

FEM49

El presente documento está dirigido aquellas personas que utilizan la FEM49, si no saben o no conocen este maravilloso programa para las calculadoras HP, les recomiendo que empiecen con el manual de ejemplos aplicativos, realizado por Oscar Fuentes Fuentes.

Aclaraciones

Propiedades

En estructuras isostáticas, se puede colocar en PROP [[1. 1. 1.]], cuando deseemos hallar los diagramas N, Q, y M, pues estos no dependen de la geometría de sus elementos. Sin embargo, si queremos hallar el desplazamiento o giro en un nodo, de una viga inclinada o un pórtico isostático, debemos tomar una sección genérica. Es decir un elemento que tenga un área 1 [cm²] y una inercia de 1 [cm⁴]:

$$A = 1 \text{ [cm}^2\text{]} = 1\text{E-}4 \text{ [m}^2\text{]}$$
$$I = 1 \text{ [cm}^4\text{]} = 1\text{E-}8 \text{ [m}^4\text{]}$$

Dado que $EI = 1$, despejando E, tenemos:

$$E = 1\text{E}8$$

Cuando se tiene problemas del tipo I, 2I, 4I, etc., por ejemplo, se colocará en PROP lo siguiente:

```
PROP
[[ 1E-4 1E-8 1E8 ]
[ 1E-4 2E-8 1E8]]
[ 1E-4 4E-8 1E8]]
```

El área y el módulo de elasticidad no cambian, en cambio la inercia si, de esta manera también despreciamos la deformación axial.

No olvide que una estructura hiperestática depende de la geometría de sus elementos, conociendo la relación de inercias podemos resolver cualquier estructura hiperestática.

Rótulas

Cuando existen momentos actuando antes y después de una rotula, se emplea un artificio que consiste en articular solo la primera barra, esto se aplica solo en el caso mencionado anteriormente.

Solicitaciones

Antes de introducir las cargas, debemos tratar de seguir un orden, con el fin de no equivocarnos o confundirnos.

- Cargas puntuales, o solicitaciones que no requieran una transformación (NLF, NLD, MLT)
- Cargas que se encuentren en coordenadas locales (MLC, MLX, MLZ)
- Cargas que se encuentren en coordenadas globales, para esto empleamos el módulo WIZRD, este módulo nos permite transformar cargas de coordenadas globales a coordenadas locales.

cálculos

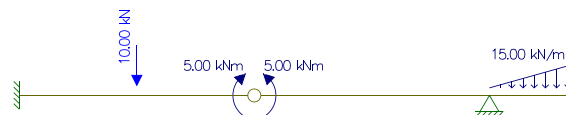
Para mostrar los resultados, tomar en cuenta:

- RND, activado (6 decimales)
- TAG desactivado
- keypoints 11

ESTRUCTURAS ISOSTATICAS

Ejemplo No 1

- En la viga de la figura hallar:
- Diagrama de momentos flectores
 - El giro izquierdo y derecho en el nodo 2
 - La flecha al medio de la viga



Estructura

```
NODE
[[ 0. 0. ]
[ 3. 0. ]
[ 6. 0. ]
[ 7. 0. ]]
```

```
MEMB
[[ 1. 2. 1. ]
[ 2. 3. 1. ]
[ 3. 4. 2. ]]
```

```
(*)PROP
[[ 1. 2. 1. ]
[ 1. 1. 1. ]]
```

```
SUPP
[[ 1. 1. 1. 1. ] [ 3. 1. 1. 0. ]]
```

```
MREL
[[ 1. 0. 1. ]]
```

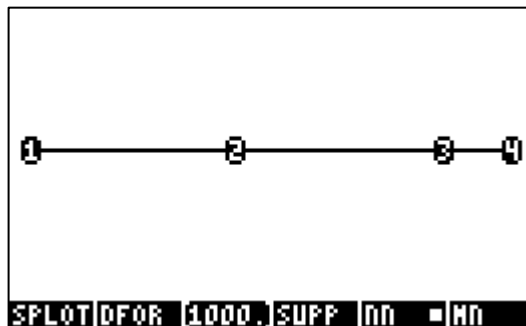
(*)Se colocan estos valores, porque la viga es isostática, además de eje rectilíneo (no es una viga inclinada), es indistinto si colocamos:

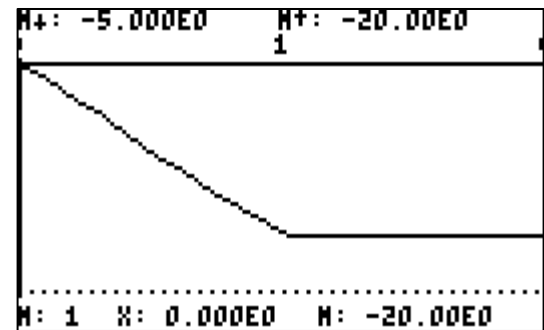
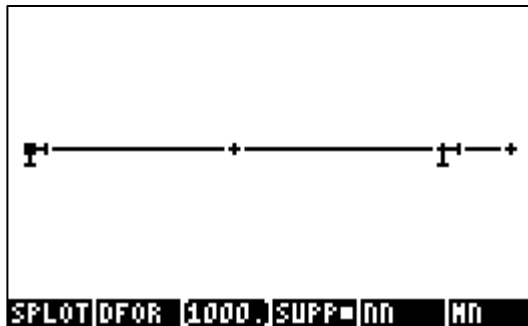
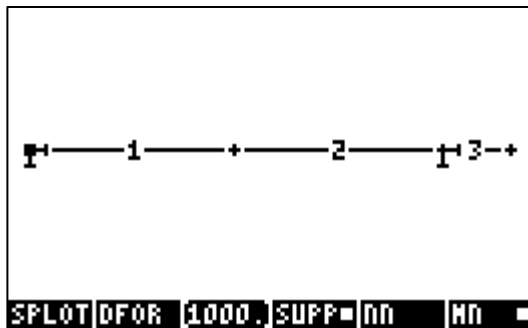
```
PROP
[[ 1. 2. 1. ]
[ 1. 1. 1. ]]
```

O en otro caso:

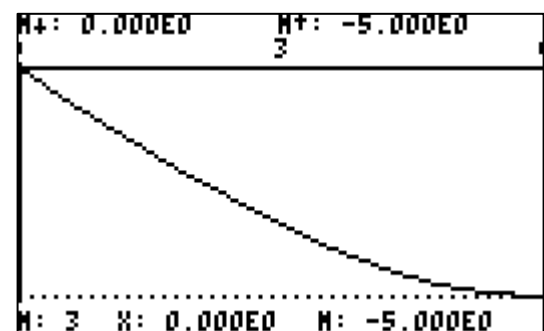
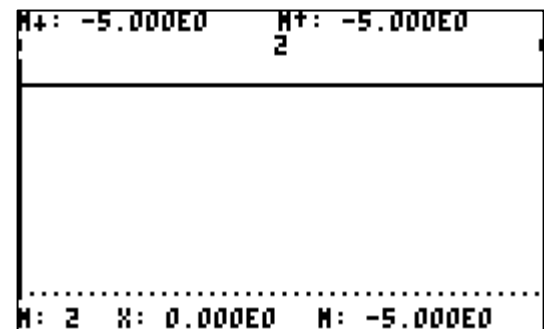
```
PRP
[[ 1E-4 1E-8 1E8 ]
[ 1E-4 2E-8 1E8]]
```

SPLIT





(Se aumentó el número de keypoints a 20)



Solicitaciones

```
MLC
[[ 1. 0. 10. 0. 1.5 ]
[ 1. 0. 0. -5. 3. ]
[ 2. 0. 0. 5. 0. ]]
```

```
MLZ
[[ 3. 0. 15. 0. 0. ]]
```

SCALC

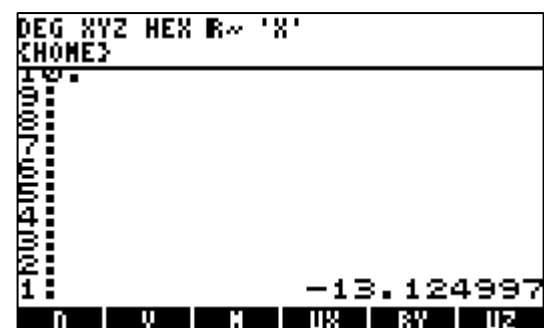
Reacciones

```
REAC
[[ 1. 0. -10. 20. ]
[ 3. 0. -7.5 0. ]]
```

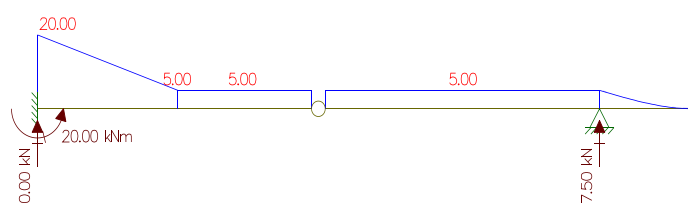


-El giro izquierdo y derecho en el nodo 2

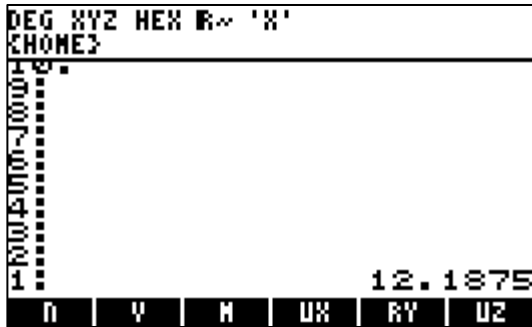
Barra	Distancia	RYX
1	2.999999	-13.124997/EI



-Diagrama de momentos flectores

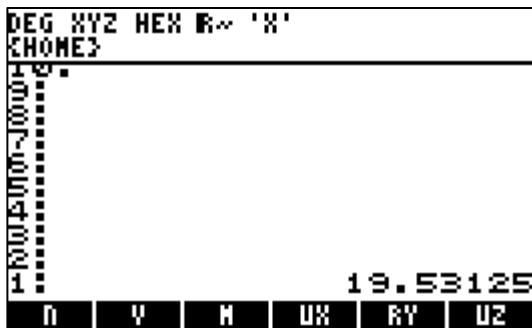


Barra 2 Distancia 0 RYX 12.1875/EI



-La flecha al medio de la viga

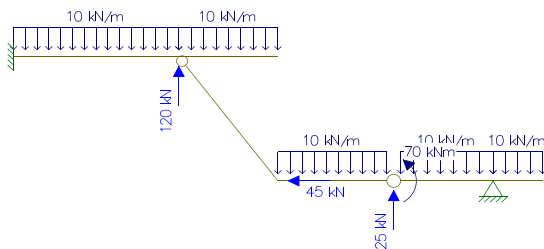
Barra 2 Distancia 0.5 UZX 19.53125/EI



Ejemplo No 2

En la viga hallar, (asumir EI=cte)

- Diagrama de momentos flectores
- Diagrama de esfuerzos cortantes
- Diagrama de esfuerzos normales



Estructura

```

NODE
[[ 0. 0. ]
 [ 5. 0. ]
 [ 8. 0. ]
 [ 8. 4. ]
 [ 11.5 4. ]
 [ 14.5 4. ]
 [ 16. 4. ]]

```

```

MEMB
[[ 1. 2. 1. ]
 [ 2. 3. 1. ]
 [ 2. 4. 1. ]
 [ 4. 5. 1. ]
 [ 5. 6. 1. ]
 [ 6. 7. 1. ]]

```

```

PROP
[[ 1. 1. 1. ]]

```

```

SUPP
[[ 1. 1. 1. 1. ]
 [ 6. 1. 1. 0. ]]

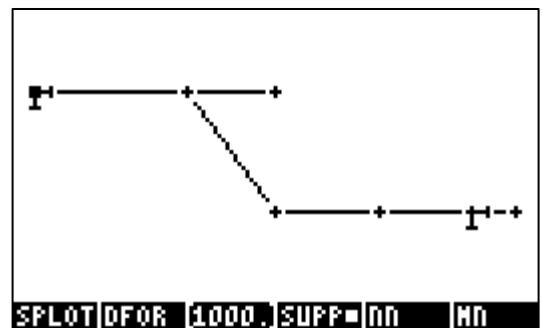
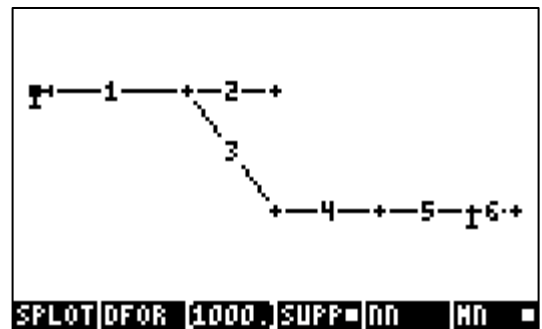
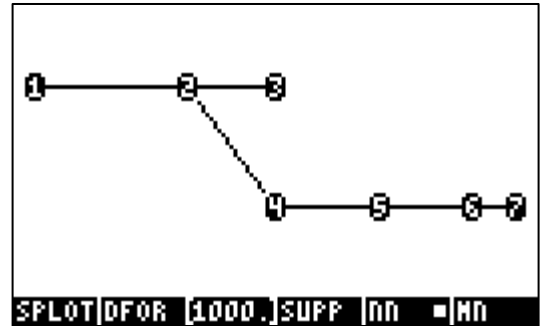
```

```

MREL
[[ 3. 1. 0. ]
 [ 4. 0. 1. ]]

```

SPLIT



Solicitaciones

```

NLF
[[ 2. 0. -120. 0. ]
 [ 4. -45. 0. 0. ]
 [ 5. 0. -25. 0. ]]

```

```

MLC
[[ 5. 0. 0. 70. 0. ]]

```

```

MLZ
[[ 1. 10. 10. 0. 0. ]
 [ 2. 10. 10. 0. 0. ]
 [ 4. 10. 10. 0. 0. ]
 [ 5. 10. 10. 0. 0. ]
 [ 6. 10. 10. 0. 0. ]]

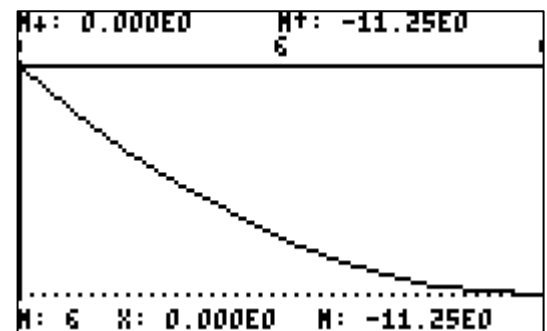
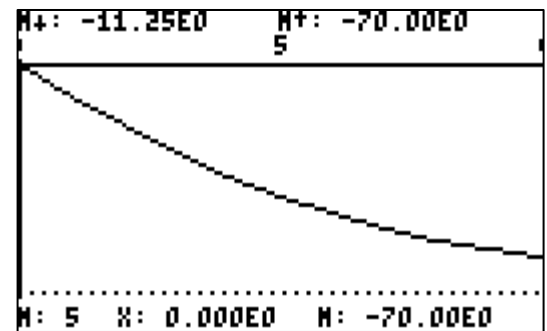
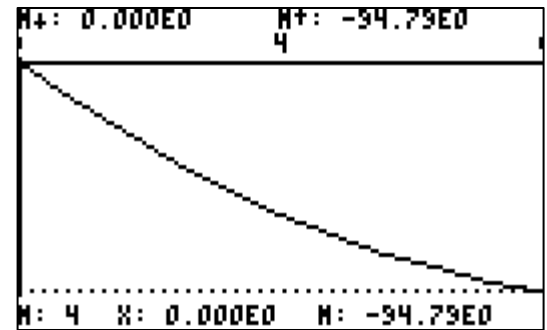
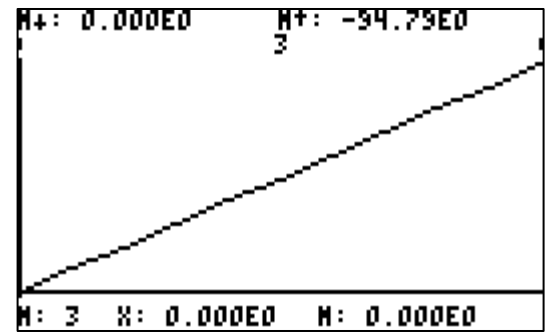
```

SCALC

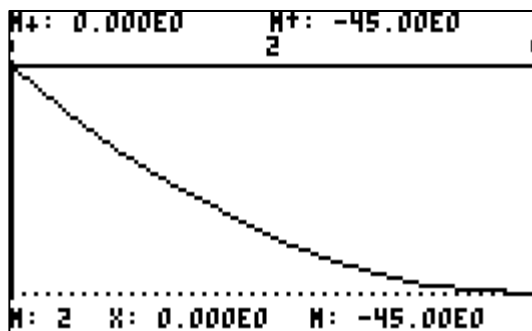
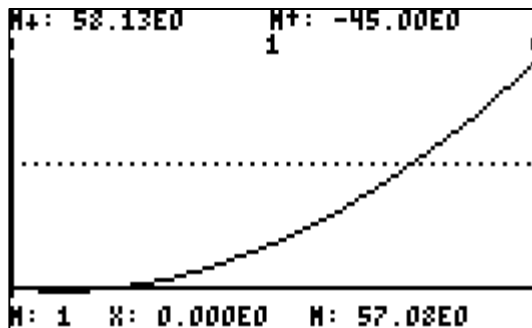
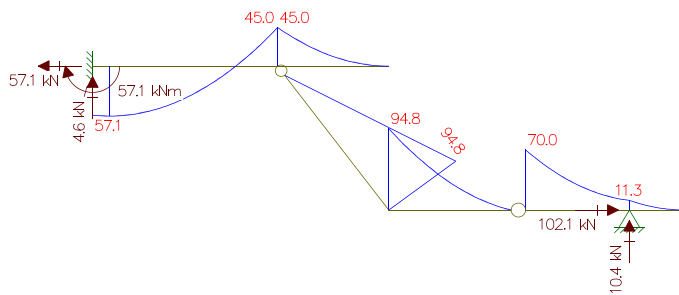
Reacciones

REAC

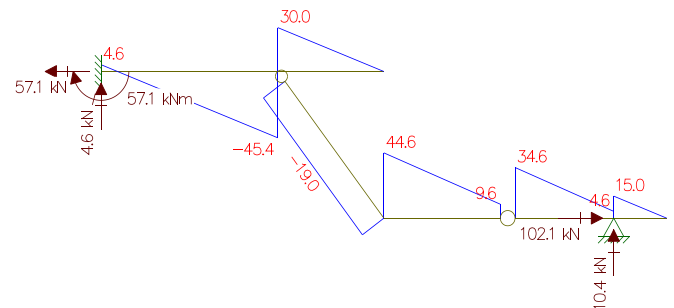
```
[[ 1. -57.135417 -4.583333 -57.083333 ]
 [ 6. 102.135417 -10.416667 0. ]]
```

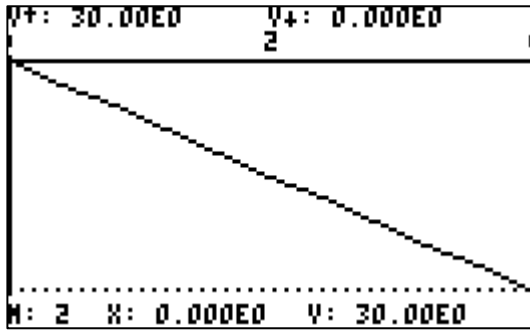
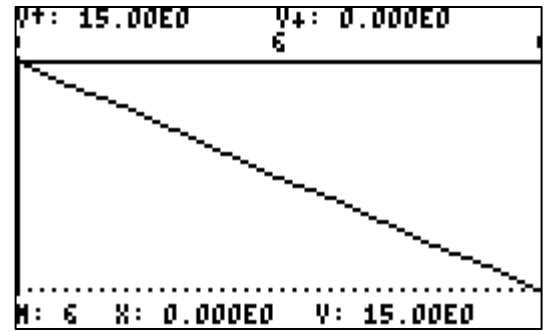
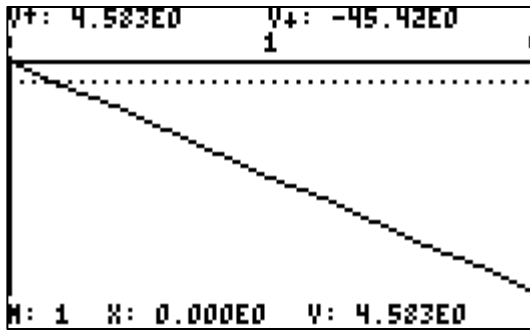


-Diagrama de momentos flectores

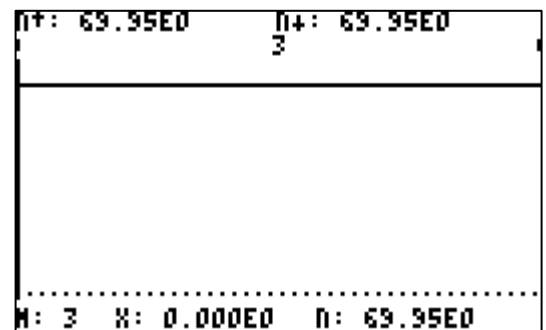
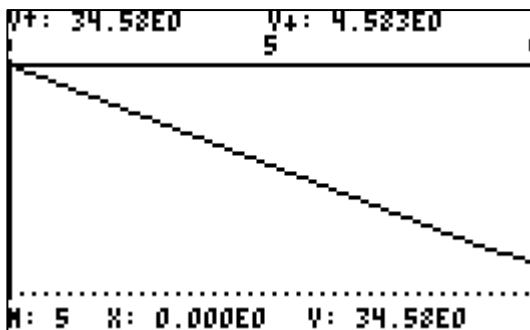
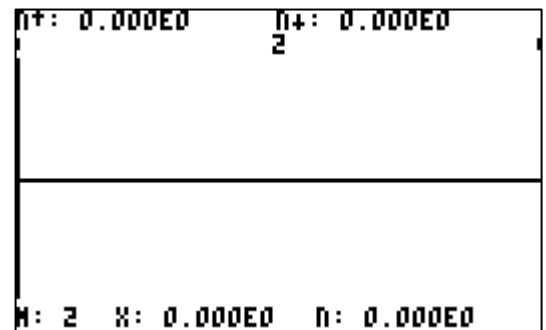
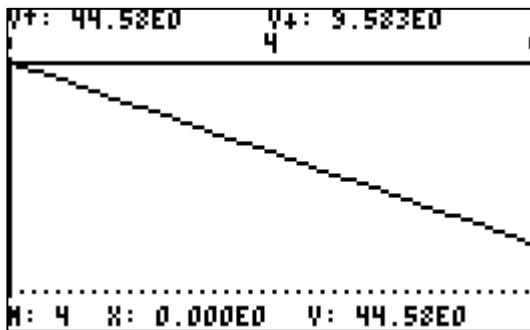
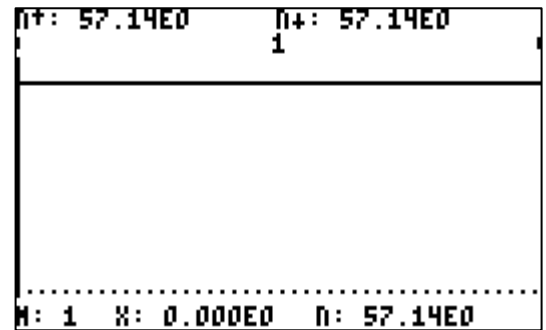
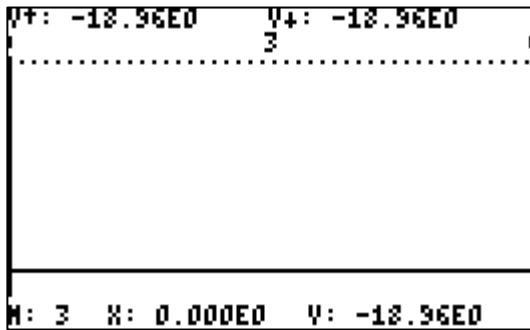
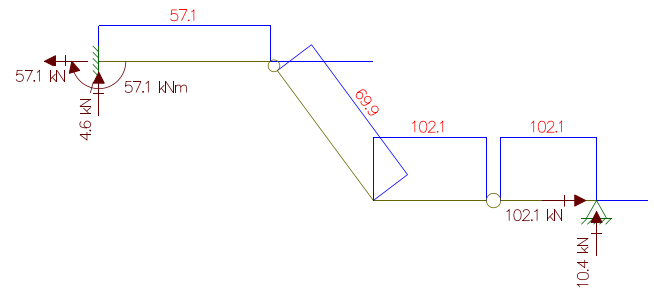


-Diagrama de esfuerzos cortantes





-Diagrama de esfuerzos normales



```

n+: 102.1E0      n+: 102.1E0
      4
-----
M: 4  X: 0.000E0  n: 102.1E0

```

```

n+: 102.1E0      n+: 102.1E0
      5
-----
M: 5  X: 0.000E0  n: 102.1E0

```

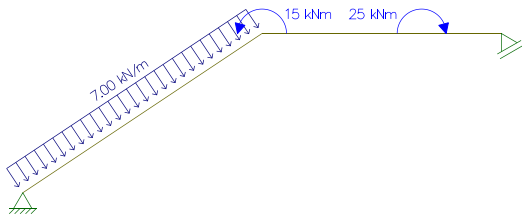
```

n+: 0.000E0      n+: 0.000E0
      6
-----
M: 6  X: 0.000E0  n: 0.000E0

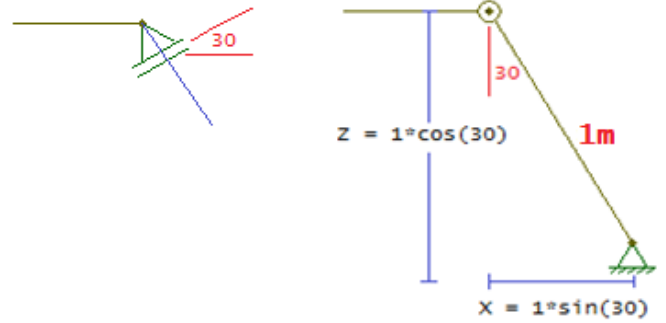
```

Ejemplo No 3

En la viga hallar, asumir ($EI = \text{cte}$)
 -Diagrama de momentos flectores
 -Diagrama de esfuerzos cortantes



Reemplazamos el apoyo inclinado por una barra inclinada en la misma dirección que la fuerza de reacción del apoyo, esta barra debe ser muy rígida longitudinalmente y tener una rótula en el nudo donde se quiere el apoyo inclinado.



Creamos una nueva barra que tenga una longitud de 1 [m], de esta manera sus componentes horizontal y vertical son:

$$X = 1 \cdot \sin(30) = 0.5$$

$$Z = 1 \cdot \cos(30) = 0.866025403785$$

Tomando como referencia el nodo 1 cuya coordenada es [0. 0.], la coordenada del nodo 4 es [12.5 -3.13397459622]

Además, ponemos una rótula en el nodo 3, y sustituimos el apoyo móvil por una apoyo fijo en el nodo 4.

Estructura

NODE

```

[[ 0. 0. ]
 [ 6. -4. ]
 [ 12. -4. ]
 [ 12.5 -3.13397459622 ]]

```

MEMB

```

[[ 1. 2. 1. ]
 [ 2. 3. 1. ]
 [ 3. 4. 1. ]]

```

PROP

```

[[ 1. 1. 1.]]

```

SUPP

```

[[ 1. 1. 1. 0. ]
 [ 3. 0. 0. 1. ]
 [ 4. 1. 1. 0. ]]

```

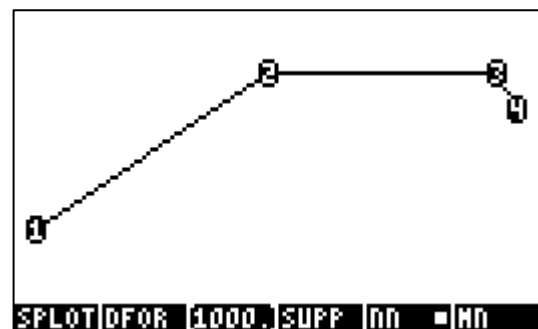
MREL

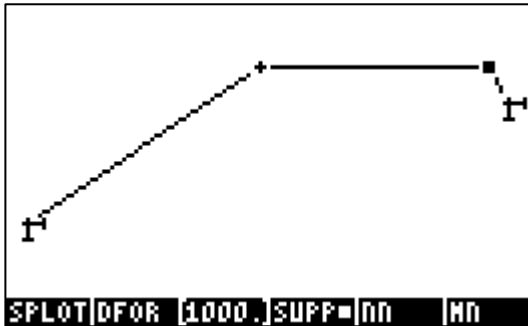
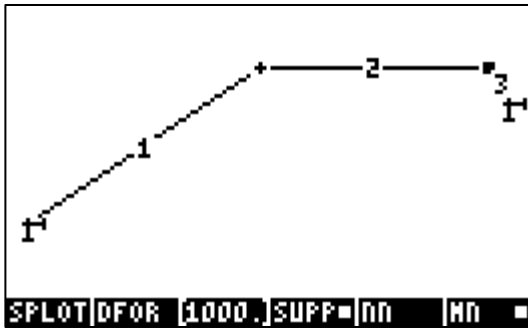
```

[[ 2. 0. 1. ]
 [ 3. 1. 0. ]]

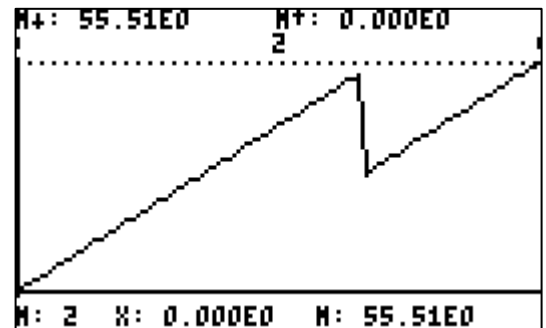
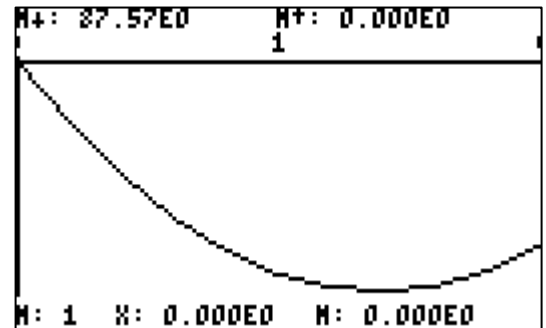
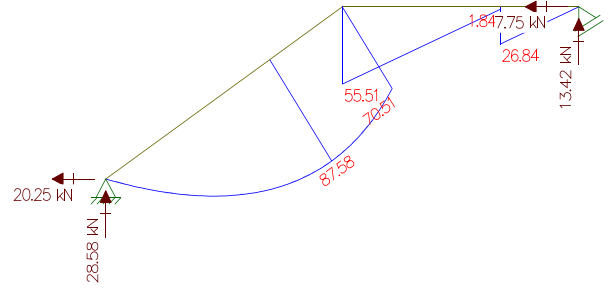
```

SPLIT





-Diagrama de momentos flectores



Solicitaciones

```
NLF
[[ 2. 0. 0. 15. ]]

MLC
[[ 2. 0. 0. -25. 4. ]]

MLZ
[[ 1. 7. 7. 0. 0. ]]

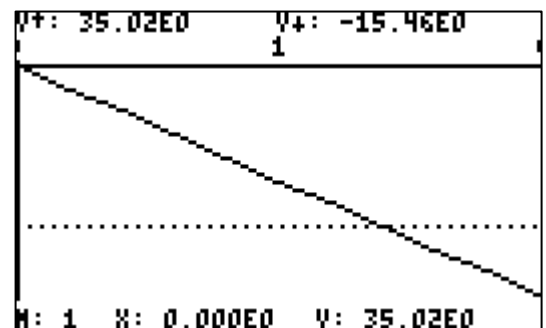
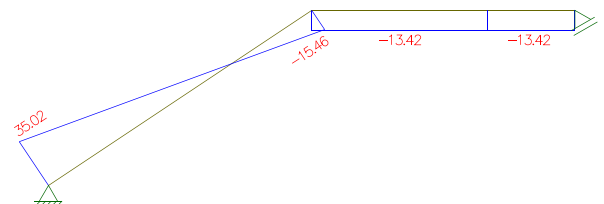
SCALC
```

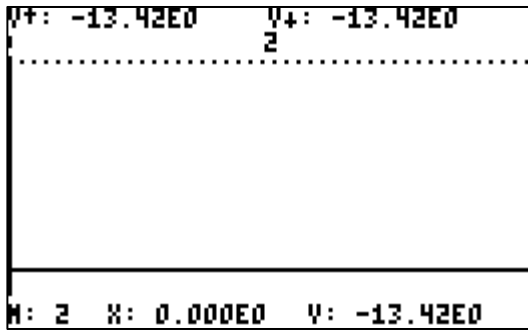
Reacciones

```
REAC
[[ 1. -20.253257 -28.582248 0. ]
 [ 3. 0. 0. 0. ]
 [ 4. -7.746743 -13.417752 0. ]]
```



-Diagrama de esfuerzos cortantes





Estructura

NODE

```
[[ 0. 0. ]
 [ 0. -6. ]
 [ 4. -9. ]
 [ 4. -6. ]
 [ 4. 0. ]]
```

MEMB

```
[[ 1. 2. 1. ]
 [ 2. 3. 1. ]
 [ 3. 4. 1. ]
 [ 4. 5. 1. ]
 [ 2. 4. 1. ]]
```

PROP

```
[[ 1. 1. 1. ]]
```

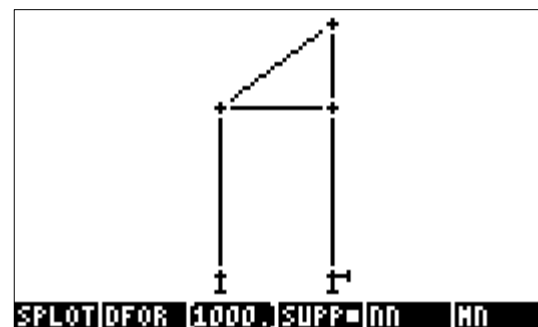
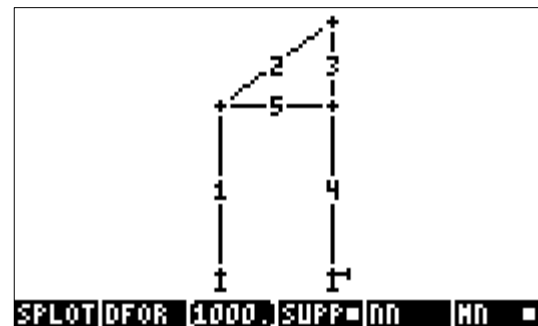
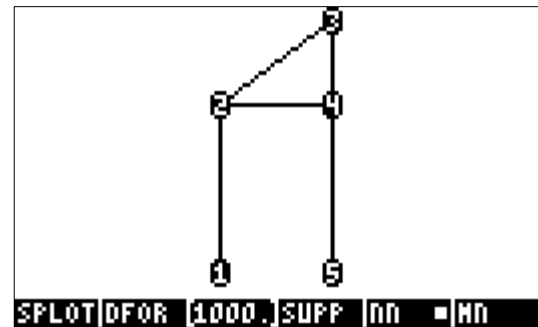
SUPP

```
[[ 1. 0. 1. 0. ]
 [ 5. 1. 1. 0. ]]
```

MREL

```
[[ 3. 1. 0. ]
 [ 5. 1. 1. ]]
```

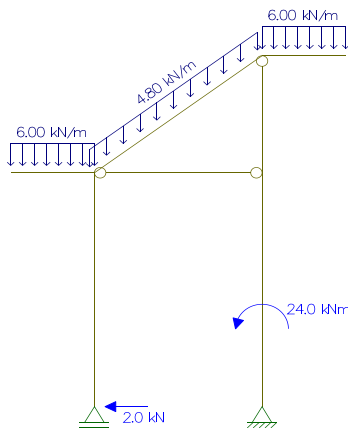
SPLIT



Ejemplo No 4

En el pórtico hallar, (asumir $EI = \text{cte}$)

- Diagrama de momentos flectores
- Diagrama de esfuerzos normales
- El giro en el nodo 2



Simplificamos el problema eliminando los voladizos, transmitiendo la fuerza y el momento producidos por las solicitaciones en las barras, hacia los nodos correspondientes.

Para el nodo 2

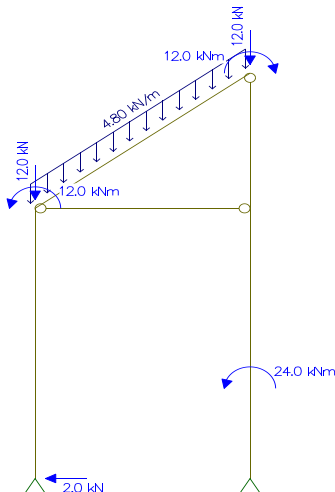
$$F = 6 \cdot 2 = 12 \text{ [kN]} \text{ (hacia abajo)}$$

$$M = 1 \cdot 2 \cdot 6 = 12 \text{ [kN m]} \text{ (sentido antihorario)}$$

Para el nodo 3

$$F = 6 \cdot 2 = 12 \text{ [kN]} \text{ (hacia abajo)}$$

$$M = 1 \cdot 2 \cdot 6 = 12 \text{ [kN m]} \text{ (sentido horario)}$$



Solicitaciones

```
NLF
[[ 1. -2. 0. 0. ]
 [ 2. 0. 12. 12. ]
 [ 3. 0. 12. -12. ]]
```

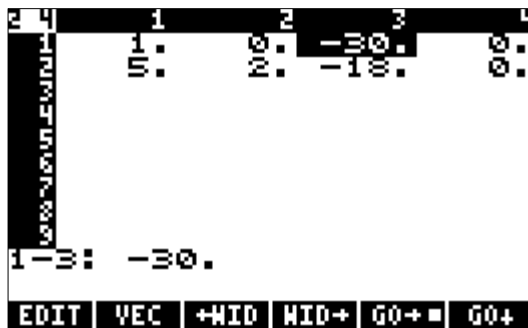
```
MLC
[[ 4. 0. 0. 24. 4. ]]
```

```
MLZG
[[ 2. 4.8 4.8 0. 0. ]]
```

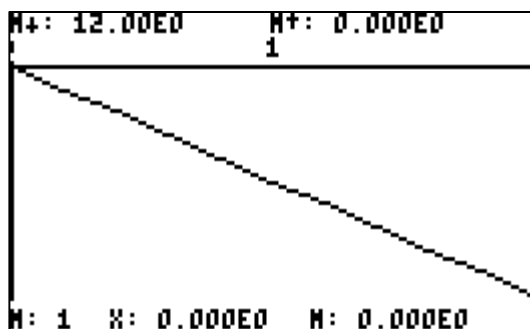
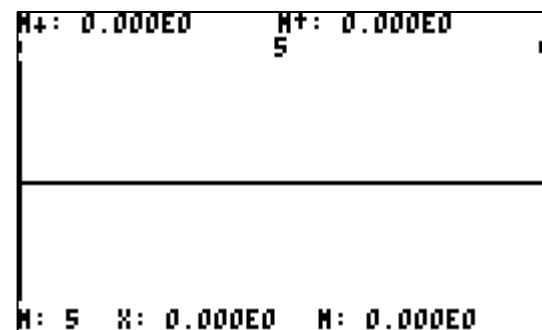
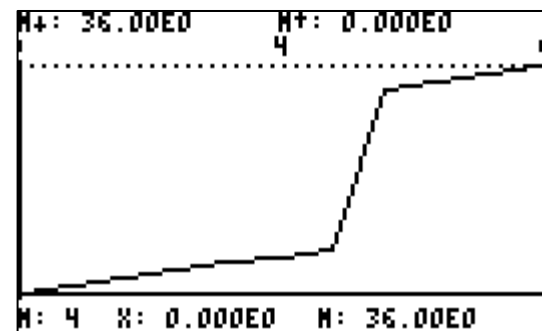
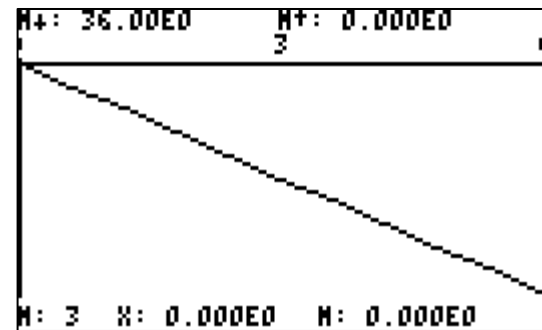
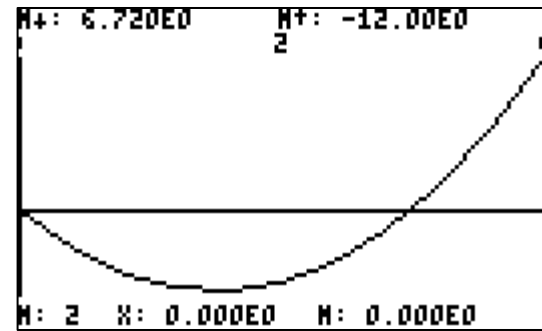
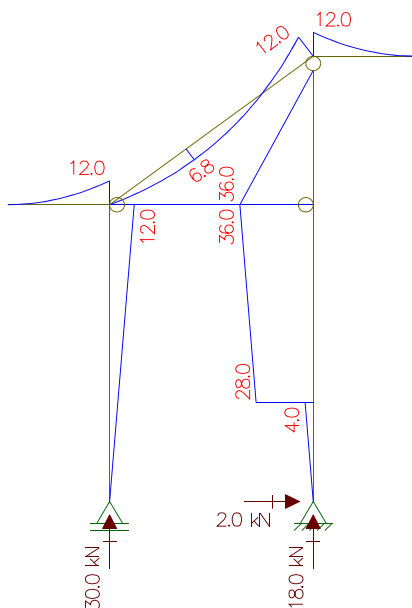
SCALC

Reacciones

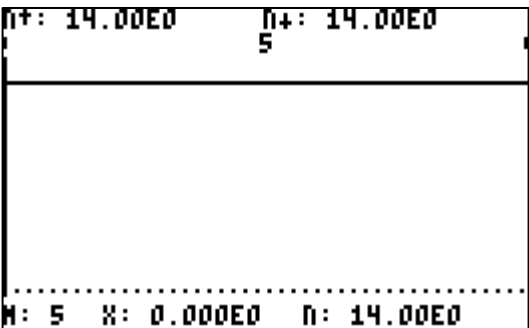
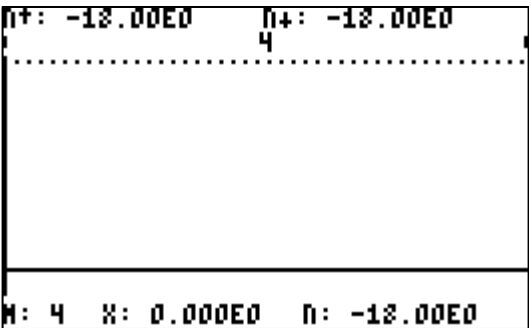
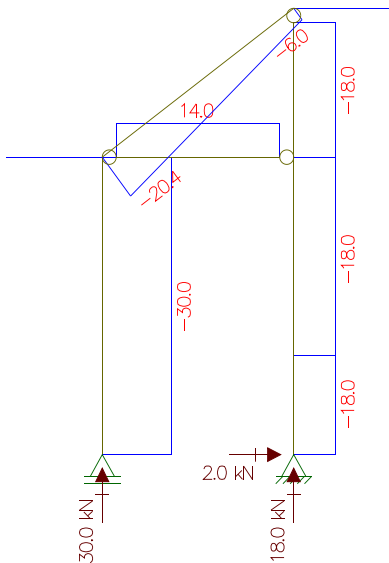
```
REAC
[[ 1. 0. -30. 0. ]
 [ 5. 2. -18. 0. ]]
```



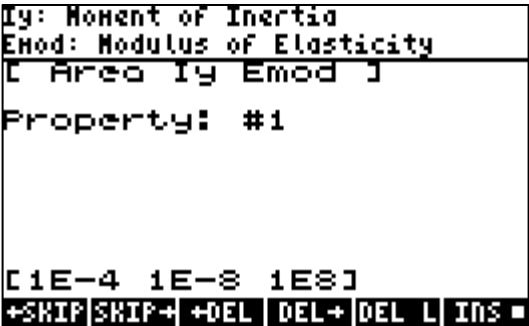
-Diagrama de momentos flectores



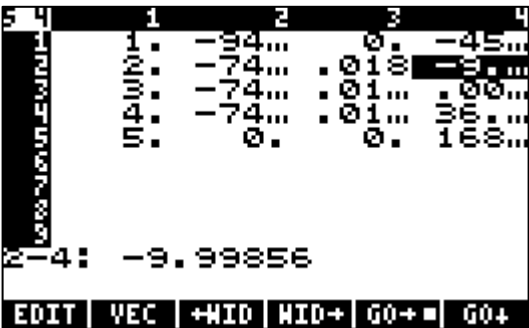
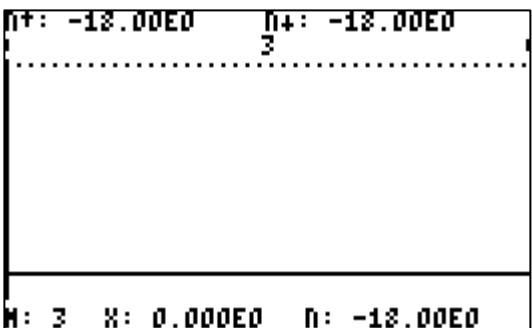
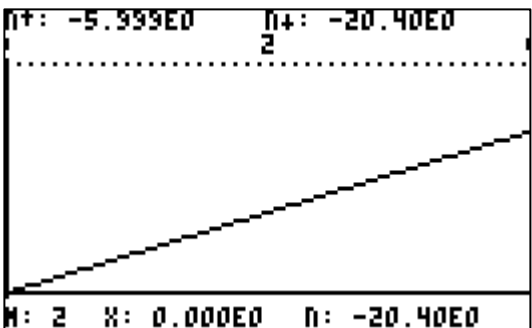
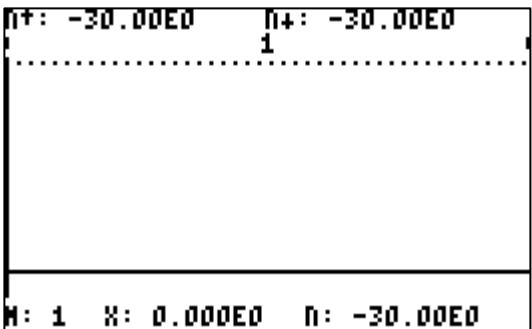
-Diagrama de esfuerzos normales



-El giro en el apoyo fijo
Cambiamos PROP para encontrar el giro



SCALC
NDIS



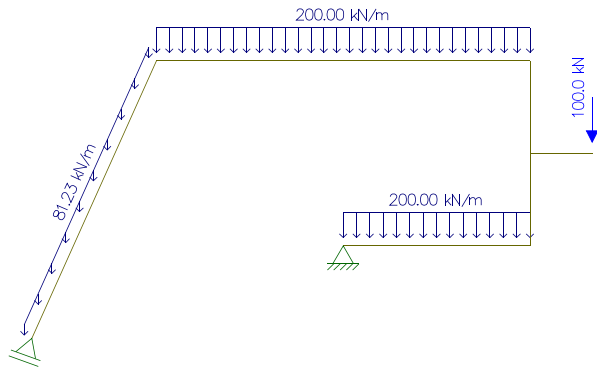
El giro en 2 es -9.99856/EI

Ejemplo No 5

En el pórtico hallar, (asumir $EI=cte$)

-Diagrama de momentos flectores

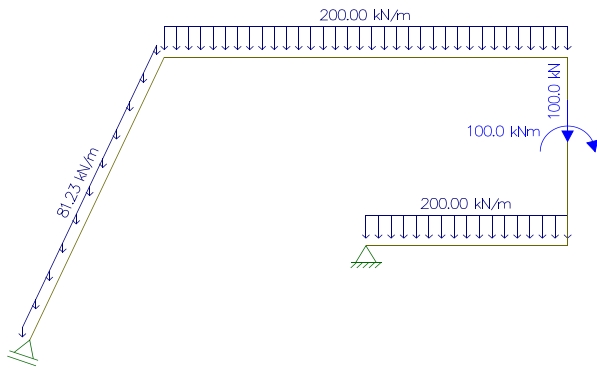
-El giro en el apoyo fijo



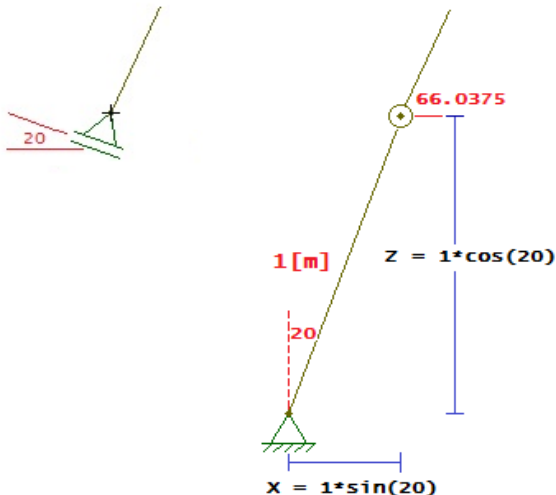
Eliminando el voladizo, transmitiendo la fuerza y el momento tenemos:

$F=100[kN]$ (hacia abajo)

$M=100 \cdot 1=100[kN \cdot m]$ (sentido horario)



Reemplazamos el apoyo inclinado por una barra inclinada en la misma dirección que la fuerza de reacción del apoyo, esta barra tendrá una longitud de 1 [m], y procedemos de la misma manera como se explicó anteriormente.



$$x = 1 \cdot \sin(20) = 0.342020143326$$

$$z = 1 \cdot \cos(20) = 0.939692620786$$

Estructura

NODE

```
[ [ -.342020143326 .939692620786 ]
  [ 0. 0. ]
  [ 2. -4.5 ]
  [ 8. -4.5 ]
  [ 8. -1.5 ]
  [ 5. -1.5 ] ]
```

(*)MEMB

```
[ [ 1. 2. 1. ]
  [ 2. 3. 1. ]
  [ 3. 4. 1. ]
  [ 4. 5. 1. ]
  [ 6. 5. 1. ] ]
```

SUPP

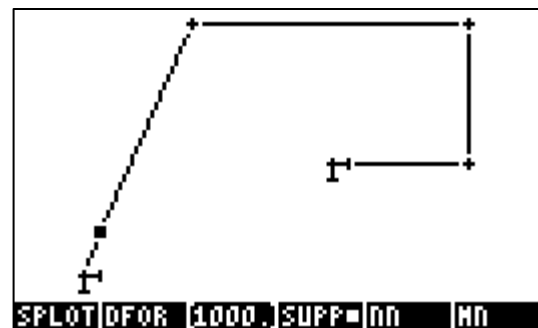
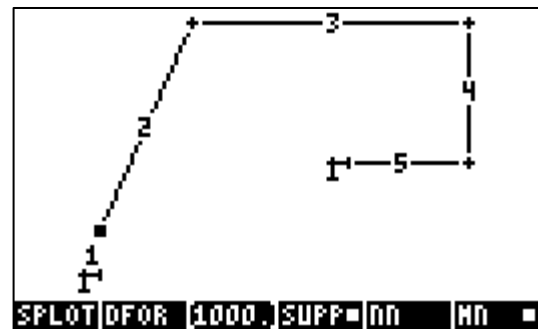
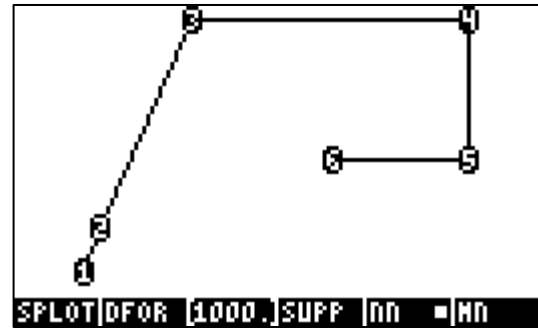
```
[ [ 1. 1. 1. ] ]
[ [ 1. 1. 1. 0. ] ]
[ [ 2. 0. 0. 1. ] ]
[ [ 6. 1. 1. 0. ] ]
```

MREL

```
[ [ 1. 0. 1. ] ]
[ [ 2. 1. 0. ] ]
```

(*)La orientación de la barra 5, es del nodo 6 al nodo 5, y no del nodo 5 al nodo 6, tener cuidado en la orientación de la barras.

SPLIT



Solicitaciones

MLC
[[4. 100. 0. -100. 1.5]]

MLZ
[[3. 200. 200. 0. 0.]
[5. 200. 200. 0. 0.]

MLZG
[[2. 81.2276932108 81.2276932108 0. 0.]]

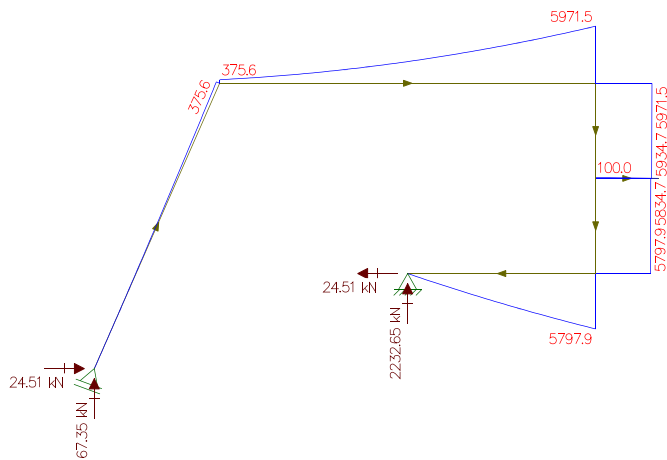
SCALC

Reacciones

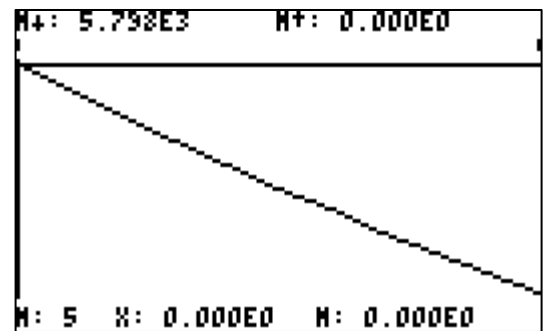
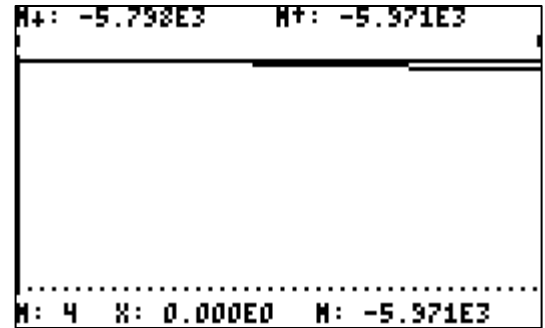
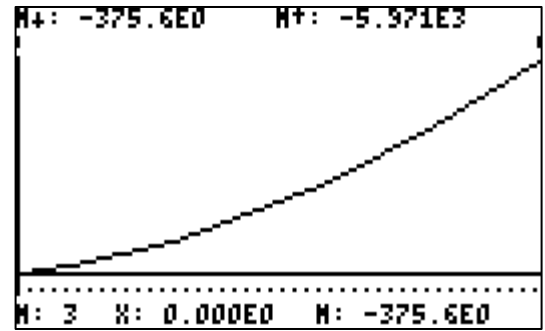
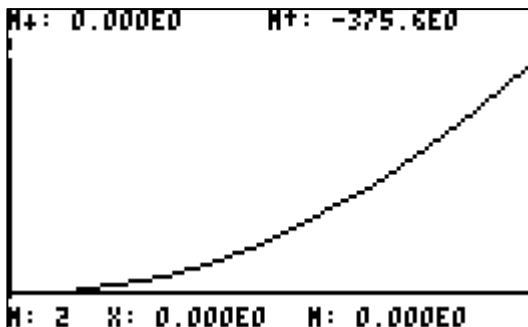
REAC
[[1. 24.515037 -67.35451 0.]
[2. 0. 0. 0.]
[6. -24.515037 -2232.64549 0.]]

3	4	1	2	3	4
1.	24.515037	-67.35451	0.		
2.	0.	0.	0.		
6.	-24.515037	-2232.64549	0.		
1-2: 24.515037					
EDIT VEC +WID MID+ GO+ GO+					

-Diagrama de momentos flectores



Se diagrama a partir de la barra 2, pues la barra 1 es ficticia.



-El giro en el apoyo fijo

Cambiando PROP para hallar el giro

```

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

[1E-4 1E-8 1E8]
+SKIP SKIP+ +DEL DEL+ DEL L INS

```

SCALC

NDIS

Segunda manera de resolución

Utilizando los datos mencionados, con ayuda del comando GPROP

```

1 2 3 4
1 543... 1907... -57...
2 114... 4004... -100...
3 114... 1908... -1200...
4 .00... 1000... -400...
5 0. 0. 0. -500...
6-4: -56032.734386
EDIT VEC +WID WID+ GO+ G0+

```

-El giro en el apoyo fijo es 56032.734386/EI

ESTRUCTURAS HIPERESTÁTICAS

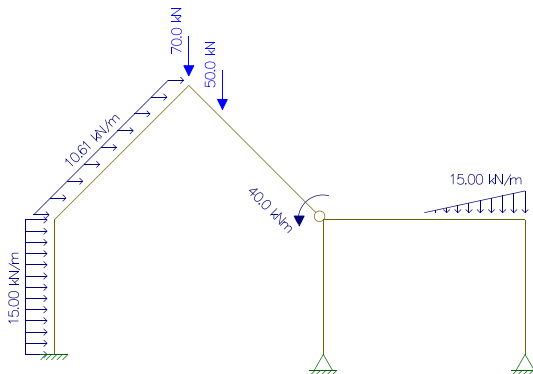
Ejemplo No 6

En el siguiente portico hallar:

-Diagrama de momentos flectores

-El desplazamiento horizontal en el nodo 2

Todos los elementos tienen una sección rectangular y sus dimensiones se encuentran en metros, considerar $E = 2.7E7$ [kN/m²]



En este problema tenemos como datos, las propiedades geométricas de cada elemento, y el módulo de elasticidad, podemos resolver de dos maneras:

Primera manera de resolución

Utilizando una sección genérica.

Las inercias de cada barra son: (recuerde que es una sección rectangular $I=1/12*b*h^3$)

Propiedad	Base	Altura	Inercia
1	0.25	0.25	0.0003255
2	0.25	0.60	0.0045
3	0.30	0.30	0.000675

Escogemos la menor inercia y dividimos las restantes entre esta última y obtenemos:

Propiedad	Inercia
1	I
2	13.824 I
3	2.0736 I

De esta manera tenemos:

```

PROP
[[ 1E-4 1E-8 1E8 ]
[ 1E-4 13.824E-8 1E8]
[ 1E-4 2.0736E-8 1E8]]

```

```

GENERATE PROPERTIES
# GENERATED = 0
Rectangle (multiple)
Circle
Circular Ring
SED49 Database
Numerical

```

```

GENERATE PROPERTIES
PROP # 1
[ Width_i Hght_i Emod ]
Rectangle Data:
[0.25 0.25 2.7E7]
+SKIP[SKIP+] +DEL [DEL+] [DEL L] INS =

```

```

GENERATE PROPERTIES
PROP # 2
[ Width_i Hght_i Emod ]
Rectangle Data:
[0.25 0.6 2.7E7]
+SKIP[SKIP+] +DEL [DEL+] [DEL L] INS =

```

```

GENERATE PROPERTIES
PROP # 3
[ Width_i Hght_i Emod ]
Rectangle Data:
[0.3 0.3 2.7E7]
+SKIP[SKIP+] +DEL [DEL+] [DEL L] INS =

```

De esta manera tenemos:

```

1 2 3 4
1 .06... 3.2... 270...
2 .15... .00... 270...
3 .09... .00... 270...
6-1: .0625
EDIT VEC +WID WID+ GO+ G0+

```

```

PROP
[[ .0625 3.25520833333E-4 27000000. ]
[ .15 .0045 27000000. ]
[ .09 .000675 27000000. ]]

```

Por fines prácticos, resolveremos por la primera forma, sin embargo compararemos las reacciones y el desplazamiento horizontal en el nodo 2, usted comprobará que la diferencia es pequeña.

Estructura

```

NODE
[[ 0. 0. ]
[ 0. -4. ]
[ 4. -8. ]
[ 8. -4. ]
[ 14. -4. ]
[ 14. 0. ]
[ 8. 0. ]]

```

```

MEMB
[[ 1. 2. 1. ]
[ 2. 3. 2. ]
[ 3. 4. 2. ]
[ 4. 5. 2. ]
[ 5. 6. 1. ]
[ 7. 4. 3. ]]

```

```

PROP
[[ 1E-4 1E-8 1E8 ]
[ 1E-4 13.824E-8 1E8]
[ 1E-4 2.0736E-8 1E8]]

```

```

SUPP
[[ 1. 1. 1. 1. ]
[ 7. 1. 1. 0. ]
[ 6. 1. 1. 0. ]]

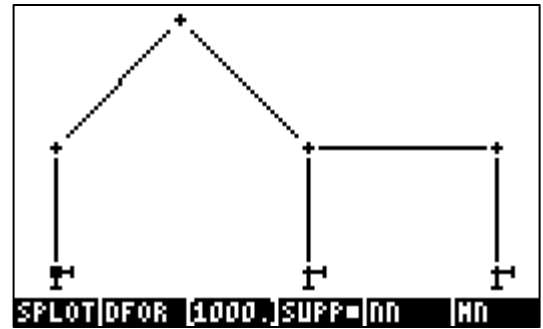
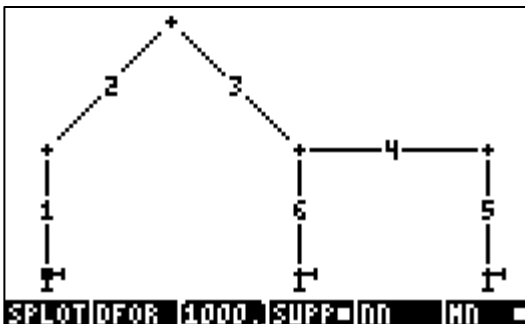
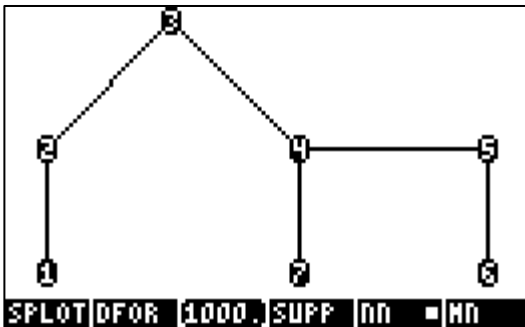
```

```

MREL
[[ 3. 0. 1. ]]

```

SPLIT



Solicitaciones

```

NLF
[[ 3. 0. 70. 0. ]]

```

```

MLC
[[ 3. 0. 0. 40. 5.65685424949 ]

```

```

MLZ
[[ 1. 15. 15. 0. 0. ] [ 4. 0. 15. 3. 6. ]]

```

```

MLCG
[[ 3. 0. 50. 0. 1.41421356237]

```

```

(*)MLXG
[ 2. 10.6066017178 10.6066017178 0. 0. ]

```

(*)Solo nos interesa la fuerza perpendicular a la barra, por lo tanto:

$$wz1 = 15 \cdot \sin(45) = 10.6066017178 \text{ [kN/m]}$$

$$wz2 = 15 \cdot \sin(45) = 10.6066017178 \text{ [kN/m]}$$

Ingresamos este valor calculado en MLXG, porque la carga se encuentra en el eje "x" global y en dirección positiva. Colocamos d1 = 0 y d2 = 0, porque la carga se encuentra apoyada sobre toda la barra.

SCALC

Reacciones

```

REAC
[[ 1. -65.200609 -38.590832 99.529085 ]
[ 7. -34.867456 -48.626241 0. ]
[ 6. -19.931935 -55.282928 0. ]]

```

(Primera manera de resolución)

	1	2	3	4
1.	-65.200609	-38.590832	99.529085	
7.	-34.867456	-48.626241	0.	
6.	-19.931935	-55.282928	0.	

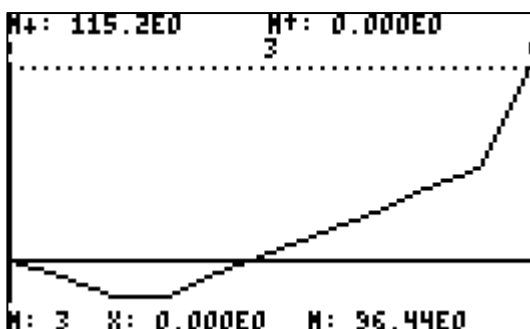
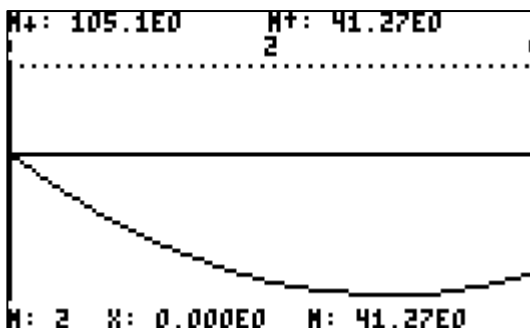
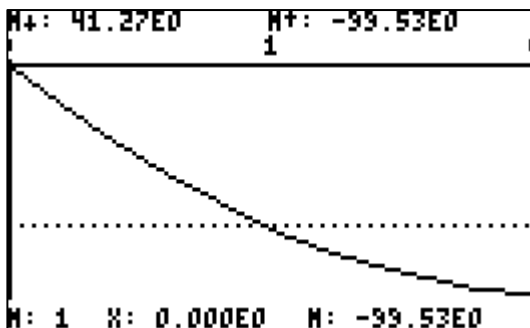
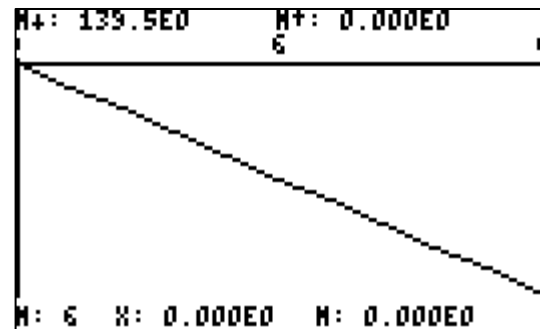
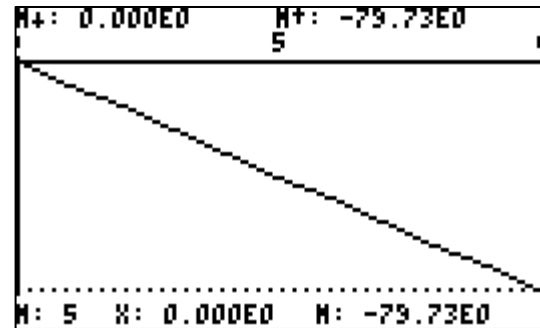
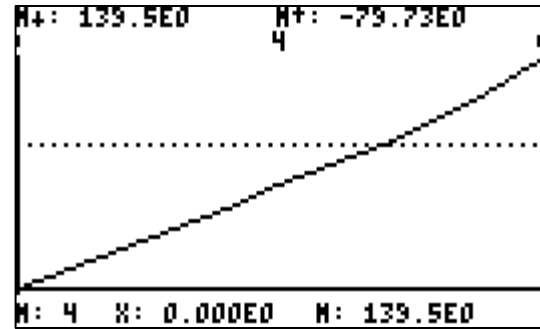
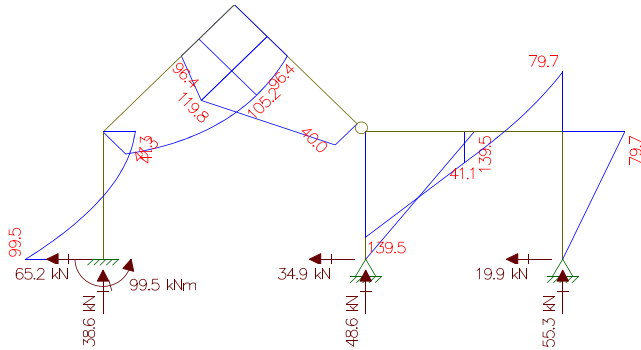
1-2: -65.200609

EDIT VEC +WID WID+ GO+ GO+

REAC
(Segunda manera de resolución)



-Diagrama de momentos flectores



-El desplazamiento horizontal en el nodo 2

NDIS

(Primera manera de resolución)



El desplazamiento horizontal en el nodo 2 es:

$$260.75952/EI$$

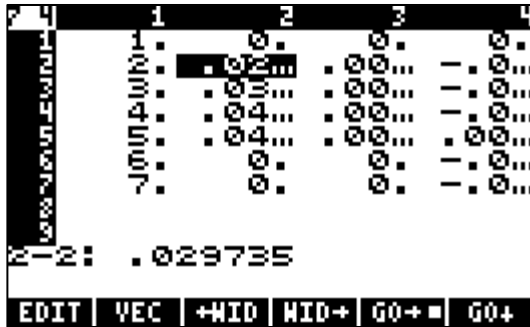
Como $E = 2.7E7$ [kN/m²] e $I = 0.0003255$ [m⁴], reemplazando estos valores en la última expresión tenemos que:

El desplazamiento horizontal en el nodo 2 es:

$$0.0296705[m]$$

NDIS

(Segunda manera de resolución)

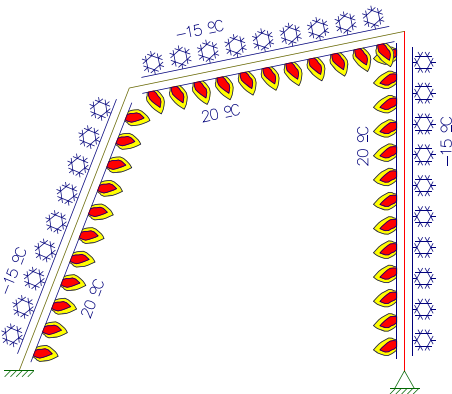


El desplazamiento horizontal en el nodo 2 es:

0.029735[m]

Ejemplo No 7

En el siguiente portico hallar:
-Diagrama de momentos flectores debido a la carga de temperatura, si $E = 2.3E7$ [kN/m²] y $\alpha = 1E-5$ [/°C]



Estructura

```
NODE
[[ 0. 0. ]
 [ 2. -5. ]
 [ 7. -6. ]
 [ 7. 0. ]]
```

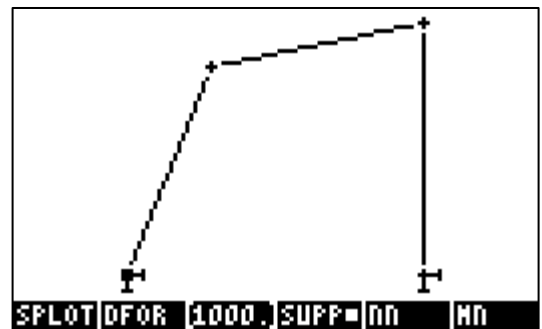
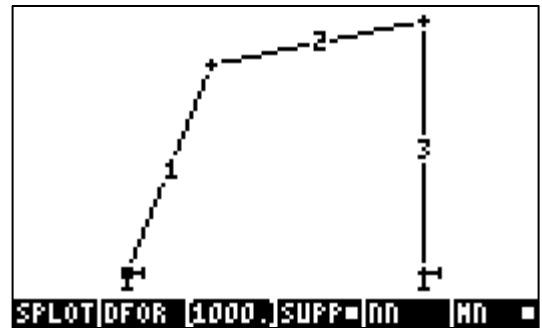
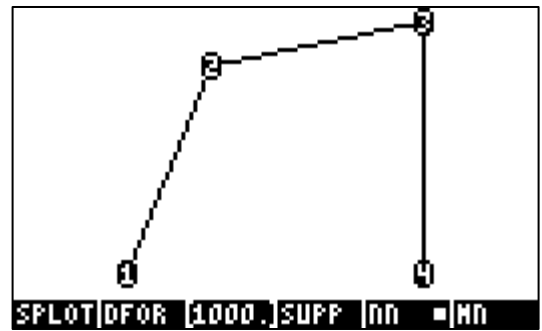
```
MEMB
[[ 1. 2. 1. ]
 [ 2. 3. 2. ]
 [ 3. 4. 1. ]]
```

```
(*)PROP
[[ .0625 3.25520833333E-4 23000000. ]
 [ .125 2.60416666667E-3 23000000. ]]
```

```
SUPP
[[ 1. 1. 1. 1. ]
 [ 4. 1. 1. 0. ]]
```

(*)Empleando el comando GPROP

SPLIT

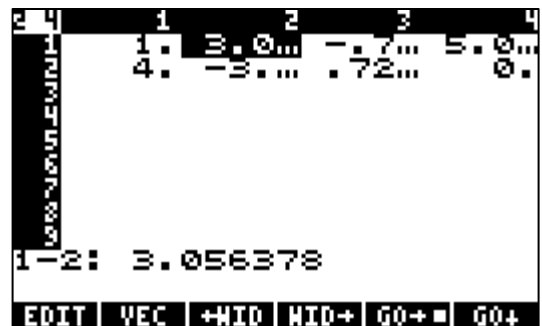


Solicitaciones

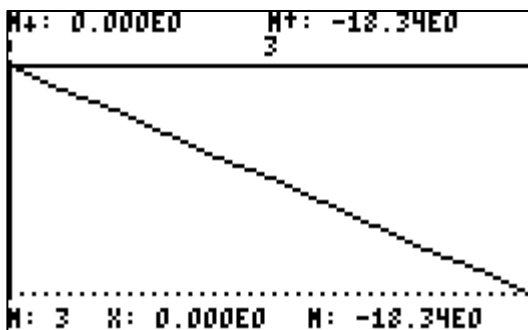
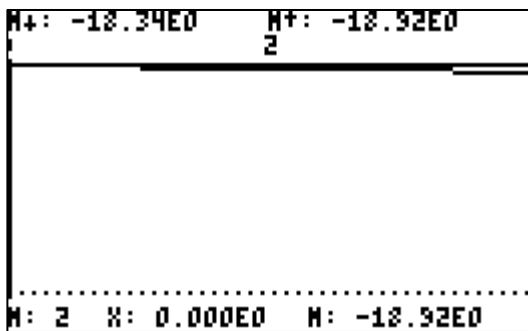
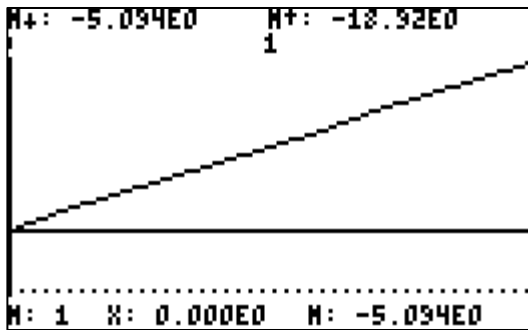
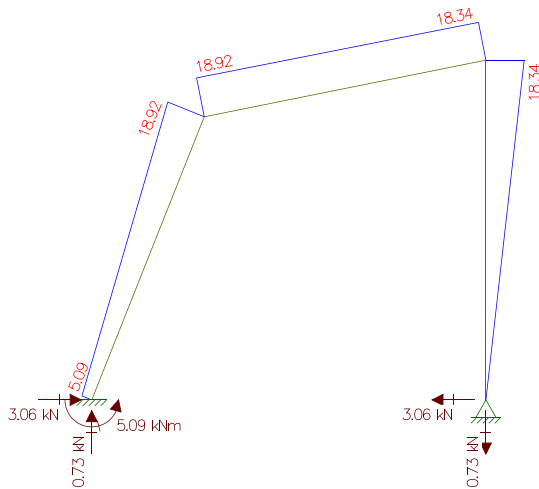
```
MLT
[[ 1. 2.5 -35. .25 .00001 ]
 [ 2. 2.5 -35. .5 .00001 ]
 [ 3. 2.5 -35. .25 .00001 ]]
```

Reacciones

```
REAC
[[ 1. 3.056378 -.727771 5.094399 ]
 [ 4. -3.056378 .727771 0. ]]
```



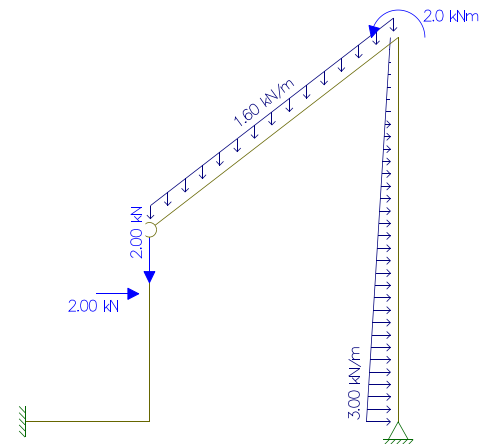
-Diagrama de momentos flectores



Ejemplo No 8

En el siguiente portico hallar, (asumir $EI = \text{cte}$)

-Diagrama de momentos flectores
-Diagrama de esfuerzos cortantes



Estructura

```

NODE
[[ 0. 0. ]
 [ 2. 0. ]
 [ 2. -3. ]
 [ 6. -6. ]
 [ 6. 0. ]]

```

```

MEMB
[[ 1. 2. 1. ]
 [ 2. 3. 1. ]
 [ 3. 4. 1. ]
 [ 4. 5. 1. ]]

```

```

PROP
[[ .0001 .00000001 100000000. ]]

```

```

SUPP
[[ 1. 1. 1. 1. ]
 [ 3. 0. 0. 1. ]
 [ 5. 1. 1. 0. ]]

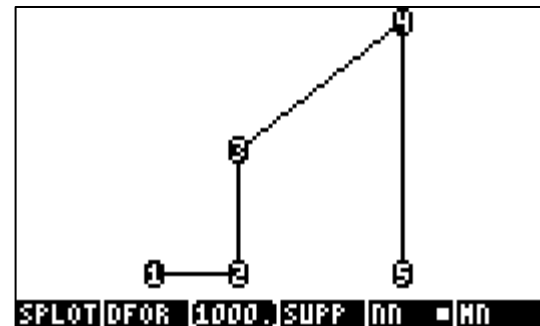
```

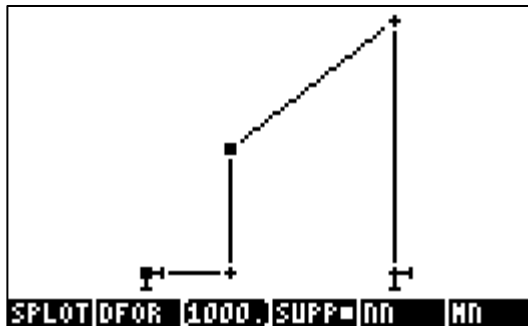
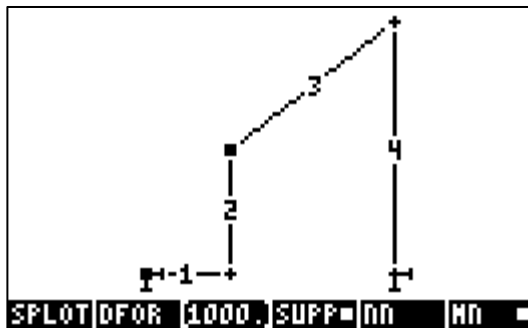
```

MREL
[[ 2. 0. 1. ]
 [ 3. 1. 0. ]]

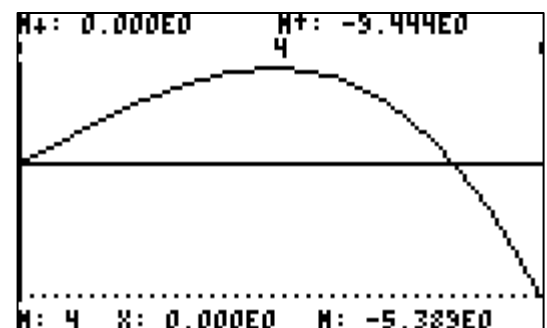
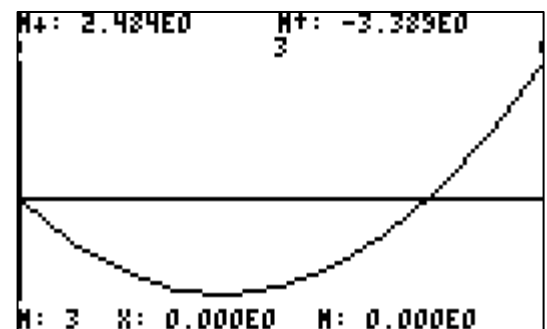
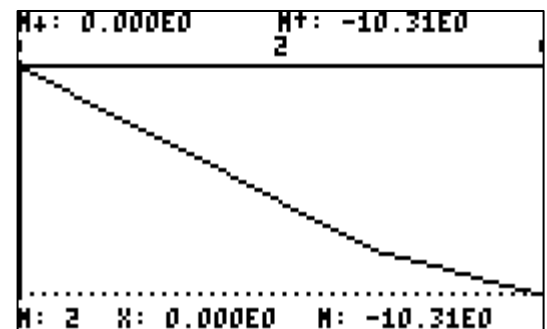
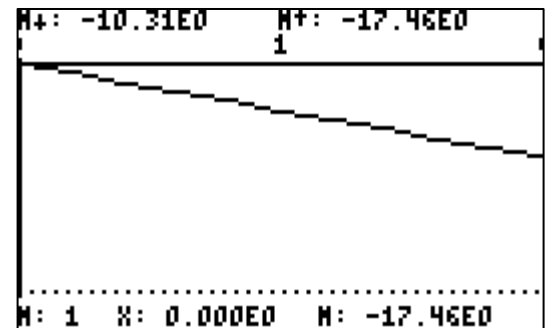
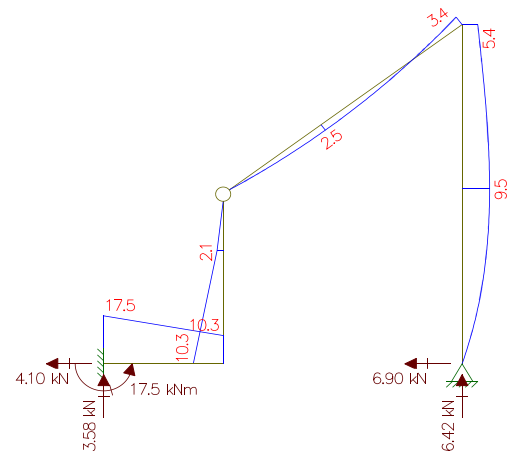
```

SPLIT





-Diagrama de momentos flectores



Solicitaciones

NLF
[[4. 0. 0. 2.]]

MLC
[[2. -2. 2. 0. 2.]]

MLZ
[[4. 0. -3. 0. 0.]]

MLZG
[[3. 1.60 1.60 0. 0.]]

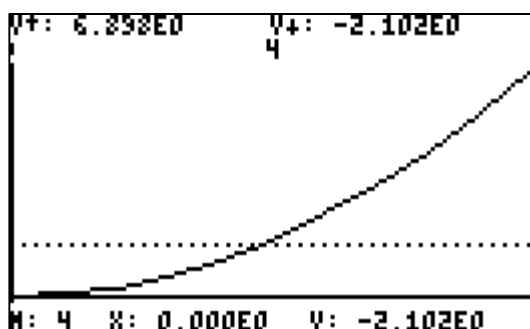
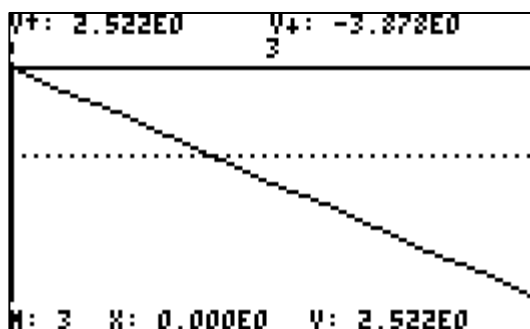
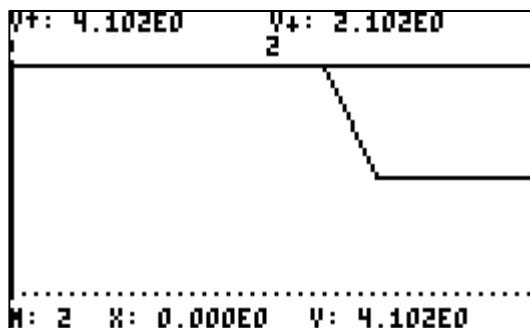
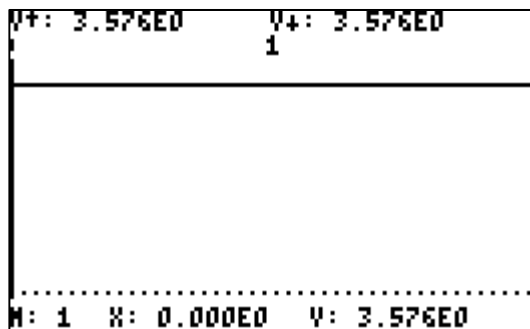
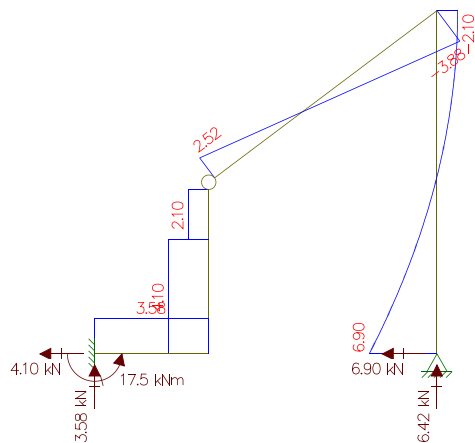
SCALC

Reacciones

REAC
[[1. -4.101873 -3.576405 17.45843]
[3. 0. 0. 0.]
[5. -6.898127 -6.423595 0.]]



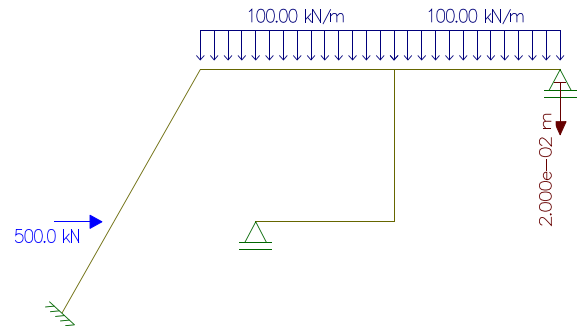
-Diagrama de esfuerzos cortantes



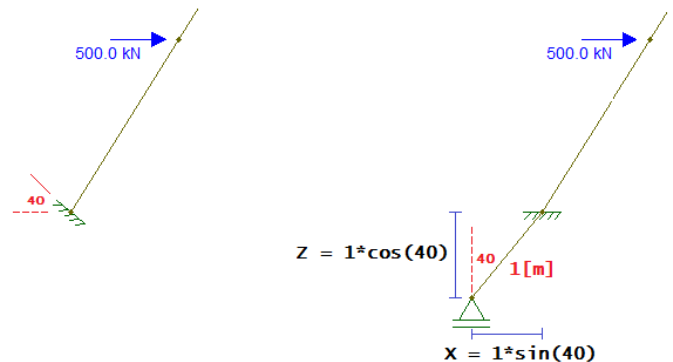
Ejemplo No 9

En el siguiente portico hallar
 -Diagrama de momentos flectores
 -Diagrama de esfuerzos cortantes
 -Diagrama de esfuerzos normales
 -Los desplazamientos y rotaciones en los nodos

El pórtico presenta un asentamiento de 2 cm como se muestra en la figura, $E = 1E8 \text{ [kN/m}^2\text{]}$



Empleamos un artificio para reemplazar el empotramiento inclinado, para ello, creamos una nueva barra de longitud 1[m], esta barra tendrá en su nodo inicial un apoyo móvil y en el nodo final un empotramiento, y procedemos de manera similar a los problemas presentados en el presente tutorial



$$X = 1 \cdot \sin(40) = 0.642787609687$$

$$Z = 1 \cdot \cos(40) = 0.766044443119$$

Estructura

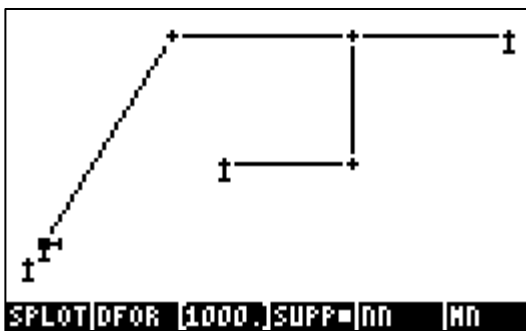
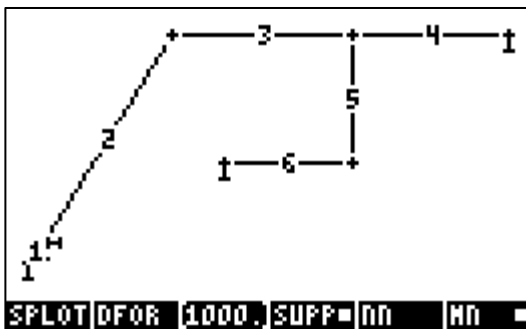
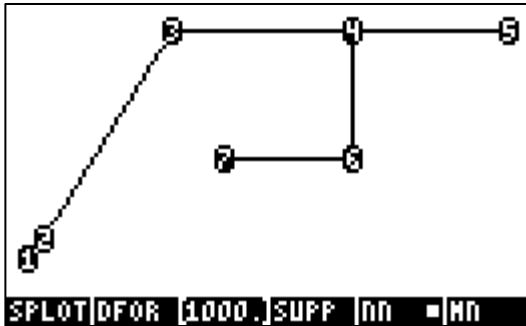
NODE
 [[-0.642787609687 0.766044443119]
 [0. 0.]
 [5. -8.]
 [12. -8.]
 [18. -8.]
 [12. -3.]
 [7. -3.]]

MEMB
 [[1. 2. 1.]
 [2. 3. 1.]
 [3. 4. 2.]
 [4. 5. 2.]
 [4. 6. 1.]
 [7. 6. 3.]]

```
PROP
[[ .0001 .00000002 100000000. ]
[ .0001 .00000003 100000000. ]
[ .0001 .00000001 100000000. ]]
```

```
SUPP
[[ 1. 0. 1. 0. ]
[ 2. 1. 1. 1. ]
[ 5. 0. 1. 0. ]
[ 7. 0. 1. 0. ]]
```

SPLIT



Solicitaciones

```
MLZ
[[ 3. 100. 100. 0. 0. ]
[ 4. 100. 100. 0. 0. ]]
```

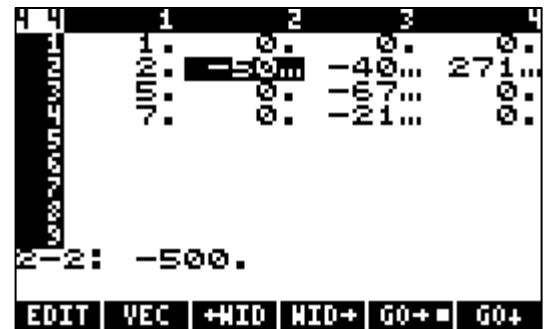
```
NLD
[[ 5. 0. .02 0. ]]
```

```
MLCG
[[ 2. 500. 0. 0. 3.53774292452]]
```

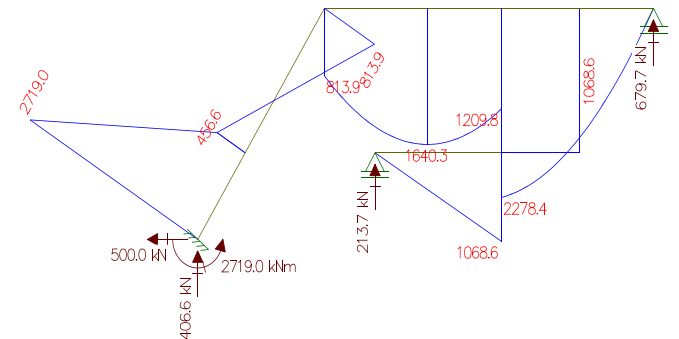
SCALC

Reacciones

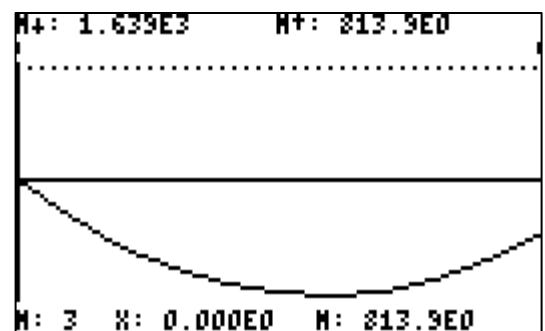
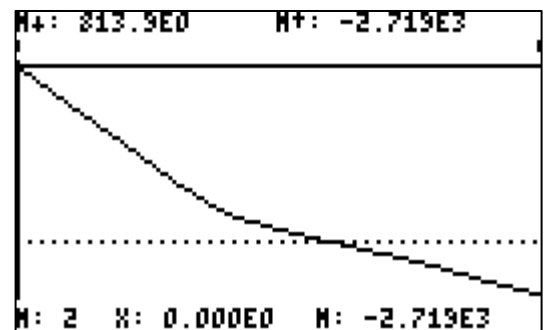
```
REAC
[[ 1. 0. 0. 0. ]
[ 2. -500. -406.56 2718.95 ]
[ 5. 0. -679.73 0. ]
[ 7. 0. -213.71 0. ]]
```

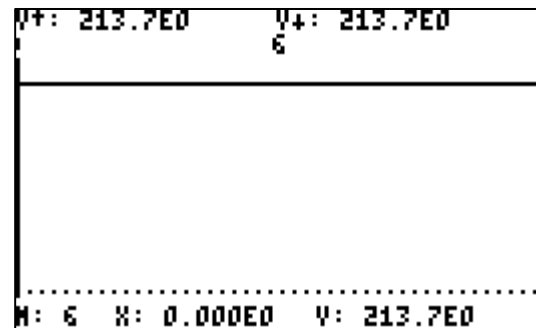
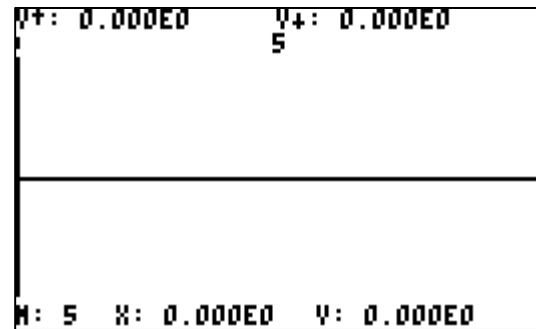
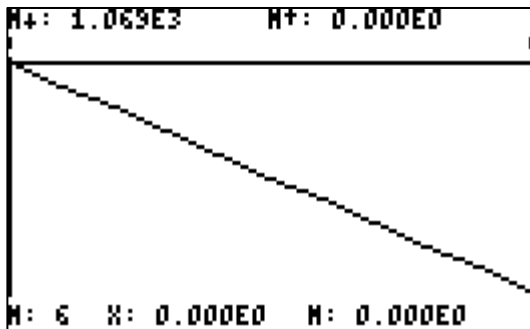
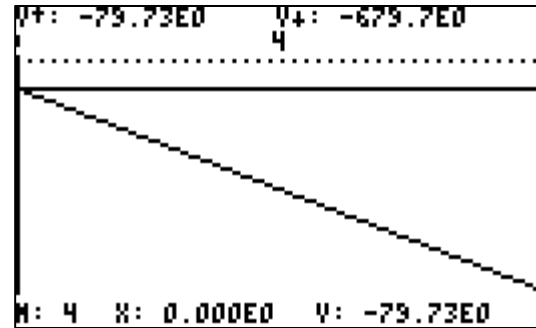
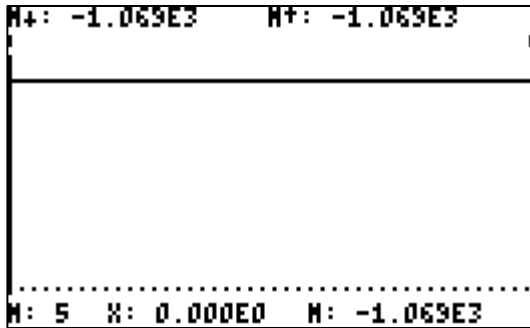
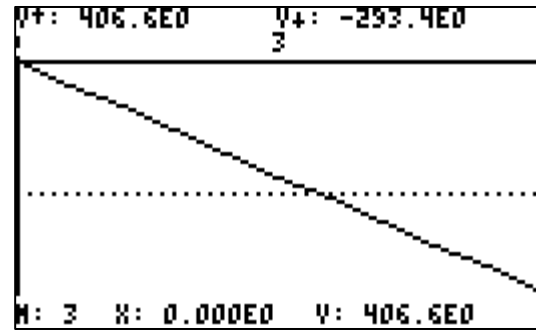
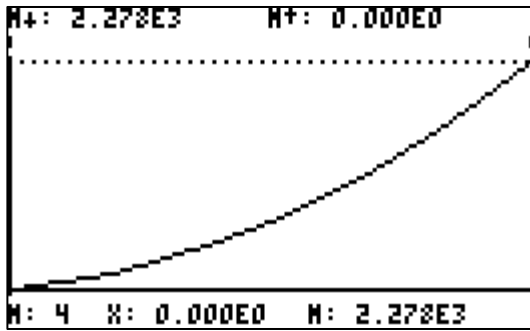


-Diagrama de momentos flectores

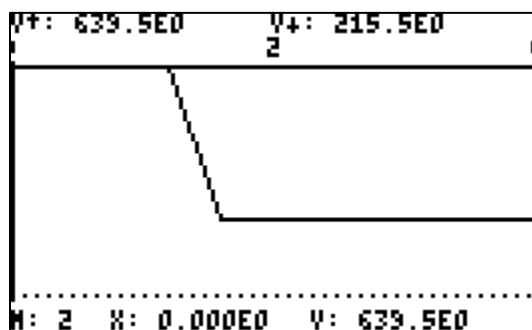
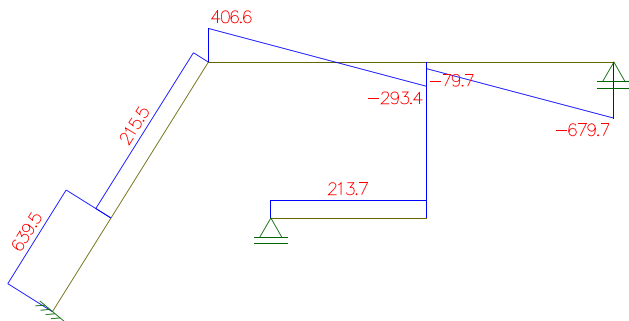


Se diagrama a partir de la barra 2, pues la barra 1 es ficticia.

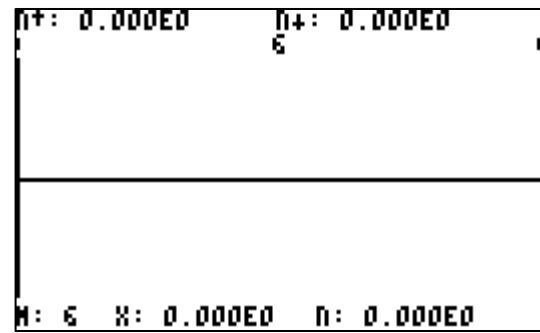
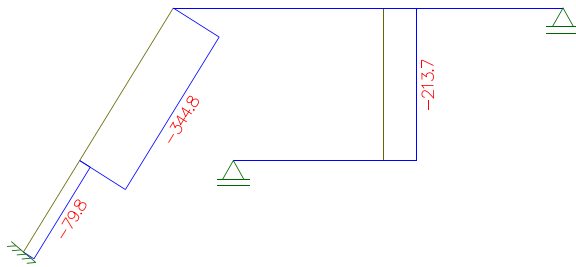




-Diagrama de esfuerzos cortantes



-Diagrama de esfuerzos normales



-Los desplazamientos y rotaciones en los nodos

NDIS

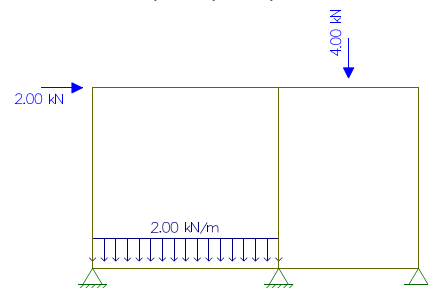
```
[[ 1. 0. 0. 0. ]
 [ 2. 0. 0. 0. ]
 [ 3. 19500.55 12188.12 -2282.05 ]
 [ 4. 19500.55 17103.41 1031.66 ]
 [ 5. 19500.55 .02 3910.02 ]
 [ 6. 17980.37 17103.3 -1639.73 ]
 [ 7. 17980.37 0. -4311.12 ]]
```



Ejemplo No 10

En el siguiente portico hallar:

-Diagrama de momentos flectores
Las inercias son I, 4I, 5I, 6I.



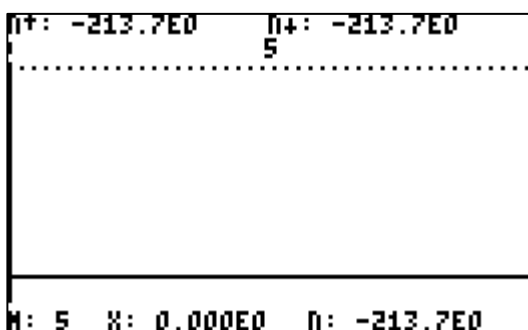
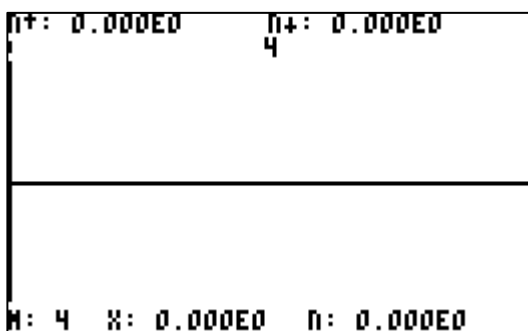
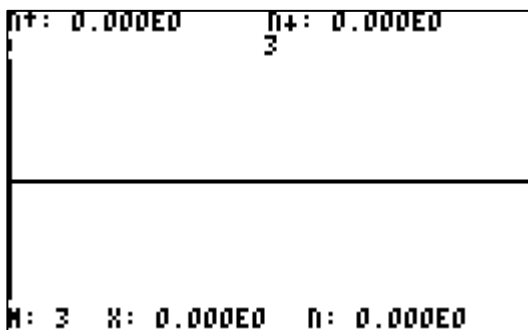
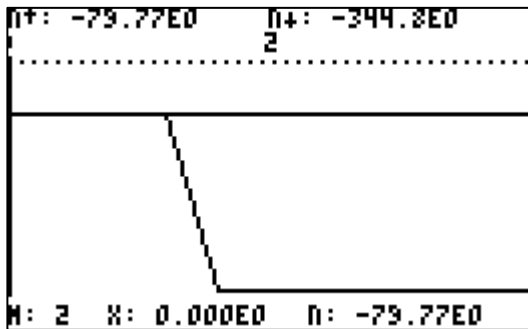
Estructura

NODE

```
[[ 0. 0. ]
 [ 0. -4. ]
 [ 4. -4. ]
 [ 7. -4. ]
 [ 7. 0. ]
 [ 4. 0. ]]
```

MEMB

```
[[ 1. 2. 1. ]
 [ 2. 3. 2. ]
 [ 3. 4. 2. ]
 [ 4. 5. 1. ]
 [ 1. 6. 3. ]
 [ 6. 5. 4. ]
 [ 6. 3. 1. ]]
```



```

PROP
[[ .000001 .00000001 100000000. ]
[ .000001 .00000004 100000000. ]
[ .000001 .00000005 100000000. ]
[ .000001 .00000006 100000000. ]]

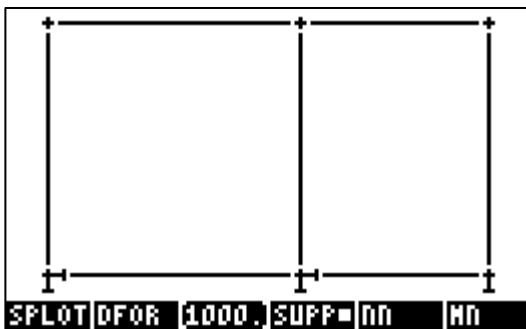
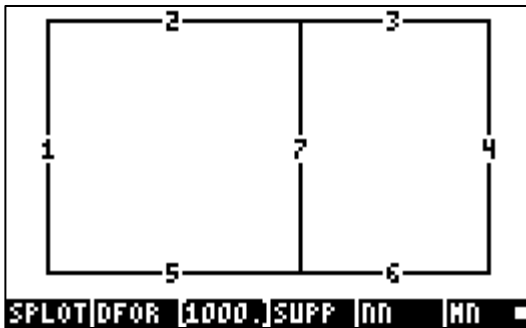
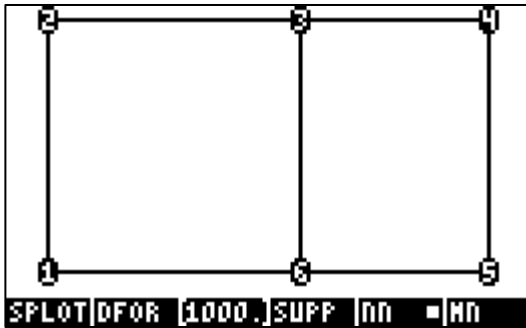
```

```

SUPP
[[ 1. 1. 1. 0. ]
[ 6. 1. 1. 0. ]
[ 5. 0. 1. 0. ]]

```

SPLIT



Solicitaciones

```

NLF
[[ 2. 2. 0. 0. ]]

MLC
[[ 3. 0. 4. 0. 1.5 ]]

MLZ
[[ 5. 2. 2. 0. 0. ]]

SCALC

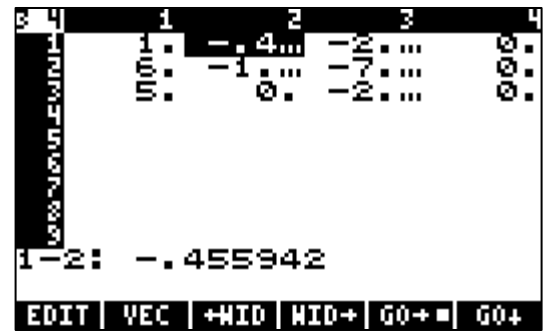
```

Reacciones

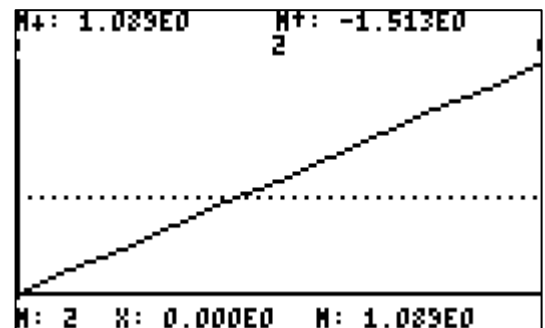
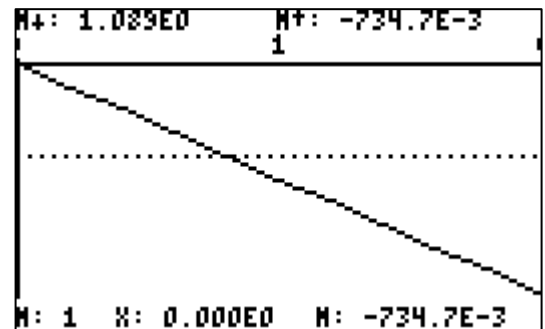
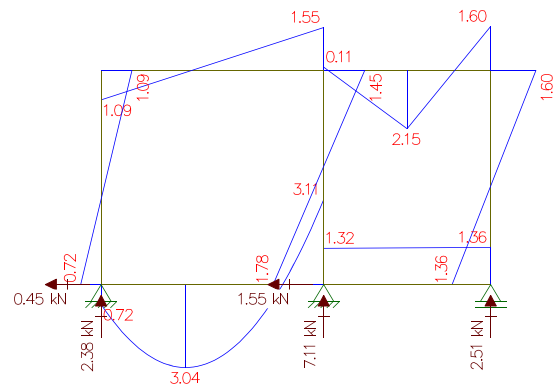
```

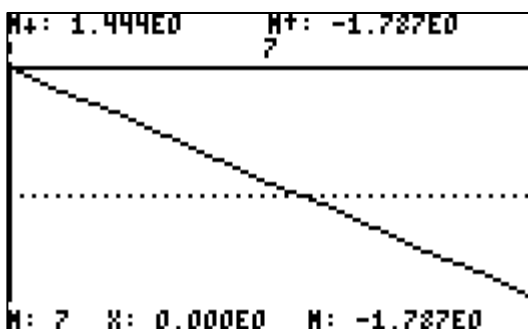
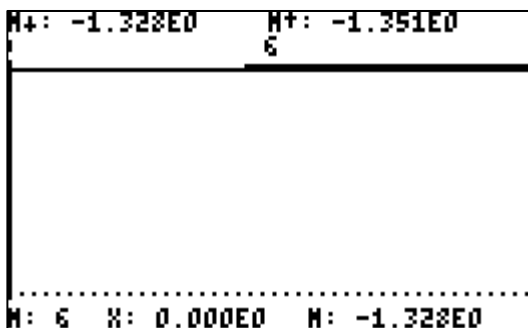
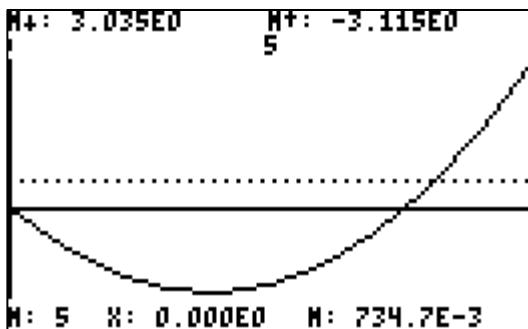
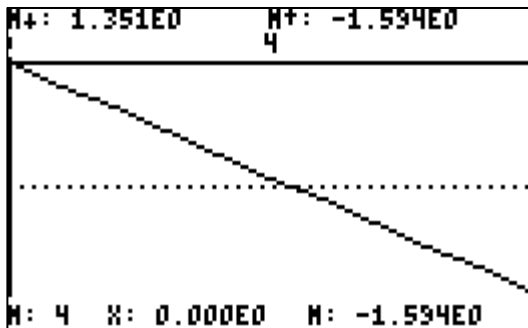
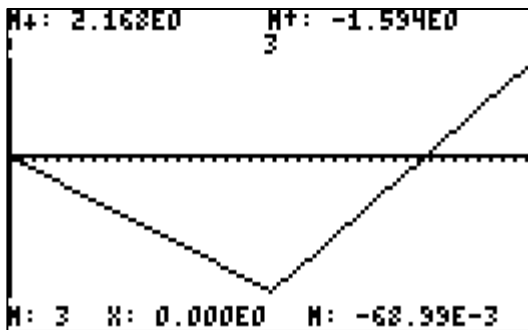
REAC
[[ 1. -.455942 -2.386976 0. ]
[ 6. -1.544058 -7.097056 0. ]
[ 5. 0. -2.515968 0. ]]

```



-Diagrama de momentos flectores





Notas Finales

Muchos usuarios conocen las propiedades del Shift Izquierdo y Shift Derecho de la HP, sin embargo para aquellas personas que no lo conozcan, la FEM49 posee la gran ventaja de editar o almacenar los datos requeridos por el programa de forma rápida y eficaz.

Para editar

Para almacenar o guardar

Shift Derecho + NODE	Shift Izquierdo + NODE
Shift Derecho + MEMB	Shift Izquierdo + MEMB
Shift Derecho + PROP	Shift Izquierdo + PROP
Shift Derecho + SUPP	Shift Izquierdo + SUPP
Shift Derecho + MREL	Shift Izquierdo + MREL
Shift Derecho + NLF	Shift Izquierdo + NLF
Shift Derecho + NLD	Shift Izquierdo + NLD
Shift Derecho + MLC	Shift Izquierdo + MLC
Shift Derecho + MLX	Shift Izquierdo + MLX
Shift Derecho + MLZ	Shift Izquierdo + MLZ
Shift Derecho + MLT	Shift Izquierdo + MLT

Si Ud. conoce los datos de entrada para los comandos anteriormente mencionados, no es necesario introducir los mismos mediante el INPUT.

Por ejemplo, NODE necesita coordenadas X y Z, entonces realizamos los siguientes pasos:

- Ingresamos al escritor de matrices MTRW
- Coloca las coordenadas de la estructura
- Presiona ENTER
- Almacenamos la matriz con (Shift Izquierdo + NODE)

Si se equivocó en algún dato (o desea editar)

- Shift Derecho + NODE
- Corrige el error
- Presiona ENTER
- Almacenamos la matriz con (Shift Izquierdo + NODE)

Si deseamos borrar NODE

- Colocamos 0 (cero) en la pila o stack
- Shift Izquierdo + NODE

Agradecimientos

- Caspar Lugtmeier (FEM49)
- Oscar Fuentes Fuentes (Manual de Ejemplos)
- Roger Broncano Reyes (HPUserEdit)

Espero que les sirva de ayuda estos ejemplos, trate de plasmar muchas de las interrogantes que encontré en www.adictoshp.org, las dudas, sugerencias, o posibles errores que noten en el presente documento, favor de hacérmelo llegar.



Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil
Nelson Eddy Acarapi Osco
nelsed.ac@hotmail.com
La Paz - Bolivia