA ESTRUCTURA:

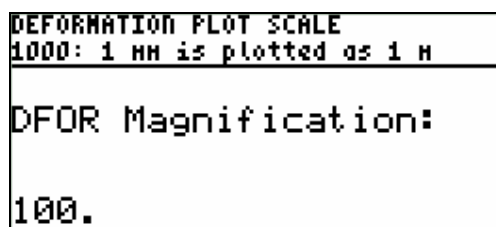
## Comando: SPLOT




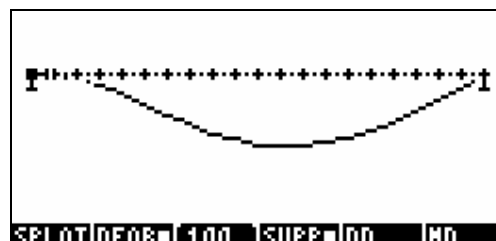
### CALCULO DE LA ESTRUCTURA:

**Comando: SCALC**

**DEFORMADA DE LA ESTRUCTURA:**



Presionamos  y activamos el comando DFOR y ejecutamos SPLOT, obtenemos la deformada de la estructura:





**REACCIONES:****Comando: REAC**

Sintaxis: [Apoyo Rx Rz My]

```

RAD XYZ HEX R= 'X'
[HOME]
4:
3:
2:
1: [ 1.  0. -4.214 6.071 ]
    [21.  0.  -.786  0. ]
QUERY PRINT NOIS REAC MFOR SINFO

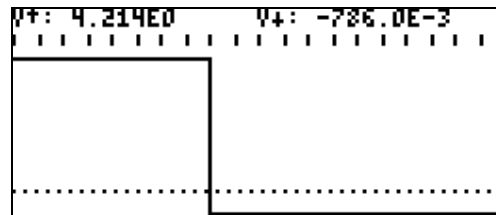
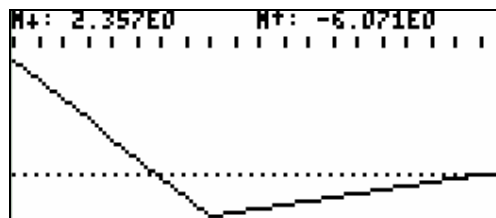
```

Apoyo	Rx	Rz	My
1:	0.	-4.214	6.071
21:	0.	-.786	0.

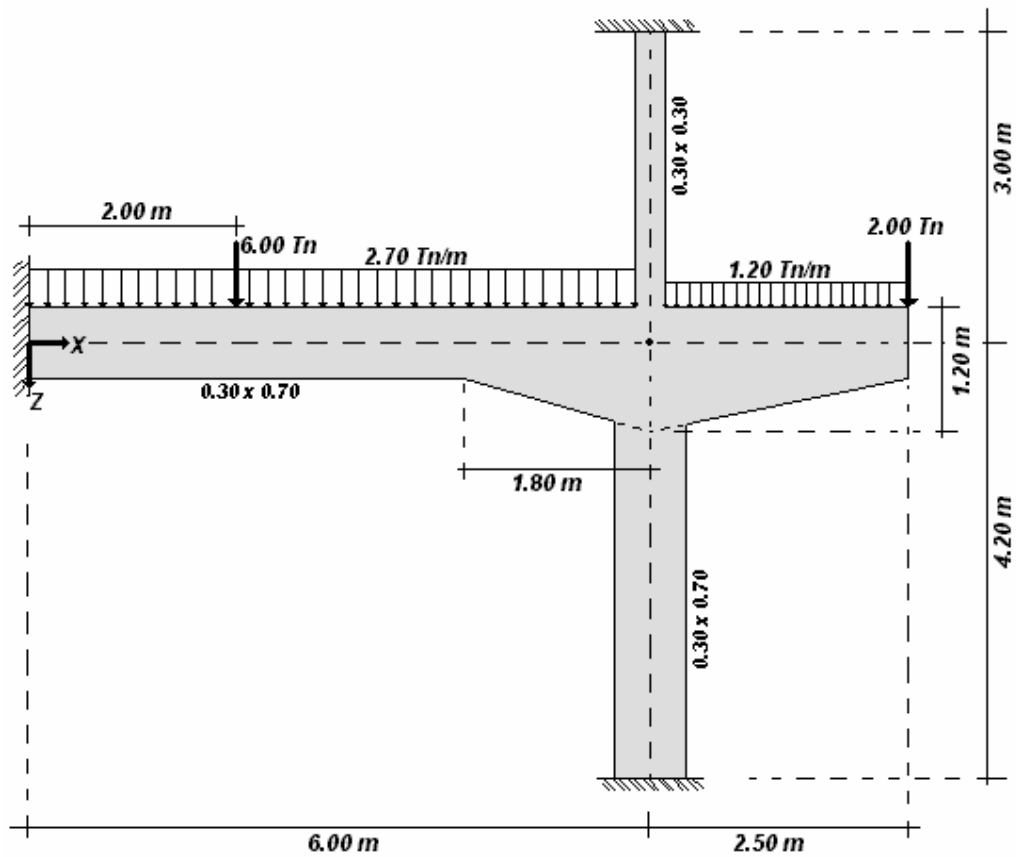
**GRAFICO DE ESFUERZOS Y MOMENTOS PARA TODA LA VIGA:**

Ingresamos al directorio QUERY.

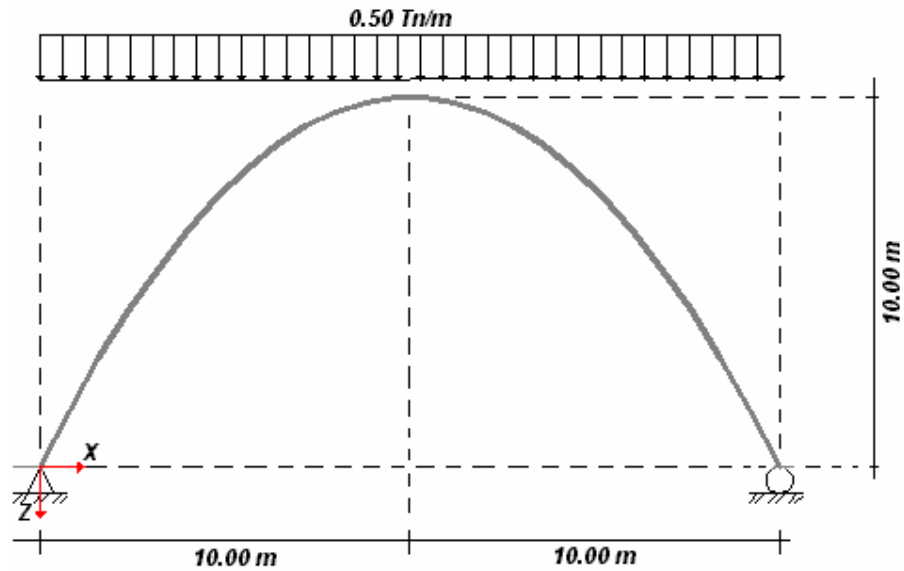
Fijaremos el número de Keypoints a 2 para graficarlos a mayor velocidad ya que por defecto esta fijado en 11 keypoints.

**ESFUERZOS CORTANTES:****MOMENTOS FLECTORES:**

**Ejemplo 9.-** Trazar los diagramas de Momentos flectores, Esfuerzos cortantes y calcular las reacciones en los apoyos para el pórtico que se muestra, donde  $E = 2.1 \times 10^5 \text{ T.m}^2$ .



**Ejemplo 10.-** Calcular las reacciones en los apoyos para el arco de forma parabólica cuya ecuación es  $Z = \frac{X}{10}(20 - X)$ , el momento de Inercia de la sección transversal del arco varía así:  
 $I = I_0 \cdot \sec \phi$  y donde  $E = \text{cte}$



**PROGRAMANDO:****(por verificar)**

El FEM es totalmente programable podemos realizar programas a nuestro gusto.

Veamos una pequeñísima muestra:

```
« { { Δ { « NDIS [ 'Nu' 'ΔX→' 'ΔZ↓' 'Θ ' ] 1. ROW+ DUP SCROLL » } }
  { R { « REAC [ 'Ap' 'RX→' 'RZ↓' 'MY' ] 1. ROW+ DUP SCROLL » } }
  { F { « MFOR [ 'Ba' 'Nu' 'Fx' 'Fz' 'MY' ] 1. ROW+ DUP SCROLL » } }
  { INFO { « SINFO » } }
  { DRAW { « SPLOT » } }
  { PAPEL { « IFERR O$ THEN END » } } } TMENU
»
```

El programa anterior crea un menú temporal que nos muestra los resultados de la última estructura calculada.

Cargamos el programa a la hp lo guardamos con un nombre y lo ejecutamos:



Otro ejemplo de programación aplicativo al FEM49v5.3 es el programa STAB que viene incluido en el paquete FEM49v5.3.zip.

Documento creado por Oscar Fuentes Fuentes.

e-mail : [oscar\\_lff@hotmail.com](mailto:oscar_lff@hotmail.com)



+51 56 9705807



+51 56 806288



Ica – Perú

FEM49 fue creado por Caspar Lugtmeier.

Contacte al autor: [c.lugtmeier@hccnet.nl](mailto:c.lugtmeier@hccnet.nl)

Visite su homepage: <http://home.hccnet.nl/c.lugtmeier>