

Versión **2025**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE ARQUITECTURA

DISEÑO ESTRUCTURAL III

GUÍA DE ESTUDIO: VIGAS CONTINUAS

Cátedra:

Profesor Titular: Ing. E. Daniel Quiroga

JTP: Arq. Pablo Ontiveros

VIGAS CONTINUAS

Introducción

En la concepción espacial geométrica de una viga puede aparecer como continua desde el punto de vista visual y formal. Para que estructuralmente también sea continua se debe lograr que las deformaciones sean comunes sobre los apoyos, es decir que giren en forma solidaria y no cada tramo en forma independiente.

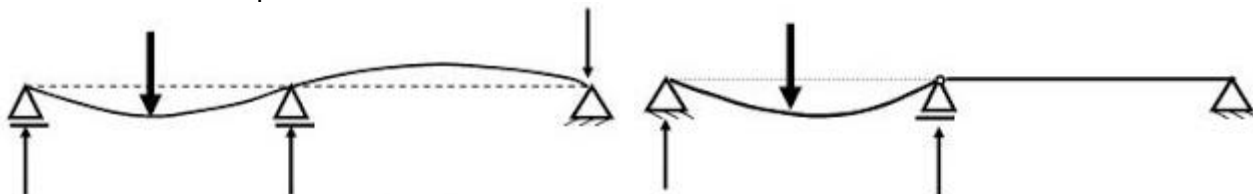


Figura 1 (a). Viga continua

(b) Viga de tramos simples

En la figura 1 puede verse que al aplicar la carga en un tramo, en la viga continua (a) todos los tramos participan de la resistencia, mientras que la viga de tramos simples (b), sólo resiste el tramo cargado. Por otro lado la viga continua tiene un menor descenso (menor deformación) que la viga de tramos simples. Al ser menos deformable nos indica que tiene mayor rigidez y de allí que para un mismo tramo pueden usarse secciones menores si la viga es continua. Recordar que para vigas simple se usa la relación $h = L/10$, mientras que para vigas continuas puede usarse $h = L/15$, siendo h = el canto de la viga y L la luz del mayor vano a cubrir.

La continuidad puede ser resuelta con cualquier material, según se aprecia en las fotos siguientes:



Fig. 2 Viga continua de Hormigón (Puente)



Fig 3- Viga continua de Hormigón (Edificio)



Fig. 4. Viga continua de Acero



Fig. 5. Viga continua de madera

Detalles

En los elementos de acero y madera se puede resolver la continuidad estructural con el material o bien por medio de conexiones soldadas, abulonadas o encoladas y quedarán a la vista.

En el hormigón armado la continuidad debe diseñarse desde los arreglos de armaduras pues luego quedarán ocultos y sólo se comportará como un elemento continuo, si las barras se han dispuesto en la forma correcta, cubriendo los diagramas de momentos respectivos.

Se presentan dos ejemplos de detalles de continuidad para una estructura de hormigón armado.

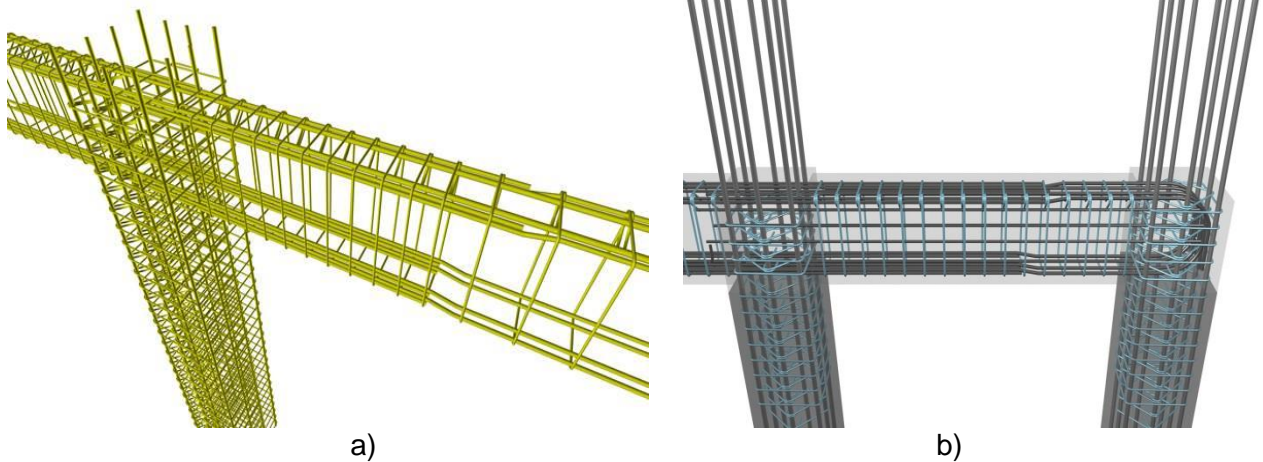


Figura 6. a) Viga continua sobre una columna. b) Viga continua sobre dos columnas

También es beneficioso el uso de la continuidad en las estructuras aporticadas donde se vincula la deformación de vigas y columnas para un comportamiento solidario, como se aprecia en las figuras, garantizando el ángulo que forman las barras concurrentes al nudo antes y después de deformadas. Normalmente ese ángulo es de 90° .

En la figura 7a se observa el comportamiento de una parte de un pórtico (una columna y una viga) sometido a acciones laterales. Luego del desplazamiento lateral, las barras flexan, pero el nudo mantiene el ángulo de 90° gracias a la forma en cómo se ha armado el nudo de hormigón armado.

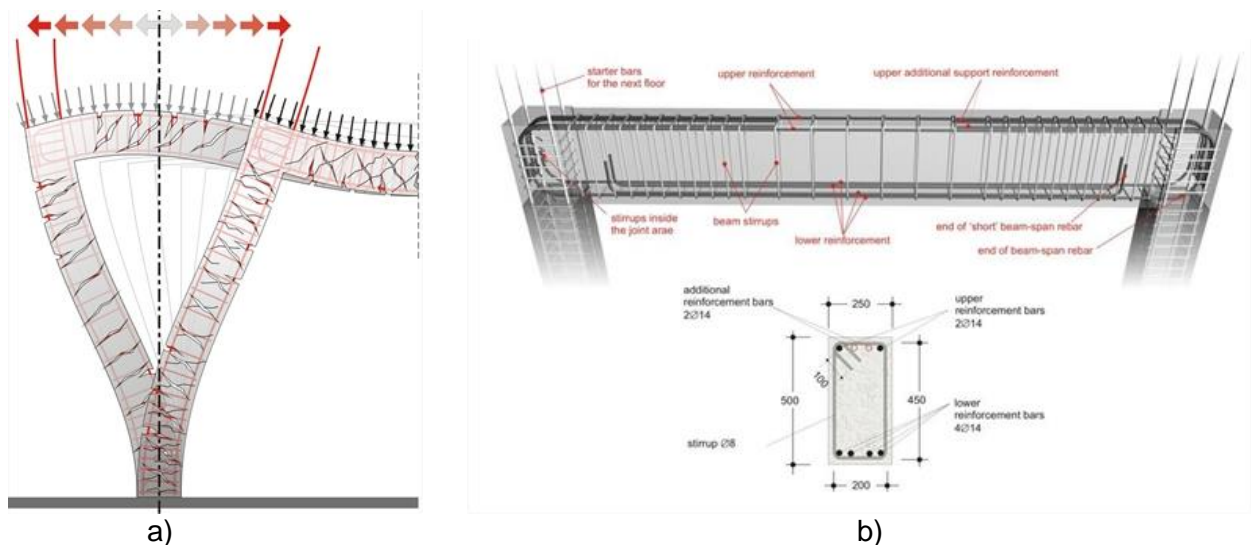


Figura 7 a) Pórtico simulando fuerzas sísmicas. b) Detalle de viga de pórtico

En las figuras 8 y 9 se puede ver un armado típico de vigas, la distribución de armaduras y los despieces en diferentes secciones. Esta configuración de armaduras será la que garantice el comportamiento de viga continua, en primera instancia y del pórtico en general en segunda instancia.

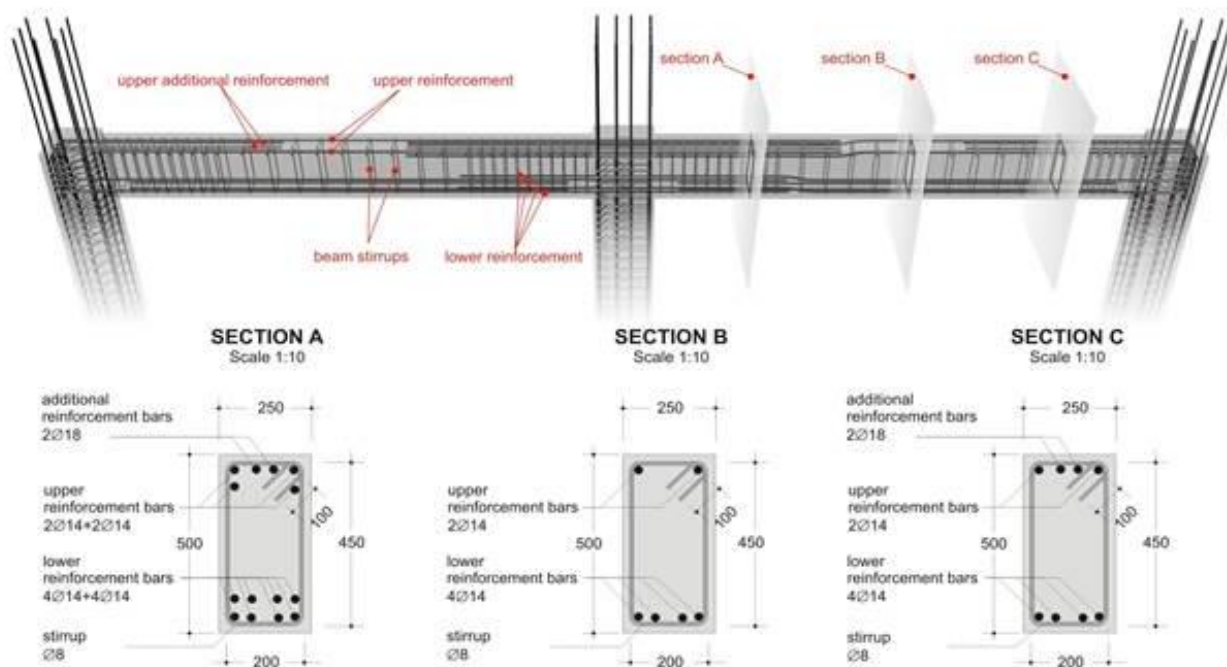


Figura 8. Viga Continua de Hormigón: pórticos. Armado general y detalle de secciones

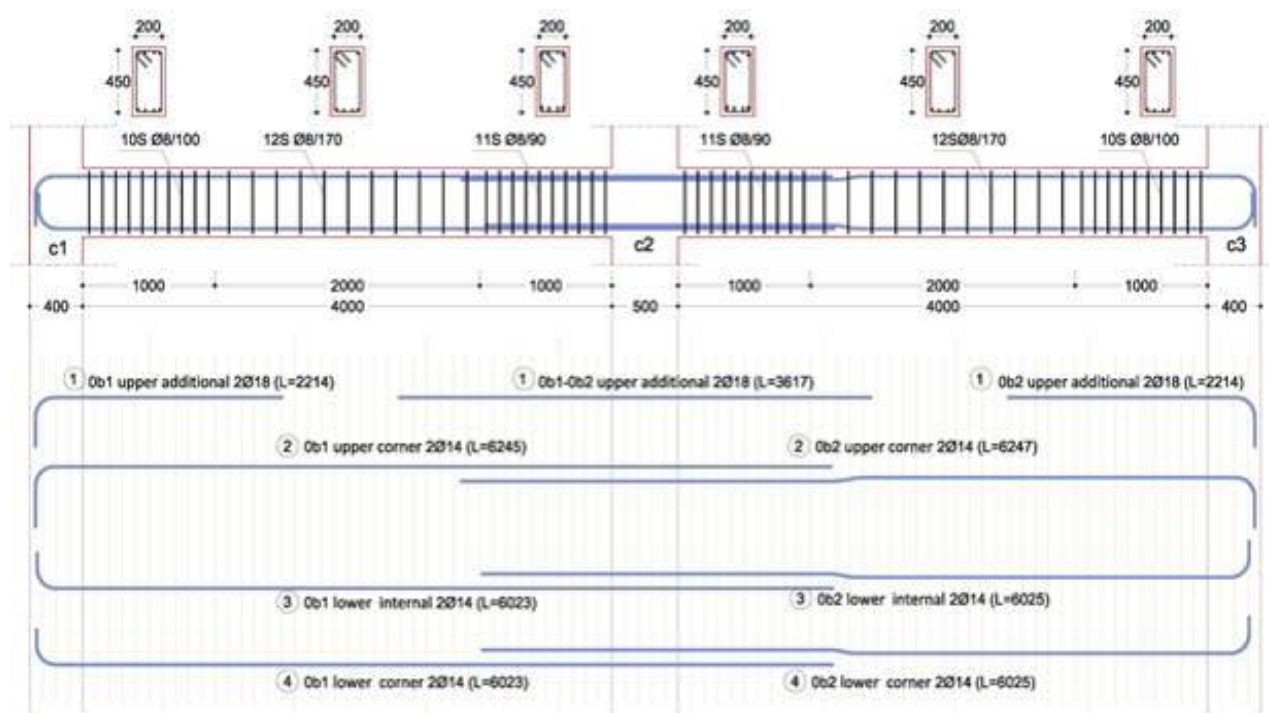


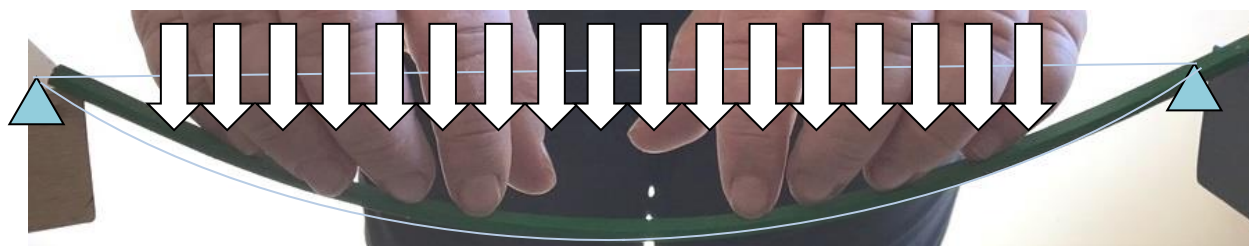
Figura 9. Viga Continua de Hormigón. Despiece y detalle de secciones

Identificación del comportamiento

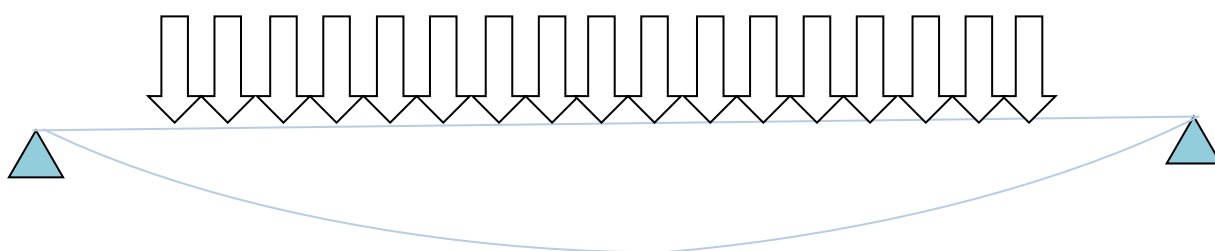
Mediante el uso de modelos físicos se puede observar el comportamiento de un elemento en flexión bajo diferentes estados de cargas, por ejemplo, bajo cargas distribuidas o puntuales.

En el caso de vigas continuas es importante identificar los cambios en la línea elástica deformada a través de los puntos de inflexión que son donde se produce el cambio de curvatura. Al encontrar estos puntos, estamos descubriendo donde el diagrama de momentos flectores tendrá valor cero.

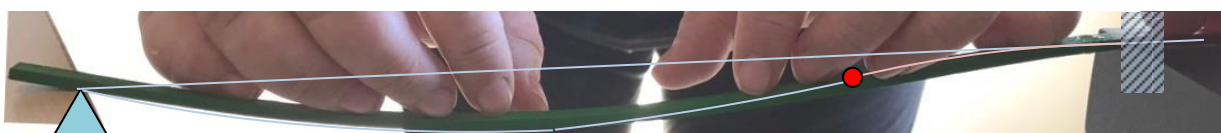
Se muestra en las figuras siguientes la experimentación con varillas de madera cambiando uno de los apoyos para identificar la posición del punto de inflexión. Luego se puede dibujar en forma intuitiva el diagrama de momentos, coherente con el tipo de carga (distribuida), lo que nos dará una curva de 2º grado (parábola). Si la carga fuera puntual, el diagrama sería a partir de líneas rectas. (1er grado).



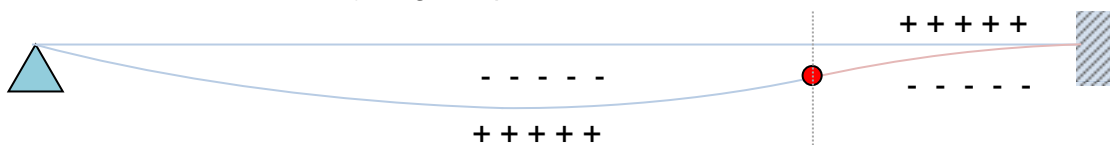
a) Viga simple. Modelo Físico



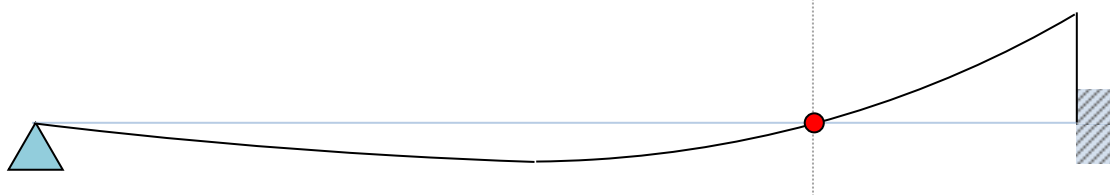
b) Viga simple. Deformada



c) Viga empotrada. Modelo Físico



d) Viga empotrada. Deformada. Punto de inflexión y zonas traccionadas y comprimidas



e) Viga empotrada. Diagrama de Momentos flectores. $M = 0$ coincide con punto de inflexión

Figura 10. Uso de modelos físicos

Modelación con programas

Se presentan ejemplos de vigas continuas resueltas mediante programas para evaluar el comportamiento estructural y la influencia de las propiedades geométricas.

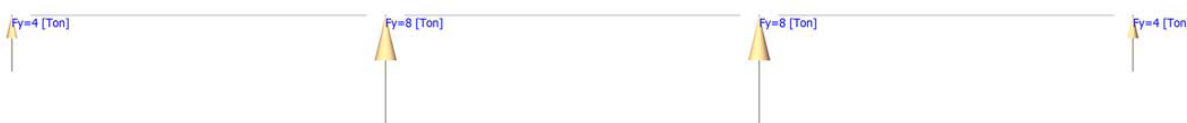
Ejemplo 1: Viga de tres tramos isostáticos



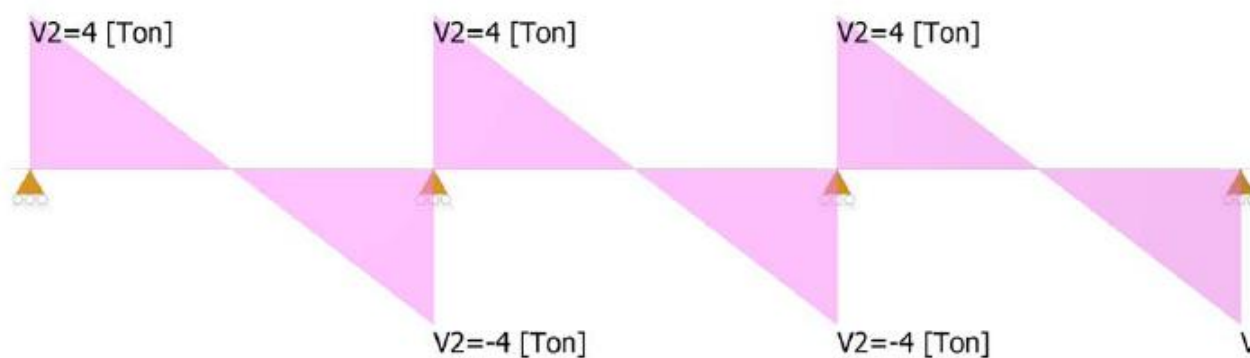
a) Esquema estructural



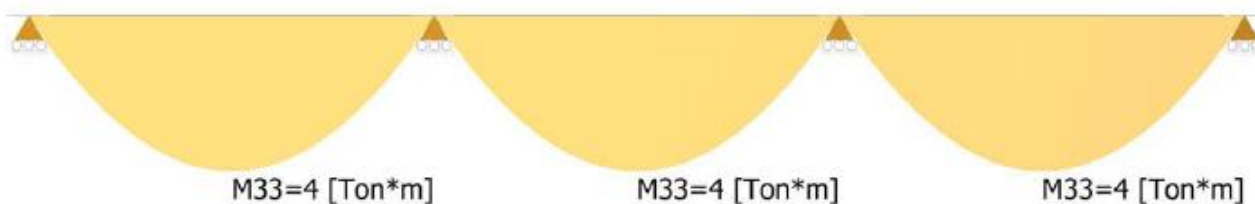
b) Deformada



c) Reacciones



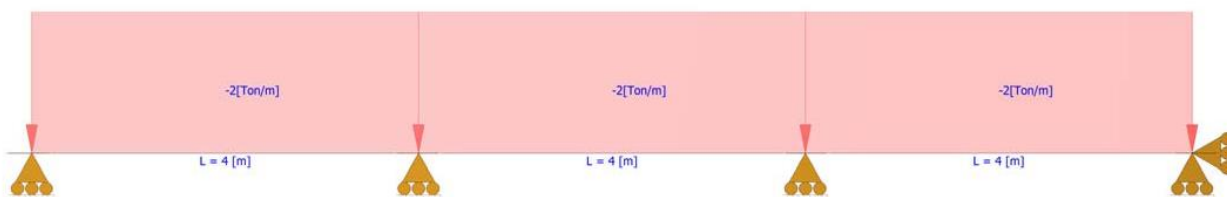
d) Esfuerzo de corte (V)



e) Momento flector (M)

Fig 11. Viga de tres tramos isostática

Ejemplo 2: Viga de tres tramos continuos iguales



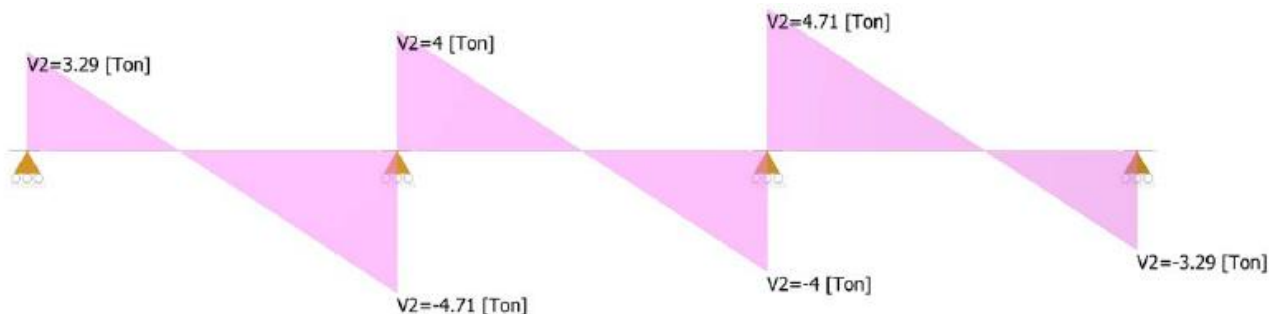
a) Esquema estructural



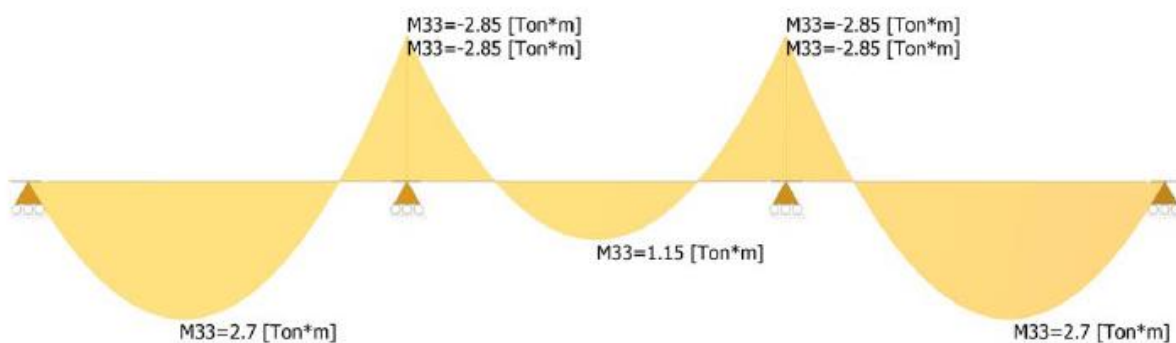
b) Deformada



c) Reacciones



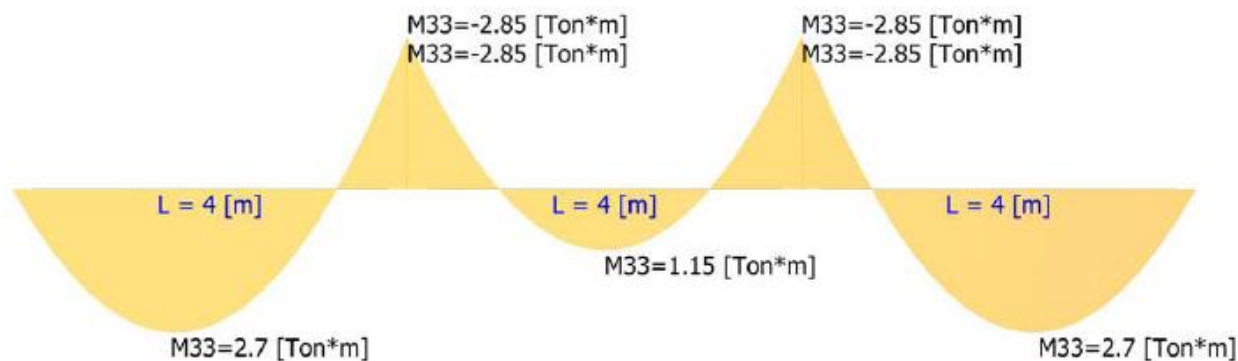
d) Esfuerzo de corte (V)



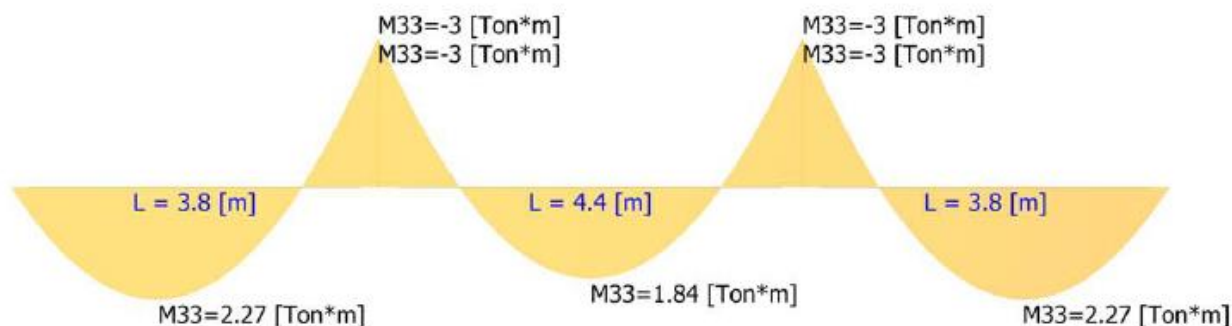
e) Momento flector (M)

Fig 12. Viga continua. Tres tramos iguales

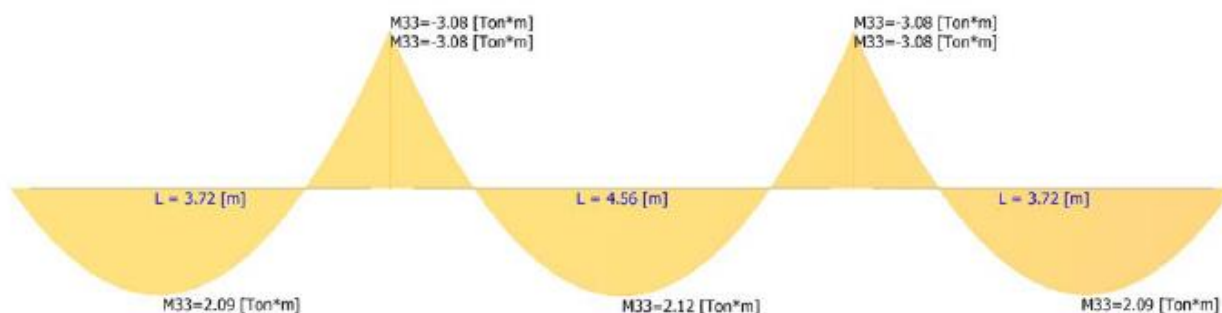
Ejemplo 3: Viga de tres tramos continuos desiguales (objetivo = momentos iguales en tramo)



a) Propuesta básica. 3 luces iguales de 4.0m



b) Propuesta 1. Se modifican las luces. Se aproximan los momentos de tramo



c) Propuesta 2. Se modifican las luces. Los momentos de los tramos son prácticamente iguales

Fig 13. Viga continua. Tres tramos iguales

La figura 13 muestra la propuesta ideal para la distribución de longitudes de una viga continua donde se ha logrado hacer prácticamente iguales los momentos en los tramos.



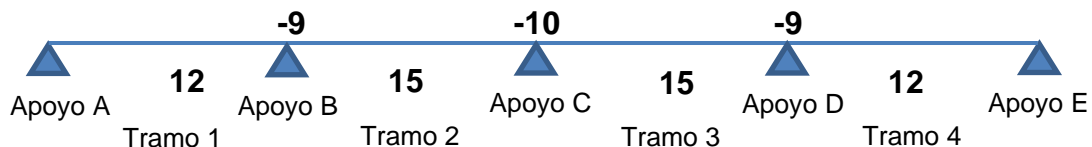
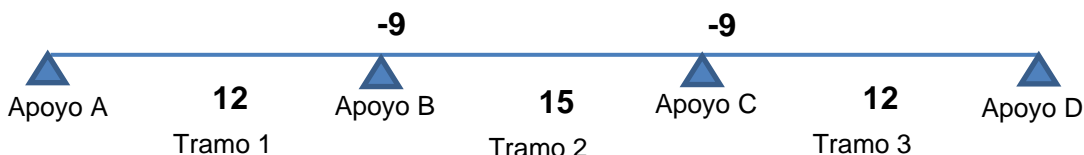
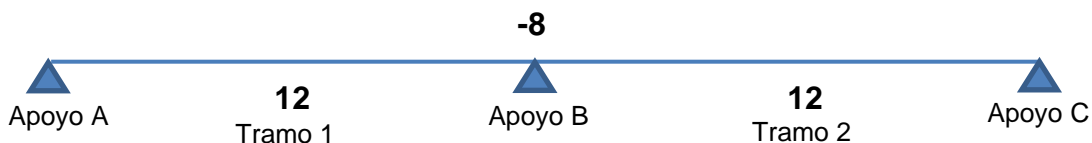
Resolución de Vigas Continuas

1. Método exacto manual directo: Por aplicación de la teoría de las estructuras.
2. Método exacto manual iterativo: Método de Cross.
3. Método exacto digital: Uso de software.
4. Método aproximado con tablas: Uso de tablas. Se deben cumplir ciertos requisitos
5. Método aproximado con coeficientes: Se usan coeficientes para obtener las incógnitas hiperestáticas. Se acepta redistribución de momentos.

COEFICIENTES PARA MOMENTOS - VIGAS CONTINUAS					
N° tramos	Tramo 1	Apoyo B	Tramo 2	Apoyo C	Tramo 3
2	12	-8	-	-	-
3	12	-9	15	-	-
4	12	-9	15	-10	-
5	12	-9	15	-10	14

El método de los coeficientes es válido **SOLO** si: a) constante el momento de inercia b) mismo material, c) luces iguales, d) cargas constantes y e) relación entre el peso propio de la viga y la carga total es menor que 0,30.

$$M = (q \cdot L^2) / \text{coeficiente}$$



El método de los coeficientes es válido **SÓLO** si se cumplen las siguientes condiciones:

- Momento de inercia de las vigas constante (**I=cte**)
- Mismo material (**E=cte**)
- Luces iguales (**L=cte**)
- Las cargas son constantes (**q=cte**)
- Relación entre el peso propio de la viga y la carga total es menor que 0,30 ($q_d/q_t < 0.30$)



FLEXIÓN	
Losas Sin vigas $H=L/20$ Simples $H=L/30$ Continuas $H=L/40$ Cruzadas $H=L/50$	Macizas
	Viguetas Pretensadas
	Viguetas Perfiles + Ladrillos
	Casetonados
	Steel Deck
	Otros
Vigas Simples $H=L/10$ Continuas $H=L/15$ Pretensadas $H=L/20$	Acero
	Madera
	Hormigón
	Mixtas
	Otras

Nota: Para los Estados Límites Último o de Servicio se deben emplear las combinaciones correspondientes a cada uno. Las solicitaciones se indican con los subíndices “u” o “s” según correspondan a uno u otro estado límite.

Dimensionamiento Losas (Solicitaciones M y V)

Macizas y casetonadas (E.L.U.)

Determinar h.

Determinar armadura $\rightarrow A_s = M_u / 0.90 (0.85 \cdot h \cdot f_y) \rightarrow (f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2)$

Maciza: Armadura calculada se coloca por metro de ancho de losa

Casetonada: Armadura calculada se coloca en nervios contenidos en 1 m. de losa

Dimensionamiento Vigas (Solicitaciones M y V)

Hormigón Armado (E.L.U. + E.L.S.)

- Determinar h
- Determinar armadura de flexión $\rightarrow A_s = M_u / 0.9 (0.85 \cdot h \cdot f_y) \rightarrow (f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2)$
- Diagrama de cobertura
- La armadura calculada se coloca en el ancho “b” de la viga
- Controlar tensiones de corte $\rightarrow \nu = V_u / (0.85 \cdot h \cdot b)$
- Determinar armadura de corte $\rightarrow \text{sep} = n^\circ \text{ ramas} \cdot f_y [\text{kg/cm}^2] \cdot a_s \cdot h / V_u$
- Control de deformación (ELS) $\rightarrow f = M_s \cdot L^2 / (10 \cdot E \cdot I_{\text{fisurado}})$ (para cargas distribuidas)
 $I_{\text{fisurado}} = I_{\text{bruto}} / 2$

Acero (Estados Límites últimos y de Servicio)

- Determinar perfil (ELU) $\rightarrow S_{\text{nec}} = M_u / (0.90 \cdot F_y) \rightarrow (F_y = \text{Tensión de Fluencia del acero})$
- Control de deformación (ELS) $\rightarrow f = M_s \cdot L^2 / (10 \cdot E \cdot I)$ (para cargas distribuidas)

Madera (Estados Límites de Servicio)

- Determinar sección $\rightarrow S_{\text{nec}} = M [\text{kgcm}] / \sigma_{\text{adm madera}} [\text{kg/cm}^2]$
- Control de deformación $\rightarrow f = M_s \cdot L^2 / (10 \cdot E \cdot I)$ (para cargas distribuidas)

Ejemplo

a) DIMENSIONAMIENTO EN H°A°

- Datos

$$D = 0,334 \text{ t/m}^2 \quad L = 0,25 \text{ t/m}^2 \quad At = 2,50 \text{ m}$$

$$q_u = (1,2D + 1,6L) 2,50 \text{ m}$$

$$q_u = (1,2 \times 0,334 \text{ t/m}^2 + 1,6 \times 0,25 \text{ t/m}^2) 2,50 \text{ m} = 2 \text{ t/m}$$

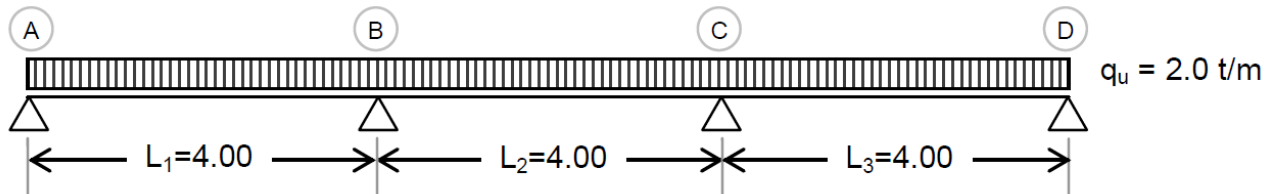


Figura 14. Esquema estructural

- Determinación de momentos (sólo el momento de los apoyos)

$$M_{\text{apoyo}} = \frac{q \times l^2}{-9} = \frac{2 \text{ t/m} \times (4 \text{ m})^2}{-9} = -3,55 \text{ tm}$$

$$M_0 = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{2 \text{ t/m} \times (4 \text{ m})^2}{8} = 4 \text{ tm}$$

- Resolución de viga simple (por tramo):

$$\text{Reacciones simples en el tramo AB} = \frac{q \times l}{2} = \frac{2 \text{ t/m} \times 4 \text{ m}}{2} = 4 \text{ t}$$

$$R_A = 4 \text{ t} - \frac{M}{l} = 4 \text{ t} - \frac{3,55 \text{ tm}}{4 \text{ m}} = 3,1 \text{ t} \quad R_B = 4 \text{ t} + \frac{M}{l} = 4 \text{ t} + \frac{3,55 \text{ tm}}{4 \text{ m}} = 4,9 \text{ t}$$

Corte en el Tramo AB

$$x_{(V=0)} = \frac{R_A}{q_u} = \frac{3,1 \text{ t}}{2 \text{ t/m}} = 1,55 \text{ m}$$

Momento en el tramo AB (Se determina por estática. NO por coeficientes)

$$M_x = R_A \cdot x - q \frac{x^2}{2}$$

$$M_{\text{Tramo AB}} = M_{(x=1,55 \text{ m})} = 3,1 \text{ t} \times 1,55 \text{ m} - 2 \text{ t/m} \frac{(1,55 \text{ m})^2}{2} = 2,40 \text{ tm}$$

Punto de Inflexión

$$0 = R_A \cdot x - q \frac{x^2}{2} = x \cdot \left(R_A - q \frac{x}{2} \right)$$

$$X_{M=0}^1 = 0$$

$$x_M^2 = \frac{2 \times R_A}{q} = \frac{2 \times 3,1 \text{ t}}{2 \text{ t/m}} = 3,1 \text{ m}$$

$$\text{Reacciones simples en el tramo BC} = \frac{q \times l}{2} = \frac{2 \text{ t/m} \times 4 \text{ m}}{2} = 4 \text{ t}$$

Corte en el Tramo BC

$$x_{(v=0)} = \frac{RB}{q_u} = \frac{4t}{2t/m} = 2m$$

Momento en el tramo BC (Se determina por estática. NO por coeficientes)

$$M = -3,55tm + RB_{Tramo BC} \times x - q \frac{x^2}{2} = 0$$

$$M_{Tramo BC} = M_x = M_{x=2m} = -3,55tm + 4t \times 2m - 2t/m \frac{(2m)^2}{2} = 0,45tm$$

$$M = 0 \rightarrow X_{M=0} = q \frac{x^2}{2} - RB_{Tramo BC} \times x + 3,55tm = 0$$

$$X_{M=0} = 1,33m; 2,67m$$

$$Reacciones simples en el tramo CD = \frac{q \times l}{2} = \frac{2t/m \times 4m}{2} = 4t$$

$$RC = 4t - \frac{M}{l} = 4t + \frac{3,55tm}{4m} = 4,9t$$

$$RD = 4t - \frac{M}{l} = 4t - \frac{3,55tm}{4m} = 3,1t$$

Momento en el tramo CD = Momento en el tramo AB

*Reacciones Viga continua

$$RA = 3,1t; \quad RB = 8,9t; \quad RC = 8,9t; \quad RD = 3,1t$$

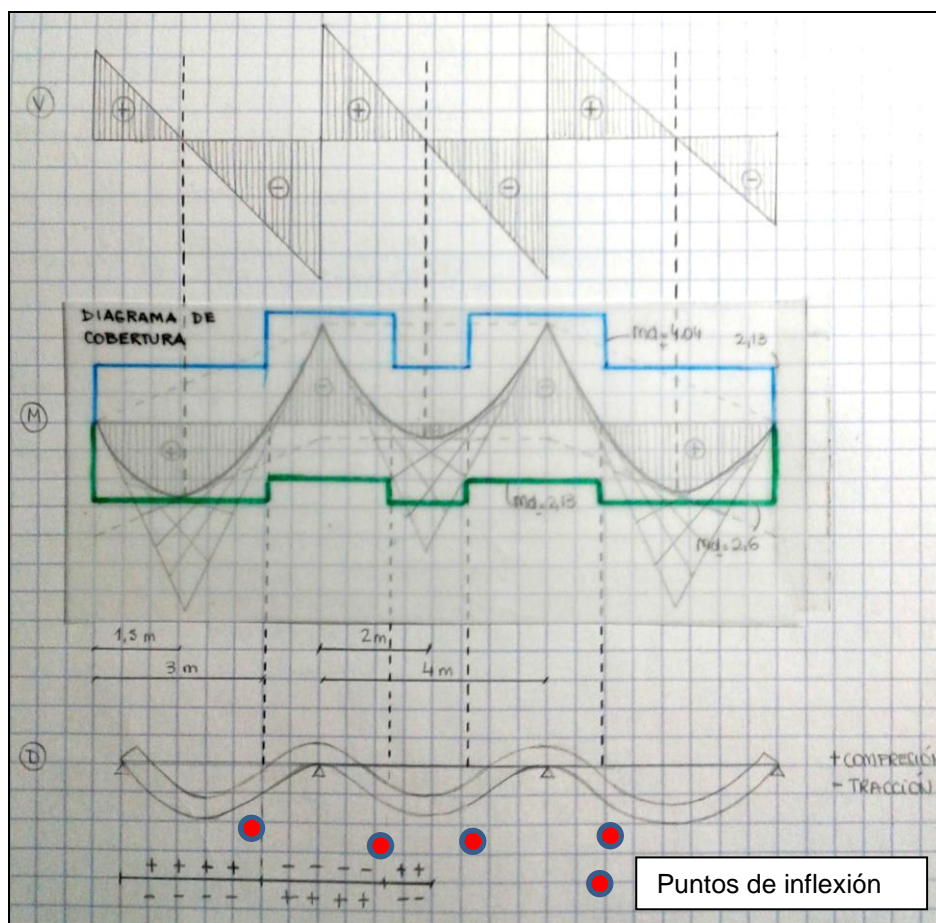


Figura 15. Diagramas de Corte, Momento Flector, cobertura y Deformada

Dimensionamiento (H°-A°)

$$l = 4,00m$$

$$b = 200mm = 20cm$$

$$d = l/15 = 4,00m/15 = 0,27m \cong 0,30m$$

Se adopta $b \times d = 200mm \times 300mm$

$$Cuantia\ minima = \frac{b \times d}{300} = \frac{(20 \times 30)}{300} = 2cm^2 \ (2\emptyset12)$$

$$z = d - 2r - 1\emptyset barra = 300mm - 40mm - 10mm = 250mm = 25cm$$

$$As = \frac{M_u}{0,9 \times z \times f_y}$$

$$As_{Tramo\ AB\ y\ CD} = \frac{M_u}{0,9 \times z \times f_y} = \frac{240tcm}{0,9 \times 25cm \times 4,2\ t/cm^2} = 2,53cm^2$$

$$As_{Tramo\ AB\ y\ CD} = 2,53cm^2 \rightarrow (cuantia\ minima + 0,53cm^2) \rightarrow 1\emptyset8 + 2\emptyset12$$

$$As_{Tramo\ BC} = \frac{M_u}{0,9 \times z \times f_y} = \frac{45tcm}{0,9 \times 25cm \times 4,2\ t/cm^2} = 0,48cm^2 \rightarrow Cuantia\ minima$$

$$As_{Apoyo} = \frac{M_u}{0,9 \times z \times f_y} = \frac{355tcm}{0,9 \times 25cm \times 4,2\ t/cm^2} = 3,74cm^2$$

$$As_{Apoyo} = 3,74cm^2 \rightarrow 2\emptyset12 + 1\emptyset16 = 4,26cm^2$$

CRITERIO: Para determinar la distancia necesaria para el arrostramiento de las barras de las vigas se calcula como cincuenta veces el diámetro de la barra. Para facilitar constructivamente la realización de la viga, se coloca un solo tramo superior, ya que en el caso de que fuese dos tramos, la distancia entre sus anclajes no sería significativa.

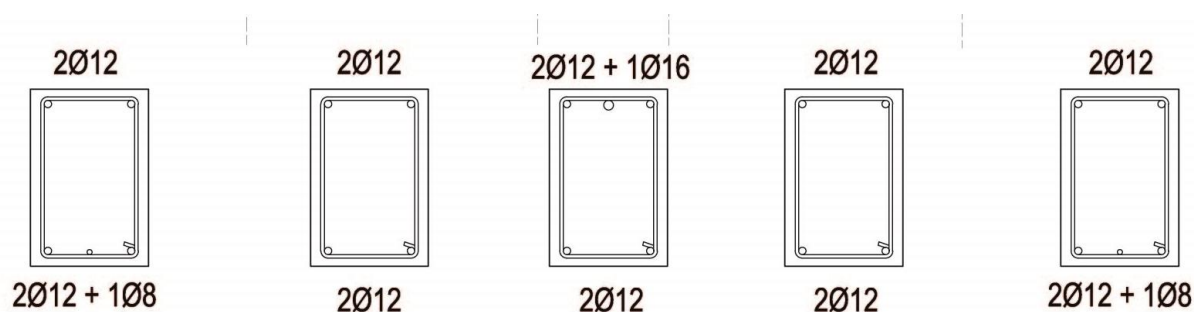


Figura 16. Esquemas de armado de la sección transversal



DIAGRAMA DE COBERTURA

- Determinar M_n y M_d

Tramo AB = CD

$$A s_{sup} = 2\emptyset 12 = 2,26\text{cm}^2 \rightarrow M_n^- = A s \times f_y \times 0,25\text{cm} = 2,26\text{cm}^2 \times 4,2 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 0,25\text{cm} = 2,37\text{tm}$$

$$A s_{inf} = 2\emptyset 12 + 1\emptyset 8 = 2,76\text{cm}^2 \rightarrow M_n^+ = A s \times f_y \times 0,25\text{cm} = 2,76\text{cm}^2 \times 4,2 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 0,25\text{cm} = 2,89\text{tm}$$

Tramo BC

$$A s_{sup} = 2\emptyset 12 = 2,26\text{cm}^2 \rightarrow M_n^+ = A s \times f_y \times 0,25\text{cm} = 2,26\text{cm}^2 \times 4,2 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 0,25\text{cm} = 2,37\text{tm}$$

$$A s_{inf} = 2\emptyset 12 = 2,26\text{cm}^2 \rightarrow M_n^+ = A s \times f_y \times 0,25\text{cm} = 2,26\text{cm}^2 \times 4,2 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 0,25\text{cm} = 2,37\text{tm}$$

Apoyos

$$A s_{sup} = 2\emptyset 12 + 1\emptyset 16 = 4,28\text{cm}^2 \rightarrow M_n^- = A s \times f_y \times 0,25\text{cm} = 4,28\text{cm}^2 \times 4,2 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 0,25\text{cm} = 4,49\text{tm}$$

$$A s_{inf} = 2\emptyset 12 = 2,26\text{cm}^2 \rightarrow M_n^+ = A s \times f_y \times 0,25\text{cm} = 2,26\text{cm}^2 \times 4,2 \frac{\text{t}}{\text{cm}^2} \times 0,25\text{cm} = 2,37\text{tm}$$

Momentos de Diseño (M_d) \geq Momentos Últimos (M_u)

$$M_d_{Tramo (AB)}^- = M_n^- \times \phi = 2,37\text{tm} \times 0,9 = 2,13\text{tm}$$

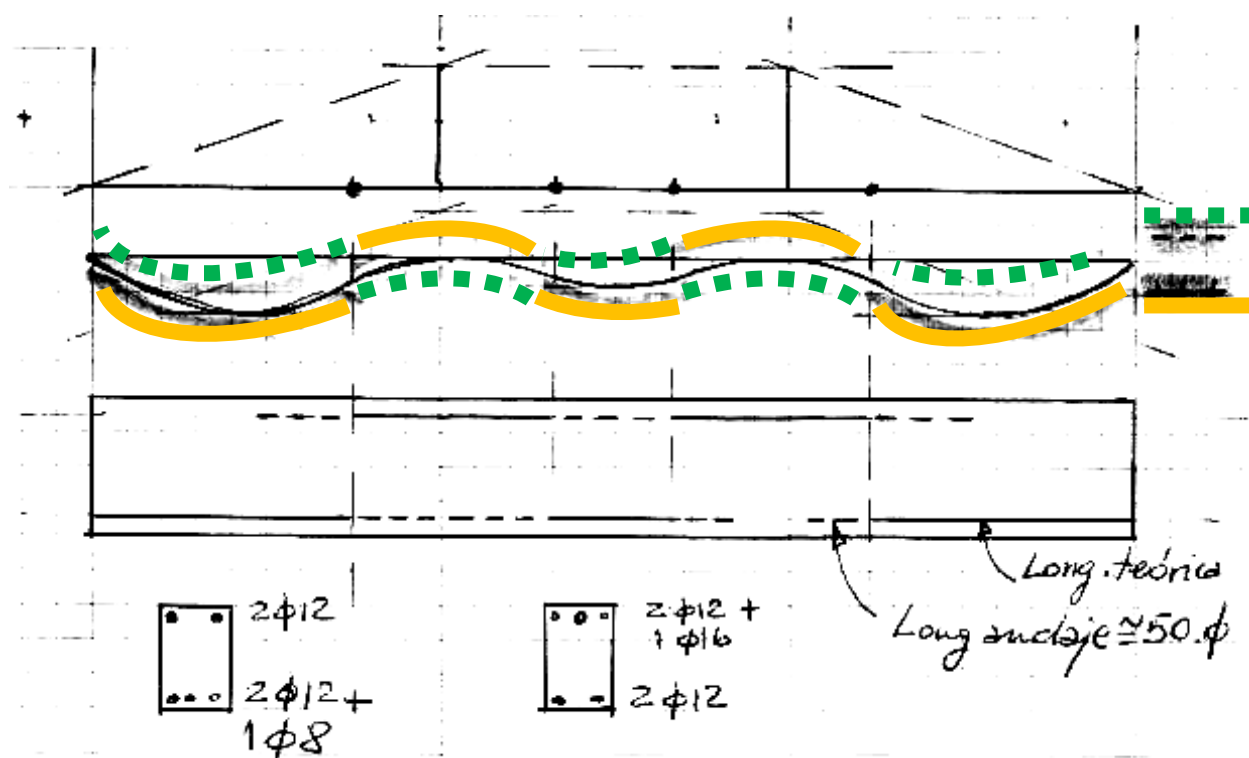
$$M_d_{Tramo (AB)}^+ = M_n^+ \times \phi = 2,89\text{tm} \times 0,9 = 2,6\text{tm} \geq M_{u_{Tramo (AB)}} \rightarrow 2,6\text{tm} > 2,4\text{tm} \text{ VERIFICA}$$

$$M_d_{Apoyos}^- = M_n^- \times \phi = 4,49\text{tm} \times 0,9 = 4,04\text{tm} \geq M_{u_{Tramo (AB)}} \rightarrow 4,04\text{tm} > 3,55\text{tm} \text{ VERIFICA}$$

$$M_d_{Apoyos}^+ = M_n^+ \times \phi = 2,37\text{tm} \times 0,9 = 2,13\text{tm}$$

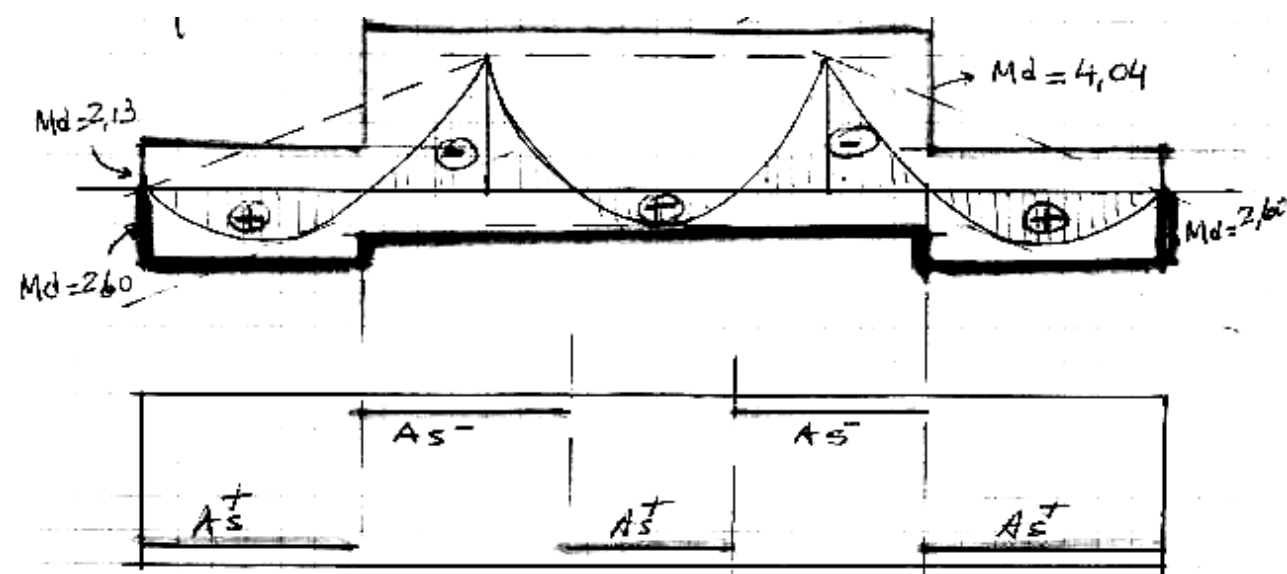
En el diagrama de cobertura se cumple siempre que:

$$M_u < \phi \cdot M_n = M_d$$



— Zona traccionada

■ Zona comprimida





DIMENSIONAMIENTO EN ACERO

Dimensionamiento viga en Acero ejercicio anterior.

• Datos

$$D = 0,334 \text{ t/m}^2$$

$$L = 0,25 \text{ t/m}^2$$

$$At = 2,50 \text{ m}$$

$$q_u = (1,2 \times 0,334 \text{ t/m}^2 + 1,6 \times 0,25 \text{ t/m}^2) 2,50 \text{ m} = 2 \text{ t/m}$$

$$q = (0,334 \text{ t/m}^2 + 0,25 \text{ t/m}^2) 2,50 \text{ m} = 1,46 \text{ t/m}$$

ESTADO DE LÍMITE ÚLTIMO

$$Mu_{\text{Tramo AB}} = 2,40 \text{ tm}$$

$$Mu_{\text{Tramo BC}} = 0,45 \text{ tm}$$

$$Mu_{\text{Tramo CD}} = 2,40 \text{ tm}$$

$$Mu_{\text{Apoyos}} = -3,55 \text{ tm}$$

ESTADO DE LÍMITE DE SERVICIO

• Determinación de momentos

$$M_{\text{apoyo}} = \frac{q \times l^2}{-9} = \frac{1,46 \text{ t/m} \times (4 \text{ m})^2}{-9} = -2,6 \text{ tm}$$

$$M_0 = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{1,46 \text{ t/m} \times (4 \text{ m})^2}{8} = 2,92 \text{ tm}$$

• DIMENSIONAMIENTO (E=200000MPa ; Fy=240MPa)

Se considera M y Mu mas desfavorable

○ Condición 1: S_{necesario}

$$S_{nec} = \frac{Mu}{0,9 \cdot Fy} = \frac{355000 \text{ kgcm}}{0,9 \times 2400 \text{ Kg/cm}^2} = 164,35 \text{ cm}^3$$

○ Condición 2: I_{mínimo}

$$f = \frac{M \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot I} \quad \text{Fijando una flecha límite de } f_{\text{máx}} = L/300 \text{ queda}$$

$$\frac{L}{300} = \frac{M \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot I} \quad \text{Despejando el momento de inercia mínimo}$$

$$I_{\text{mín}} = \frac{300 \cdot M \cdot L}{10 \cdot E} = \frac{30 \cdot M \cdot L}{E} = \frac{30 \cdot 260000 \text{ kgcm} \cdot 400 \text{ cm}}{2000000 \text{ kg/cm}^2} = 1560 \text{ cm}^4$$

Se debe buscar un perfil que cumpla las dos condiciones S_{nec} e $I_{mín}$.

Elijo IPB 160; $S_x = 311 \text{ cm}^3$; $I_x = 2490 \text{ cm}^4$

- **VERIFICACIÓN CONDICIÓN DE DEFORMACIÓN**

$$f = \frac{M \cdot L^2}{10 \cdot E \cdot I} \quad \text{Flecha debida al estado de cargas de servicio}$$

$$f = 260000 \text{ kgcm} \cdot 4002 \text{ cm}^2 / 10 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2 \cdot 2490 \text{ cm}^4 = 0.97 \text{ cm} < L/300 = 1.14 \text{ cm}$$

- **VERIFICACIÓN CONDICIÓN DE RESISTENCIA**

$$F = M_u / (0.9 \cdot S_x) < F_y$$

$$F = 355000 \text{ kgcm} / (0.9 \cdot 311 \text{ cm}^3) = 1268 \text{ kg/cm}^2 < F_y \quad \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_n = 311 \text{ cm}^3 \cdot 2400 \text{ kg/cm}^2 = 746400 \text{ kgcm}$$

$$M_d = \phi \cdot M_n = 0.9 \cdot 746400 = 671760 \text{ kgcm} > M_u = 355000 \text{ kgcm} \quad \rightarrow \text{Verifica}$$

$$M_d = 0.90 \cdot 784800 \text{ kgcm} = 706320 \text{ kgcm}$$

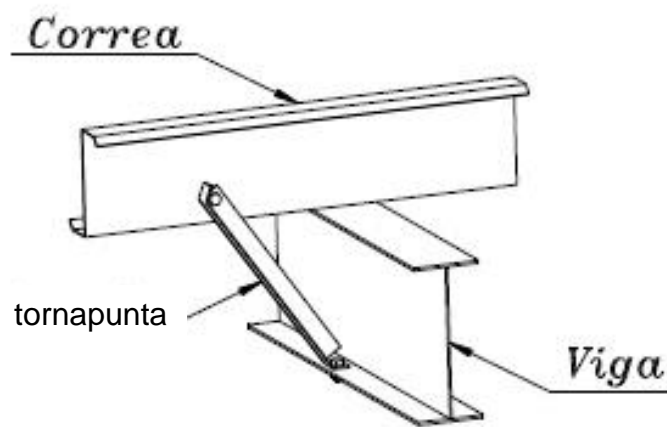


Figura 17. Arriostramiento de cordón inferior de de viga con tornapunta



Figura 18. Soporte del cordón inferior de viga principal con tornapunta

DETALLE DE TORNAPUNTA

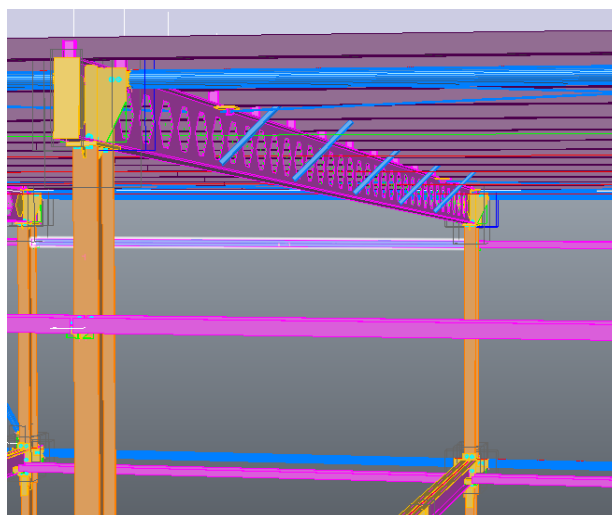
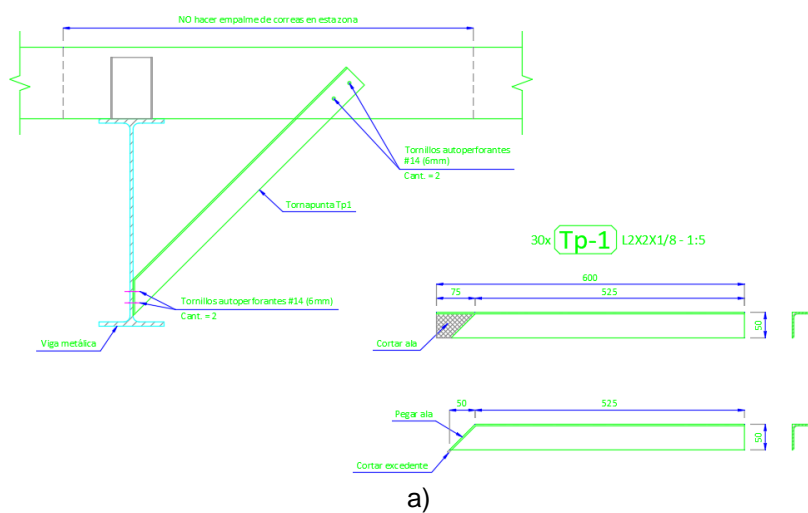


Figura 19. a) Detalle de tornapunta. b) Modelo BIM de tornapunta



DIMENSIONAMIENTO EN MADERA

Este ejercicio se debe desarrollar con CIRSOC 601. Aquí la versión anterior del reglamento de maderas.

Resolver viga de ejercicio N°3 en Madera

Dimensionamiento Madera Grupo 3, maciza, calidad II

- Datos**

$$D = 0,334 \text{ t/m}^2$$

$$L = 0,25 \text{ t/m}^2$$

$$At = 2,50 \text{ m}$$

$$q = \left(0,334 \text{ t/m}^2 + 0,25 \text{ t/m}^2 \right) 2,50 \text{ m} = 1,46 \text{ t/m}$$

$$M_{\text{Tramo AB}} = 1,75 \text{ tm}, M_{\text{Tramo BC}} = 0,32 \text{ tm}, M_{\text{Tramo CD}} = 1,75 \text{ tm}, M_{\text{Apoyos}} = -2,6 \text{ tm}$$

- S necesario**

Se considera M más desfavorable

$$S_{nec} = \frac{M}{\sigma_{adm}} = \frac{260000 \text{ Kgcm}}{100 \text{ Kg/cm}^2} = 2600 \text{ cm}^3$$

$$S_{nec} = \frac{b \times h^2}{6} = 2600 \text{ cm}^3 \quad \text{Se propone que: } h = 3b$$

$$S_{nec} = \frac{b \times (3b)^2}{6} = \frac{b \times 9b^2}{6} = \frac{3b^3}{2} = 2600 \text{ cm}^3$$

$$b^3 = \frac{2600 \text{ cm}^3 \times 2}{3} \quad b = \sqrt[3]{\frac{2600 \text{ cm}^3 \times 2}{3}} = 12 \text{ cm} \therefore h = 36 \text{ cm}$$

$$\delta_{adm} = \frac{l^3}{300} = \frac{400 \text{ cm}}{300} = 1,33 \text{ cm}$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{12 \text{ cm} \times (36 \text{ cm})^3}{12} = 46656 \text{ cm}^4$$

$$I' = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times \delta} = \frac{5}{384} \times \frac{0,0146 \text{ t/cm} \times (400 \text{ cm})^4}{100 \text{ t/cm}^2 \times 1,33 \text{ cm}} = 36591 \text{ cm}^4$$

$$I \geq I' \rightarrow 46656 \text{ cm}^4 > 36591 \text{ cm}^4 \text{ VERIFICA}$$

- Condición de deformación:**

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{q \times l^4}{E \times I} = \frac{5}{384} \times \frac{0,0146 \text{ t/cm} \times (400 \text{ cm})^4}{100 \text{ t/cm}^2 \times 46656 \text{ cm}^4} = 1,04 \text{ cm}$$

$$\delta < \delta_{adm}$$

$$1,04 \text{ cm} < 1,33 \text{ cm} \text{ VERIFICA}$$

RESOLUCIÓN DE VIGAS CONTINUAS POR COEFICIENTES

Este método es válido sólo cuando las cargas son uniformes y las luces iguales.

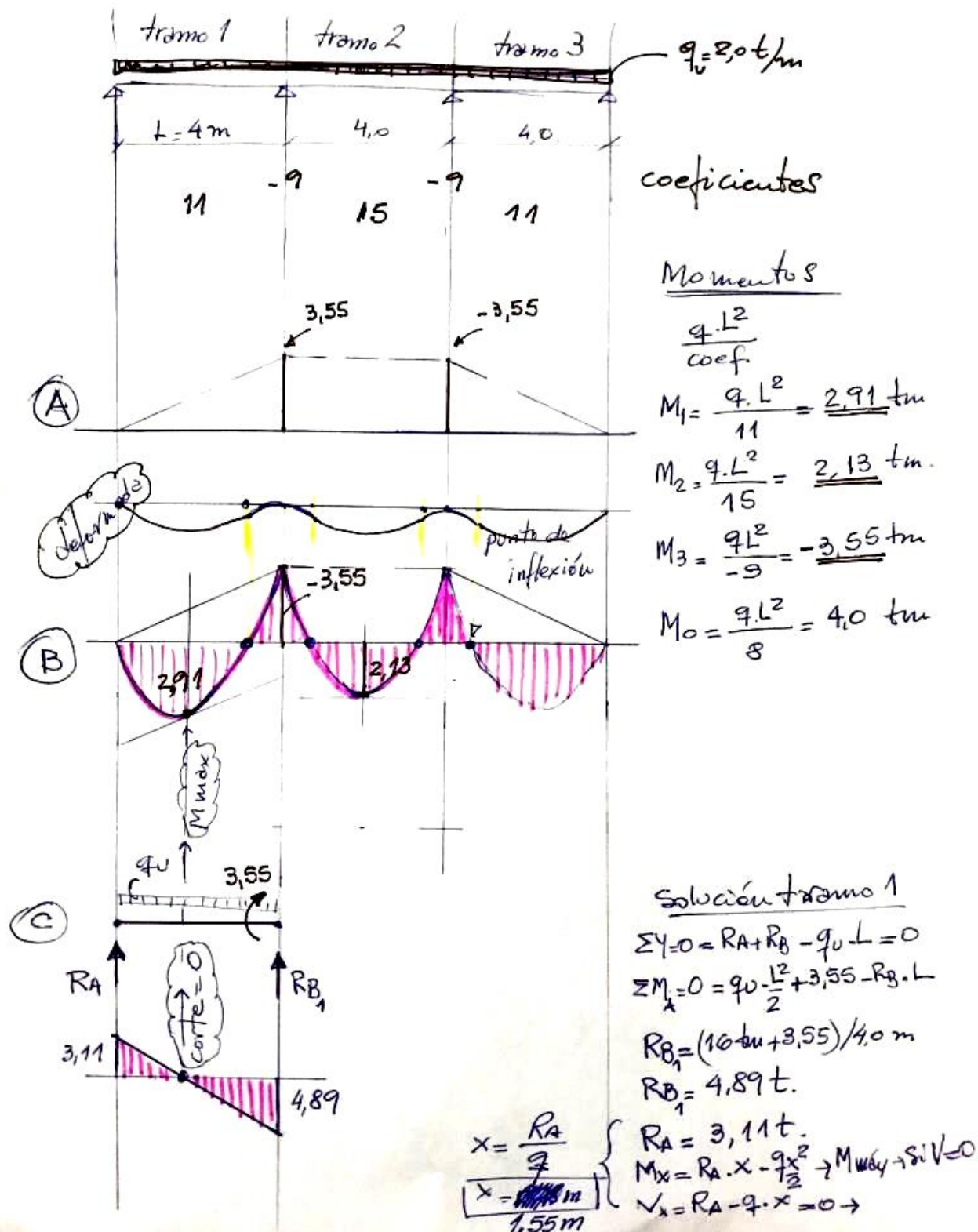


Figura 20. Procedimiento para vigas continuas con coeficientes



Punto de inflexión tramo 1

$$M_x = R_A \cdot x - q x^2/2 = 0 \rightarrow \text{Si } M = 0 \rightarrow x (R_A - q \cdot x/2) = 0$$

- $x_1 = 0$
- $x_2 = 2 \cdot R_A / q = 2 \cdot 3,11t / 2,0 t/m = 3,11 m$

Punto de inflexión tramo 2

- $M_x = -3,55tm + R_{B-2} \cdot x - q x^2/2 = 0 \rightarrow (-q/2) x^2 + (R_{B-2}) \cdot x - 3,55 = 0$
- $R_{B-2} = 4,0t$
- $x_{1-2} = (-b) \cdot \pm \text{RAIZ}((b^2) - (4 \cdot a \cdot c)) / (2 \cdot a)$
- $a = (-q/2) = 2,0/2 = -1,0t/m$
- $b = 4,00t$
- $c = 3,55tm$
- $(-1,0) x^2 + (4,00) \cdot x - 3,55 = 0$ (Multiplicando por -1)
- $(1,00) x^2 - (4,00) \cdot x + 3,55 = 0$
- $x_1 = [(4,00) + \text{RAIZ}((4,00)^2 - (4 \cdot 1,0 \cdot 3,55))] / (2 \cdot 1,0)$
- $x_1 = [(4,00) + \text{RAIZ}(16,00 - (14,2))] / (2 \cdot 1,0) = 0,44m$
- $x_1 = (4,00 + 1,34) / (2m) = \mathbf{2,67m}$
- $x_2 = [(4,00) - \text{RAIZ}((16,00) - (4 \cdot 1,0 \cdot 3,55))] / (2 \cdot 1,0)$
- $x_2 = (4,00 - 1,34) / (2m) = \mathbf{1,33m}$

Los pasos para la resolución son:

1. Datos de geometría y cargas
2. Identificar coeficientes según el número de tramos
3. Calcular momentos flectores característicos de apoyos y tramo
4. Representar Momentos de apoyo (negativos) Diagrama "A"
5. Solución parcial de cada tramo. Diagrama "C".
6. Ecuaciones de equilibrio para determinar reacciones de cada tramo
7. Determinar coordenada del corte cero ($V=0$) y momento máximo.
8. Diagrama de momento general. Diagrama "B".
9. El momento máximo en el tramo lateral se ubica en la coordenada "x" determinada en el punto 7.
10. El momento máximo en el tramo central por simetría se ubica en $L/2$.
11. Trazar parábolas.
12. Identificar puntos de inflexión, momento nulo ($M=0$)
13. Trazar deformada.

Se completa el ejercicio con dimensionado de las secciones típicas, es decir, donde los momentos son máximos.

La sección de hormigón de la viga depende de la luz del tramo. Si fuera un solo tramo se toma $h=L/10$, pero al ser continua se puede tomar $h=L/15$.

14. Considerar las cuantías mínimas.
15. Trazar diagrama de cobertura.

TRAZADO DE DIAGRAMAS CON CAD

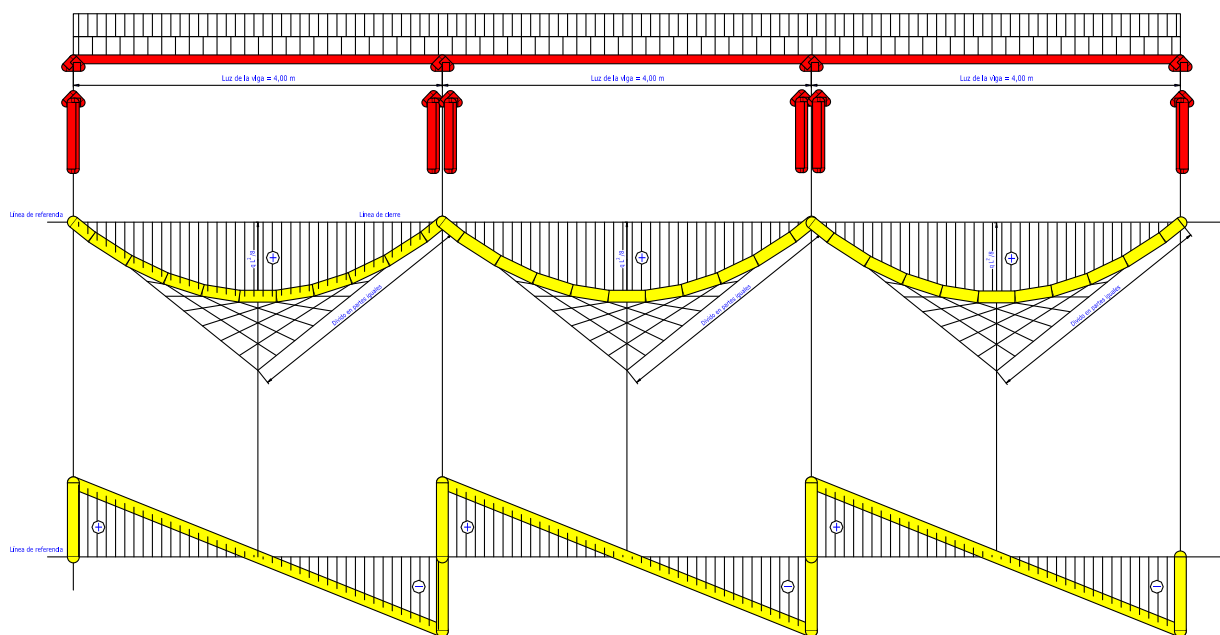


Figura 21. Vigas Simples Diagramas de Momento Flector y Esfuerzo de Corte (M y V)

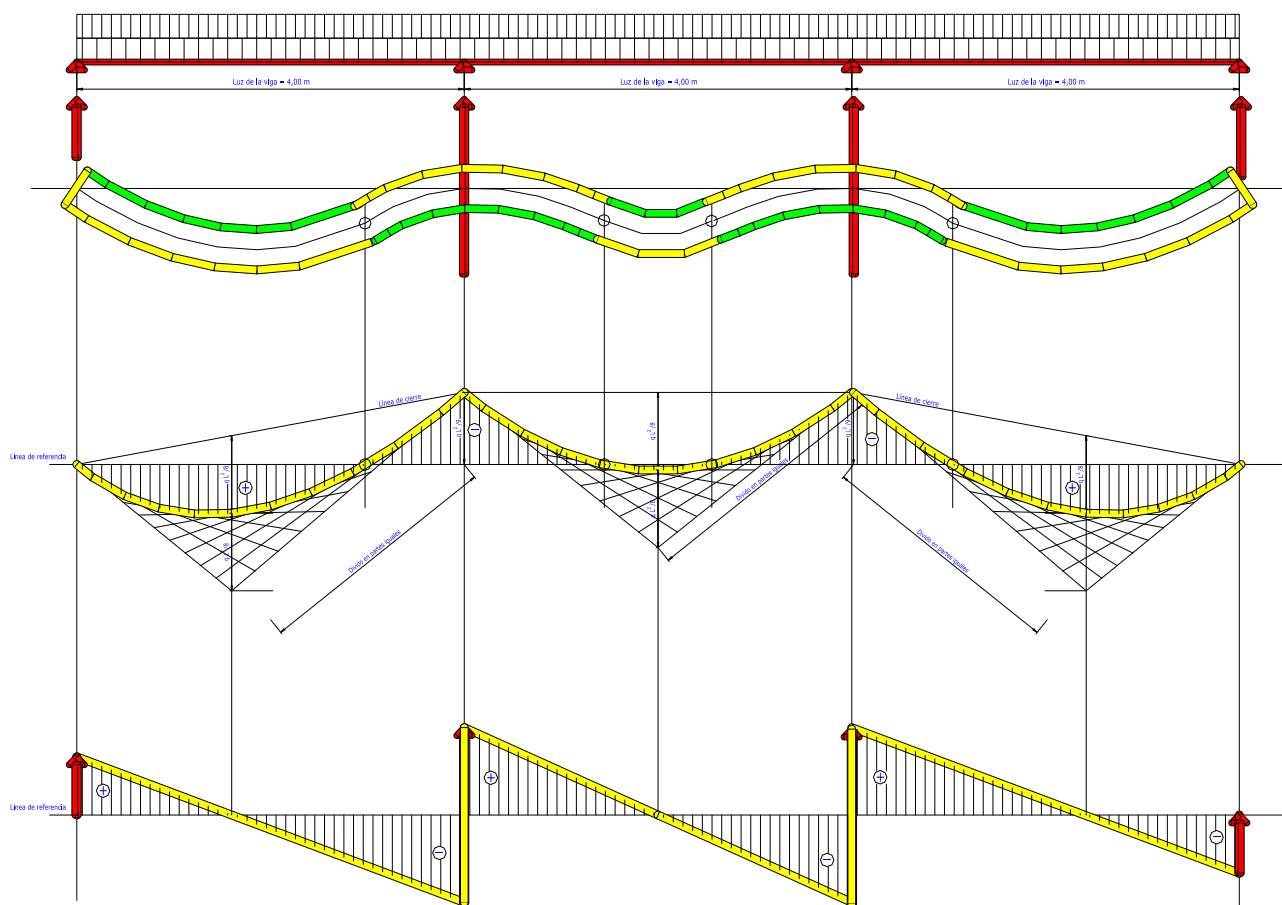


Figura 22. Viga Continua. Diagramas de Momento Flector y Esfuerzo de Corte (M y V)

Secuencia del trazado de diagramas

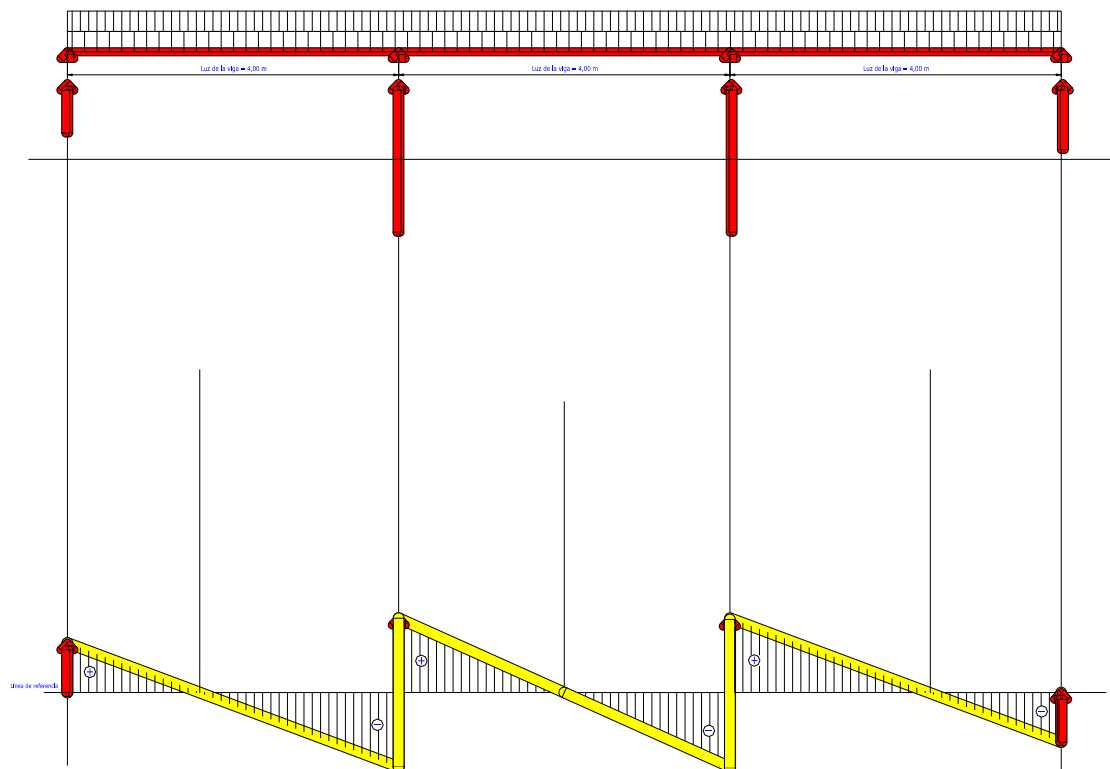


Figura 23. Reacciones y Diagrama de corte (V)

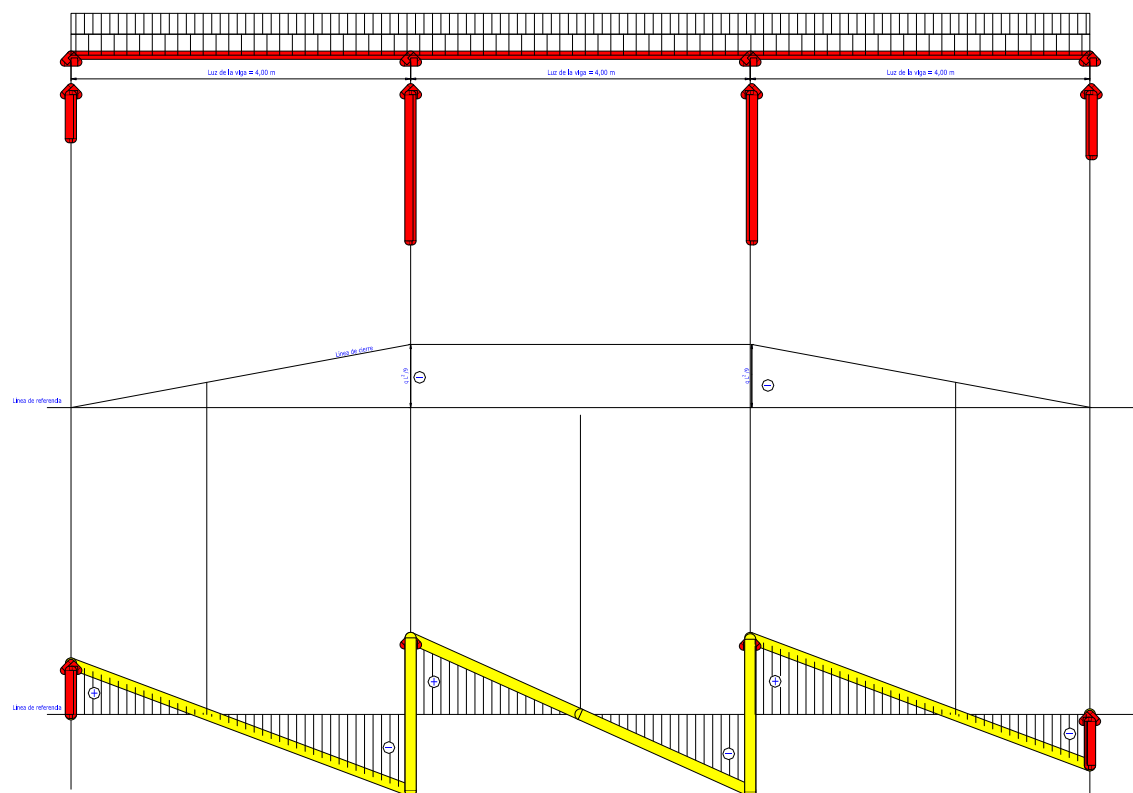


Figura 24. Momentos en apoyos y línea de cierre

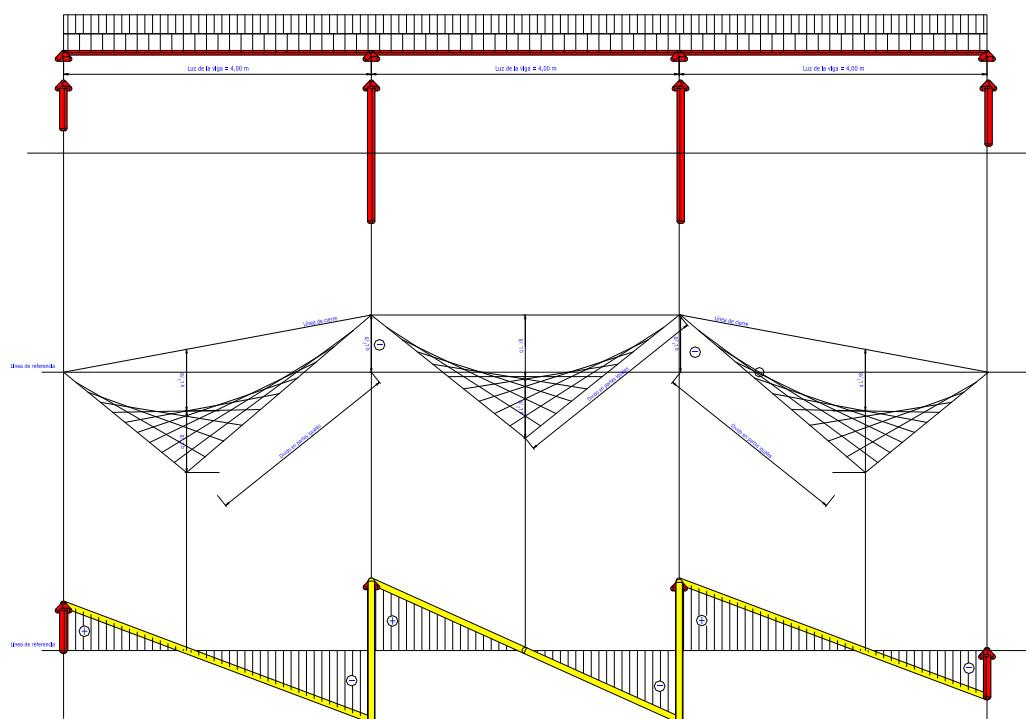


Figura 25. Abscisa de Corte nulo y Momento Máximo. Forma parabólica del diagrama

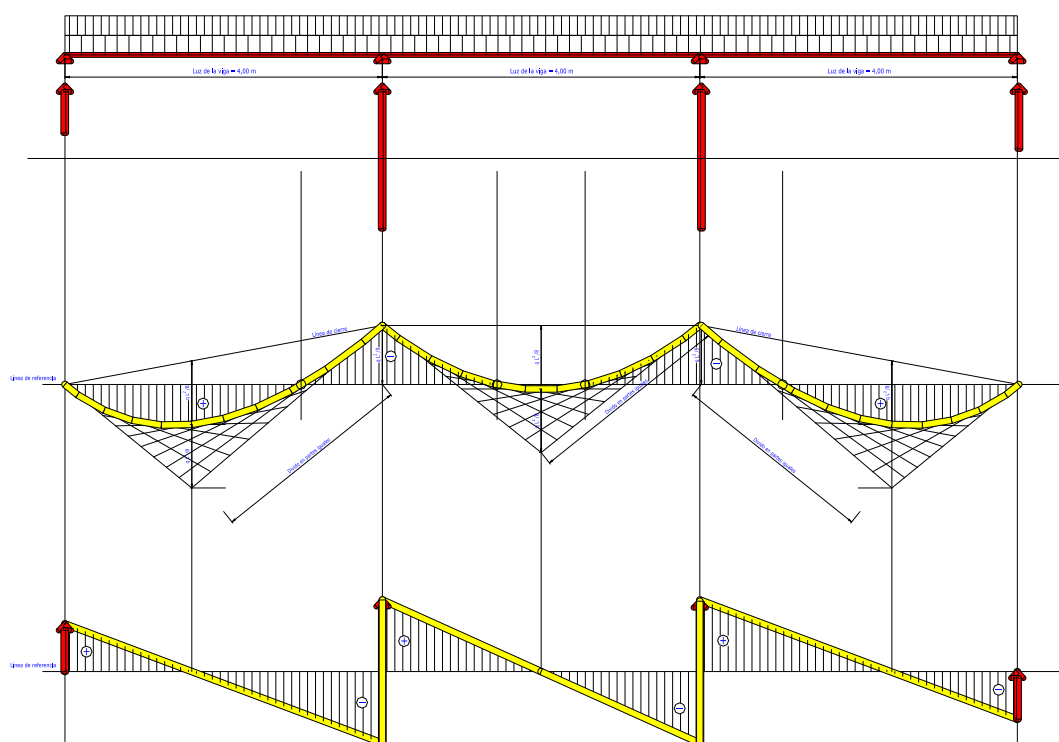


Figura 26. Trazado del diagrama de Momentos Flectores (M)

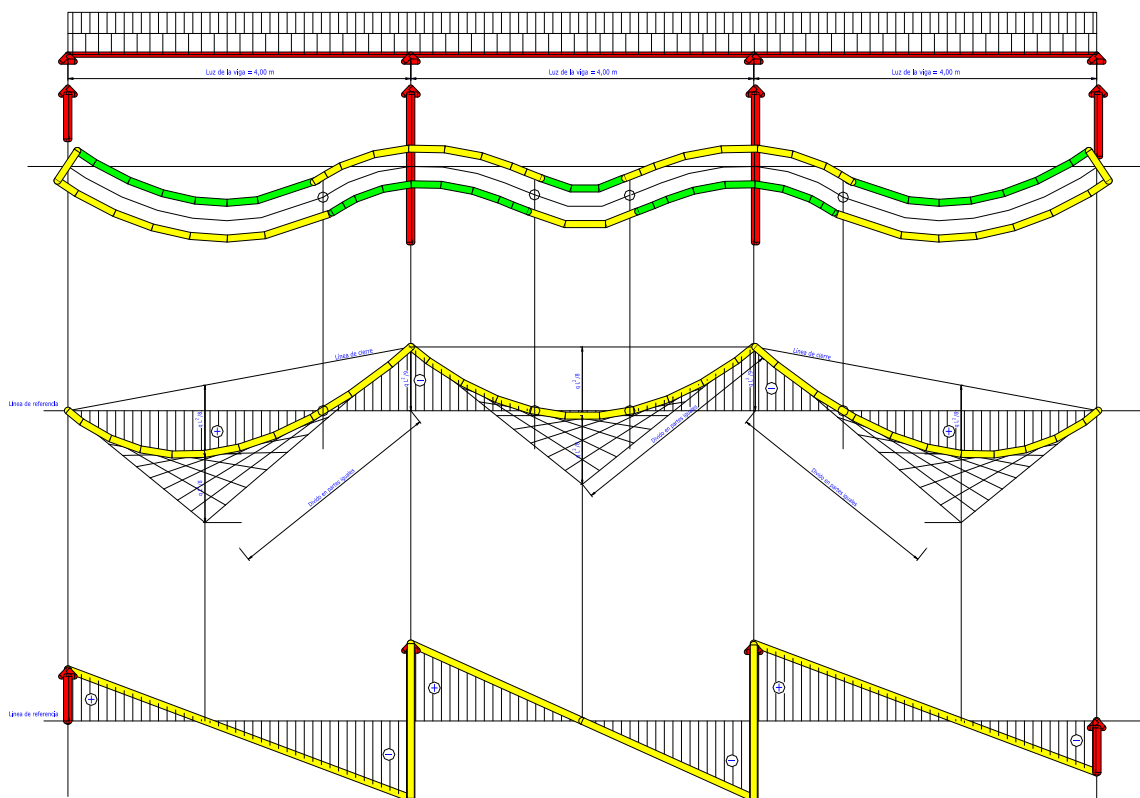


Figura 27. Ubicación de puntos de inflexión. Identificación de zonas traccionadas y comprimidas