

Del ala inferior de un perfil IPE pende un polipasto móvil de 50 kN de carga. Este perfil corresponde a una viga biapoyada de 10 m de luz y acero S 275 JR. Se pide dimensionar el perfil, admitiendo una flecha máxima  $L/750$ .

### 1. Dimensionamiento a flexión (resistencia y flecha)

La situación más desfavorable se produce cuando el polipasto se posiciona en el centro del vano. La flecha máxima para una viga biapoyada con carga  $p$  en el centro tiene la expresión:

$$f = \frac{pL^3}{48EI_y}$$

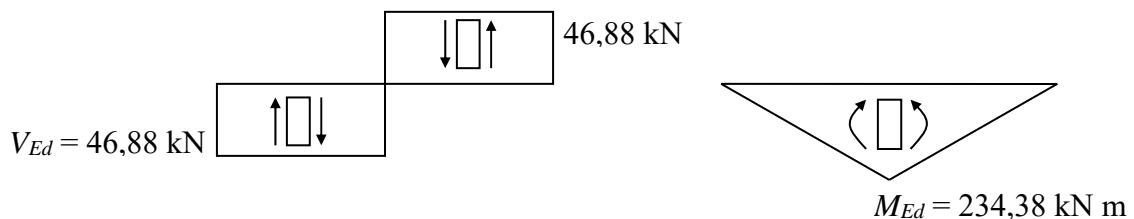
En este caso la flecha debe cumplir  $f \leq L/750$ , despejando la inercia se tiene:

$$I_y \geq \frac{750}{48} \frac{pL^2}{E} = \frac{750}{48} \cdot \frac{50000 \cdot 10000^2}{210000} = 372,02 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \Rightarrow \underline{\text{IPE 500}} (I_y = 482 \cdot 10^6 \text{ mm}^4)$$

Para la comprobación a resistencia se mayor la carga por un coeficiente 1,5 correspondiente a acción variable. También es conveniente mayorar la acción, debido al impacto existente en el instante inicial de actuación del polipasto, mediante un coeficiente de impacto de valor aproximado 1,25 (este coeficiente debe facilitarlo el fabricante):

$$p_d = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 50 = 93,75 \text{ kN}$$

resultando la siguientes leyes de esfuerzos:



El momento flector y cortante máximos se producen en la sección central. Es un caso de flexión y cortante combinados.

Se comprueba primero la resistencia de la sección a cortante:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 6040 \frac{(275/1,05)}{\sqrt{3}} = 913,31 \text{ kN} > V_{Ed} \quad \checkmark$$

Ha resultado que  $V_{Ed} < 0,5V_{c,Rd}$ , por lo que se realiza la comprobación a flexión sin reducción de  $M_{c,Rd}$ . Se adopta Clase 3 por ser estructura isostática (si se adoptase Clase 1 podría aparecer un pseudo-mecanismo):

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el} f_{yd} = 1930 \cdot 10^3 \cdot 275 / 1,05 = 505,48 \text{ kNm} > M_{Ed} \quad \checkmark$$

## 2. Comprobación de resistencia a pandeo lateral

Se realiza la comprobación según el CE, por lo que se supone carga aplicada en el c.d.g. de la sección. Considerando la variación del diagrama de flectores, se tiene  $C_1 = 1,35$ :

$$\left. \begin{aligned} M_{LTv} &= C_1 \frac{\pi}{L_c} \sqrt{G I_T E I_z} = 245,17 \text{ kNm} \\ M_{LTw} &= W_{el,y} \frac{\pi^2 E}{L_c^2} C_1 i_{f,z}^2 = 144,26 \text{ kNm} \end{aligned} \right\} \Rightarrow M_{CR} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2} = 284,46 \text{ kNm}$$

$$L_c = 10000 \text{ mm}; \quad C_1 = 1,35; \quad I_{f,z} = (16 \cdot 200^3 / 12) + [(500 - 2 \cdot 16) / 6] \cdot 10,2^3 / 12 = 10,67 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A_{f,z} = 16 \cdot 200 + [(500 - 2 \cdot 16) / 6] \cdot 10,2 = 3996 \text{ mm}^2; \quad i_{f,z}^2 = I_{f,z} / A_{f,z} = 2671,33 \text{ mm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1930 \cdot 10^3 \cdot 275}{284,46 \cdot 10^6}} = 1,3659$$

Curva de pandeo:

$$h/b = 2,5 > 2 \Rightarrow \text{Curva b} \quad \alpha_{LT} = 0,34$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 1,6311$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,3964$$

La comprobación a pandeo lateral es:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 200,38 \text{ kNm} < M_{Ed} = 234,38 \text{ kNm} \quad \times$$

Esta comprobación no ha resultado satisfactoria, por lo que se va a tener en cuenta que la carga se encuentra aplicada en el ala inferior de la viga (Argüelles, 2016):

$$k_\phi = 1,0 \quad \text{viga biapoyada (ambos apoyos liberan el alabeo y el giro de eje Z)}$$

$$k = k_{\phi} L_C \sqrt{\frac{GI_T}{EI_w}} = k_{\phi} L_C \sqrt{\frac{I_T}{2,6I_w}} = 5,1379$$

siendo  $I_w$  el módulo de alabeo (para secciones I  $\rightarrow I_w = I_z h^2/4$ )

$$C_2 = 0,553 \text{ (viga biapoyada con carga puntual en centro-luz)}$$

+ Se utiliza el signo + por ser carga situada en el ala inferior

El nuevo valor del momento crítico es:

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi}{k_{\phi} L_C} \sqrt{GI_T EI_z} \left[ \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{k^2} (1 + c_2^2)} \pm c_2 \frac{\pi}{k} \right] = 381,99 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1930 \cdot 10^3 \cdot 275}{381,99 \cdot 10^6}} = 1,1788$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 1,36111$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = 0,4898$$

La comprobación a pandeo lateral es:

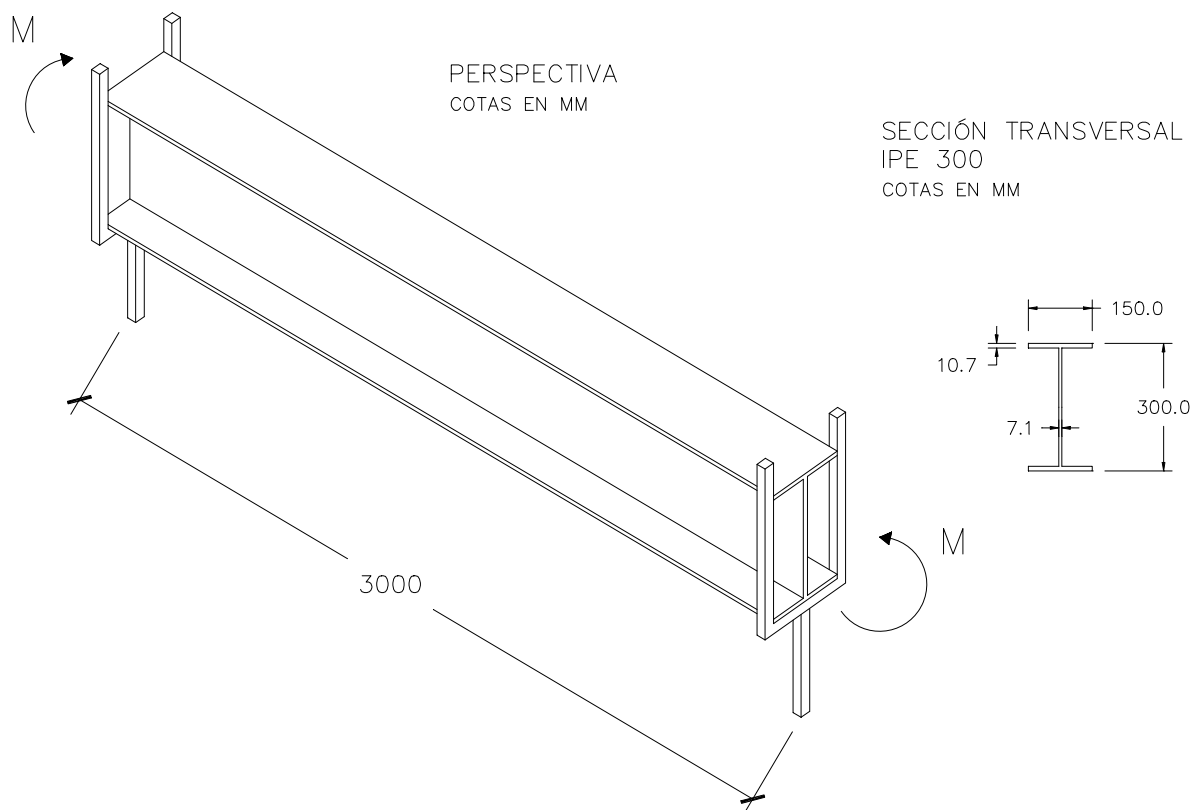
$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 247,58 \text{ kNm} > M_{Ed} = 234,38 \text{ kNm} \quad \checkmark$$

## Ejercicio 1

Determinar el momento que provoca el agotamiento de la viga exenta representada en la figura adjunta en los dos casos siguientes, y comenta las diferencias observadas:

- Considerando sólo el mecanismo resistente de flexión y torsión de Saint-Venant.
- Considerando los mecanismos resistentes de flexión y torsión de Saint-Venant, y de torsión por alabeo.

Acero S 275 JR



## Ejercicio 2

La viga biapoyada de la figura está formada por un IPE 450 de acero S 275 JR y tiene coaccionado el giro torsional en sus extremos y en los puntos de aplicación de las cargas puntuales transmitidas por las vigas secundarias (Viga 1 y Viga 2).

Analizar su comportamiento frente al pandeo lateral para el diagrama de momentos flectores mayorados representado en la figura, suponiendo que las cargas están aplicadas en el ala inferior.

