UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

ANALISIS ESTRUCTURAL I

UNIDAD 3

MÉTODO DE LAS FUERZAS

Curso 2.023

Mg. Ing. DANIEL E. LÓPEZ

Introducción

Puente Rio Potomac. EEUU

Autopista Sacatekas. DF. México

ESTRUCTURAS HIPERESTÁTICAS

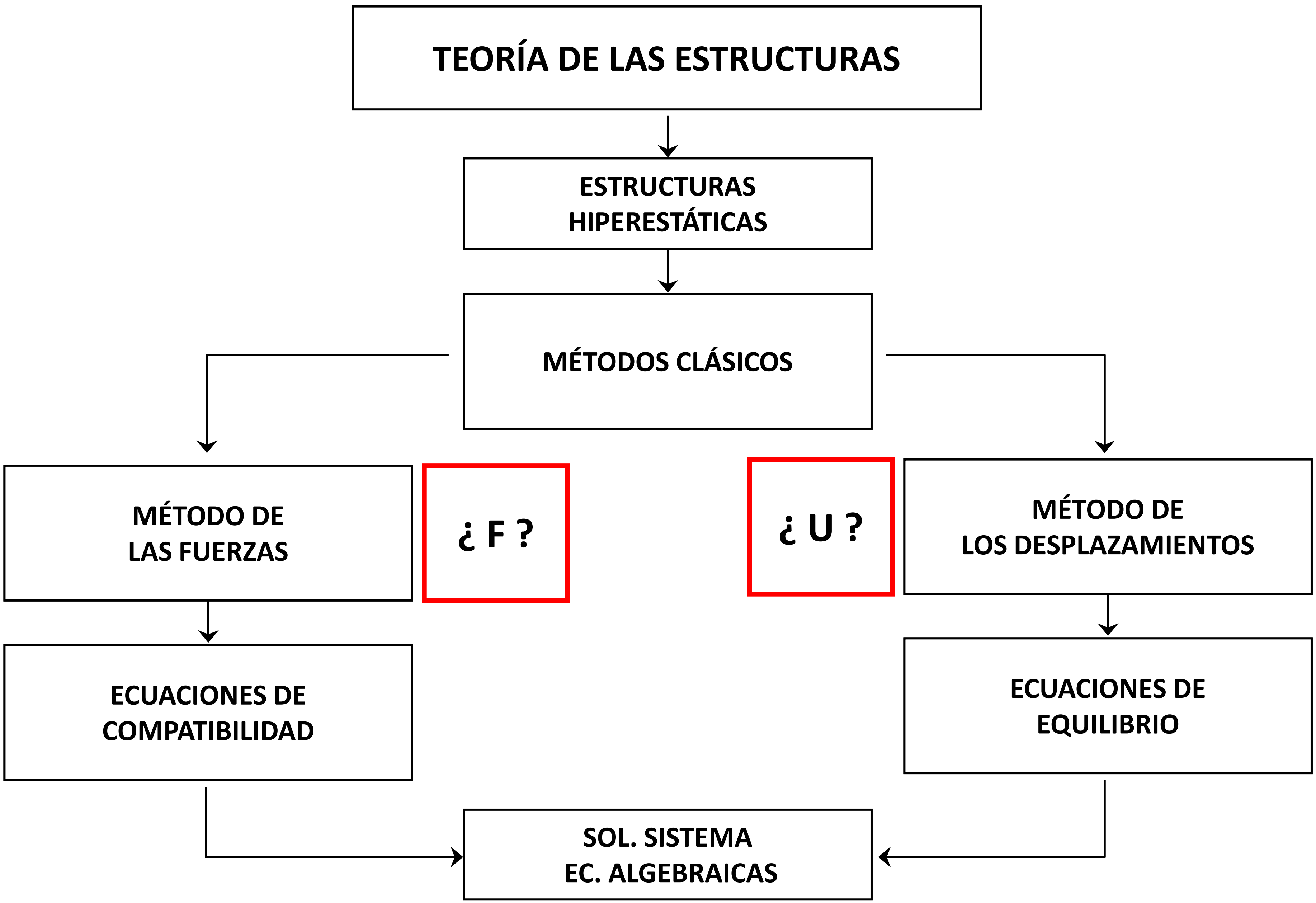
Introducción

Nave Bodega en Mendoza

Puente Río Maule. Chile

MÉTODOS CLÁSICOS

Introducción



MÉTODOS CLÁSICOS

Introducción

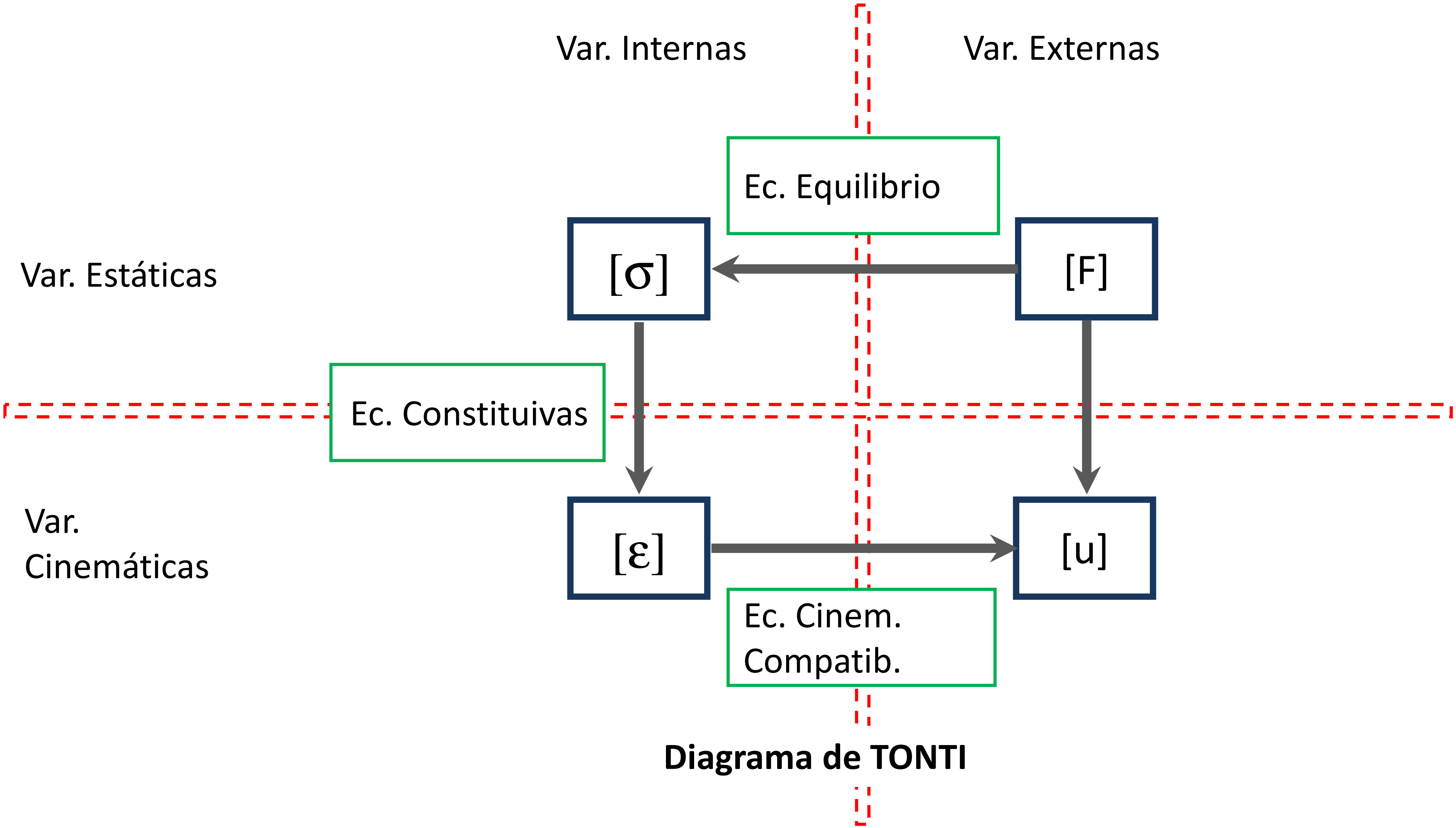


Diagrama de TONTI

GRADO DE HIPERESTATICIDAD

Introducción

$$GH = I - E$$

GH : Grado de hiperestaticidad.

I : Cantidad de Incógnitas hiperestáticas.

E : Ecuaciones de la estática.

$GH < 0$: Estructura Hipostática

$GH = 0$: Estructura Isostática

$GH > 0$: Estructura Hiperestática

$GH < 0 \rightarrow$ Estructura Inestable

$GH \geq 0 \rightarrow$ Condición necesaria
Estructura Estable

GRADO DE HIPERESTATICIDAD

Introducción

$$GH = I - E$$

GH : Grado de hiperestaticidad.

I : Cantidad de Incógnitas hiperestáticas.

E : Ecuaciones de la estática.

$$I = Vs + B + 2\,A^1 + 3\,R + 4\,A^2$$

$$E = 3\,N + 2\,V$$

Vs: Vínculos simples

B : Barras tracción/compresión

A^1: Articulación de 1° especie

R : Recintos cerrados / Unión rígida

A^2: Articulación de 2° especie

N: Número Chapas

V : Número Vértices

GRADO DE HIPERESTATICIDAD

Introducción

$$GH = I - E$$

$$I = Vs + B + 2\,A^1 + 3\,R + 4\,A^2$$

$$E = 3\,N + 2\,V$$

Vs: Vínculos simples

B : Barras tracción/compresión

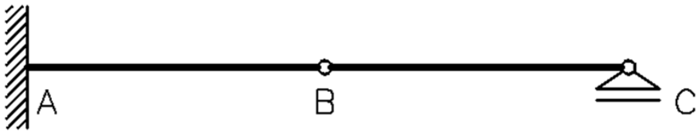
A^1: Articulación de 1° especie

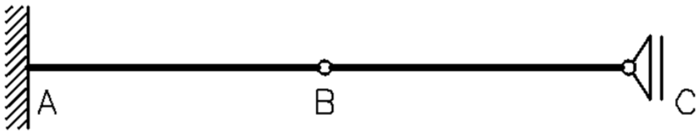
R : Recintos cerrados / Unión rígida

A^2: Articulación de 2° especie

N: Número Chapas

V : Número Vértices





Isostática Inestable

GRADO DE HIPERESTATICIDAD

Introducción

$$GH = I - E$$

$$I = Vs + B + 2\,A^1 + 3\,R + 4\,A^2$$

$$E = 3\,N + 2\,V$$

Vs: Vínculos simples

B : Barras tracción/compresión

A^1: Articulación de 1° especie

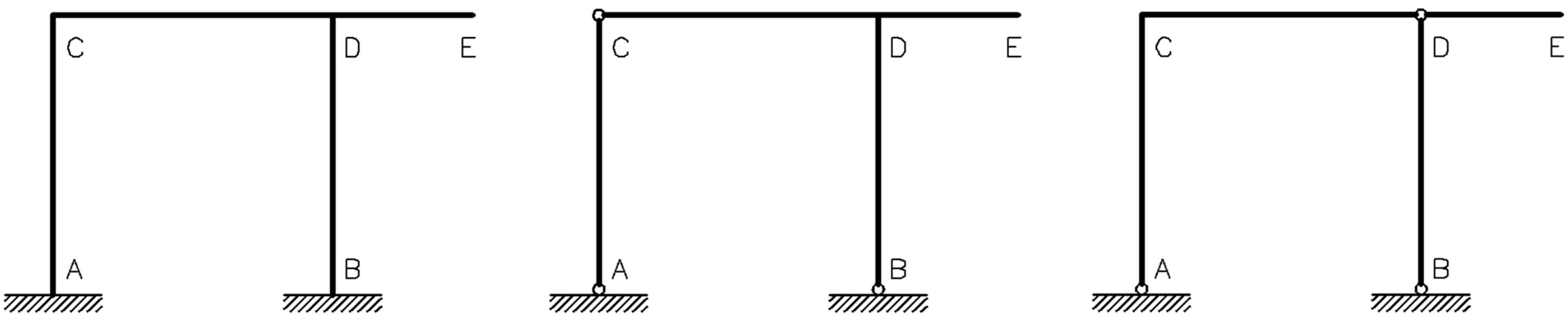
R : Recintos cerrados / Unión rígida

A^2: Articulación de 2° especie

N: Número Chapas

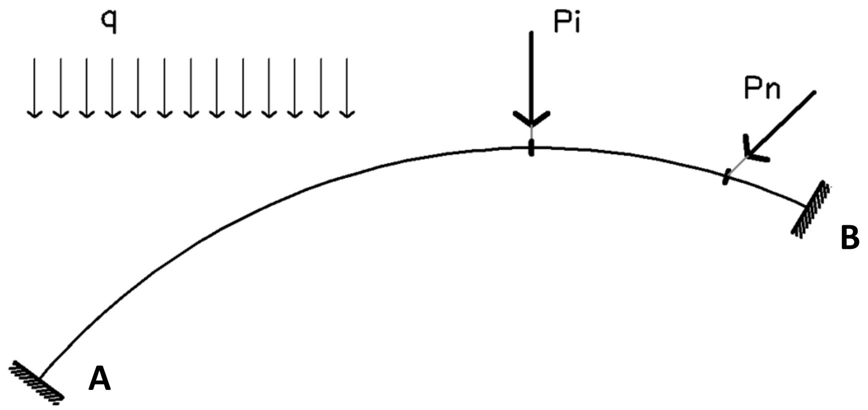
V : Número Vértices

Isostática Inestable

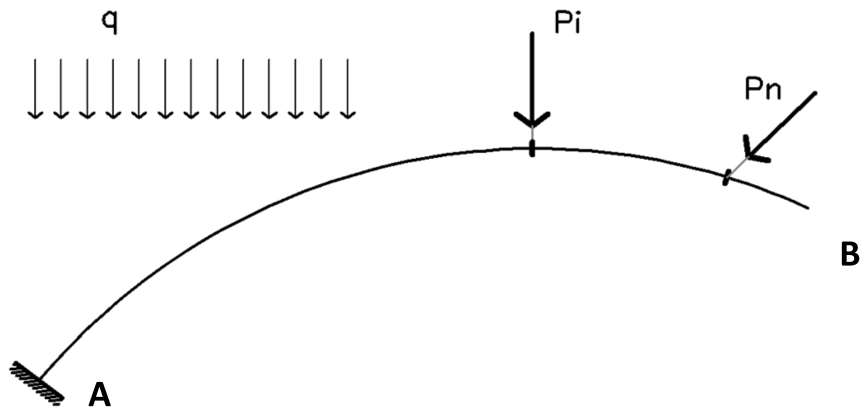


MÉTODO DE LAS FUERZAS

Estructura Original



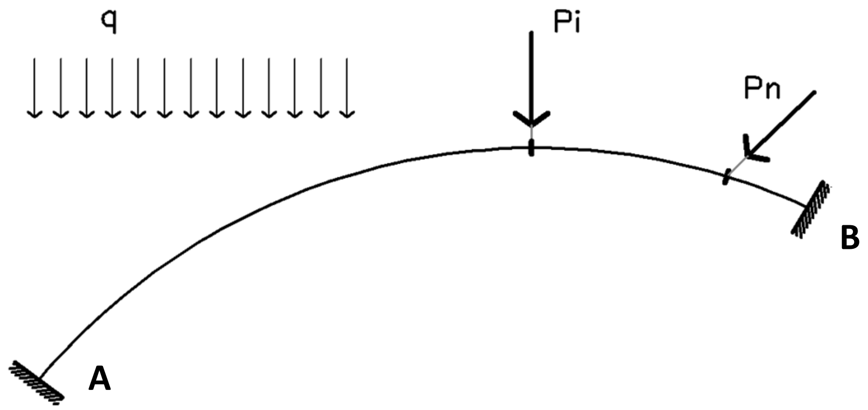
Sistema Fundamental



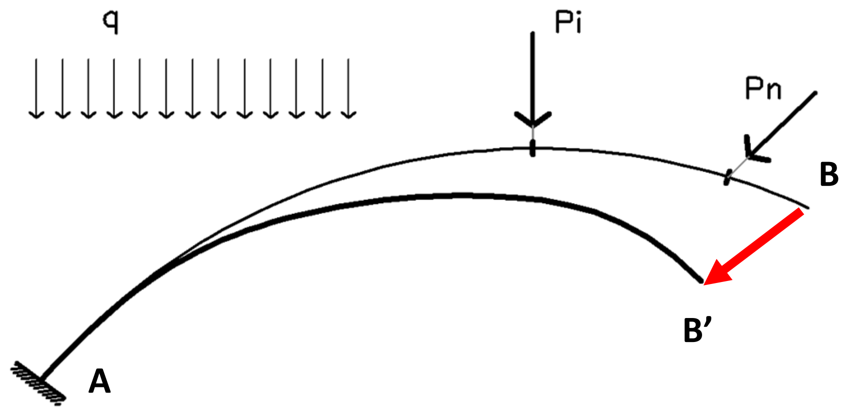
Sistema Fundamental: Se obtiene de la estructura original, eliminando vínculos (int/ext) hasta obtener una estructura isostática estable.

MÉTODO DE LAS FUERZAS

Estructura Original

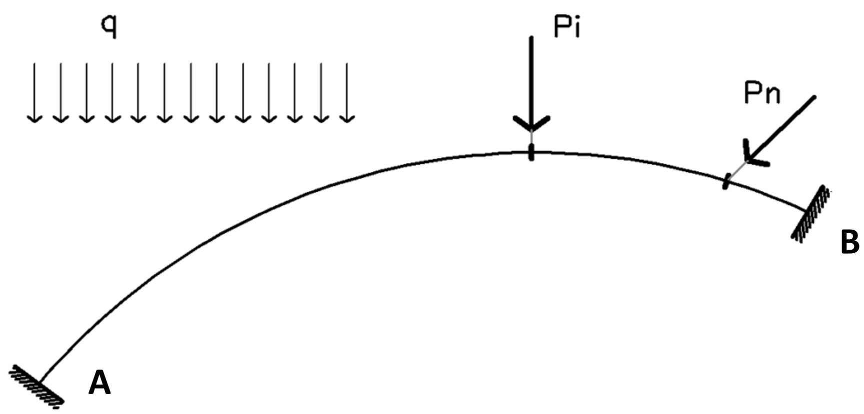


Sistema Fundamental

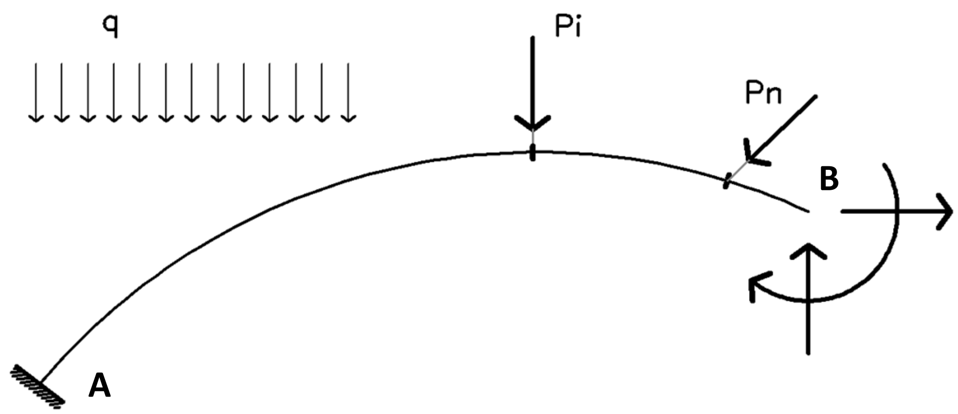


MÉTODO DE LAS FUERZAS

Estructura Original

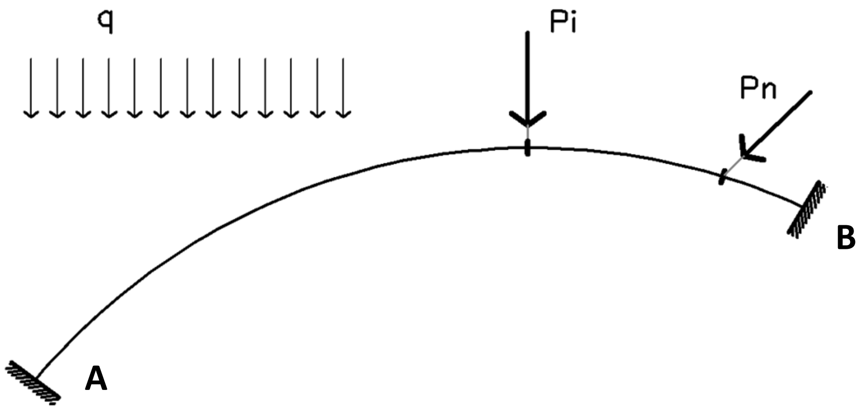


Sistema Fundamental

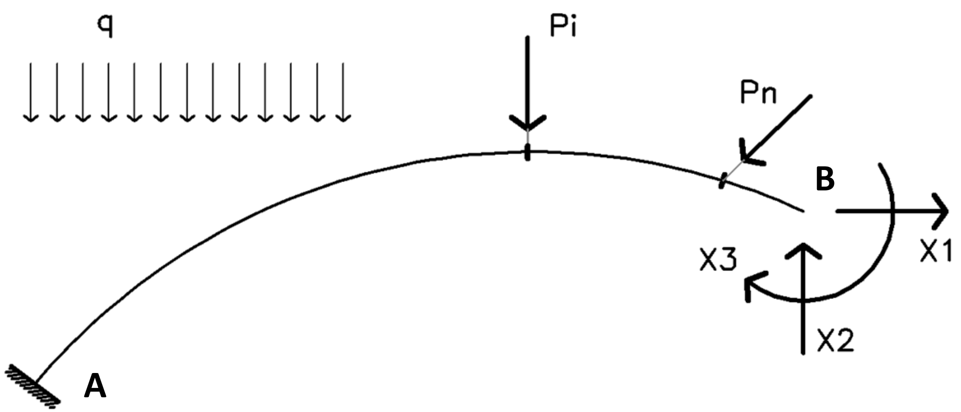


MÉTODO DE LAS FUERZAS

Estructura Original



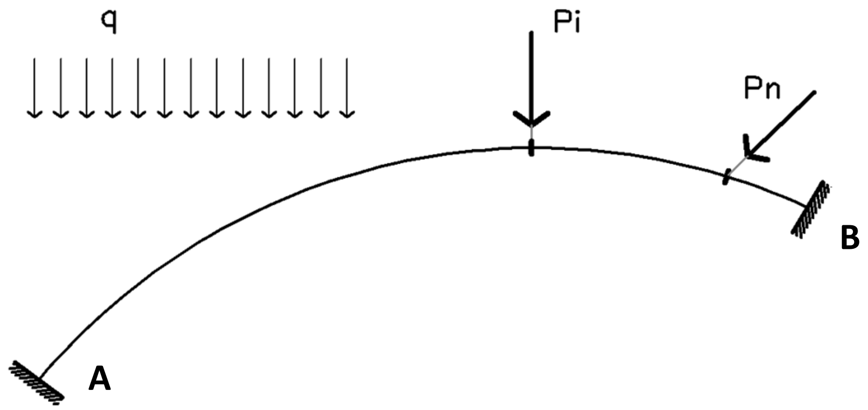
S. Isostático Equivalente



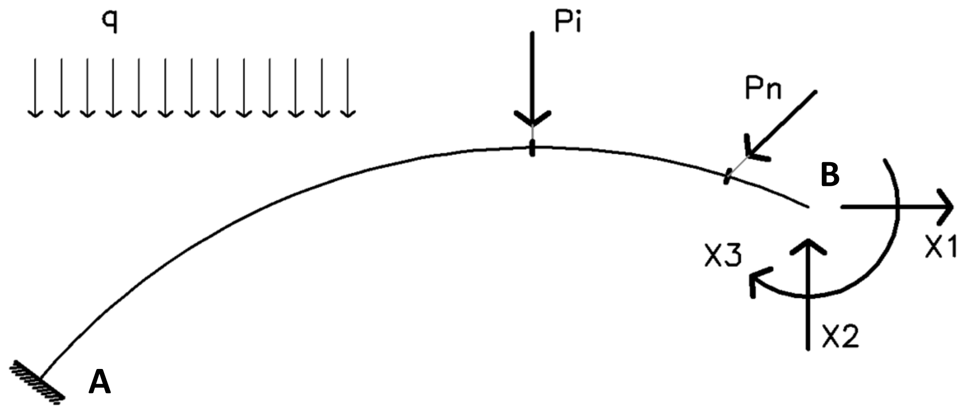
Los valores de las incógnitas X_i deben ser tales que restauren condiciones cinemáticas de la estructura original. Condiciones de Compatibilidad

MÉTODO DE LAS FUERZAS

Estructura Original



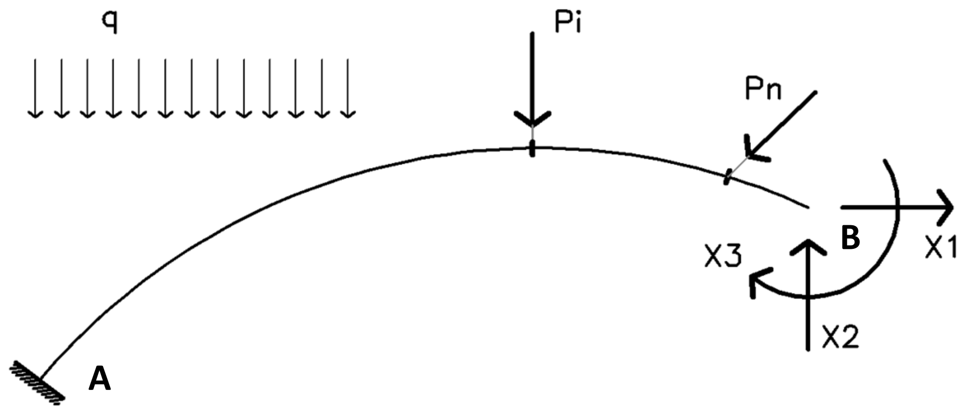
S. Isostático Equivalente



$$\Delta_1 = 0; \quad \Delta_2 = 0; \quad \Delta_3 = 0$$

MÉTODO DE LAS FUERZAS

S. Isostático Equivalente

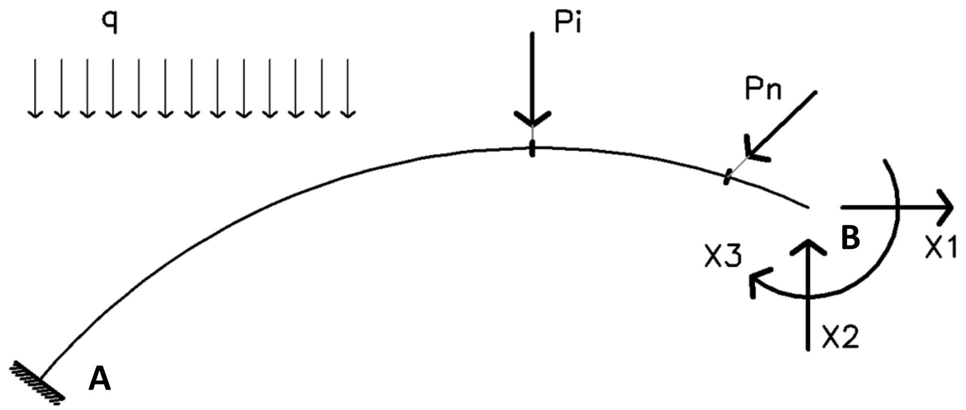


$$\Delta_1 = 0; \quad \Delta_2 = 0; \quad \Delta_3 = 0$$

¿ Quién ? P0 , X_1 , X_2 , X_3

MÉTODO DE LAS FUERZAS

S. Isostático Equivalente



$\Delta_1 = 0; \quad \Delta_2 = 0; \quad \Delta_3 = 0$

P I A S E

$$\Delta_1 = 0 \rightarrow \Delta_{10} + \Delta_{11} + \Delta_{12} + \Delta_{13} = 0$$

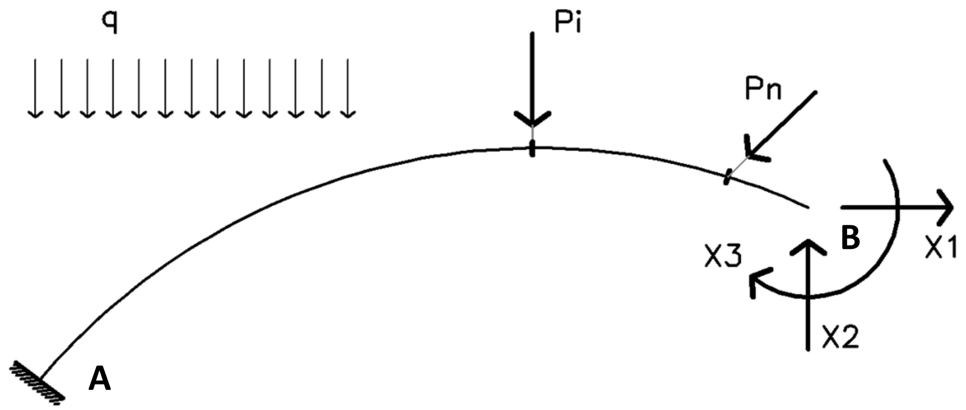
$$\Delta_2 = 0 \rightarrow \Delta_{20} + \Delta_{21} + \Delta_{22} + \Delta_{23} = 0$$

$$\Delta_3 = 0 \rightarrow \Delta_{30} + \Delta_{31} + \Delta_{32} + \Delta_{33} = 0$$

Δ_{ij}: Desplazamiento en la dirección de X_i provocado por una acción que actúa en la dirección X_j

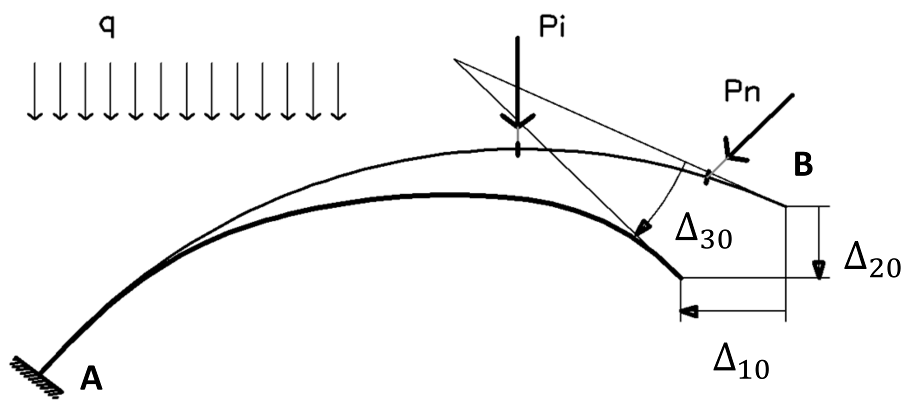
MÉTODO DE LAS FUERZAS

S. Isostático Equivalente



Desplazamientos provocados por P0: Δ_{10} ; Δ_{20} ; Δ_{30}

P0



¿ Donde ?

Sistema Fundamental

MÉTODO DE LAS FUERZAS

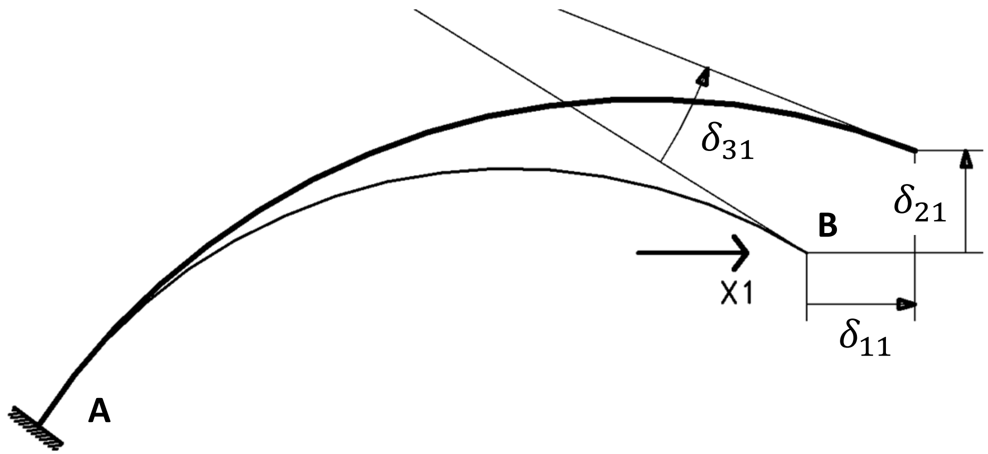
Desplazamientos provocados por X_1 , X_2 , X_3 : Δ_{ij}

$X_1 = ?\,;\quad X_2 = ?\,;\quad X_3 = ?$

$$\delta_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{P_j}$$

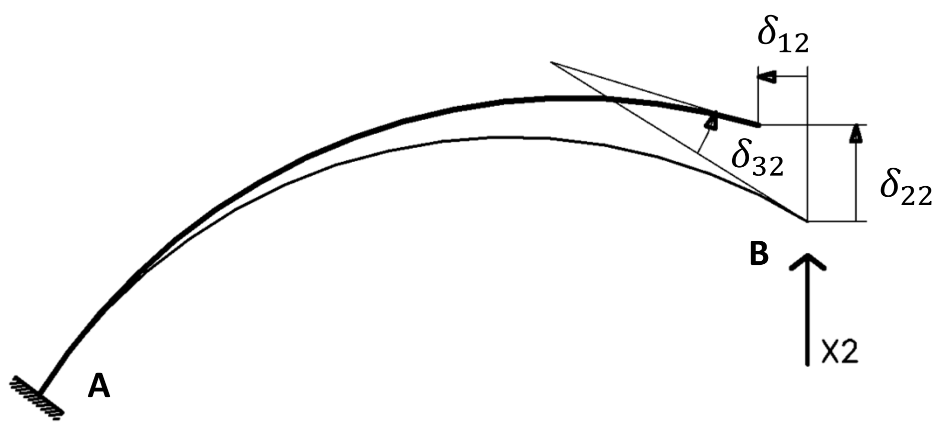
$\Delta_{ij} = \delta_{ij}\, Xj$

$X_1 = 1$



Sistema Fudamental

$X_2 = 1$



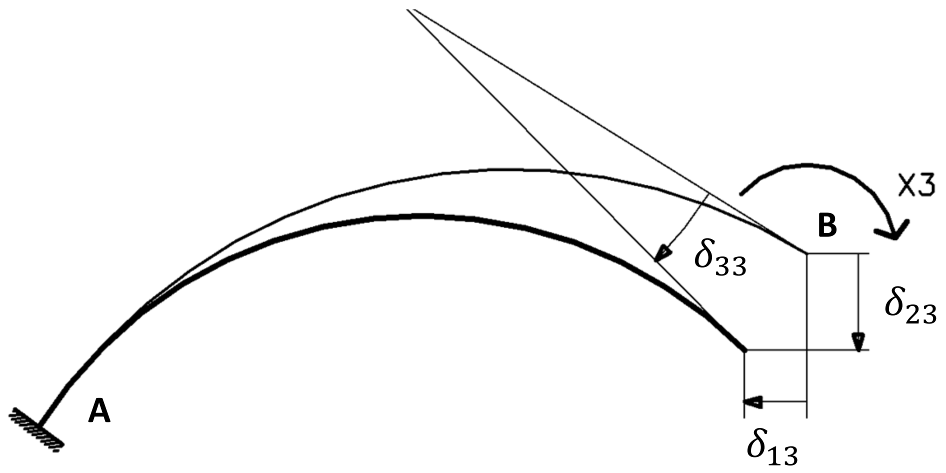
MÉTODO DE LAS FUERZAS

Desplazamientos provocados por X_1 , X_2 , X_3 : Δ_{ij}

$$X_1 = ? ; \quad X_2 = ? ; \quad X_3 = ?$$

$$\Delta_{ij} = \delta_{ij}\, Xj$$

$$X_3 = 1$$



Sistema Fudamental

δ_{ij}: Desplazamiento en la dirección de la incógnita X_i provocado por el valor unitario de la inconita X_j

MÉTODO DE LAS FUERZAS

Ecuaciones de Compatibilidad

$$\Delta_1 = 0 \rightarrow \Delta_{10} + \Delta_{11} + \Delta_{12} + \Delta_{13} = 0$$

$$\Delta_2 = 0 \rightarrow \Delta_{20} + \Delta_{21} + \Delta_{22} + \Delta_{23} = 0$$

$$\Delta_3 = 0 \rightarrow \Delta_{30} + \Delta_{31} + \Delta_{32} + \Delta_{33} = 0$$

Ecuaciones de Compatibilidad $\rightarrow$ **Sistema de Ecuaciones**

$$\Delta_1 = 0 \rightarrow \Delta_{10} + \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \delta_{13}X_3 = 0$$

$$\Delta_2 = 0 \rightarrow \Delta_{20} + \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \delta_{23}X_3 = 0$$

$$\Delta_3 = 0 \rightarrow \Delta_{30} + \delta_{31}X_1 + \delta_{32}X_2 + \delta_{33}X_3 = 0$$

MÉTODO DE LAS FUERZAS

Generalización *n* Incógnitas

$$\Delta_1 = 0 \;\rightarrow\; \Delta_{10} + \delta_{11}X_1 + \delta_{12}X_2 + \cdots + \delta_{1n}X_n = 0$$

$$\Delta_2 = 0 \;\rightarrow\; \Delta_{20} + \delta_{21}X_1 + \delta_{22}X_2 + \cdots + \delta_{2n}X_n = 0$$

$$\vdots \quad + \quad \vdots \quad + \quad \vdots \quad + \cdots + \quad \vdots \quad = 0$$

$$\Delta_n = 0 \;\rightarrow\; \Delta_{n0} + \delta_{n1}X_1 + \delta_{n2}X_2 + \cdots + \delta_{nn}X_n = 0$$

Notación Matricial

$$[\Delta_{i0}] + [\delta_{ij}]\,[X_j] = 0$$

MÉTODO DE LAS FUERZAS

Generalización *n* Incógnitas

$$[\Delta_{i0}] + [\delta_{ij}]\,[X_j] = 0$$

$[\Delta_{i0}]$: Vector de términos independientes.

Desplazamientos en la dirección de las incógnitas, provocados por el sistema de cargas, actuando sobre el sistema fundamental.

$[\delta_{ij}]$: Matriz de Flexibilidad.

Desplazamientos en la dirección de las incógnitas, provocados por los valores unitarios de estas, actuando sucesivamente sobre el sistema fundamental.

- Independiente de las cargas sobre la estructura.
- Depende del material, la geometría y de las condiciones de vínculo del sistema fundamental.
- Es una matriz cuadrada.
- Es una matriz simétrica $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ (Teorema de Maxwell)
- En general es diagonal dominante, pero no siempre. $\delta_{ii} > |\delta_{ij}|$
- Es positiva definida. Es inversible.

$[X_j]$: Vector de Incógnitas.

Fuerzas en vínculos externos y/o internos. Reacciones y/o Esfuerzos Internos

APLICACIÓN MÉTODO DE LAS FUERZAS

Pasos

1. Determinar el GH
2. Definir el sistema fundamental. SF
3. Definir la incógnitas. SIE
4. Plantear las ecuaciones de compatibilidad. $\Delta_i = 0$
5. Calcular Δ_{i0} aplicando TTV
6. Calcular δ_{ij} aplicando TTV
7. Resolver el SEL. $[\Delta_{i0}] + [\delta_{ij}] [X_j] = 0$
8. Calcular los diagramas de esfuerzos internos.

APLICACIÓN MÉTODO DE LAS FUERZAS

Cálculo de Esfuerzos Internos

PIASE

$$M = M_{(0)} + M_{(1)} + M_{(2)} + \cdots + M_{(n)}$$

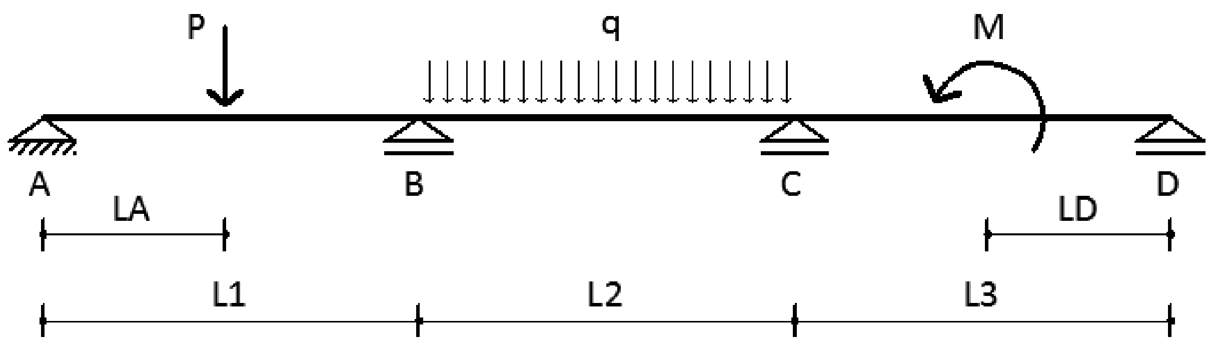
$$M = M_{(0)} + m_{(1)}X_1 + m_{(2)}X_2 + \cdots + m_{(n)}X_n$$

$M_{(0)}$: Momentos debidos al sistema P0 actuando sobre el SF.

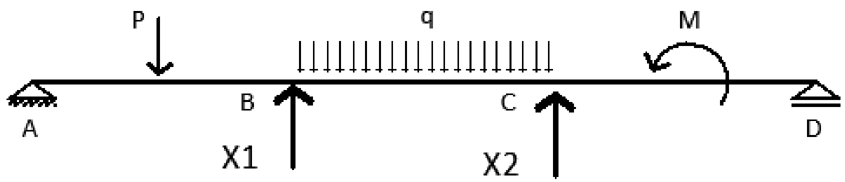
$m_{(i)}$: Momentos debidos a los valores unitarios de la incógnitas, actuando sobre el sistema fundamental.

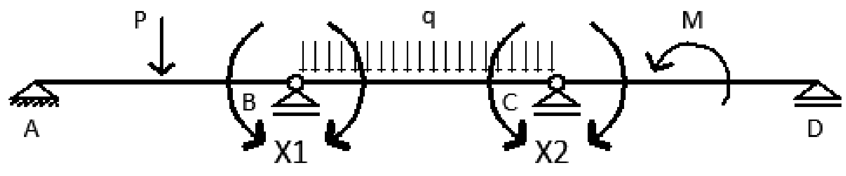
X_i : Valor de la incógnita.

VIGA CONTINUA



S I E





$$\Delta 1 = 0;\ \Delta 2 = 0$$

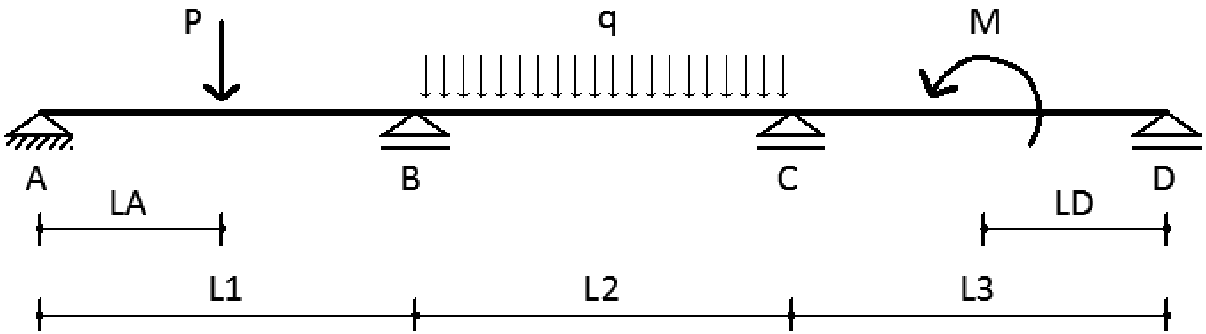
$$\Delta 10 + \Delta 11 + \Delta 12 = 0$$

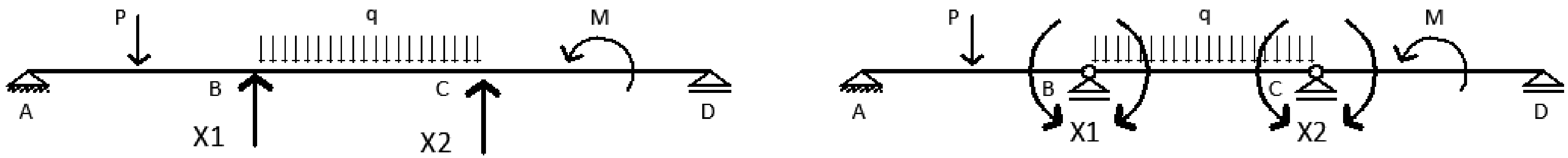
$$\Delta 20 + \Delta 21 + \Delta 22 = 0$$

$$\Delta 10 + \delta 11\, X1 + \delta 12\, X2 = 0$$

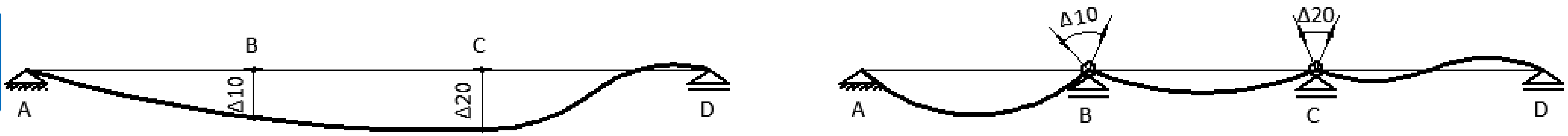
$$\Delta 20 + \delta 21\, X1 + \delta 22\, X2 = 0$$

VIGA CONTINUA

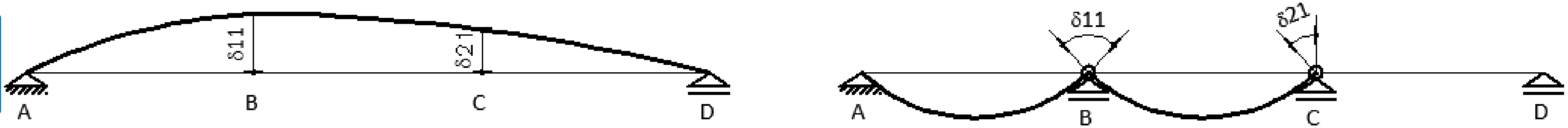




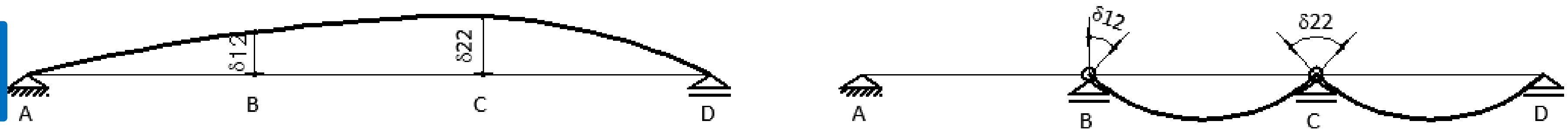
P0



X1=1

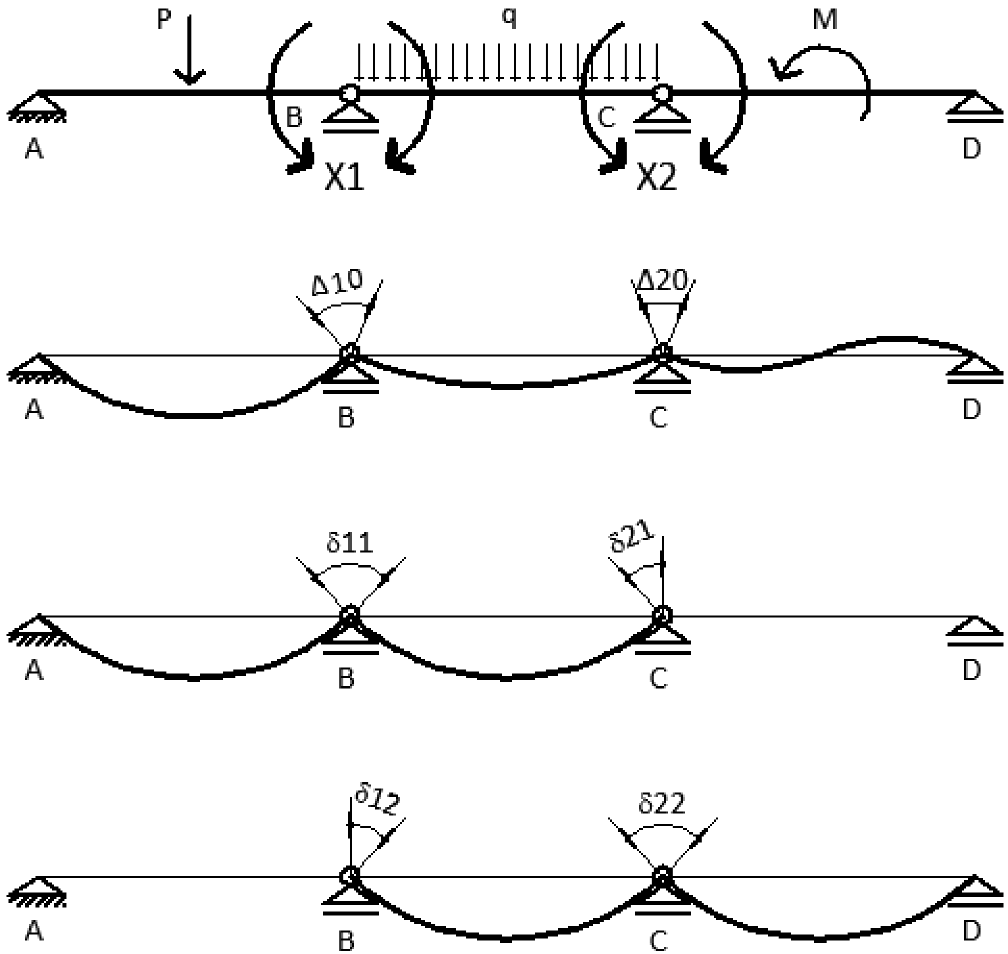


X2=1



VIGA CONTINUA

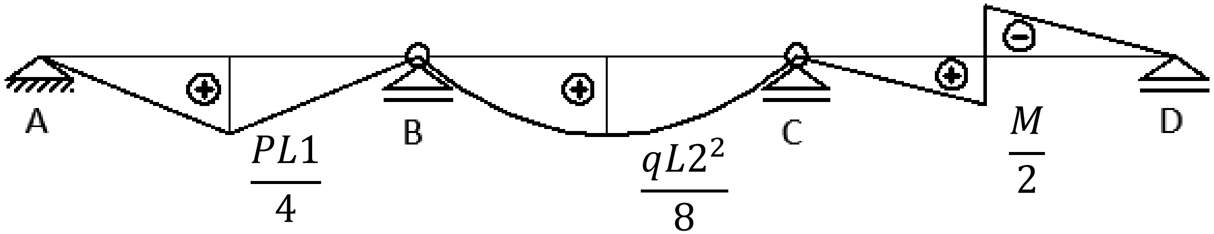
$$\bar{P}\ \ \eta\ = \int_L \bar{N}\left(\frac{N}{EF} + \frac{ti+ts}{2}\alpha\right)dx + \int_L \psi\frac{\bar{Q}Q}{GF}dx + \int_L \bar{M}\left(\frac{M}{EJ} + \frac{ti-ts}{h}\alpha\right)dx + \int_L \frac{\bar{M}tMt}{GJt}dx$$



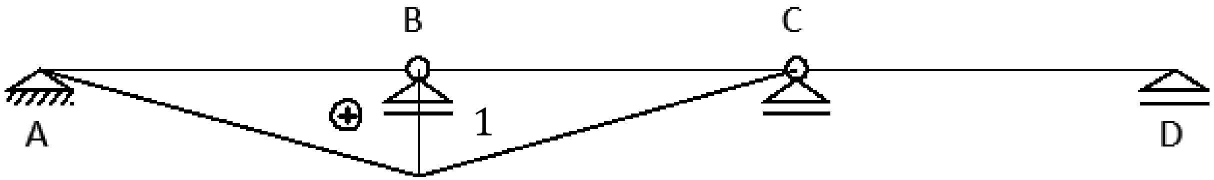
VIGA CONTINUA

$$\bar{P}\ \ \eta\ = \int_L \bar{N}\left(\frac{N}{EF} + \frac{ti + ts}{2}\alpha\right)dx + \int_L \psi\frac{\bar{Q}Q}{GF}dx + \int_L \bar{M}\left(\frac{M}{EJ} + \frac{ti - ts}{h}\alpha\right)dx + \int_L \frac{\bar{M}tMt}{GJt}dx$$

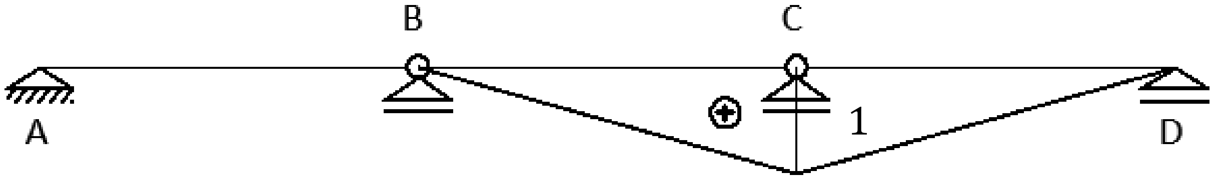
M0



M1
X1=1



M2
X2=1



$$\Delta 10 = \int \frac{\overline{M1}M0}{EJ}dx$$

$$\Delta 20 = \int \frac{\overline{M2}M0}{EJ}dx$$

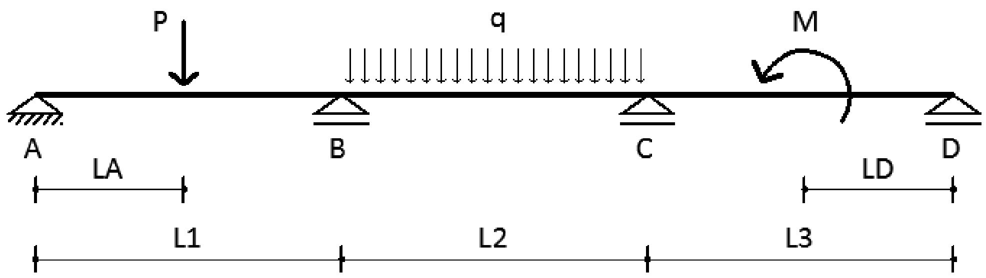
$$\delta 11 = \int \frac{\overline{M1}M1}{EJ}dx$$

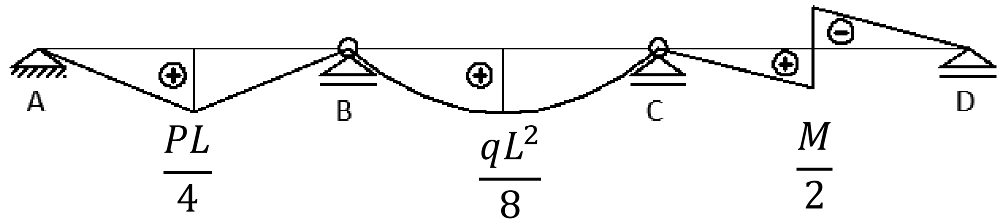
$$\delta 12 = \int \frac{\overline{M1}M2}{EJ}dx$$

$$\delta 21 = \int \frac{\overline{M2}M1}{EJ}dx$$

$$\delta 22 = \int \frac{\overline{M2}M2}{EJ}dx$$

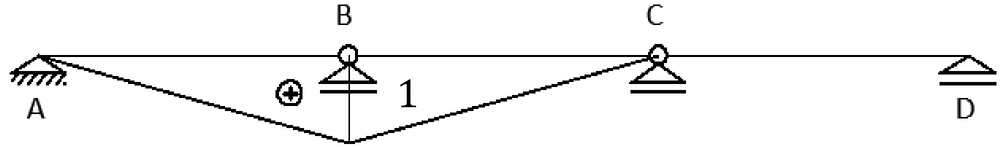
VIGA CONTINUA

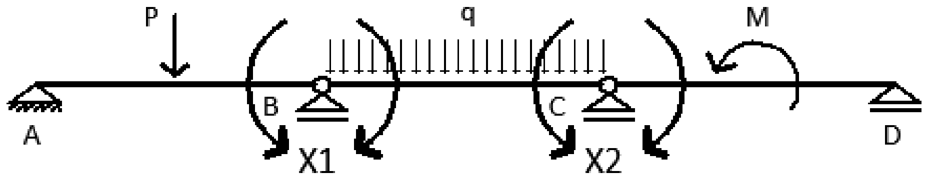


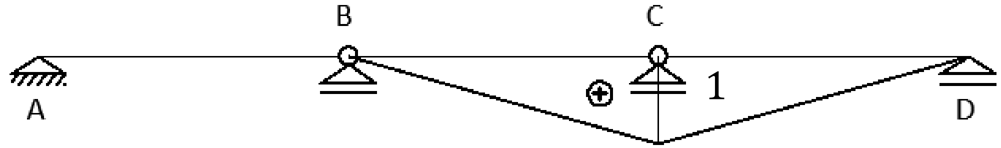


L1=L2=L3= 4.00m, LA=LD= 2.00m

P= 20 kN, q= 30 kN/m, M= 120 kNm







$$\Delta 10 = \frac{1}{4EJ}\frac{PL}{4}\ 1\ L + \frac{1}{3EJ}\left(\frac{qL^2}{8}\right)\ 1\ L = \frac{1}{EJ}(20+80) = \frac{100}{EJ}$$

$$\Delta 20 = \frac{1}{3EJ}\left(\frac{qL^2}{8}\right)\ 1\ L + \frac{1}{12EJ}\frac{M}{2}\ 1\ L = \frac{1}{EJ}(80+20) = \frac{100}{EJ}$$

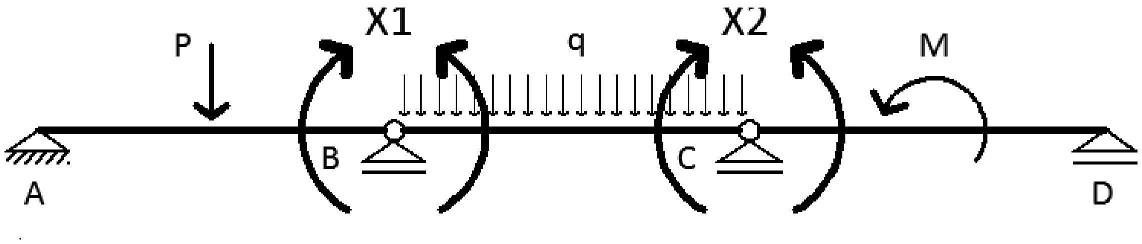
$$\delta 11 = \frac{1}{3EJ}\ 1\ 1\ L + \frac{1}{3EJ}\ 1\ 1\ L = \frac{8}{3EJ}$$

$$\delta 12 = \frac{1}{6EJ}\ 1\ 1\ L = \frac{2}{3EJ}$$

$$\delta 21 = \frac{1}{6EJ}\ 1\ 1\ L = \frac{2}{3EJ}$$

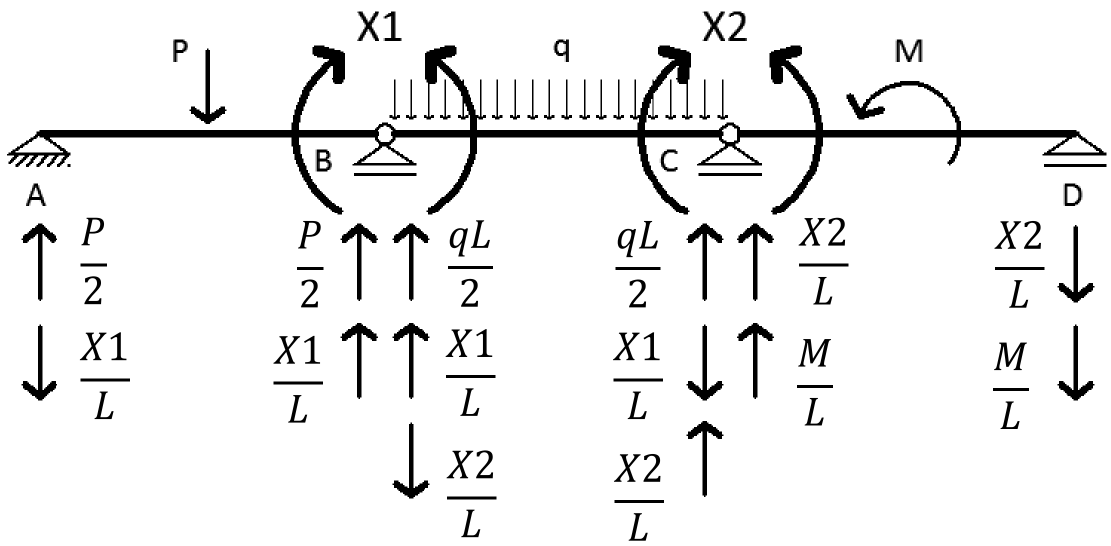
$$\delta 22 = \frac{1}{3EJ}\ 1\ 1\ L + \frac{1}{3EJ}\ 1\ 1\ L = \frac{8}{3EJ}$$

VIGA CONTINUA



$$\frac{8}{3}X1 + \frac{2}{3}X2 = -100 \qquad X1 = -30kNm$$

$$\frac{2}{3}X1 + \frac{8}{3}X2 = -100 \qquad X2 = -30kNm$$



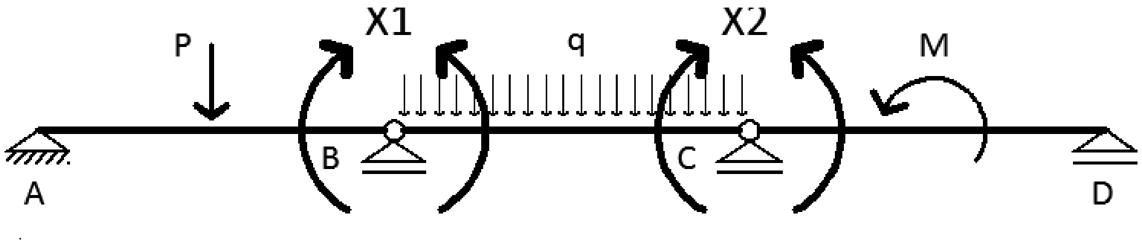
$RA = 2.50kN\ (\uparrow)$

$RB = 77.50kN\ (\uparrow)$

$RC = 97.50kN\ (\uparrow)$

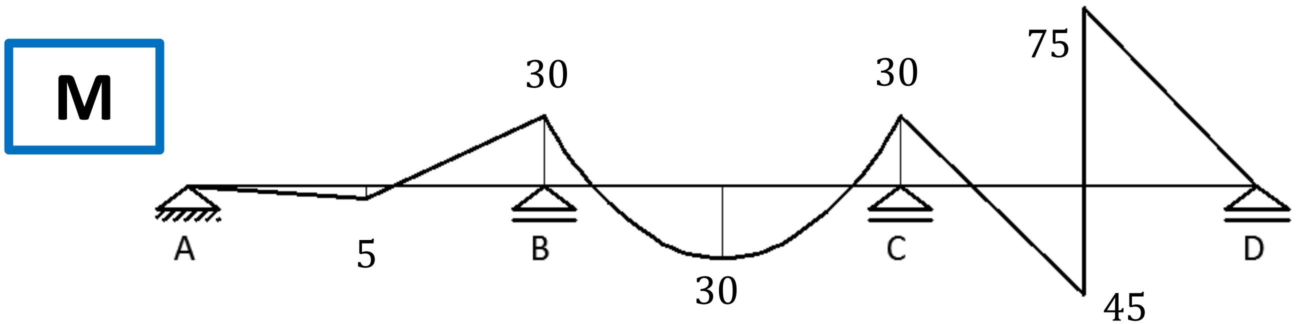
$RD = 37.50kN\ (\downarrow)$

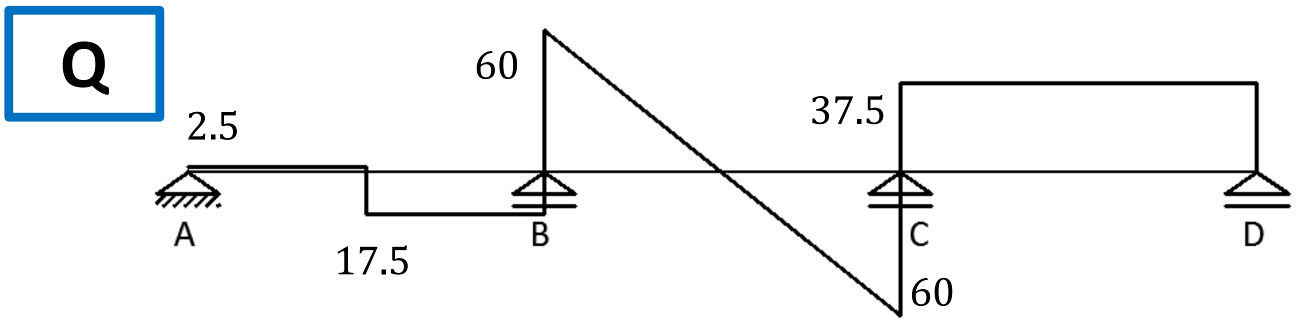
VIGA CONTINUA



$$X1 = -30kNm$$

$$X2 = -30kNm$$





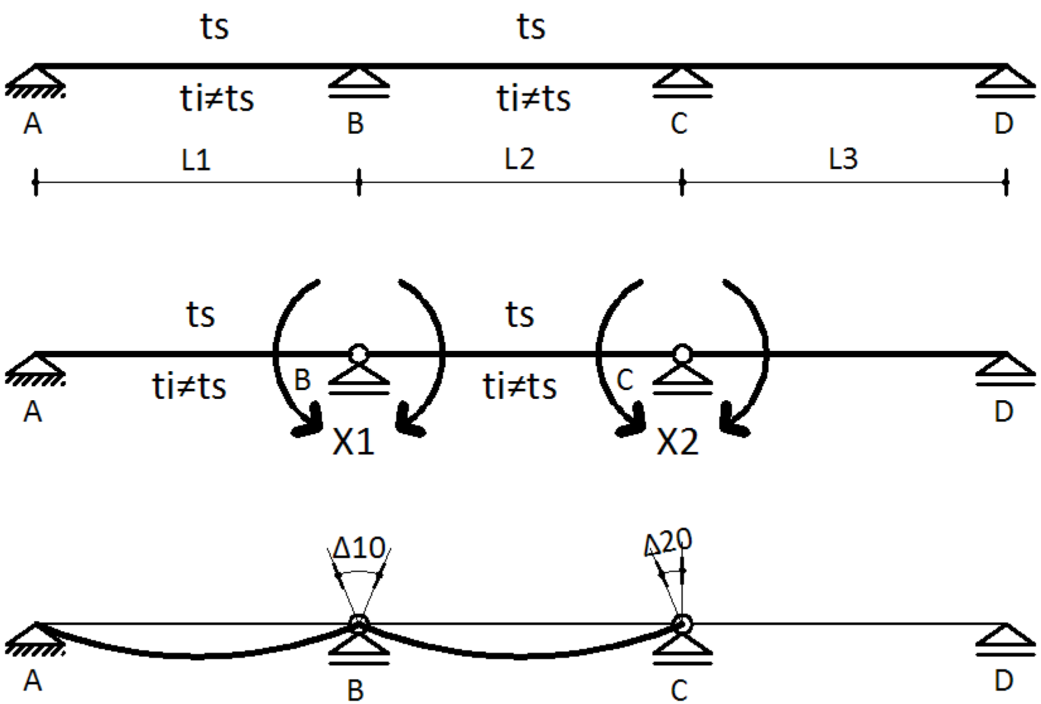
$$RA = 2.50kN\ (\uparrow)$$

$$RB = 77.50kN\ (\uparrow)$$

$$RC = 97.50kN\ (\uparrow)$$

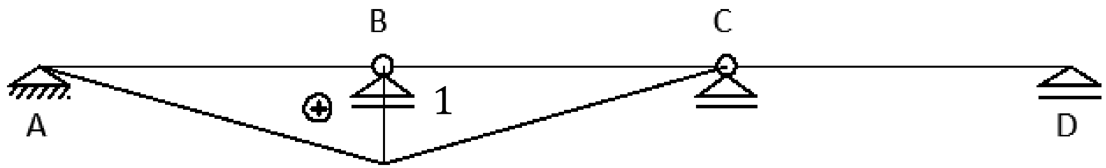
$$RD = 37.50kN\ (\downarrow)$$

VARIACIÓN DE TEMPERATURA



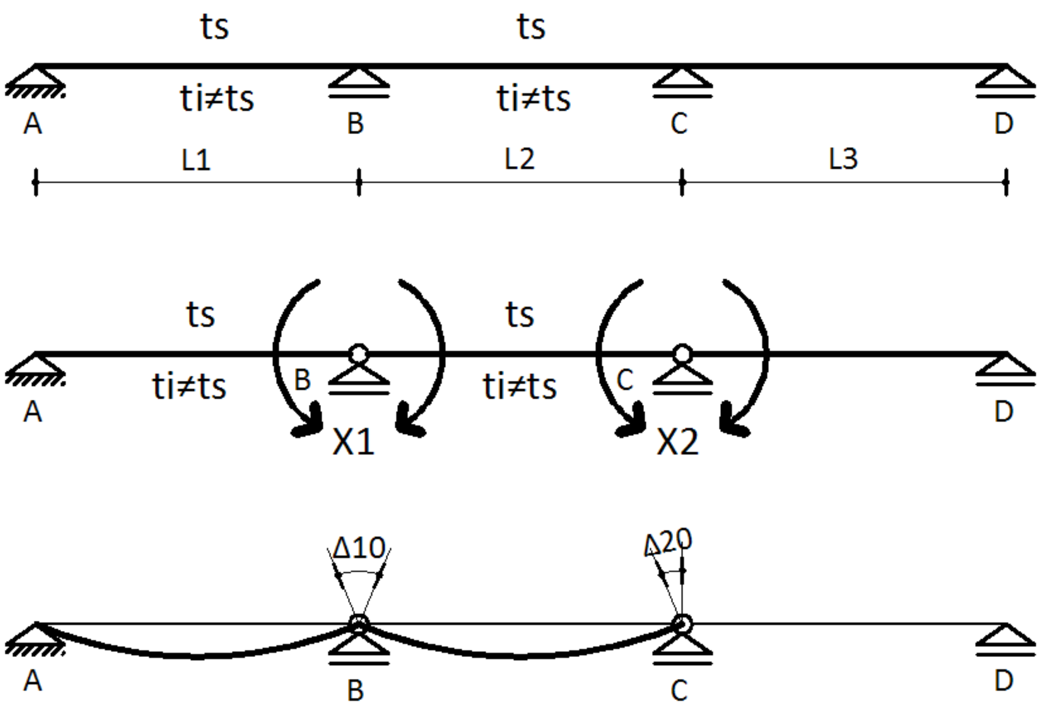
$$\bar{M}\quad\theta\quad=\int_L \bar{N}\left(\frac{N}{EF}+\frac{ti+ts}{2}\alpha\right)dx+\int_L \psi\frac{\bar{Q}Q}{GF}dx+\int_L \bar{M}\left(\frac{M}{EJ}+\frac{ti-ts}{h}\alpha\right)dx$$

$$\bar{M}\quad\theta\quad=\int_L \bar{M}\left(\frac{ti-ts}{h}\alpha\right)dx$$



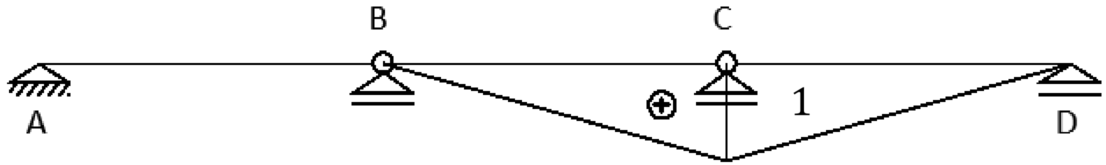
$$\Delta 10=\int_{L1}\frac{x}{L1}\nabla t\alpha dx+\int_{L2}\left(1-\frac{x}{L2}\right)\nabla t\alpha dx$$

VARIACIÓN DE TEMPERATURA



$$\bar{M}\quad\theta\quad=\int_L \bar{N}\left(\frac{N}{EF}+\frac{ti+ts}{2}\alpha\right)dx+\int_L \psi\frac{\bar{Q}Q}{GF}dx+\int_L \bar{M}\left(\frac{M}{EJ}+\frac{ti-ts}{h}\alpha\right)dx$$

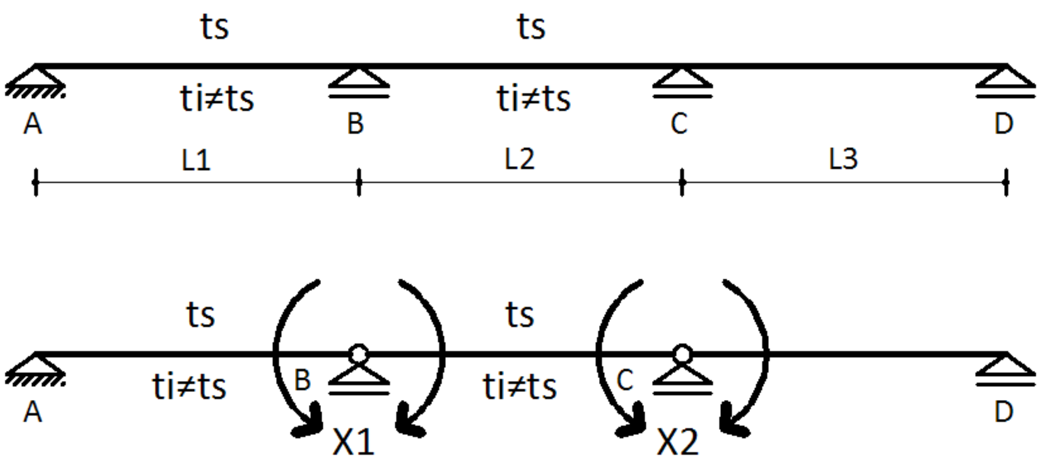
$$\bar{M}\quad\theta\quad=\int_L \bar{M}\left(\frac{ti-ts}{h}\alpha\right)dx$$



$$\Delta 10=\int_{L1}\frac{x}{L1}\nabla t\alpha dx+\int_{L2}\left(1-\frac{x}{L2}\right)\nabla t\alpha dx$$

$$\Delta 20=\int_{L2}\frac{x}{L2}\nabla t\alpha dx$$

VARIACIÓN DE TEMPERATURA



L1=L2=L3= 4.00m
h= 0.50m, b=0.20m
J= 2.083x10^{-3} m^{4}
ts= 50 ºC
ti= 20 ºC
α= 1.5x10^{-5} 1/ºC
E= 20000 MPa

$$\nabla t = \frac{20-50}{0.5}\frac{ºC}{m} = -60\frac{ºC}{m}$$

$$\Delta 10 = \int_L \frac{x}{L}\nabla t\alpha dx + \int_L \left(1-\frac{x}{L}\right)\nabla t\alpha dx = \alpha\nabla t\left(\frac{L}{2}+\frac{L}{2}\right) = \alpha\nabla tL = -0.0036$$

$$\Delta 20 = \int_L \frac{x}{L}\nabla t\alpha dx = \alpha\nabla t\frac{L}{2} = -0.0018$$

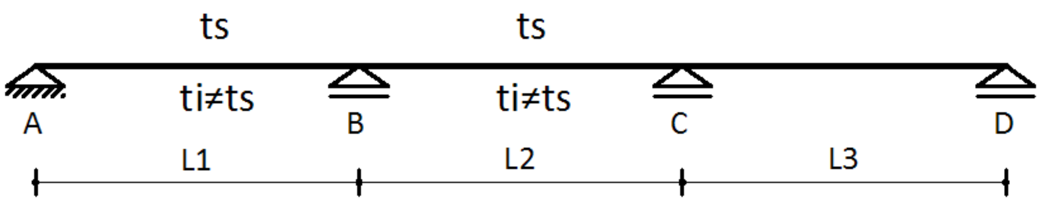
$$\delta 11 = \frac{1}{3EJ}\,1\,1\,L + \frac{1}{3EJ}\,1\,1\,L = \frac{8}{3EJ}$$

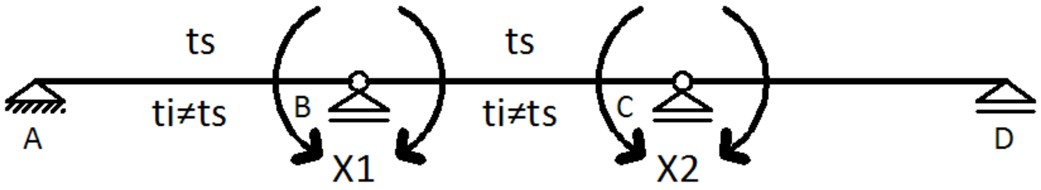
$$\delta 12 = \frac{1}{6EJ}1\,1\,L = \frac{2}{3EJ}$$

$$\delta 21 = \frac{1}{6EJ}1\,1\,L = \frac{2}{3EJ}$$

$$\delta 22 = \frac{1}{3EJ}\,1\,1\,L + \frac{1}{3EJ}\,1\,1\,L = \frac{8}{3EJ}$$

VARIACIÓN DE TEMPERATURA





L1=L2=L3= 4.00m

h= 0.50m, b=0.20m

J= 2.083×10^{-3} m^4

ts= 50 ºC

ti= 20 ºC

α= 1.5×10^{-5} 1/ºC

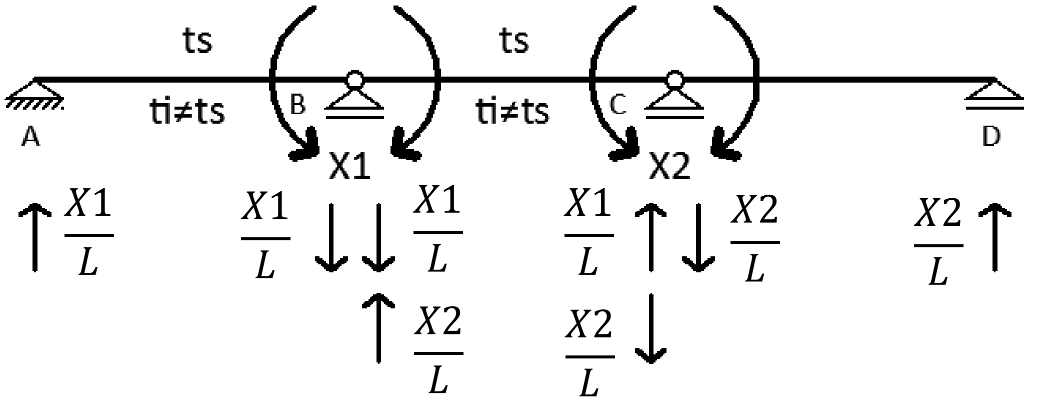
E= 20000 MPa

$$\frac{8}{3EJ}X1 + \frac{2}{3EJ}X2 = 0.0036$$

$$\frac{2}{3EJ}X1 + \frac{8}{3EJ}X2 = 0.0018$$

$$X1 = 55.12kNm$$

$$X2 = 15.75kNm$$



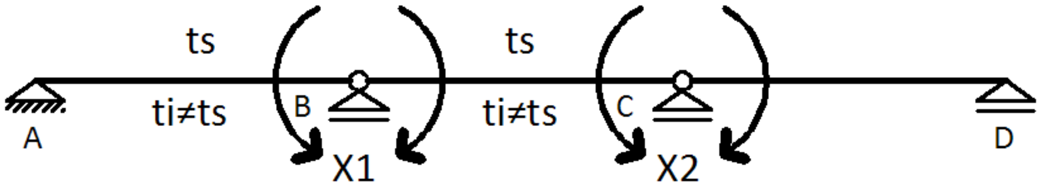
$$RA = 13.78kN\ (\uparrow)$$

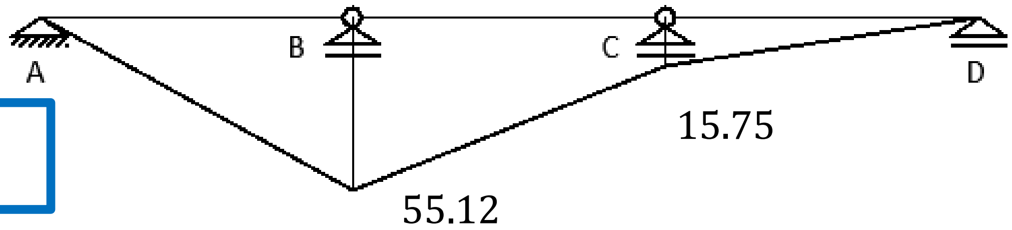
$$RB = 26.63kN\ (\downarrow)$$

$$RC = 5.91kN\ (\uparrow)$$

$$RD = 3.94kN\ (\downarrow)$$

VARIACIÓN DE TEMPERATURA

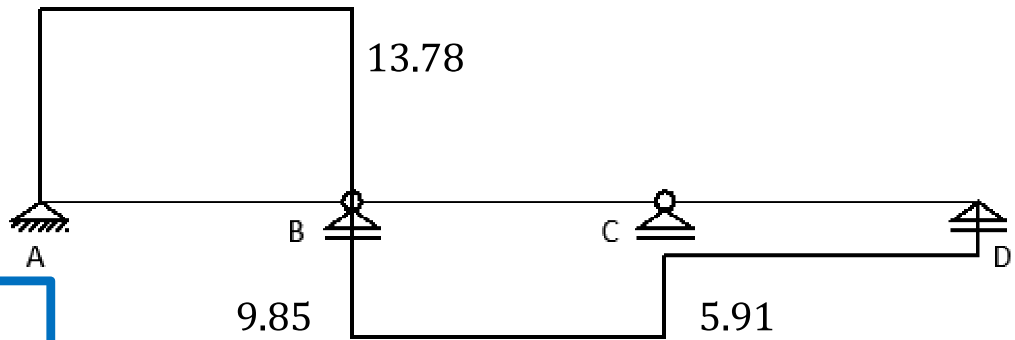




M

$$X1 = 55.12kNm$$

$$X2 = 15.75kNm$$



Q

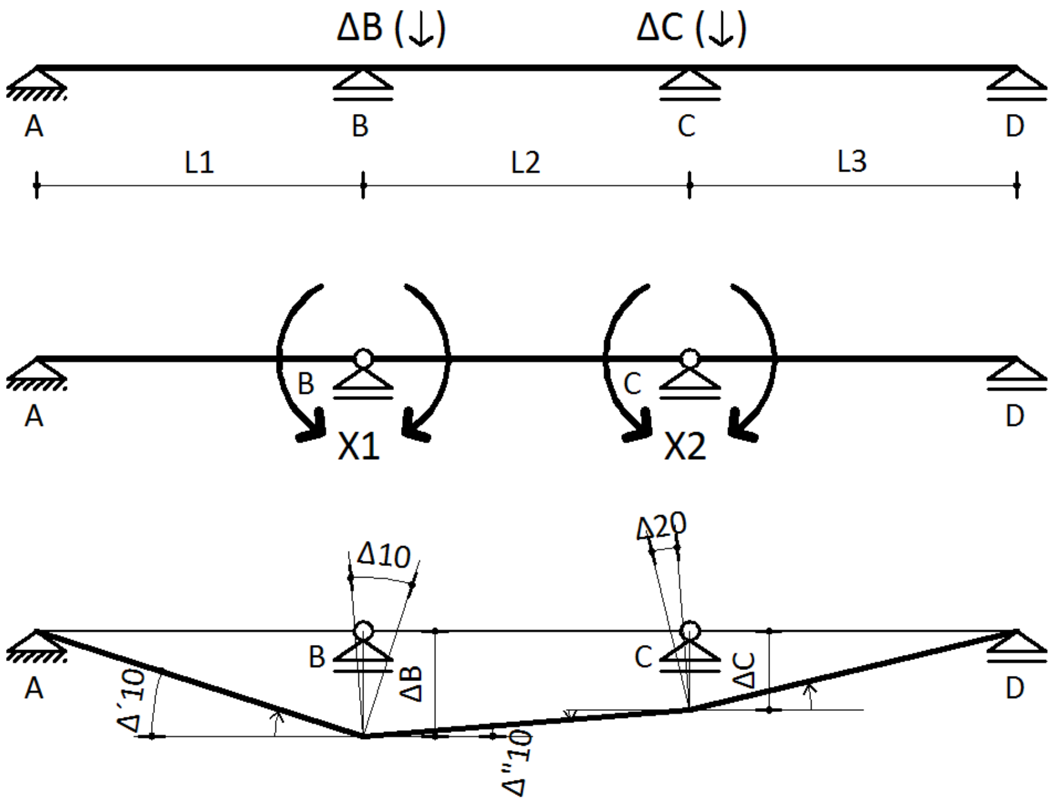
$$RA = 13.78kN\ (\uparrow)$$

$$RB = 23.63kN\ (\downarrow)$$

$$RC = 5.91kN\ (\uparrow)$$

$$RD = 3.94kN\ (\downarrow)$$

DESCENSO DE APOYOS



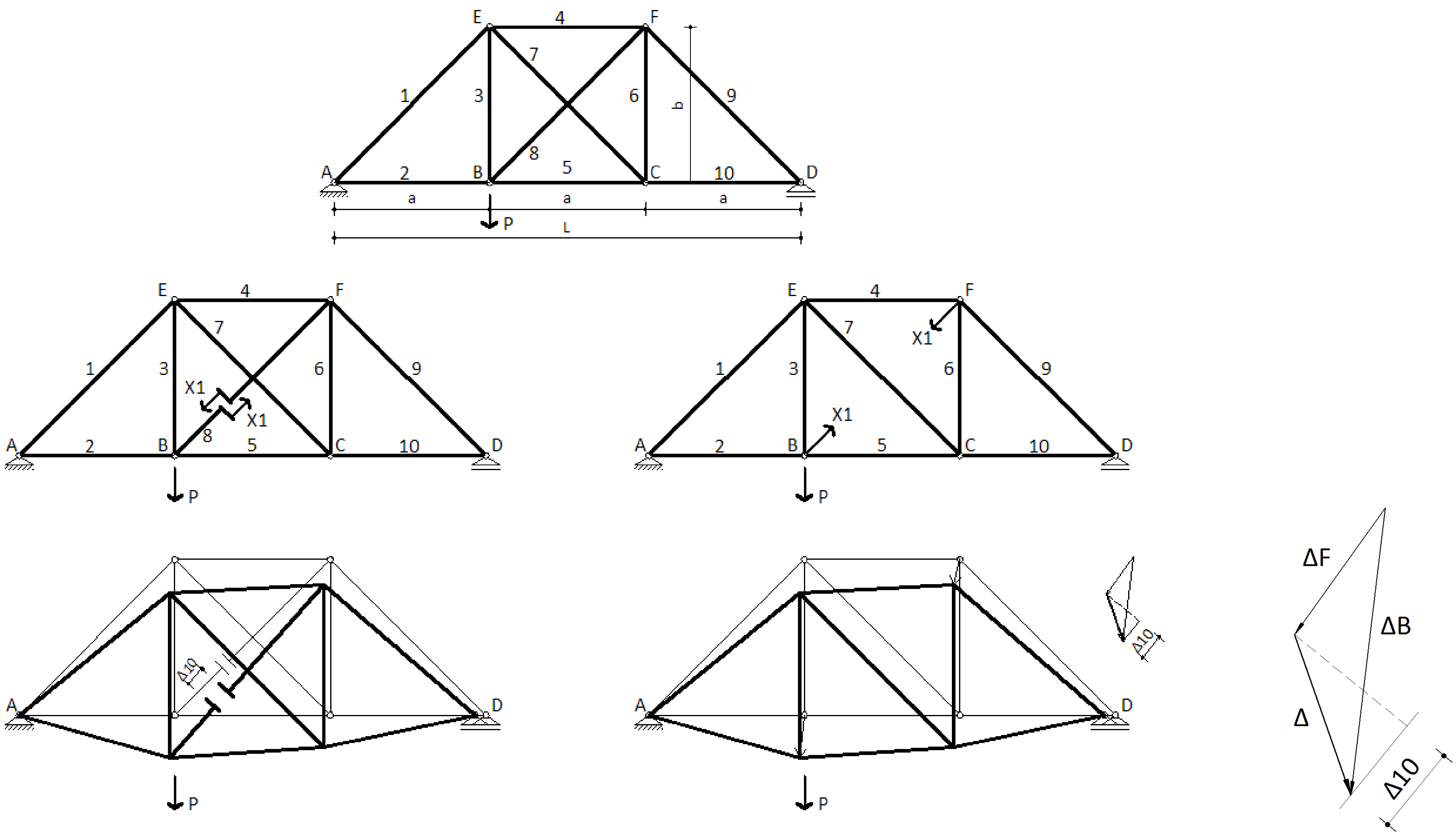
$$\Delta 10 = \Delta' 10 + \Delta'' 10 = -\left(\frac{\Delta B}{L1} + \frac{\Delta B - \Delta C}{L2}\right)$$

$$\delta 11 = \frac{8}{3EJ} \qquad \delta 12 = \frac{2}{3EJ}$$

$$\Delta 20 = +\left(\frac{\Delta B - \Delta C}{L2} - \frac{\Delta C}{L3}\right)$$

$$\delta 21 = \frac{2}{3EJ} \qquad \delta 22 = \frac{8}{3EJ}$$

RETICULADOS



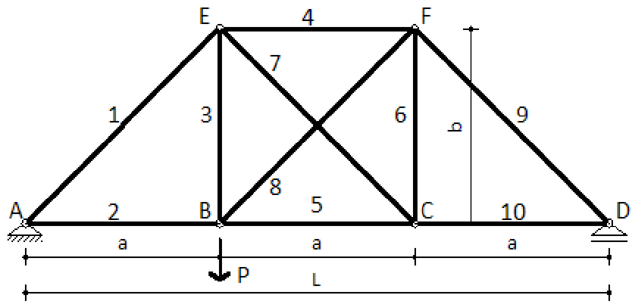
$$\Delta 10 + \Delta 11 = 0$$

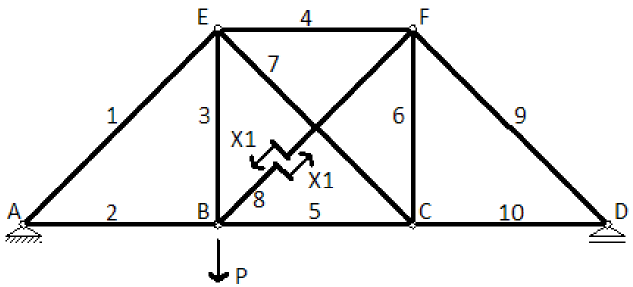
$$\Delta 10 + \Delta 11 = X1L/(EA)$$

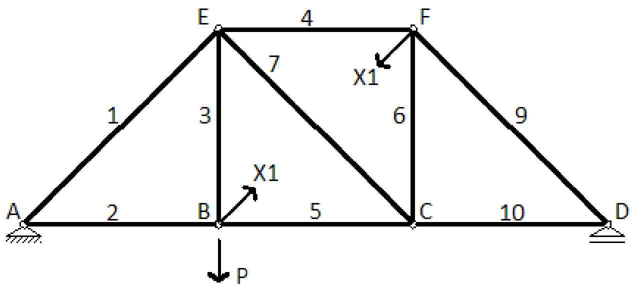
$$\Delta 10 + \delta 11\, X1 = 0$$

$$\Delta 10 + \delta 11\, X1 = X1L/(EA)$$

RETICULADOS







$$\Delta 10 + \Delta 11 = 0$$

$$\Delta 10 + \Delta 11 = X1L/(EA)$$

$$\Delta 10 + \delta 11\; X1 = 0$$

$$\Delta 10 + [\delta 11 + L/(EA)]X1 = 0$$

Barras

$$\Delta k0 = \sum \frac{S_{ik} S_{i0}}{EA_i} L_i$$

$$i = 1, \dots, n$$

$$k = j = 1, \dots, h$$

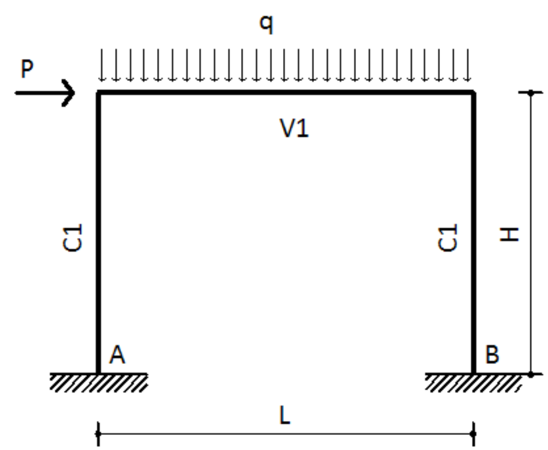
Incógnitas

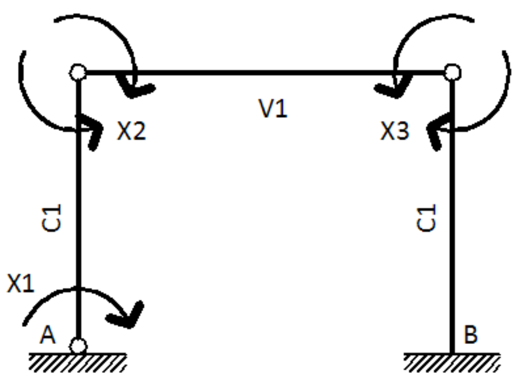
$$\delta kj = \sum \frac{S_{ik} S_{ij}}{EA_i} L_i \qquad \delta kk = \sum \frac{{S_{ik}}^2}{EA_i} L_i$$

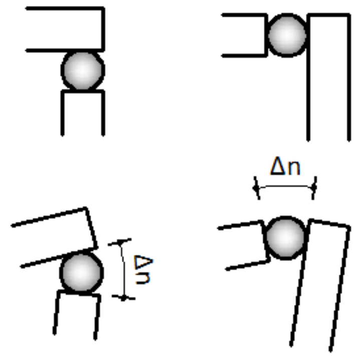
$$S_i = S_{i0} + S_{i1}X1 + \cdots + S_{in}Xn$$

Temperatura $\quad \Delta kt = \alpha \Delta t \sum S_{ik} L_i$

PÓRTICOS



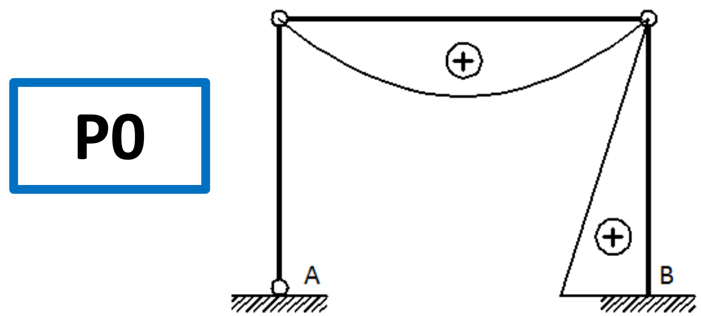


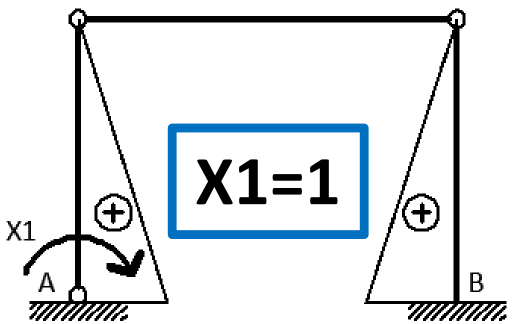


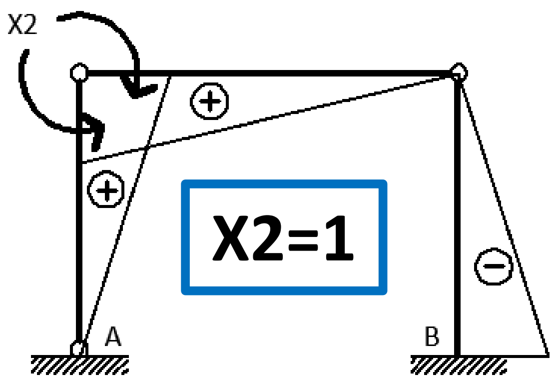
$$\Delta 10 + \delta 11\, X1 + \delta 12\, X2 + \delta 13\, X3 = 0$$

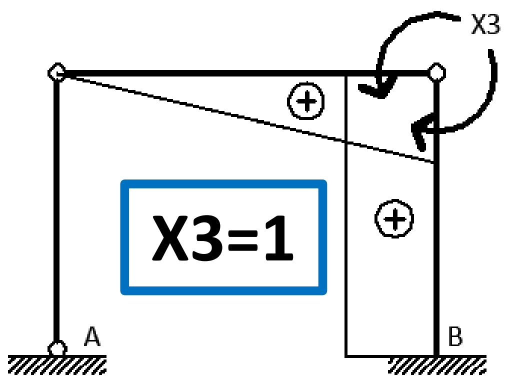
$$\Delta 10 + \delta 11\, X1 + \delta 12\, X2 + \delta 13\, X3 = 0$$

$$\Delta 10 + \delta 11\, X1 + \delta 12\, X2 + \delta 13\, X3 = 0$$

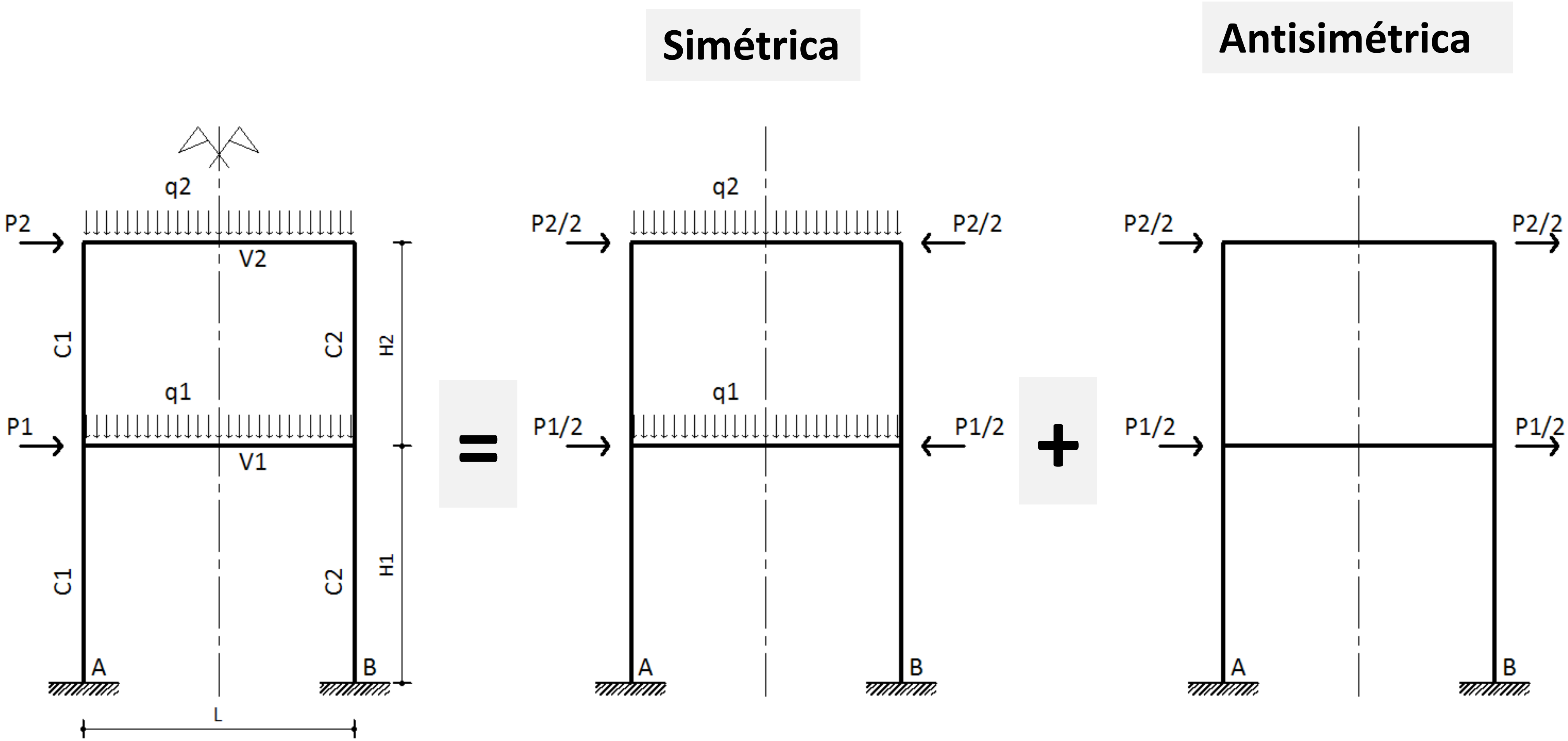




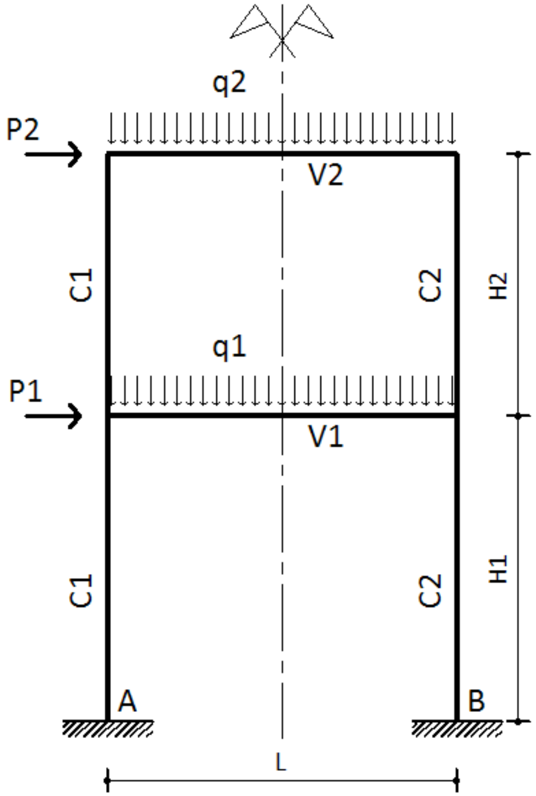


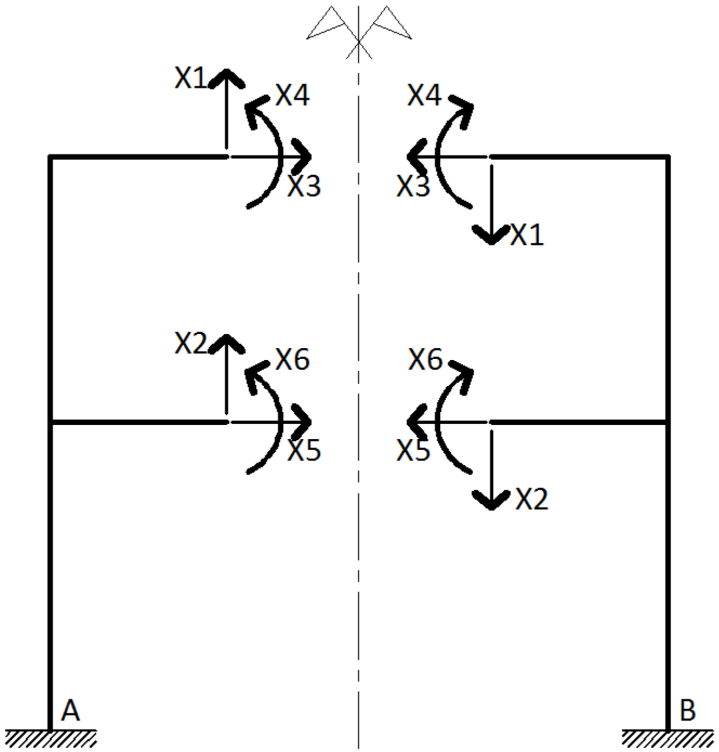


PÓRTICOS. SIMETRÍA y ANTISIMETRÍA



PÓRTICOS. SIMETRÍA y ANTISIMETRÍA





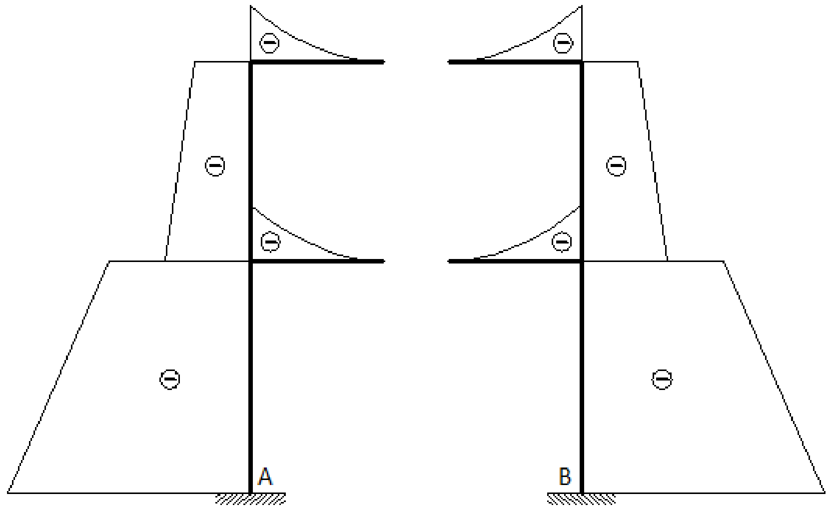
En una estructura simétrica con cargas simétricas los desplazamientos relativos antisimétricos en el plano de simetría son nulos.

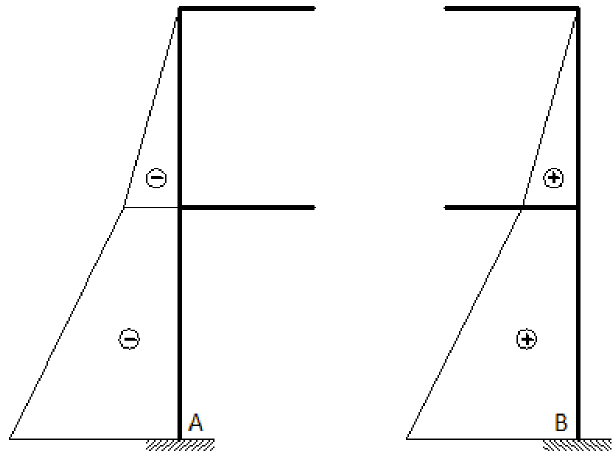
En una estructura simétrica con cargas simétricas las incógnitas antisimétricas en el plano de simetría son nulas.

PÓRTICOS. SIMETRÍA y ANTISIMETRÍA

Simétrica | **Antisimétrica**

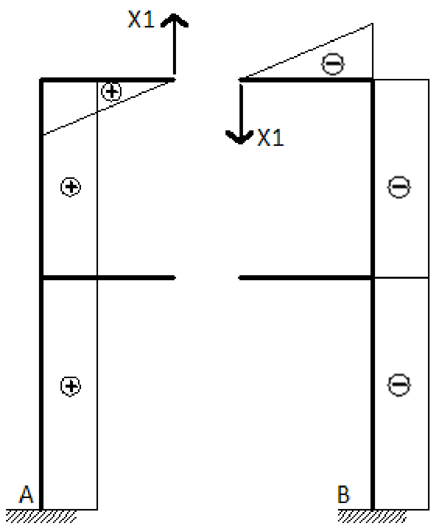
P0

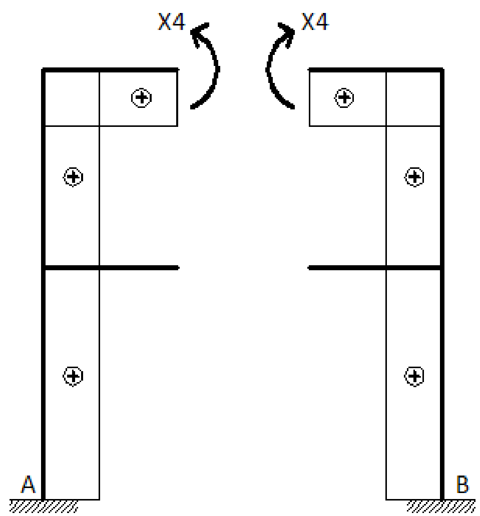




Antisimétrica | **Simétrica**

X1

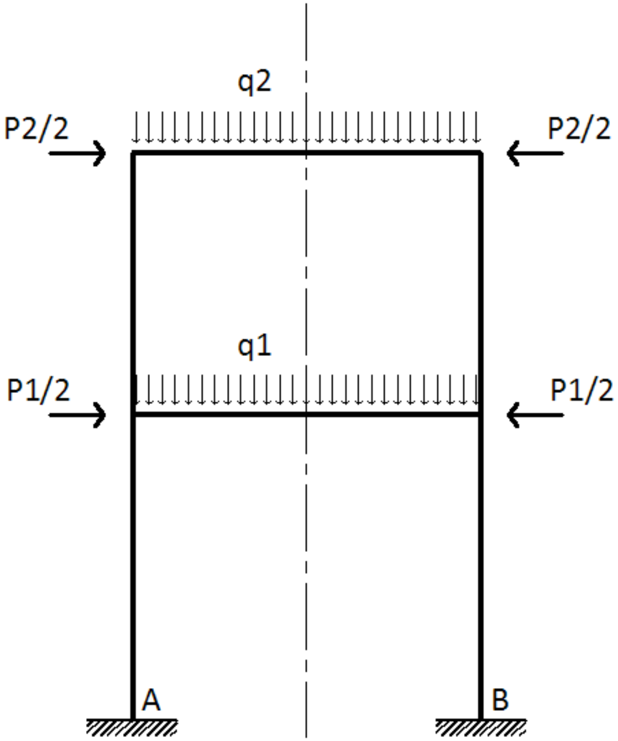




X4

PÓRTICOS. SIMETRÍA y ANTISIMETRÍA

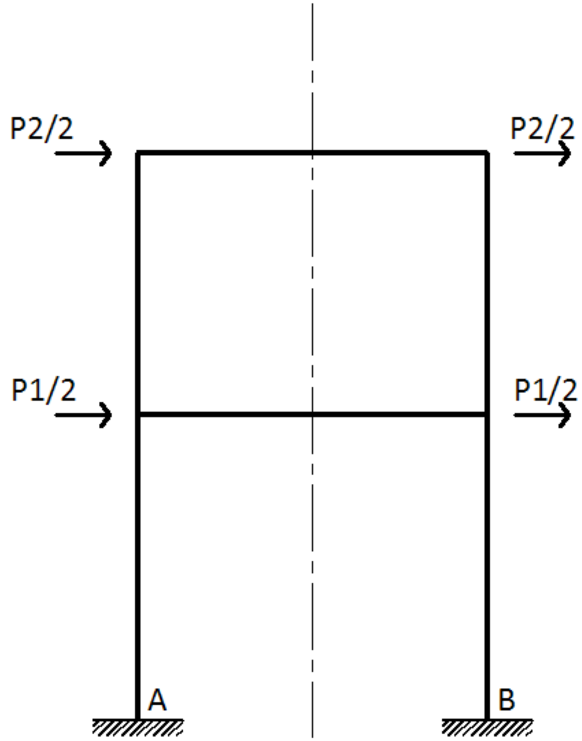
Simétrica



$$\Delta 10 = \Delta 20 = 0$$

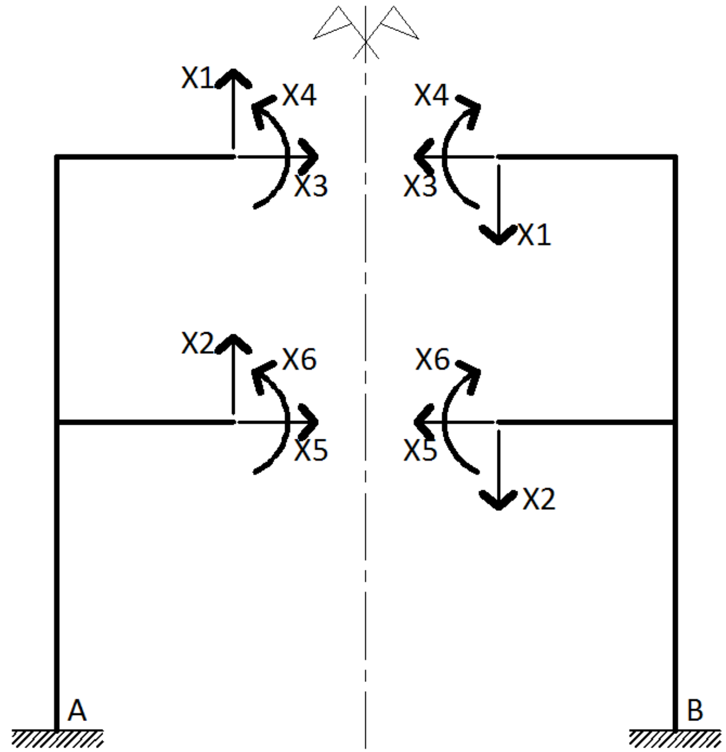
$$\Delta 30, \dots, \Delta 60 \neq 0$$

Antisimétrica



$$\Delta 10, \Delta 20 \neq 0$$

$$\Delta 30 = \cdots = \Delta 60 = 0$$



$$\delta 11, \delta 12, \delta 22 \neq 0$$

$$\delta 13, \dots, \delta 16 = 0$$

$$\delta 23, \dots, \delta 26 = 0$$

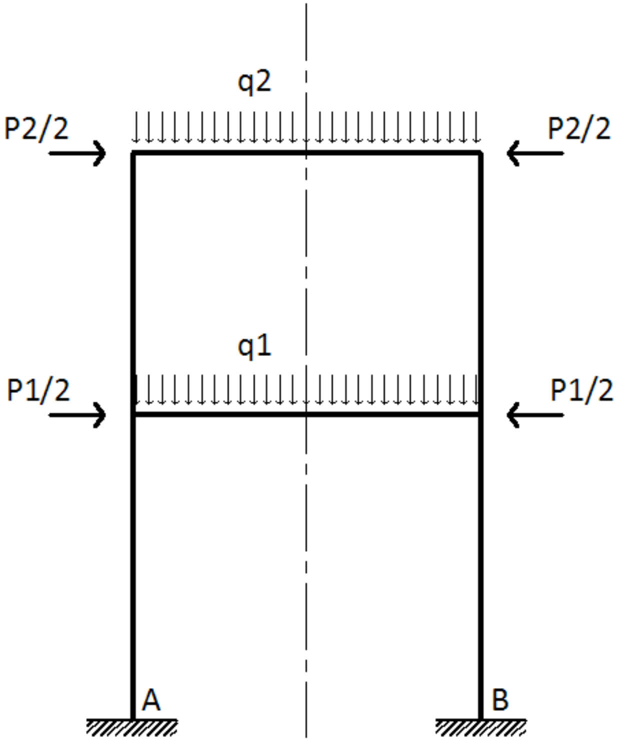
$$\delta 33, \dots, \delta 36 \neq 0$$

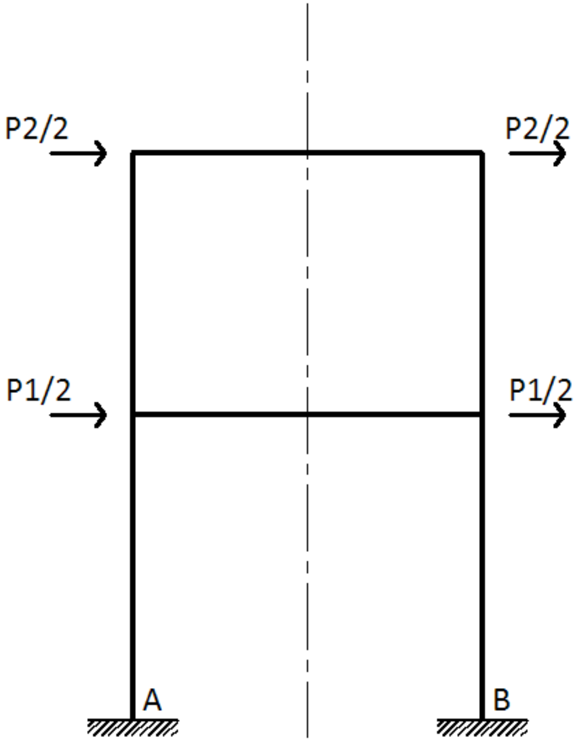
$$\vdots, \dots, \vdots \neq 0$$

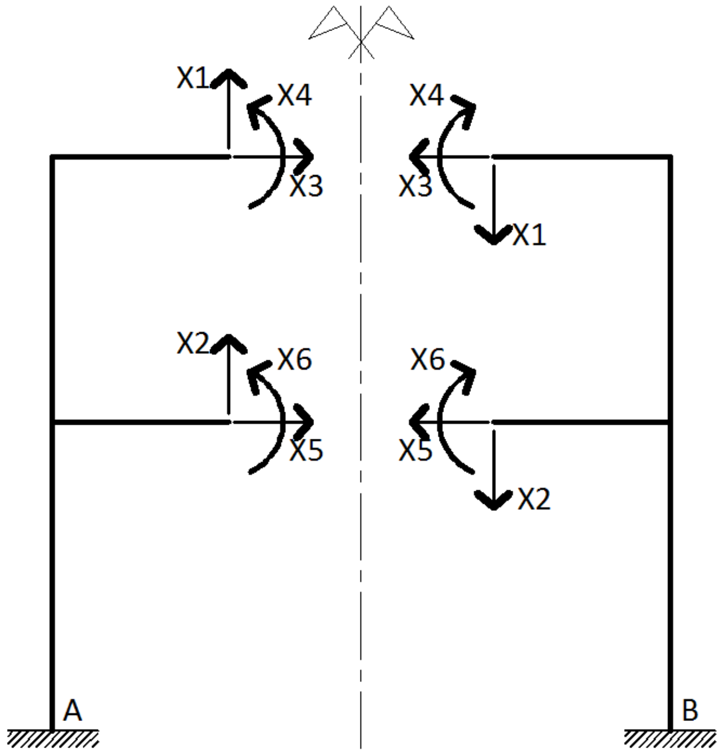
$$\delta 63, \dots, \delta 66 \neq 0$$

PÓRTICOS. SIMETRÍA y ANTISIMETRÍA

Simétrica **Antisimétrica**







$$\Delta 10 + \delta 11 X1 + \delta 12 X2 = 0$$

$$\Delta 20 + \delta 21 X1 + \delta 22 X2 = 0$$

$$\Delta 30 + \delta 33 X3 + \delta 34 X4 + \delta 35 X5 + \delta 36 X6 = 0$$

$$\Delta 40 + \delta 43 X3 + \delta 44 X4 + \delta 45 X5 + \delta 46 X6 = 0$$

$$\Delta 50 + \delta 53 X3 + \delta 54 X4 + \delta 55 X5 + \delta 56 X6 = 0$$

$$\Delta 60 + \delta 63 X3 + \delta 64 X4 + \delta 65 X5 + \delta 66 X6 = 0$$

BILIOGRAFÍA

- Cervera, Miguel y Blanco, Elena. “Mecánica de estructuras libro 2. Métodos de análisis”. UPC 2002. ISBN 84-8301-635-4. ISBN Obra completa 84-8301-623-0.

- Belluzzi, Odone. “Ciencia de la Construcción” T I, Ed. Aguilar, 1977. ISBN 84-03-20174-5

- García Garino, Carlos y Colombo, Giuliano, “Análisis Estructural I - Unidad 3 Método de la Fuerzas” Apunte de Clases, Facultad de Ingeniería. UNC. 2.022.

- Segerer, C. “Método de la Fuerzas”. Apuntes de clase, Facultad de Ingeniería. UNC. 2.001.

- Cudmani, R. “Teoría y Práctica de las Estructuras de Barra” EDUNT. 2007. ISBN 978-987-1366-03-3