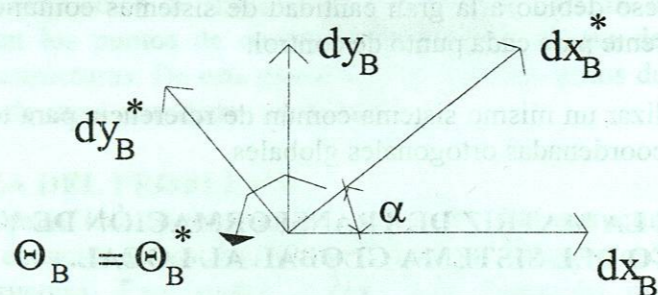
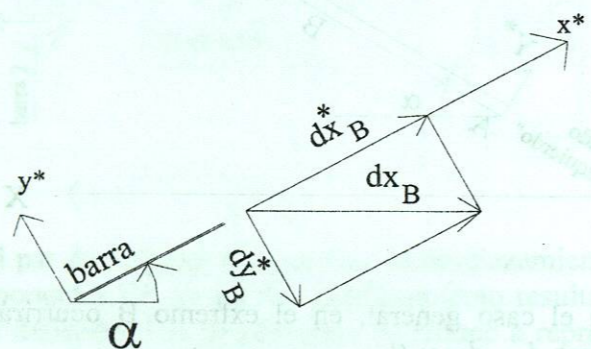


Trataremos de referir estos mismos desplazamientos al sistema de coordenadas locales de la barra, de manera de expresar el desplazamiento del extremo B como un desplazamiento paralelo a la barra y un desplazamiento transversal a la misma. Gráficamente:



Donde d^*x_B es el desplazamiento paralelo a la barra que producirá alargamiento, o acortamiento en la misma y d^*y_B es el desplazamiento transversal a la barra. El vector de rotación es idéntico en ambos sistemas de coordenadas (global y local)

Analizaremos la contribución de dx_B y dy_B sobre la magnitud de d^*x_B y d^*y_B , uno a la vez. Para dx_B tenemos:

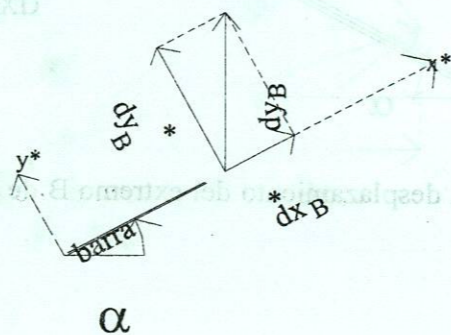


de donde :

$$d^*x_B = \cos \alpha \cdot dx_B \quad (\text{produce alargamiento de la barra})$$

$$d^*y_B = -\text{sen } \alpha \cdot dx_B \quad (\text{componente en el sentido negativo de } Y^*)$$

Para dy_B tenemos:



de donde:

$$d^*x_B = \text{sen } \alpha \cdot dy_B \quad (\text{produce alargamiento de la barra})$$

$$d^*y_B = \cos \alpha \cdot dy_B \quad (\text{componente en el sentido positivo de } Y^*)$$

sumando las componentes correspondientes, resulta:

$$d^*x_B = \cos \alpha \cdot dx_B + \text{sen } \alpha \cdot dy_B$$

$$d^*y_B = -\text{sen } \alpha \cdot dx_B + \cos \alpha \cdot dy_B$$

$$\theta_B^* = \theta_B$$

En notación matricial:

$$\begin{bmatrix} d^*x_B \\ d^*y_B \\ \theta_B^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \text{sen } \alpha & 0 \\ -\text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dx_B \\ dy_B \\ \theta_B \end{bmatrix}$$

análogamente, en el extremo izquierdo podemos obtener la expresión:

$$\begin{bmatrix} d^*x_A \\ d^*y_A \\ \theta_A^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \text{sen } \alpha & 0 \\ -\text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dx_A \\ dy_A \\ \theta_A \end{bmatrix}$$

por conveniencia en las operaciones matriciales que habremos de realizar, definiremos la siguiente expresión matricial:

$$\begin{bmatrix} d^*x_A \\ d^*y_A \\ \theta_A^* \\ d^*x_B \\ d^*y_B \\ \theta_B^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \text{sen } \alpha & 0 & & & \\ & -\text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 & & \\ & 0 & 0 & 1 & & \\ & & & & \cos \alpha & \text{sen } \alpha & 0 \\ & & & & -\text{sen } \alpha & \cos \alpha & 0 \\ & & & & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} dx_A \\ dy_A \\ \theta_A \\ dx_B \\ dy_B \\ \theta_B \end{bmatrix}$$

de manera condensada:

$$[D^*] = [A] \cdot [D]$$

donde :

- D* = desplazamientos de los extremos de la barra en coordenadas locales.
- D = desplazamientos de los mismos en coordenadas globales.
- A = matriz de transformación geométrica que relaciona a D* con D

El vector obtenido se puede utilizar en la expresión $[F^*] = [K^*] \cdot [D^*]$, deducida para barras aisladas. Con esta relación matemática se puede calcular el valor de las fuerzas de extremo $[F^*]$. Recordar que $[F^*]$ y $[D^*]$ están expresados en coordenadas locales de la barra analizada.

El teorema de contragradiencia, presentado durante el estudio de las armaduras para demostrar que $[B] = [A]^T$ en las expresiones

$$e = [A] [D]$$

$$F = [B] [p]$$

Es aplicable a este caso y por lo tanto se podría demostrar que se cumple:

$$[D^*] = [A] [D] \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{y } [F] = [A]^T [F^*] \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{donde } [F^*] = [K^*]_{6 \times 6} [D^*] \dots \dots \dots (3)$$

sustituyendo (1) y (3) en (2) resulta:

$$[F] = [A]_{6 \times 6}^T [K^*]_{6 \times 6} [A]_{6 \times 6} [D] \quad \text{o}$$

$$[F]_{6 \times 1} = [K]_{6 \times 6} [F]_{6 \times 1} \dots \dots \dots (4)$$

donde $[K] = [A]^T [K^*] [A]$

y a esta matriz se le conoce con el nombre de:

matriz de rigidez de barra en coordenadas globales.

La expresión (4) nos permite calcular las fuerzas en los extremos de la barra $[F]$ necesarias para mantener a la barra en la posición definida por el vector de desplazamientos $[D]$.

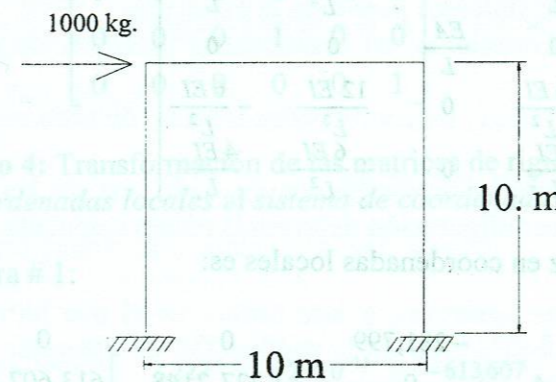
Debemos recordar que los vectores $[F]$ y $[D]$ están referidos al sistema global de referencia siendo así posible sumar directamente las aportaciones en rigidez de la barra a las aportaciones en rigidez de las demás barras que se conectan en un punto de control. Haciendo así posible tomar en cuenta la interacción de todas las barras que integran la estructura analizada.

A partir de aquí, el procedimiento de: ensamble, partición de la ecuación matricial de rigidez ensamblada de toda la estructura, solución del sistema para encontrar el valor de los desplazamientos no-restringidos y, finalmente, el cálculo de las fuerzas en los extremos de cada barra que deben existir para mantener la configuración deformada definida por las magnitudes calculadas de los grados de libertad, es conceptualmente idéntico al seguido en el caso de las armaduras en el espacio bi y tridimensional.

El vector obtenido se puede utilizar en la expresión $[F^*] = [K^*] [D^*]$, deducida para barras aisladas. Con esta relación matemática se puede calcular el valor de las fuerzas de extremo $[F^*]$ y $[D^*]$ están expresadas en coordenadas locales de la barra analizada.

4.3.2 CASO PARA ESTUDIO: Marco Con Un Claro, Una Altura

Como una primera aplicación de los conceptos desarrollados en el artículo anterior, analizaremos el mismo marco que utilizamos como primer ejemplo de aplicación del método alternativo simplificado al caso de marcos ortogonales. La intención es verificar que ambos procedimientos conducen a los mismos resultados.



- Datos:
- Área = 134.19 cm²
 - I = 48,699 cm⁴
 - E = 2,100,000 kgf/cm²

Paso 1: Identificar los vectores desplazamiento posibles en todos los puntos de control y asignar sentido a las barras con su ángulo correspondiente.



Paso 2: Calcular las matrices de rigidez de cada una de las barras que forman la estructura.

Usaremos las mismas propiedades geométricas de las barras, iguales a la del primer ejemplo mencionado.

- E = 2,100,000 kg./cm².
- A = 134.19 cm².
- I = 48,699 cm⁴.
- L = 1,000 cm.

Barra # 1: $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Barra # 2: $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

Barra # 3: $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

La matriz de rigidez de barra es idéntica para las tres barras, y se calcula a partir de la fórmula general para barras prismáticas:

$$K_{b1} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 & -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} & 0 & -\frac{12EI}{L^3} & \frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \\ -\frac{EA}{L} & 0 & 0 & \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} & 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} & 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}$$

Así, el valor numérico de la matriz de rigidez en coordenadas locales es:

$$K_{b1} = \begin{bmatrix} 281,799 & 0 & 0 & -281,799 & 0 & 0 \\ 0 & 1,227.2148 & 613,607.4 & 0 & -1,227.2148 & 613,607.4 \\ 0 & 613,607.4 & 409,071,600 & 0 & -613,607.4 & 204,535,800 \\ -281,799 & 0 & 0 & 281,799 & 0 & 0 \\ 0 & -1,227.2148 & -613,607.4 & 0 & 1,227.2148 & -613,607.4 \\ 0 & 613,607.4 & 204,535,800 & 0 & -613,607.4 & 409,071,600 \end{bmatrix}$$

Paso 3: Cálculo de las matrices de transformación de sistema de coordenadas.

Fórmula general:

$$A(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Barra # 1:

$$A(90) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Barra # 2:

$$A(0) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Barra # 3

$$A(270) = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Paso 4: Transformación de las matrices de rigidez de su proyección sobre sistema de coordenadas locales al sistema de coordenadas globales:

Barra # 1:

$$A(90)^T \times K_{b1} \times A(90) = \begin{bmatrix} 1,227 & 2 \times 10^{-11} & -613,607 & -1,227 & -2 \times 10^{-11} & -613,607 \\ 2 \times 10^{-11} & 281,799 & 4 \times 10^{-11} & -2 \times 10^{-11} & -281,799 & 4 \times 10^{-11} \\ -613,607 & 4 \times 10^{-11} & 409,071,600 & 613,607 & -4 \times 10^{-11} & 204,535,800 \\ -1,227 & -2 \times 10^{-11} & 613,607 & 1,227 & 2 \times 10^{-11} & 613,607 \\ -2 \times 10^{-11} & -281,799 & -4 \times 10^{-11} & 2 \times 10^{-11} & 281,799 & -4 \times 10^{-11} \\ -613,607 & 4 \times 10^{-11} & 204,535,800 & 613,607 & -4 \times 10^{-11} & 409,071,600 \end{bmatrix} = K_{b1} \begin{bmatrix} D_7 \\ D_8 \\ D_9 \\ D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix}$$

Barra # 2:

$$A(0)^T \times K_{b1} \times A(0) = \begin{bmatrix} 281,799 & 0 & 0 & -281,799 & 0 & 0 \\ 0 & 1,227 & 613,607 & 0 & -1,227 & 613,607 \\ 0 & 613,607 & 409,071,600 & 0 & -613,607 & 204,535,800 \\ -281,799 & 0 & 0 & 281,799 & 0 & 0 \\ 0 & -1,227 & -613,607 & 0 & 1,227 & -613,607 \\ 0 & 613,607 & 204,535,800 & 0 & -613,607 & 409,071,600 \end{bmatrix} = K_{b2} \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \\ D_6 \end{bmatrix}$$

Barra # 3:

$$A(270)^T \times K_{b1} \times A(270) = \begin{bmatrix} 1,227 & 5 \times 10^{-11} & 613,607 & -1,227 & -5 \times 10^{-11} & 613,607 \\ 5 \times 10^{-11} & 281,799 & -1 \times 10^{-10} & -5 \times 10^{-11} & -281,799 & -1 \times 10^{-10} \\ 613,607 & -1 \times 10^{-10} & 409,071,600 & -613,607 & 1 \times 10^{-10} & 204,535,800 \\ -1,227 & -5 \times 10^{-11} & -613,607 & 1,227 & 5 \times 10^{-11} & -613,607 \\ -5 \times 10^{-11} & -281,799 & 1 \times 10^{-10} & 5 \times 10^{-11} & 281,799 & 1 \times 10^{-10} \\ 613,607 & -1 \times 10^{-10} & 204,535,800 & -613,607 & 1 \times 10^{-10} & 409,071,600 \end{bmatrix} = K_{b3} \begin{bmatrix} D_4 \\ D_5 \\ D_6 \\ D_{10} \\ D_{11} \\ D_{12} \end{bmatrix}$$

Paso 5: Resto del procedimiento.

Faltan los siguiente procesos.

- 1) Ensamble de las tres ecuaciones de rigidez de barra, para formar una única ecuación de rigidez de la estructura.
- 2) Partición de la ecuación matricial resultante.
- 3) Formación del vector de fuerzas asociadas a los grados de libertad de la estructura.
- 4) Cálculo del vector solución de desplazamientos para toda la estructura.
- 5) Formación de los vectores de desplazamiento, en coordenadas globales, de cada una de las tres barras.
- 6) Cálculo de los vectores de desplazamiento, en coordenadas locales, de cada una de las tres barras.
- 7) Cálculo de las fuerzas necesarias, en los dos extremos de cada una de las tres barras, para mantener a la barra en la configuración deformada recién calculada.

En general, este proceso es extremadamente laborioso, y este hecho, es el que ha dado motivo a una serie de discusiones académicas acerca de la pertinencia de aprender esta técnica por parte de los estudiantes de Análisis de Estructuras II.

Por otro lado, si en el dialogo incluimos el ingrediente tecnológico y, reconocemos, que en la fecha actual (Agosto del año 2001) la revolución en el ámbito de las tecnologías de la información tiene alrededor de 60 años, y, las herramientas computacionales han estado al alcance de los ingenieros mexicanos comunes desde hace aproximadamente 22 años (recordar los inicios de las computadoras Apple II a fines de la década de los 70's, y de las IBM -y compatibles- a principios de la década de los 80's), podríamos aceptar que el argumento, acerca de la dificultad de llevar a la práctica profesional estas técnicas de análisis, ya no se puede sostener en un diálogo que sea desapasionado y objetivo.

Congruente con estas ideas, proponemos que todo el proceso numérico y mecánico de análisis de la estructura, se realice con el auxilio de la **HERRAMIENTA** computacional.

Los estudiantes de este curso, o quién así lo desee, tienen acceso a un programa de computadora diseñado ex profeso para este curso. A continuación se muestra el archivo de datos requeridos por el programa MARCO1.EXE para la elaboración del modelo matemático y su solución numérica.

ARCHIVO DE DATOS**

```
// El archivo contiene la información necesaria para elaborar
// el modelo matemático del marco de un claro y una altura

4 <- numero de nudos que forman la estructura
1 0 0 0 0 0
2 0 1000 1 1 1
3 1000 1000 1 1 1
4 1000 0 0 0 0
```

** El programa muestra el orden preciso y el formato que deben tener los datos

```
// Conectividad de las barras
3 <- numero de barras que forman la armadura
1 1 2 2100000 134.19 48699
2 2 3 2100000 134.19 48699
3 3 4 2100000 134.19 48699

// Fuerzas actuantes en puntos de control
// nudo Fx Fy Mz
2 1000 0.0 0.0
FIN
// Fin del archivo.
```

ARCHIVO CON RESULTADOS

RESULTADOS DEL ANALISIS DEL MARCO
archivo : ejemplo1.dat

```
-----
Matriz de rigidez local de la barra # 1
2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 1.227215E+03 6.136074E+05 0.000000E+00 -1.227215E+03 6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 4.090716E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 2.045358E+08
-2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 -1.227215E+03 -6.136074E+05 0.000000E+00 1.227215E+03 -6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 2.045358E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 4.090716E+08
-----
```

```
Matriz de rigidez global de la barra # 1
1.227215E+03 0.000000E+00 -6.136074E+05 -1.227215E+03 0.000000E+00 -6.136074E+05
0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00
-6.136074E+05 0.000000E+00 4.090716E+08 6.136074E+05 0.000000E+00 2.045358E+08
-1.227215E+03 0.000000E+00 6.136074E+05 1.227215E+03 0.000000E+00 6.136074E+05
0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00
-6.136074E+05 0.000000E+00 2.045358E+08 6.136074E+05 0.000000E+00 4.090716E+08
-----
```

```
Matriz de rigidez local de la barra # 2
2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 1.227215E+03 6.136074E+05 0.000000E+00 -1.227215E+03 6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 4.090716E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 2.045358E+08
-2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 -1.227215E+03 -6.136074E+05 0.000000E+00 1.227215E+03 -6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 2.045358E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 4.090716E+08
-----
```

```
Matriz de rigidez global de la barra # 2
2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 1.227215E+03 6.136074E+05 0.000000E+00 -1.227215E+03 6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 4.090716E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 2.045358E+08
-2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 -1.227215E+03 -6.136074E+05 0.000000E+00 1.227215E+03 -6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 2.045358E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 4.090716E+08
-----
```

```
Matriz de rigidez local de la barra # 3
2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 1.227215E+03 6.136074E+05 0.000000E+00 -1.227215E+03 6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 4.090716E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 2.045358E+08
-2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 -1.227215E+03 -6.136074E+05 0.000000E+00 1.227215E+03 -6.136074E+05
0.000000E+00 6.136074E+05 2.045358E+08 0.000000E+00 -6.136074E+05 4.090716E+08
-----
```

```
Matriz de rigidez global de la barra # 3
1.227215E+03 0.000000E+00 6.136074E+05 -1.227215E+03 0.000000E+00 6.136074E+05
0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00
6.136074E+05 0.000000E+00 4.090716E+08 -6.136074E+05 0.000000E+00 2.045358E+08
-1.227215E+03 0.000000E+00 6.136074E+05 1.227215E+03 0.000000E+00 6.136074E+05
0.000000E+00 -2.817990E+05 0.000000E+00 0.000000E+00 2.817990E+05 0.000000E+00
-6.136074E+05 0.000000E+00 2.045358E+08 6.136074E+05 0.000000E+00 4.090716E+08
-----
```


-1.227215E+03	0.000000E+00	-6.136074E+05	1.227215E+03	0.000000E+00	-6.136074E+05
0.000000E+00	-2.817990E+05	0.000000E+00	0.000000E+00	2.817990E+05	0.000000E+00
6.136074E+05	0.000000E+00	2.045358E+08	-6.136074E+05	0.000000E+00	4.090716E+08

Matriz K11

2.830262E+05	0.000000E+00	6.136074E+05	-2.817990E+05	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	2.830262E+05	6.136074E+05	0.000000E+00	-1.227215E+03	6.136074E+05
6.136074E+05	6.136074E+05	8.181432E+08	0.000000E+00	-6.136074E+05	2.045358E+08
-2.817990E+05	0.000000E+00	0.000000E+00	2.830262E+05	0.000000E+00	6.136074E+05
0.000000E+00	-1.227215E+03	-6.136074E+05	0.000000E+00	2.830262E+05	-6.136074E+05
0.000000E+00	6.136074E+05	2.045358E+08	6.136074E+05	-6.136074E+05	8.181432E+08

Vector de desplazamientos Du

# GL	MAGNITUD
1	5.842262E-01
2	1.518951E-03
3	-3.527129E-04
4	5.824538E-01
5	-1.518951E-03
6	-3.509406E-04

VECTORES DE FUERZA INDUCIDOS EN ESTADO II

barra # 1

Vector de desplazamientos en coord. locales

0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	1.518951E-03	-5.842262E-01	-3.527129E-04
--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------

Vector de desplazamientos en coord. globales

0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	5.842262E-01	1.518951E-03	-3.527129E-04
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------

Vector de fuerza en coord. locales de la barra

-4.280388E+02	5.005438E+02	2.863431E+05	4.280388E+02	-5.005438E+02	2.142007E+05
---------------	--------------	--------------	--------------	---------------	--------------

barra # 2

Vector de desplazamientos en coord. locales

5.842262E-01	1.518951E-03	-3.527129E-04	5.824538E-01	-1.518951E-03	-3.509406E-04
--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Vector de desplazamientos en coord. globales

5.842262E-01	1.518951E-03	-3.527129E-04	5.824538E-01	-1.518951E-03	-3.509406E-04
--------------	--------------	---------------	--------------	---------------	---------------

Vector de fuerza en coord. locales de la barra

4.994562E+02	-4.280388E+02	-2.142007E+05	-4.994562E+02	4.280388E+02	-2.138382E+05
--------------	---------------	---------------	---------------	--------------	---------------

barra # 3

Vector de desplazamientos en coord. locales

1.518951E-03	5.824538E-01	-3.509406E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------	--------------

Vector de desplazamientos en coord. globales

5.824538E-01	-1.518951E-03	-3.509406E-04	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
--------------	---------------	---------------	--------------	--------------	--------------

Vector de fuerza en coord. locales de la barra

4.280388E+02	4.994562E+02	2.138382E+05	-4.280388E+02	-4.994562E+02	2.856181E+05
--------------	--------------	--------------	---------------	---------------	--------------

Interpretación gráfica de estos resultados:

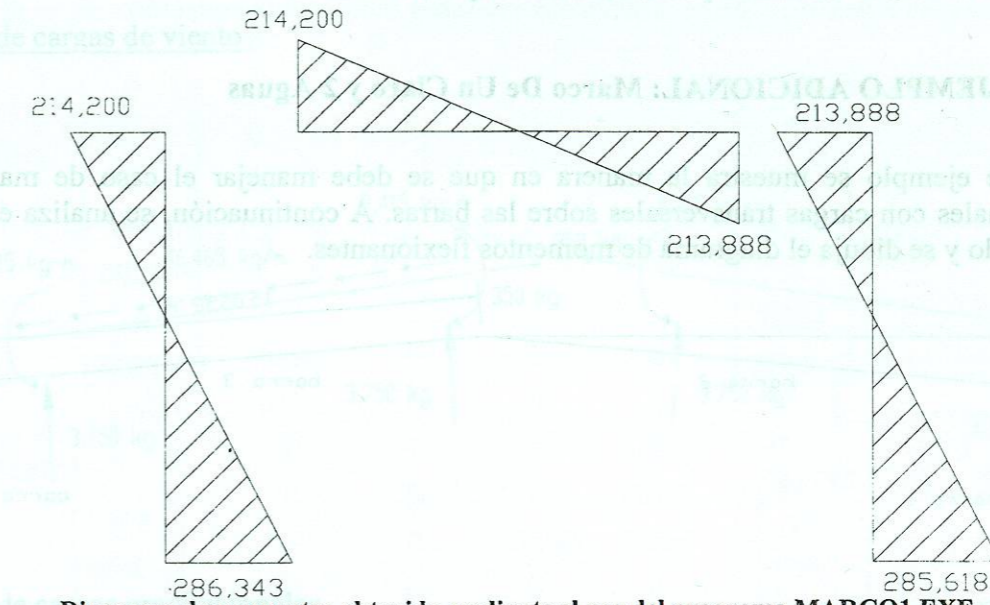


Diagrama de momentos obtenido mediante el uso del programa MARCO1.EXE

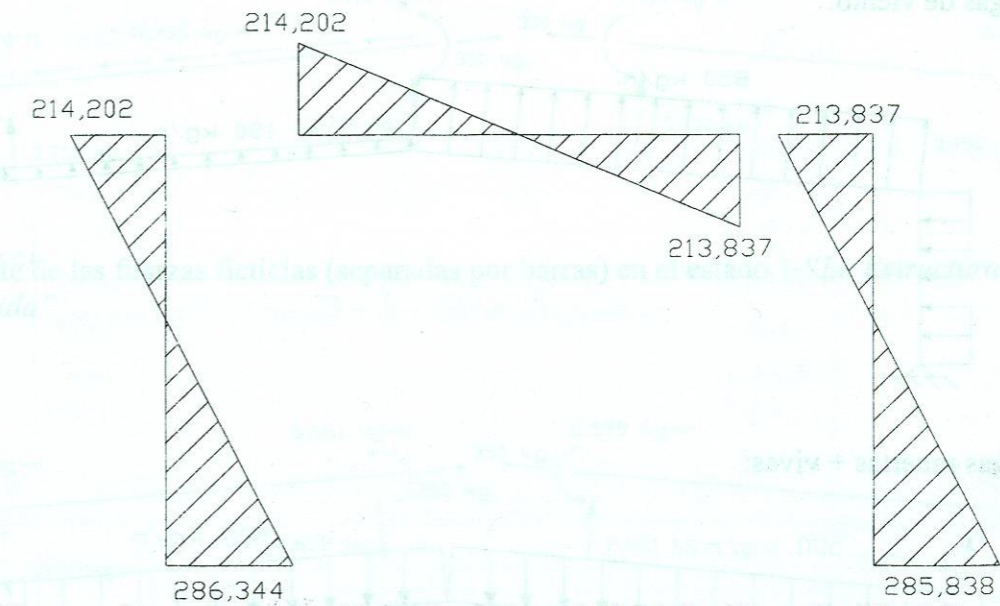


Diagrama de momentos obtenido mediante el uso del "metodo alternativo simplificado".

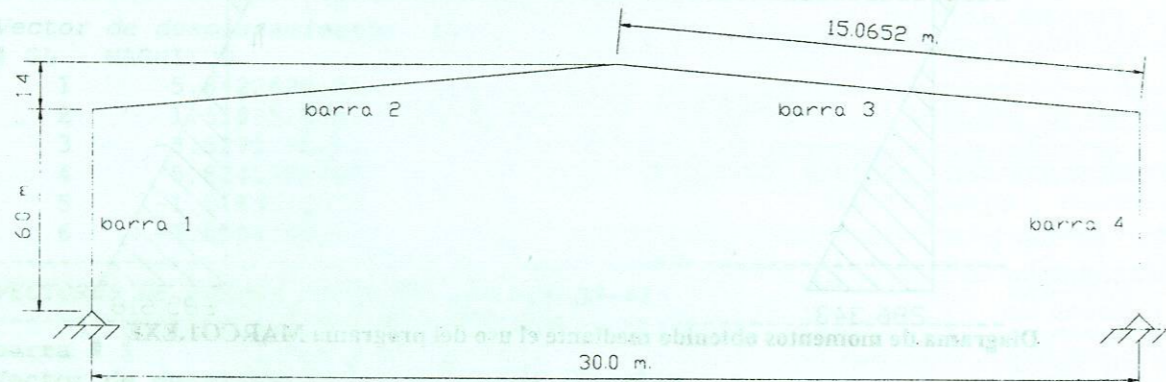
Se puede comprobar en los diagramas mostrados que, las diferencias numéricas son muy pequeñas, y, podemos atribuir las a la diferente cantidad de cifras significativas manejadas en los dos métodos de solución empleados. (para el método general y el método alternativo simplificado).

Como es sabido, existe una gran cantidad de programas de computadora que pueden ser adquiridos en los negocios especializados, estos programas son de gran calidad técnica y son aplicables a muchos tipos de problemas de análisis y diseño de estructuras. El programa

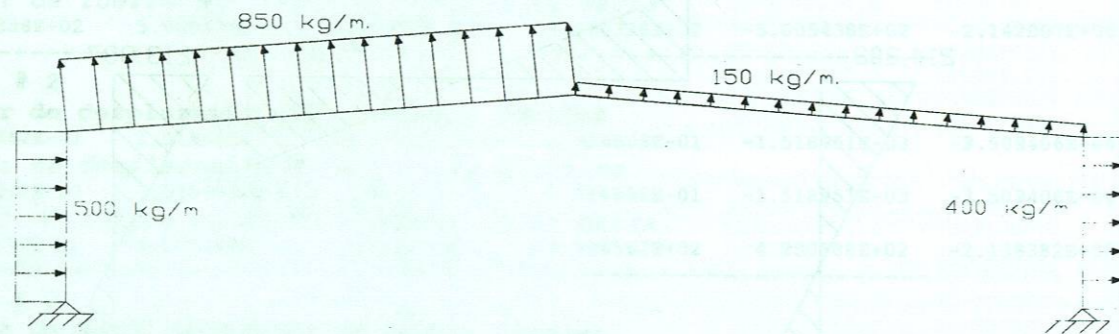
utilizado en este ejercicio, y puesto a disposición de los estudiantes, tiene la ventaja de que su autor lo hace del dominio público, sin costo para el usuario.

4.3.3 EJEMPLO ADICIONAL: Marco De Un Claro y 2 Aguas

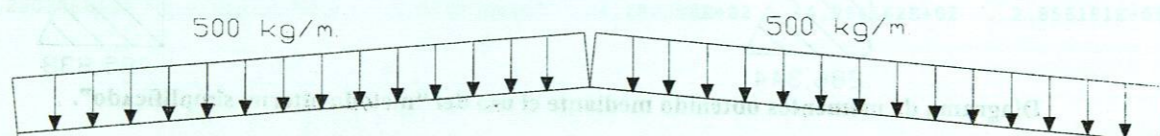
En este ejemplo se muestra la manera en que se debe manejar el caso de marcos no ortogonales con cargas transversales sobre las barras. A continuación, se analiza el marco mostrado y se dibuja el diagrama de momentos flexionantes.



Cargas de viento:



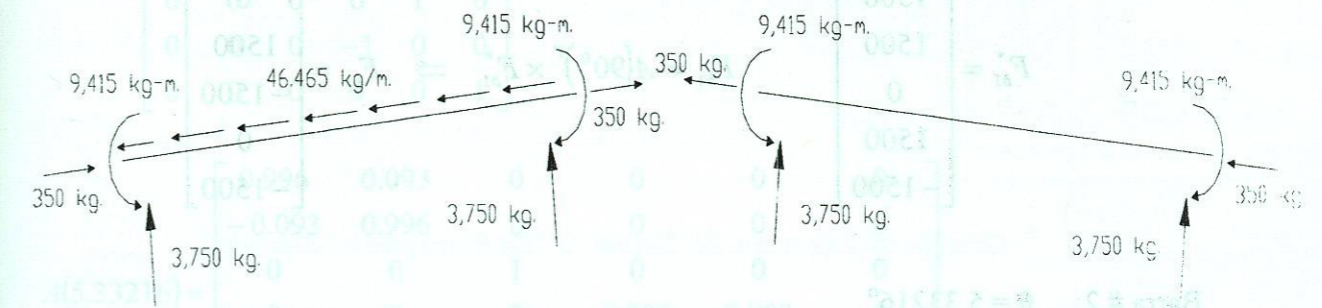
Cargas muertas + vivas:



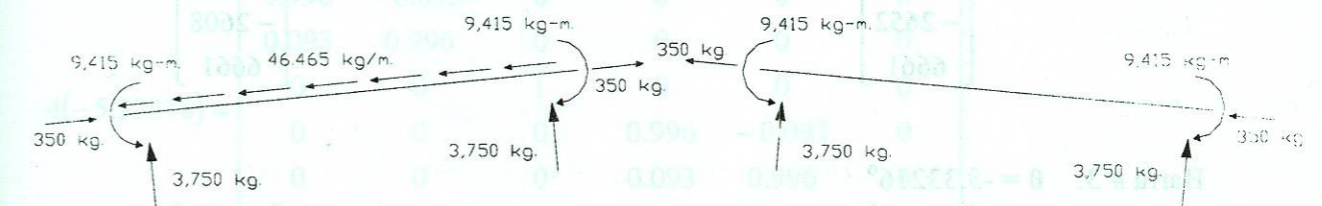
Como es sabido, existe una gran cantidad de programas de computadores que pueden ser aplicados en los negocios especializados. Estos programas son de gran calidad técnica y son aplicables a muchos tipos de problemas de análisis y diseño de estructuras. El programa simplificado en los dos métodos de solución empleadas (para el método general y el método simplificado) en los dos métodos de solución empleadas (para el método general y el método simplificado) puede comprobar en los diagramas mostrados que los diferentes números son muy precisos, y podemos atribuir a la diferencia resultante de cifras significativas transcurridas en los dos métodos de solución empleadas (para el método general y el método simplificado).

Fuerzas en estado # 1 "La Estructura Restringida": "Fuerzas de empotramiento".

Caso de cargas de viento



Caso de cargas gravitacionales



Resultante de las fuerzas ficticias (separadas por barras) en el estado 1 "La Estructura Restringida"

