

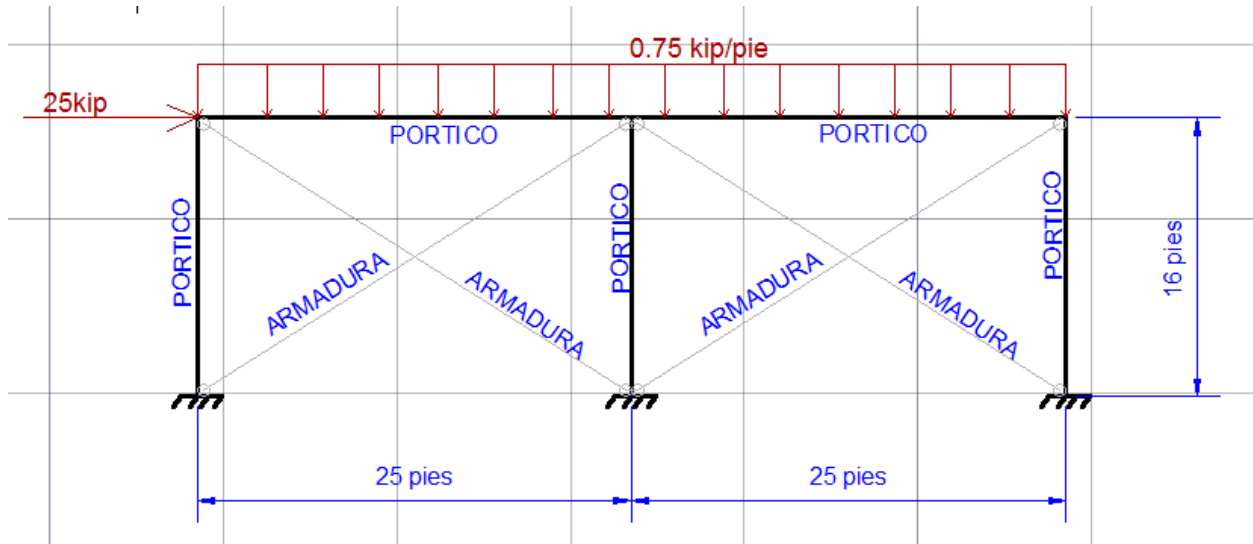
# METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

## TUTORIAL PROGRAMA RIGIDEZ.V92

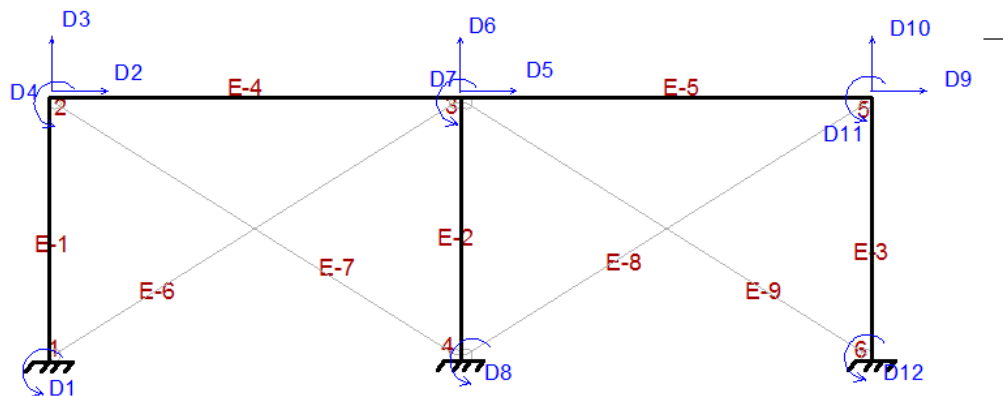
El presente programa va dirigido a estudiantes de ingeniería civil, que cruzan el curso de análisis estructural. El presente programa utiliza el método de la rigidez directa con cosenos directores y matriz de localización.

### Ejemplo de aplicación:

RESOLVER:  $E=29000$  ksi,  $I=1780$  pul<sup>4</sup>,  $A_{\text{portico}}=4.1$  pul<sup>2</sup>,  $A_{\text{armadura}}=0.85$  pul<sup>2</sup>



**PRIMERO:** NUMERACIÓN DE NODOS Y ELEMENTOS, los grados de libertad que otorgamos en este programa es según como se vayan anunciando las restricciones en los nodos. Luego enumeramos los elementos y los grados de libertad de la estructura, son positivos hacia: arriba, derecha, anti horario.

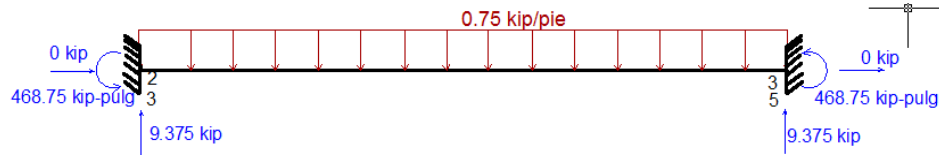


GI=12 grados de indeterminación

## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

**SEGUNDO:** ingresamos los vectores de caga equivalentes en coordenadas locales de los elementos a la calculadora con la en forma de matriz:

**Para barras del pórtico:**



$$\{q_e\}^{eq} = -\{q_e\}$$

$$\{q_4\}^{eq} = \{q_5\}^{eq} = \begin{vmatrix} 0 \\ -9.375 \\ -468.75 \\ 0 \\ -9.375 \\ 468.75 \end{vmatrix} \begin{matrix} = axial\_i \\ = cort\_i \\ = mom\_i \\ = axial\_j \\ = cort\_j \\ = mom\_j \end{matrix}$$

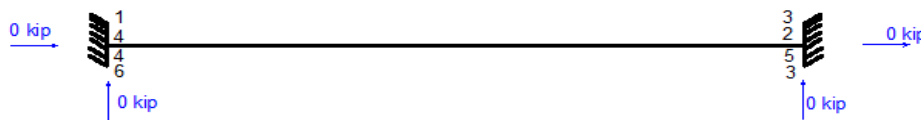
A esta matriz lo asignamos las siguientes variables en la calculadora: QE4. QE5.

Debido a que los elementos 1 2 3 no están cargados, el vector de cargas equivalentes seria:

$$\{q_1\}^{eq} = \{q_2\}^{eq} = \{q_3\}^{eq} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \begin{matrix} = axial\_i \\ = cort\_i \\ = mom\_i \\ = axial\_j \\ = cort\_j \\ = mom\_j \end{matrix}$$

A esta matriz lo asignamos las siguientes variables en la calculadora: QE1. QE2. QE3.

**Para barras de la armadura:** solo trabajan a fuerza axial



$$\{q_6\}^{eq} = \{q_7\}^{eq} = \{q_8\}^{eq} = \{q_9\}^{eq} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \begin{matrix} axial\_i \\ cort\_i \\ axial\_j \\ cort\_j \end{matrix} \quad \{q_e\}^{eq} = -\{q_e\}$$

A esta matriz lo asignamos las siguientes variables en la calculadora: QE6. QE7. QE8. QE9.

# METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

**Vector de cargas concentradas:** en este caso lo coincide la carga horizontal aplicada en el nodo 2. en el mismo sentido que 'D2', lo que lo haría positiva. El vector de cargas sería de  $1 \times G1$

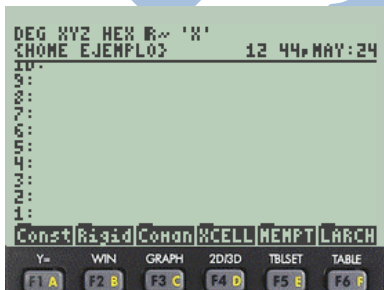
$$\{Q\}_{concent} = \begin{matrix} 0 & D1 \\ 25 & D2 \\ 0 & D3 \\ 0 & D4 \\ 0 & D5 \\ 0 & D6 \\ 0 & D7 \\ 0 & D8 \\ 0 & D9 \\ 0 & D10 \\ 0 & D11 \\ 0 & D12 \end{matrix}$$

A este vector le asignamos la variable QC en la calculadora

**TERCERO:** empezamos con la matriz de cosenos directores del elemento que es distinto para una barra de armadura (4x4) que para una barra de pórtico (6x6)

Primero creamos una carpeta en la home de la calculadora, a la que llamaremos "ejemplo" y empezamos a operar en él.

Abrimos el programa, TECLA F2 en este caso, para empezar el programa rigidez.



Para empezar con la matriz de cosenos directores: TECLA F1, y escribimos 9

---

## METODO DE LA RIGUIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

---

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:49,MAY:24

MATRIZ DE COSENOS: [A0]e

: N° DE ELEMENTOS=:94
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

luego ENTER

Los ángulos que pide el programa son los del elemento con respecto a la horizontal y su nudo de inicio

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:51,MAY:24

PORTICO =0
ARMADURA=1
[A0] DEL ELEMENTO 1.

:Δ DEL ELEM=:90
: ELEM TIPO=:0
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:52,MAY:24

PORTICO =0
ARMADURA=1
[A0] DEL ELEMENTO 2.

:Δ DEL ELEM=:90
: ELEM TIPO=:04
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:53,MAY:24

PORTICO =0
ARMADURA=1
[A0] DEL ELEMENTO 4.

:Δ DEL ELEM=:0
: ELEM TIPO=:04
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:54,MAY:24

PORTICO =0
ARMADURA=1
[A0] DEL ELEMENTO 5.

:Δ DEL ELEM=:0
: ELEM TIPO=:0
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:55,MAY:24

PORTICO =0
ARMADURA=1
[A0] DEL ELEMENTO 6.

:Δ DEL ELEM=:32.62
: ELEM TIPO=:1
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 12:56,MAY:24

PORTICO =0
ARMADURA=1
[A0] DEL ELEMENTO 7.

:Δ DEL ELEM=:147.38
: ELEM TIPO=:1
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

El elemento 6 es igual al 8, y el elemento 7 es igual al 9

Y ya tenemos nuestras matrices de cosenos directores

## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

**CUARTO:** continuamos con la matriz de localización del elemento que es distinto para una barra de armadura (4xGI) que para una barra de pórtico (6xGI),  $GI = \# \text{ DE GRADOS DE LIBERTAD} = 12$  en este caso

Para empezar con la matriz de cosenos directores: TECLA F2, hay 6 nodos y 9 barras

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 02,MAY:24

MATRIZ DE LOCALIZACIÓN:
[AL]e

:nº DE NODOS    =:6
:nº DE ELEMENTOS=:9
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

Luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 03,MAY:24

0=RESTRINGE
1=LIBERA
NODO NUMERO 1.

:+++:0
:+++:0
:+++:1
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

Luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 04,MAY:24

0=RESTRINGE
1=LIBERA
NODO NUMERO 2.

:+++:1
:+++:1
:+++:1
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 05,MAY:24

0=RESTRINGE
1=LIBERA
NODO NUMERO 3.

:+++:1
:+++:1
:+++:1
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

Luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 06,MAY:24

0=RESTRINGE
1=LIBERA
NODO NUMERO 4.

:+++:0
:+++:0
:+++:14
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 06,MAY:24

0=RESTRINGE
1=LIBERA
NODO NUMERO 5.

:+++:1
:+++:1
:+++:14
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

Luego ENTER

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 07,MAY:24

0=RESTRINGE
1=LIBERA
NODO NUMERO 6.

:+++:0
:+++:0
:+++:14
Ace Ale Ke Kt Eq Autor
```

## METODO DE LA RIGUIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

Ahora empezamos a crear nuestros elementos, teniendo en cuenta que para nuestra matriz de cosenos y para los vectores de carga adoptamos la convención de izquierda- derecha y abajo-arriba.

<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01 13,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 1.  :INICIA EN EL NODO :1 :TERMINA EN EL NODO:2 :TIPO DE ELEMENTO :0  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>	<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01:15,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 2.  :INICIA EN EL NODO :4 :TERMINA EN EL NODO:3 :TIPO DE ELEMENTO :0  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>
<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01 16,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 3.  :INICIA EN EL NODO :6 :TERMINA EN EL NODO:5 :TIPO DE ELEMENTO :0  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>	<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01:16,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 4.  :INICIA EN EL NODO :2 :TERMINA EN EL NODO:3 :TIPO DE ELEMENTO :04  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>
<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01 17,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 5.  :INICIA EN EL NODO :3 :TERMINA EN EL NODO:5 :TIPO DE ELEMENTO :04  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>	<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01:17,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 6.  :INICIA EN EL NODO :1 :TERMINA EN EL NODO:3 :TIPO DE ELEMENTO :14  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>
<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01 18,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 7.  :INICIA EN EL NODO :4 :TERMINA EN EL NODO:2 :TIPO DE ELEMENTO :1  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>	<div>DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG {HOME EJEMPLO3} 01:19,MAY:24 PORTICO =0 ARMADURA=1  ELEMENTO NUMERO 8.  :INICIA EN EL NODO :4 :TERMINA EN EL NODO:5 :TIPO DE ELEMENTO :14  Ace Ale Ke Kt Qq Autor</div>

## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
CHOME EJEMPLO3 01:19,MAY:24
PORTICO =0
ARMADURA=1

ELEMENTO NUMERO 9.

:INICIA EN EL NODO :6
:TERMINA EN EL NODO:3
:TIPO DE ELEMENTO :14

Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

Ahora ya tenemos nuestras matrices de localización de los elementos

**CUARTO:** continuamos con la matriz de rigidez del elemento que es distinto para una barra de armadura (4x4) que para una barra de pórtico (6x6)

Para empezar con la matriz de rigidez: TECLA F3,

Primero para el pórtico y columnas: E=29000 ksi, I=1780 pul<sup>4</sup>, Area=4.1 pul<sup>2</sup>, long=192 pul

Tenemos que ser coherentes con nuestras unidades

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
CHOME EJEMPLO3 01 24,MAY:24 CHOME EJEMPLO3 01 25,MAY:24

RIGIDEZ DEL ELEMENTO: [K]e TIPO PORTICO:
TIPO PORTICO =0 RIGIDEZ EIA: [K]e
TIPO ARMADURA=1

:elemC3=:C1 2 33
:ELASTI=:29000
:INERSI=:1780
:AREA =:4.1
:LONGIT=:1924

:TIPO DE ESTRUCTURA=:04

Ace Ale Ke Kt Qq Autor Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

Segundo para el pórtico y vigas: E=29000 ksi, I=1780 pul<sup>4</sup>, Area=4.1 pul<sup>2</sup>, long=300 pul

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
CHOME EJEMPLO3 01 24,MAY:24 CHOME EJEMPLO3 01:30,MAY:24

RIGIDEZ DEL ELEMENTO: [K]e TIPO PORTICO:
TIPO PORTICO =0 RIGIDEZ EIA: [K]e
TIPO ARMADURA=1

:elemC3=:C4 53
:ELASTI=:29000
:INERSI=:1780
:AREA =:4.1
:LONGIT=:300

:TIPO DE ESTRUCTURA=:04

Ace Ale Ke Kt Qq Autor Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

tercero para la armadura:  $E=29000$  ksi ,  $Area=0.85$  pul<sup>2</sup> ,  $long=356.1827$  pul

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 31 MAY:24 [HOME EJEMPLO3] 01:33 MAY:24

RIGIDEZ DEL ELEMENTO: [K]e
TIPO PORTICO =0
TIPO ARMADURA=1

:TIPO DE ESTRUCTURA=:14
Ace Ale Ke Kt Qq Autor Ace Ale Ke Kt Qq Autor

TIPO ARMADURA:
RIGIDEZ EA: [K]e

:elem3=:56 7 8 93
:ELASTI=:29000
:AREA =:.85
:LONGIT=:356.18274
```

Ya tenemos nuestra matriz de rigidez de todos nuestros elementos

**CUARTO:** continuamos con la matriz de rigidez total de la estructura ( $G_{IXGI}$ ),  $GI = \#$  DE GRADOS DE LIBERTAD =12 en este caso

Para empezar con la matriz de rigidez total: TECLA F4

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01:36 MAY:24

MATRIZ D RIGIDEZ TOTAL
CON COSENOS DIRECTORES:
[K]t=Σ[MLe]' . [A0e]' . [Ke] .
      [A0e] . [MLe]

:Nº DE ELEMENTOS=:94
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

Y ya tenemos nuestra la matriz de rigidez total de la estructura.

**QUINTO:** continuamos con los vectores de cargas globales y fuerzas internas de cada elemento que es distinto para una barra de armadura (4x1) que para una barra de pórtico (6x1)

Para empezar con la matriz de rigidez: TECLA F5,

```
DEG XYZ HEX R~ 'X' PRG
[HOME EJEMPLO3] 01 45 MAY:24

VECTOR DE CARGA TOTAL
Y VECTOR DE CARGA DEL ELEMENTO
CON COSENOS DIRECTORES:
{Q3}t={Q3}c+Σ[MLe]' . [A0e]' . {qe3}eq
{q3}e=[Ke] . [A0e] . [MLe] . {Q3}-{qe3}eq

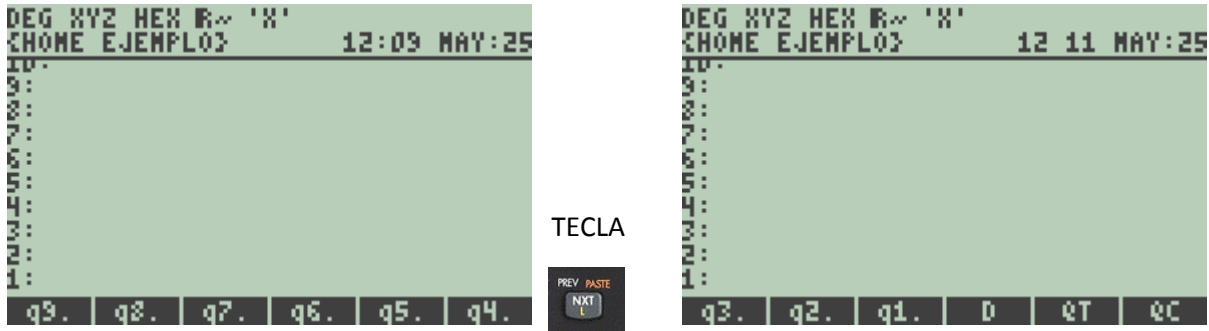
:Nº DE ELEMENTOS=:94
Ace Ale Ke Kt Qq Autor
```

Y ya los tenemos, PARA OBSERVAR TODO EL PROCESO PRESIONAMOS LA TECLA





# METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES



y así sucesivamente hasta observar todas las variables.

**Las matrices de cosenos directores del elemento:** están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\begin{aligned} [A\theta e]_1 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} A\theta 1. \\ [A\theta e]_2 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} A\theta 2. \\ &\vdots \\ [A\theta e]_9 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} A\theta 9. \end{aligned}$$

Presionamos la tecla que le corresponde y nos aparecerá la matriz

**Las matrices de localización del elemento:** están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\begin{aligned} [Ale]_1 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} MLe1. \\ [Ale]_2 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} MLe2. \\ &\vdots \\ [Ale]_9 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} MLe9. \end{aligned}$$

**Las matrices de rigidez del elemento y rigidez total:** están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\begin{aligned} [ke]_1 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} Ke1. & [K]_{TOTAL} &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} KT \\ [ke]_2 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} Ke2. & & \\ &\vdots & & \\ [ke]_9 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} Ke9. & & \end{aligned}$$

**El vector de carga total:** están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\{Q\}_{TOTAL} \xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} QT$$

# METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

**El vector de desplazamientos y giros:** están guardadas con la siguiente sintaxis:

se resuelve la ecuación: \_\_\_\_\_ y se obtiene

$$[K]_{TOTAL} \{D\} = \{Q\}_{TOTAL} \quad \{D\} \xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} D$$

**El vector de fuerzas internas:** están guardadas con la siguiente sintaxis:

$$\begin{aligned} \{qe\}_1 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} q1. \\ \{qe\}_2 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} q2. \\ &\vdots \\ \{qe\}_9 &\xrightarrow{\text{con\_el\_nombre}} q9. \end{aligned}$$

## RESULTADOS

$$[A\theta e]_1 = [A\theta e]_2 = [A\theta e]_3 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ -1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & -1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \quad [A\theta e]_4 = [A\theta e]_5 = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.1 & 0.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1.0 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.1 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.1 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

$$[A\theta e]_6 = [A\theta e]_8 = \begin{bmatrix} 0.842 & 0.539 & 0.000 & 0.000 \\ -0.539 & 0.842 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.842 & 0.539 \\ 0.000 & 0.000 & -0.539 & 0.842 \end{bmatrix} \quad [A\theta e]_7 = [A\theta e]_9 = \begin{bmatrix} -0.842 & 0.539 & 0.000 & 0.000 \\ -0.539 & -0.842 & 0.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & -0.842 & 0.539 \\ 0.000 & 0.000 & -0.539 & -0.842 \end{bmatrix}$$



## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

$$[ke]_1 = [ke]_2 = [ke]_3 = \begin{bmatrix} 619.27 & 0.00 & 0.00 & -619.27 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 87.52 & 8401.69 & 0.00 & -87.52 & 8401.69 \\ 0.00 & 8401.69 & 1075416.67 & 0.00 & -8401.69 & 537708.33 \\ -619.27 & 0.00 & 0.00 & 619.27 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & -87.52 & -8401.69 & 0.00 & 87.52 & -8401.69 \\ 0.00 & 8401.69 & 537708.33 & 0.00 & -8401.69 & 1075416.67 \end{bmatrix}$$

$$[ke]_4 = [ke]_5 = \begin{bmatrix} 396.33 & 0.00 & 0.00 & -396.33 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 22.94 & 3441.33 & 0.00 & -22.94 & 3441.33 \\ 0.00 & 3441.33 & 688266.67 & 0.00 & -3441.33 & 344133.33 \\ -396.33 & 0.00 & 0.00 & 396.33 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & -22.94 & -3441.33 & 0.00 & 22.94 & -3441.33 \\ 0.00 & 3441.33 & 344133.33 & 0.00 & -3441.33 & 688266.67 \end{bmatrix}$$

$$[ke]_6 = [ke]_7 = [ke]_8 = [ke]_9 = \begin{bmatrix} 69.21 & 0.00 & -69.21 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ -69.21 & 0.00 & 69.21 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \end{bmatrix}$$

$$[K]_T = \begin{bmatrix} 1075416.67 & 8401.69 & 0 & 537708.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 8401.69 & 532.95 & -31.42 & 8401.69 & -396.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -31.42 & 662.32 & 3441.33 & 0 & -22.94 & 3441.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 537708.33 & 8401.69 & 3441.33 & 1763683.33 & 0 & -3441.3 & 344133.33 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -396.33 & 0 & 0 & 978.38 & 0 & 8401.69 & 8401.69 & -396.33 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -22.94 & -3441.33 & 0 & 705.38 & 0 & 0 & 0 & -22.94 & 3441.33 & 0 \\ 0 & 0 & 3441.33 & 344133.33 & 8401.69 & 0 & 2451950 & 537708.33 & 0 & -3441.33 & 344133.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8401.69 & 0 & 537708.33 & 1075416.67 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -396.33 & 0 & 0 & 0 & 532.95 & 31.42 & 8401.69 & 8401.69 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -22.94 & -3441.33 & 0 & 31.42 & 662.32 & -3441.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3441.33 & 344133.33 & 0 & 8401.69 & -3441.33 & 1763683.33 & 537708.33 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8401.69 & 0 & 537708.33 & 1075416.67 \end{bmatrix}$$

## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

$$\{Q\}_{TOTAL} = \begin{Bmatrix} 0. \\ 25. \\ -9.375 \\ -468.75 \\ 0. \\ -18.75 \\ 0. \\ 0. \\ 0. \\ -9.375 \\ 468.75 \\ 0. \end{Bmatrix} \quad \{D\} = \begin{Bmatrix} -7.60732969012E-4 \\ .146061771944 \\ -3.74702732019E-3 \\ -7.60749248603E-4 \\ .101373770892 \\ -3.16649915175E-2 \\ -1.19773104258E-4 \\ -7.32096032965E-4 \\ 8.61277113718E-2 \\ -1.92970255779E-2 \\ 1.27587106946E-4 \\ -7.36666298563E-4 \end{Bmatrix}$$

$$\{qe\}_1 = \begin{Bmatrix} 2.320 \\ -4.559E-5 \\ -3.848E-9 \\ -2.320 \\ 4.559E-5 \\ -0.009 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_1 \\ vertic\_1 \\ mom\_1 \\ axial\_2 \\ vertic\_2 \\ mom\_2 \end{Bmatrix} \quad \{qe\}_2 = \begin{Bmatrix} 19.609 \\ 1.715 \\ -3.007E-9 \\ -19.609 \\ -1.715 \\ 329.251 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_4 \\ vertic\_4 \\ mom\_4 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \\ mom\_3 \end{Bmatrix}$$

$$\{qe\}_3 = \begin{Bmatrix} 11.950 \\ 2.420 \\ -4.330E-10 \\ -11.950 \\ -2.420 \\ 464.716 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_6 \\ vertic\_6 \\ mom\_6 \\ axial\_5 \\ vertic\_5 \\ mom\_5 \end{Bmatrix} \quad \{qe\}_4 = \begin{Bmatrix} 17.711 \\ 6.985 \\ 0.009 \\ -17.711 \\ 11.765 \\ -716.910 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_2 \\ vertic\_2 \\ mom\_2 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \\ mom\_3 \end{Bmatrix}$$

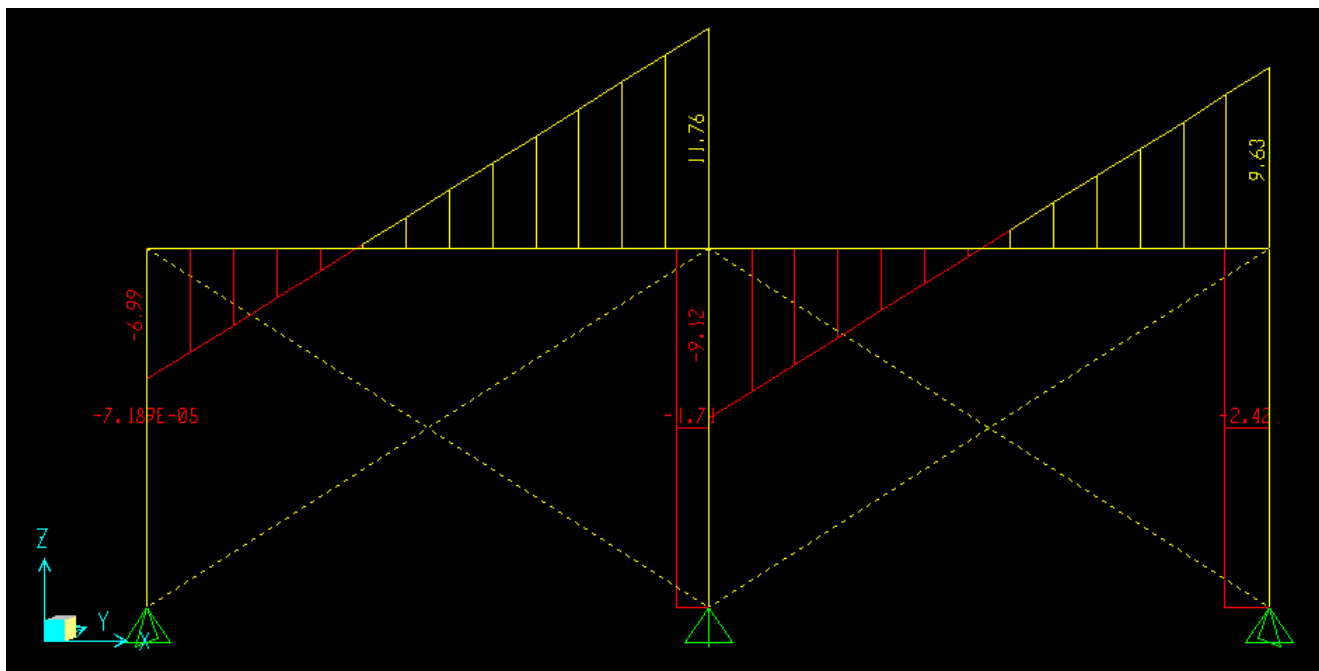
$$\{qe\}_5 = \begin{Bmatrix} 6.043 \\ 9.118 \\ 387.659 \\ -6.043 \\ 9.632 \\ -464.716 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_3 \\ vertic\_3 \\ mom\_3 \\ axial\_5 \\ vertic\_5 \\ mom\_5 \end{Bmatrix} \quad \{qe\}_6 = \begin{Bmatrix} -4.728 \\ 0.000 \\ 4.728 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_1 \\ vertic\_1 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \end{Bmatrix} \quad \{qe\}_7 = \begin{Bmatrix} 8.654 \\ 0.000 \\ -8.654 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_4 \\ vertic\_4 \\ axial\_2 \\ vertic\_2 \end{Bmatrix}$$

$$\{qe\}_8 = \begin{Bmatrix} -4.300 \\ 0.000 \\ 4.300 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_4 \\ vertic\_4 \\ axial\_5 \\ vertic\_5 \end{Bmatrix} \quad \{qe\}_9 = \begin{Bmatrix} 7.090 \\ 0.000 \\ -7.090 \\ 0.000 \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} axial\_6 \\ vertic\_6 \\ axial\_3 \\ vertic\_3 \end{Bmatrix}$$

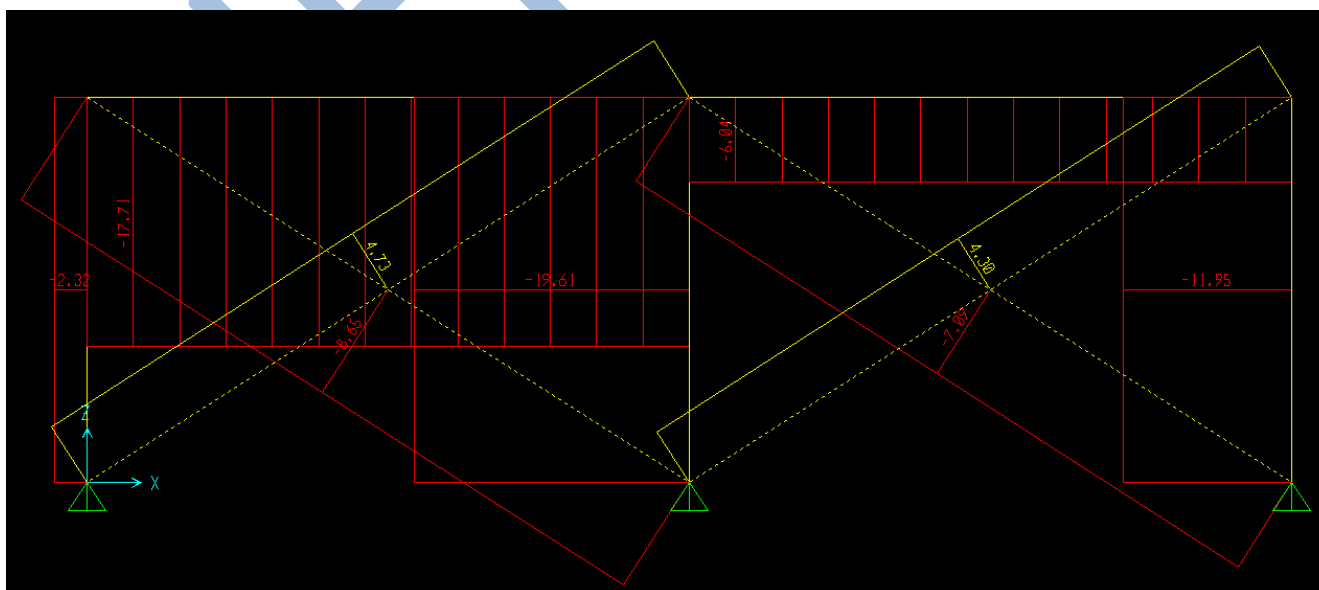
# METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

## COMPROBACIÓN DE RESULTADOS MODULANDO LA ESTRUCTURA EN EL SAP2000.

D.F.C. (kip)



D.F.A. (kip)



## METODO DE LA RIGIDEZ CON COSENOS DIRECTORES

D.M.F. (kip-pulg)

