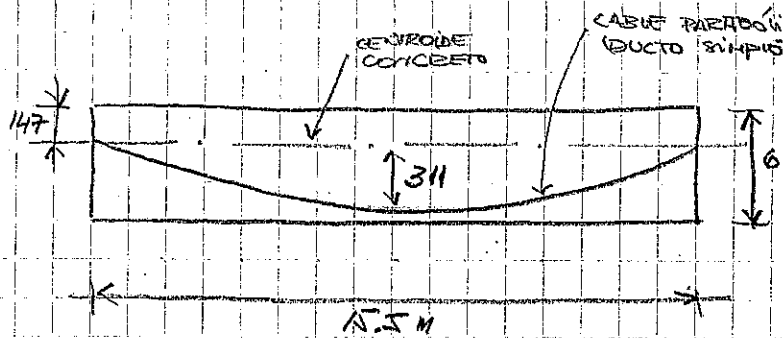
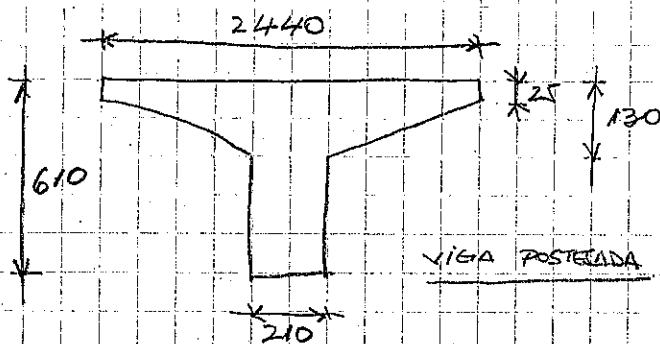


## EJEMPLO: PÉRDIDAS DE TENSADO



$$A_p = 12 \times \phi 12.7 \text{ mm} = 1185 \text{ mm}^2$$

$$f_{pu} = 1860 \text{ MPa}$$

$$P_j = 1335 \text{ kN @ 28 días}$$

$$\text{DEFLAZO ANCLAJE} = 2.54 \text{ mm}$$

### 1. PROPIEDADES GEOMÉTRICAS

$$A_c = 338 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

$$I_c = 9.17 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_o = 8.0 \text{ km}^3/\text{m}$$

$$\Rightarrow r^2 = 27.6 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

DUCTO GRADEADO DESPUÉS DEL TENSADO Y ANCLAJE

$$E_c = 27600 \text{ MPa}$$

$$E_p = 186 \text{ GPa}$$

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$w = 2.35$$

### 2. PÉRDIDA POR FRICCIÓN

EL PERFIL PARABÓLICO DEL CABLE SE APROXIMA COMO UN ARCO CIRCULAR POR EL CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN:

$$\alpha = \frac{8 \times e}{L} = \frac{8 \times 311}{15500} = 0.161$$

COEFICIENTE DE FRICCIÓN POR DETALLADO,  $K = 0.0010$  %/m (TABLA ET. DC)  
POR CURVATURA,  $\mu = 0.20$

$$\Rightarrow (KL + \mu \alpha) = 0.0033 \times 15.5 + 0.20 \times 0.161 = 0.0834$$

$$< 0.3 \quad \checkmark \text{ OK (ACI)}$$

$$f_{pj} = \frac{P_j}{A_p} = \frac{1335 \times 10^3}{1185} = 1127 \text{ MPa}$$

por lo tanto, LA PÉRDIDA POR FRICCIÓN: (EN EL LARGO TOTAL DE LA VIGA)

$$\Delta f_{fr} = f_{pj} (KL + \mu \alpha) = 94 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow f_p = f_{pj} - \Delta f_{fr} = 1127 - 94 = 1033 \text{ MPa}$$

AL CENTRO DEL VANO, SUPONIENDO UNA VARIACIÓN LINEAL, LA TENSIÓN ES DE 1080 MPa

### 3. PÉRDIDA POR DESLIZAMIENTO DE ANCLAJE:

$$\Delta f_{anc} = \frac{\Delta L}{L} E_p$$

EL EFECTO DE LA PÉRDIDA POR DESLIZAMIENTO DE ANCLAJE ES LOCAL EN LA ZONA DE ANCLAJE SE EXTIENDE NO MÁS ALLÁ DE 3 M DESDE LA CARA DE ANCLAJE. POR LO TANTO, AL ANALIZAR EL CENTRO DE LA LUZ, SE PUEDE DESPRECIAR ESTE EFECTO.

$$\Rightarrow \Delta f_{anc} = 0$$

### 4. AUMENTO ELÁSTICO DEL HORMIGÓN

ESTA PÉRDIDA SE PRODUCE AL MOMENTO DE APLICAR LA CARGA CON EL CILINDRO HIDRÁULICO Y EN LA MEDIDA QUE ÉSTA SE TRANSFIERE AL HORMIGÓN. POR LO TANTO ESTA PÉRDIDA PUEDE COMPENSARSE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE UN TENSIÓN ADICIONAL CON EL CILINDRO

$$\Rightarrow \Delta f_{el} = 0$$

RESUMIENDO, LA FUERZA INICIAL DE PRETENSADO AL CENTRO DE LA LUZ, DESPUÉS DE LA CONSIDERACIÓN DE LAS PÉRDIDAS INSTANTÁNEAS:

$$F_p = F_{pi} - \Delta f_{fr} - \cancel{\Delta f_{anc}} - \cancel{\Delta f_{el}} = 1080 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow P_i = 1080 \times 1185 = 1280 \text{ kN}$$

### 5. PÉRDIDA POR CREEP

$$\Delta f_{cp} = C_u \cdot \eta_p \cdot f_{cs}$$

$$M_0 = \frac{1}{8} W_0 L^2 = \frac{1}{8} \times 8 \times 15.5^2 = 240 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$f_{cs} = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e^2}{r^2}\right) + \frac{M_0 e}{I_c}$$

$$P_i = 0.9 P_i = 1152 \text{ kN}$$

$$= -\frac{1152 \times 10^3}{338 \times 10^2} \left(1 + \frac{311^2}{27.6 \times 10^3}\right) + \frac{240 \times 10^6 \times 311}{9.17 \times 10^9} = -7.21 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow \Delta f_{cp} = 2.35 \times \frac{186}{27.6} \times 7.21 = 114 \text{ MPa}$$

### 6. PÉRDIDA POR RETRACCIÓN DE FRAGUADO DEL HORMIGÓN

$$\epsilon_{sh,u} = 800 \times 10^{-6} \rightarrow \epsilon_{sh,t} = \frac{t}{35+t} \epsilon_{sh,u} \quad (t \text{ en días})$$

$$\Rightarrow \epsilon_{sh,28 \text{ días}} = \frac{28}{35-28} \times 800 \times 10^{-6} = 315 \times 10^{-6}$$

← CUREADO HUMÍDEDO

$$\Rightarrow \Delta f_{sh} = E_p \epsilon_{sh} = 786 \times 10^3 \times 315 \times 10^{-6} = 66 \text{ MPa}$$

7. PÉRDIDA POR RELAJACIÓN DEL CABLE

$$f_{pi} = 0.9 f_{py} = 0.9 \times 1080 = 972 \text{ MPa}$$

CABLE: (GRADO 270)

$$\begin{aligned} f_{pu} &= 1860 \text{ MPa} \\ f_{py} &= 1585 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{f_{pi}}{f_{py}} = 0.61 > 0.55 \text{ CABLES CORRIENTES}$$

$$A \text{ 5 AÑOS} = 44000 \text{ HORAS} : t = 44000 \text{ hr}$$

$$\begin{aligned} \Delta f_{rel} &= f_{pi} \times \frac{\log(t)}{10} \left( \frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0.55 \right) \\ &= 972 \times \frac{4.643}{10} \left( \frac{972}{1585} - 0.55 \right) \\ &= 29 \text{ MPa} \end{aligned}$$

8. RESUMEN.

| FUENTE        | PÉRDIDA<br>MPa | % DE $f_{pi}$ |                        |
|---------------|----------------|---------------|------------------------|
| FRICCIÓN      | 47             | 4             | } INMEDIATAS           |
| DEJAZA $\phi$ | 0              | 0             |                        |
| ACORTA $\phi$ | 0              | 0             |                        |
| CREEP         | 114            | 11            | } DIFERIDAS EN EL TPO. |
| RETRACCIÓN    | 66             | 6             |                        |
| RELAJACIÓN    | 29             | 3             |                        |

LA TENSIÓN EN EL GATO  $f_u = 1127 \text{ MPa}$  SE REDUCE DEBIDO A LA PÉRDIDA POR FRICCIÓN A  $f_{pi} = 1080 \text{ MPa}$  (EN EL CENTRO). LAS PÉRDIDAS POR DEJAZA  $\phi$  Y ACORTA  $\phi$  ELÁSTICOS SE HAN DESPRECIADO.

DESPUÉS DE UN PERÍODO DE 5 AÑOS, LA TENSIÓN INICIAL SE REDUCE, DEBIDO A CREEP, RETRACCIÓN Y RELAJACIÓN, A LA TENSIÓN EFECTIVA  $f_{pe} = 871 \text{ MPa}$ .

POR LO TANTO LA RELACIÓN DE EFECTIVIDAD,  $R$ :

$$R = \frac{871}{1080} = 0.81$$