

CLASE 3 - Ejemplo

Veamos y apliquemos las ecuaciones vistas en la [CLASE 2 - Verificaciones en Servicio](#) a estimar la fuerza de pretensado para una viga postensada prefabricada de una cubierta de un edificio. A efectos del análisis de la misma, se asimilará como categoría B: zonas de oficinas.



Figura 18: Edificación en fase constructiva

1. Ejemplo

La [Figura 19](#) muestra el esquema de la estructura, se trata de una cubierta formada por vigas postensadas prefabricadas, colocadas a 6,0 metros de distancia entre ellas y con una longitud de cálculo de 20,0 metros. Las mismas soportan paneles prefabricados cuyo peso es $2,5 \text{ kN/m}^2$ y una sobrecarga de uso de $2,5 \text{ kN/m}^2$.

1.1. Datos

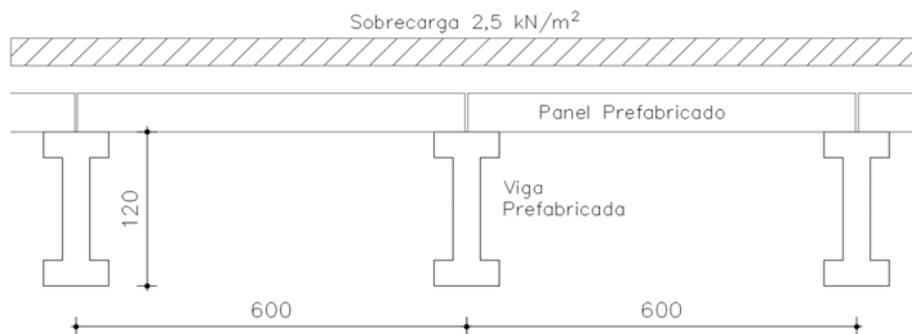


Figura 19: Esquema de cubierta [cm]

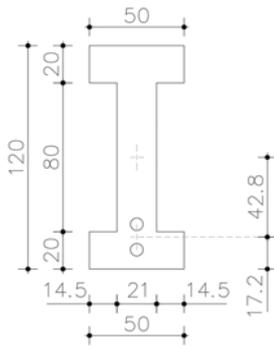


Figura 20: Esquema de sección [cm]

- Hormigón,
 - $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$.
 - $f_{ct,m,fl} = 3,2 \text{ MPa}$
 - $E_{c,28} = 34 \text{ GPa}$
- Edad de tensado, $t_0 = 28$ días.
- Acero pasivo, $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$.
- Acero activo, Y 1860 S7 - 16 mm (150 mm²).
- Área de hormigón: $A_c = 3680 \text{ cm}^2$
- Inercia, $I_c = 5962666,7 \text{ cm}^4$

Observar que a diferencia de la sección del trabajo práctico, la sección resistente solo será la viga aislada mostrada en la [Figura 20](#) debido a que los paneles prefabricados son una pieza separada que se coloca con el hormigón ya fraguado. Se considera que se están utilizando dos vainas con trazado parabólico y que se tensa únicamente del extremo izquierdo de la viga ([Figura 22](#)).

1.2. Solicitaciones

Peso propio Viga:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Sección: } 0,368 \text{ m}^2 \\ \text{Densidad: } 25 \text{ kN/m}^3 \end{array} \right\} \rightarrow pp_v = 9,2 \text{ kN/m}$$

Peso propio Panel:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ancho de influencia: } 6,0 \text{ m} \\ \text{Peso: } 2,5 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\} \rightarrow pp_p = 15,0 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ancho de influencia: } 6,0 \text{ m} \\ \text{Carga: } 2,5 \text{ kN/m}^2 \end{array} \right\} \rightarrow q_{sc} = 15,0 \text{ kN/m}$$

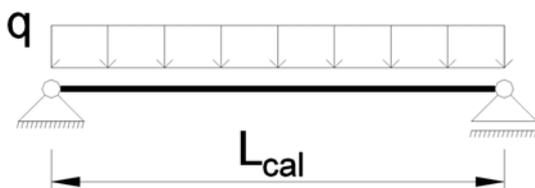


Figura 21: Esquema de cálculo

$$M_{pp,v} = \frac{pp_v \cdot L_{cal}^2}{8} = \frac{9,2 \cdot 20^2}{8} = 460,0 \text{ kNm}$$

$$M_{pp,p} = \frac{pp_p \cdot L_{cal}^2}{8} = \frac{15,0 \cdot 20^2}{8} = 750,0 \text{ kNm}$$

$$M_Q = \frac{q_{sc} \cdot L_{cal}^2}{8} = \frac{15,0 \cdot 20^2}{8} = 750,0 \text{ kNm}$$

1.3. Estimación Fuerza de pretensado

Aplicaremos las ecuaciones detalladas en (2) bajo las hipótesis definidas en (3). Trabajaremos con unidades de kN y cm por lo tanto P_0 estará en kN.

$$\begin{aligned} 1) \quad \sigma_{C0,inf} &= -1,1 \cdot 0,9 \cdot P_0 \left(\frac{1}{3680} + \frac{42,8}{5962666,7} 60 \right) + \frac{46000}{5962666,7} 60 \geq -2,1 \text{ kN/cm}^2 \\ 2) \quad \sigma_{C0,sup} &= 1,1 \cdot 0,9 \cdot P_0 \left(-\frac{1}{3680} + \frac{42,8}{5962666,7} 60 \right) - \frac{46000}{5962666,7} 60 \leq 0,32 \text{ kN/cm}^2 \\ 3) \quad \sigma_{C,inf} &= -0,9 \cdot 0,9 \cdot P_0 \left(\frac{1}{3680} + \frac{42,8}{5962666,7} 60 \right) + \frac{46000}{5962666,7} 60 + \frac{75000}{5962666,7} 60 + \frac{0,5 \cdot 75000}{5962666,7} 60 + \\ & 0,9 \cdot (0,05 + 0,10) \cdot P_0 \left(\frac{1}{3680} + \frac{42,8}{5962666,7} 60 \right) \leq 0,32 \text{ kN/cm}^2 \\ 4) \quad \sigma_{C,inf} &= -0,9 \cdot 0,9 \cdot P_0 \left(\frac{1}{3680} + \frac{42,8}{5962666,7} 60 \right) + \frac{46000}{5962666,7} 60 + \frac{75000}{5962666,7} 60 + \frac{0,3 \cdot 75000}{5962666,7} 60 + \\ & 0,9 \cdot (0,05 + 0,10) \cdot P_0 \left(\frac{1}{3680} + \frac{42,8}{5962666,7} 60 \right) \leq 0 \end{aligned}$$

Operando obtenemos las siguientes condiciones para P_0 ,

- 1) $P_0 \leq 3685,5 \text{ kN}$
- 2) $P_0 \leq 4975,4 \text{ kN}$
- 3) $P_0 \geq 2689,0 \text{ kN}$
- 4) $P_0 \geq 3045,5 \text{ kN}$

Por lo tanto P_0 debe estar contenido en el siguiente intervalo, $P_0 \in \{3045,5 \text{ kN}; 3685,5 \text{ kN}\}$.

1.4. Cables y vainas

Para determinar la cantidad total de acero necesaria elegimos la fuerza de pretensado que adoptaremos para nuestra viga, $P_0 = 3100 \text{ kN}$ y aplicamos las ecuaciones (7) y (8). Tener en cuenta que estamos analizando la sección central, pero debería verificarse para toda la longitud de la viga.

- Situaciones permanentes:

$$\sigma_{pm0} \leq \begin{cases} 0,75f_{pk} = 1395 \text{ MPa} \\ 0,85f_{p0,1k} = 1423 \text{ MPa} \end{cases} \rightarrow A_p \geq \frac{0,9 \cdot 3100 \times 10^3}{1395} = 2000 \text{ mm}^2$$

- Situaciones temporales:

$$\sigma_{p,max} \leq \begin{cases} 0,80f_{pk} = 1488 \text{ MPa} \\ 0,90f_{p0,1k} = 1507 \text{ MPa} \end{cases} \rightarrow A_p \geq \frac{3100 \times 10^3}{1488} = 2083 \text{ mm}^2$$

Donde,

- $f_{pk} = 1860 \text{ MPa}$, carga unitaria máxima característica.
- $f_{p0,1k} = 0,9f_{pk} = 1674 \text{ MPa}$, límite elástico característico.

Finalmente se consideran un total de 14 cables Y 1860 S7 - 16mm (150 mm²), con lo que obtenemos un área total de acero activo de 2100 mm². Para lo que se toman, de acuerdo al catálogo MK4 dos vainas de 7 cables cada una con diámetro interior 62 mm y diámetro exterior 67 mm.

Cerdón	Tipo de Tendón	Vaina del Tendón	
		Ø Interior [mm]	Ø Exterior [mm]
Cable 15 mm (0.6")	3		
	4	51	56
	5		
	7	62	67
	9	72	77
	12	85	90
	15	90	95
	19	100	105
	24	110	115
	27		
	31	120	125
	37	130	137

Observar que la disposición de vainas cumple con los criterios de recubrimientos mínimos y separaciones mínimas mostradas en (3.2).

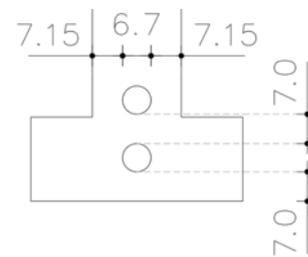


Figura 22: Esquema de vainas [cm]