

ANNEX B. CÀLCULS UNIONS SINGULARS

	Pàg
B.1 UNIÓ JÀSSERA - CORRETJA PRINCIPAL	
B.1.1 Càlcul de les plaques d'unió	83
B.1.1.1 Resistència de la secció a tallant	83
B.1.2 Càlcul de la unió cargolada	85
B.1.2.1 Resistència a tallant en la secció transversal del cargol	85
B.1.2.2 Resistència a aixafament de la xapa	86
B.1.2.3 Resistència a esquinçament de l'ànima	87
B.2 UNIÓ JÀSSERA – PEUS DE SUPORT	
B.2.1 Càlcul de les plaques d'unió	89
B.2.1.1 Resistència de la secció a tallant	89
B.2.2 Càlcul del passador en les articulacions dels peus	91
B.2.2.1 Resistència a tallant en la secció transversal del passador ..	92
B.2.2.2 Resistència a flexió del passador	92
B.2.2.3 Resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador.....	94
B.2.2.4 Resistència a aixafament en les xapes d'unió	94
B.3 UNIÓ PUNT D'ARTICULACIÓ DE LA JÀSSERA LATERAL AMB EL TERRA	
B.3.1 Càlcul del passador de l'articulació de la jàssera lateral amb el terra	95
B.3.1.1 Resistència a tallant en la secció transversal del passador...	96

B.3.1.2 Resistència a flexió del passador	96
B.3.1.3 Resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador.....	97
B.3.1.4 Resistència a aixafament en les xapes d'unió	98

B.4 UNIÓ PUNT D'ARTICULACIÓ DE LA JÀSSERA CENTRAL AMB EL TERRA

B.4.1 Càlcul del passador de l'articulació de la jàssera central amb

el terra	99
B.4.1.1 Resistència a tallant en la secció transversal del passador..	100
B.4.1.2 Resistència a flexió del passador	100
B.4.1.3 Resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador.....	102
B.4.1.4 Resistència a aixafament en les xapes d'unió	103

B.1 UNIÓ JÀSSERA - CORRETJA PRINCIPAL

B.1.1 Càlcul de les plaques d'unió

Característiques de les plaques d'unió:

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

i considerant un coeficient parcial de seguretat del material de $\gamma_{M0} = 1,05$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

$$t = 12 \text{ mm}$$

B.1.1.1 Resistència de la secció a tallant

Càlcul per la secció més desfavorable:

S1 - Secció vertical que passa per l'eix dels forats dels cargols segons s'observa a la Figura B1.

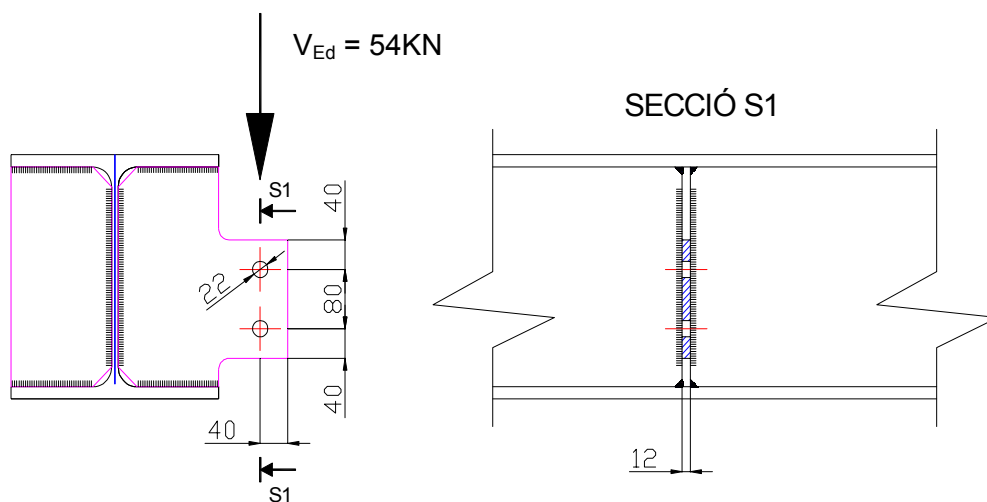


Figura B1. Vista i secció de la plaques d'unió jàssera-corretja

L'esforç de tallant màxim de càlcul al qual està sotmesa la corretja de perfil HEA-240 és de $V_{Ed} = 54 \text{KN}$ el qual serà menor que la resistència de les seccions a tallant $V_{c,Rd}$, calculada segons l'Equació B1.

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Eq. B1})$$

Essent la secció de tallant de $A_V = h \cdot t - \sum d \cdot t$ (Eq. B2)

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$t = 12 \text{ mm}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$\text{donant una } A_V = 1392 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 210,48 \text{ KN} > V_{E,d} = 54 \text{ KN}$$

B.1.2 Càlcul unió cargolada

L'esforç de tallant màxim de càlcul al qual està sotmesa la corretja de perfil HEA-240 és de $V_{Ed} = 54\text{KN}$, tal com s'observa en la Figura B2.

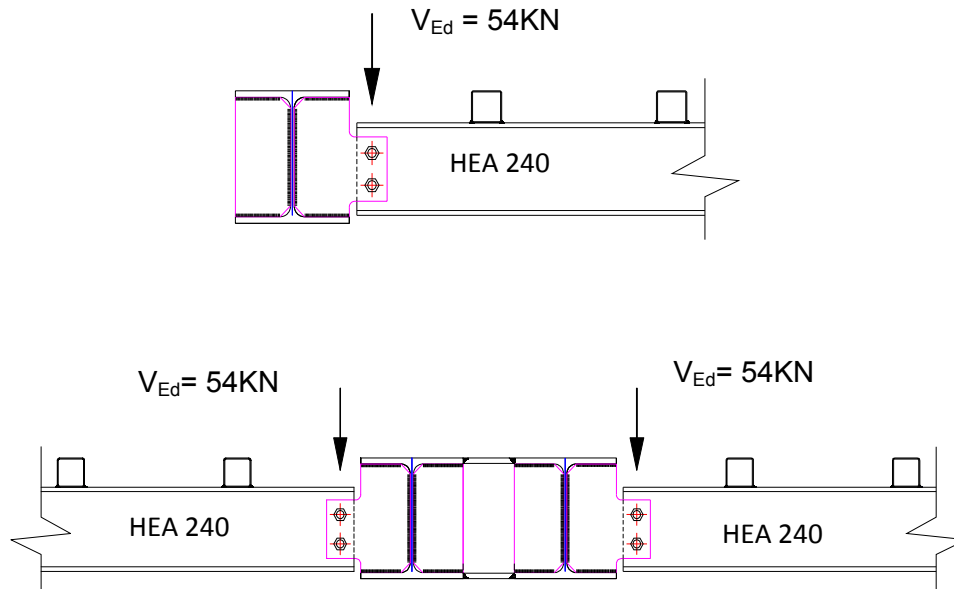


Figura B2. Unió cargolada jàssera-corretja

La unió cargolada estarà formada per 2 cargols M20 DIN 933 A8t (8.8.) les característiques dels quals són:

$$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s (\text{Àrea resistent}) = 245 \text{ mm}^2$$

B.1.2.1 Resistència a tallant en la secció transversal del cargol

La resistència a tallant en la secció transversal del cargol es calcula segons l'Equació B3.

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{0,5 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \quad (\text{Eq. B3})$$

$$n = 1$$

$$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$A_s (\text{Àrea resistent}) = 245 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{v,Rd} = 78,4 \text{ KN/ut}$$

Donant així que 2 cargols x 78,4 KN/ut = **156,8 KN** > $V_{E,d}=54 \text{ KN}$

B.1.2.2 Resistència a aixafament de la xapa

L'espessor mínim a unir correspon a l'espessor de l'ànima del perfil HEA 240 que és de $t=7,5\text{mm}$ i la resistència a aixafament de la xapa es calcula segons l'Equació B4.

$$F_{t,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \quad (\text{Eq. B4})$$

$$\alpha \text{ menor de } \frac{e_1}{3 \cdot d_0} ; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1,0 \quad (\text{Eq. B5})$$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$d_0 = 20 \text{ mm}$$

$$p_1 = 80 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 420 \text{ N/mm}^2$$

donant una $\alpha = 0,667$ i

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$t = 7,5 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{t,Rd} = 92,44 \text{ KN/ut}$$

Donant així que 2 cargols x 92,44 KN/ut = **184,88 KN** > $V_{E,d}=54 \text{ KN}$

B.1.2.3 Resistència a esquinçament de l'ànima

Pel càlcul de la resistència a esquinçament de l'ànima s'adoptarà el menor valor resultant de l'aplicació de les Equacions B6, B7 i B8.

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y \cdot A}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 163,75 \text{ KN} > V_{E,d} = 54 \text{ KN} \quad (\text{Eq. B6})$$

$$F_{v,Rd} = \frac{f_u \cdot A_{net}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = 168,77 \text{ KN} > V_{E,d} = 54 \text{ KN} \quad (\text{Eq. B7})$$

$$F_{v,Rd} = \frac{f_y \cdot A_{eff}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 170,07 \text{ KN} > V_{E,d} = 54 \text{ KN} \quad (\text{Eq. B8})$$

Donat que,

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Càlcul de l'àrea bruta de la secció a tallant segons l'Equació B9.

$$A = t \cdot (L_1 + L_2 + L_3) \quad (\text{Eq. B9})$$

Càlcul de l'àrea neta de la secció a tallant segons l'Equació B10.

$$A_{net} = t \cdot (L_V + L_1 + L_3 - n \cdot d_{0,1}) \quad (\text{Eq. B10})$$

Càlcul de l'àrea eficaç de la secció a tallant segons l'Equació B11.

$$A_{eff} = t \cdot (L_V + L_1 + L_2) \quad (\text{Eq. B11})$$

$$t = 0,75 \text{ mm}$$

$$L_V = 40 \text{ mm}$$

$$L_1 = 80 \text{ mm}$$

$$L_3 = 40 \text{ mm}$$

$$d_{0,1} = 22 \text{ mm}$$

$$L_2 = (a_2 - k \cdot d_{0,2}) \cdot \frac{f_u}{f_y} \quad (\text{Eq. B12})$$

$$a_2 = 40 \text{ mm}$$

$$k = 0,5$$

$$d_{0,2} = 22 \text{ mm}$$

$$L_2 = 46,80 \text{ mm}$$

B.2 UNIÓ JÀSSERA – PEUS DE SUPORT

B.2.1 Càlcul de les plaques d'unió

Característiques de les plaques d'unió:

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

considerant un coeficient parcial de seguretat del material de $\gamma_{M0} = 1,05$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_M = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

B.2.1.1 Resistència de la secció a tallant

Disposició del peu de suport amb la jàssera segons la Figura B3 amb la reacció més desfavorable.

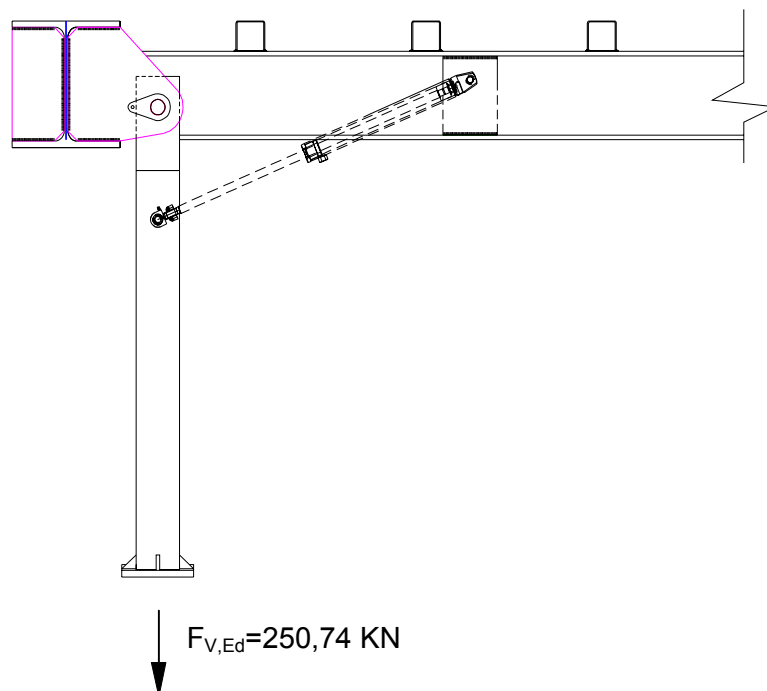


Figura B3. Disposició peu de suport

Càlcul per la secció més desfavorable:

S2 - Secció vertical que passa per l'eix del boló tal i com s'observa en la Figura B4.

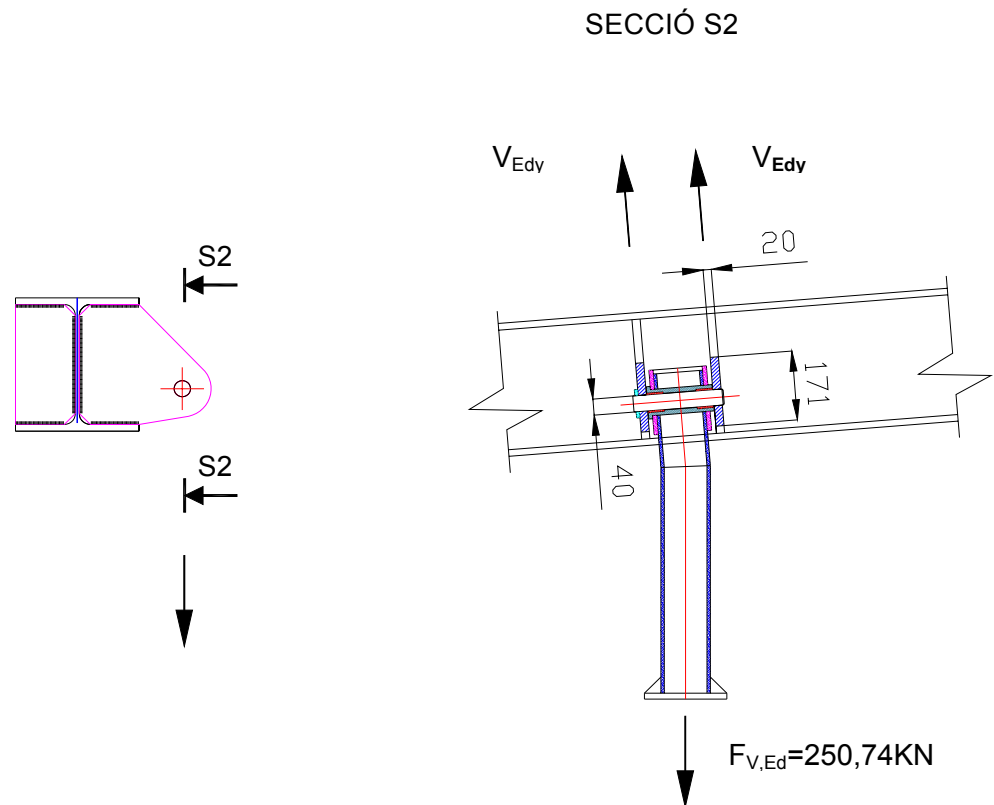


Figura B4. Vista i secció de les plaques d'unió jàssera-peu de suport

La reacció del peu més desfavorable és de $F_{V,Ed}=250,74$ kN, per tant l'esforç de tallant màxim de càlcul al qual estan sotmeses les plaques d'unió entre el peu i la jàssera principal és V_{Edy} , tenint en compte la descomposició de forces que provoca l'angle de la plataforma un cop està inclinada que és de $4,57^\circ$ segons mostra l'Equació B13.

$$V_{Edy} = \frac{F_{V,Ed}}{2} \cdot \cos 4,57^\circ = 124,97 \text{ kN} \quad (\text{Eq. B13})$$

No es tindrà en compte aquesta descomposició de la força ja que l'angle és molt petit i la variació és insignificant.

La resistència de les seccions a tallant és $V_{c,Rd}$ segons mostra l'Equació B14

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad (\text{Eq. B14})$$

Essent la secció de tallant segons l'Equació B15 de

$$A_V = h \cdot t - \sum d \cdot t \quad (\text{Eq. B15})$$

$$h = 171 \text{ mm}$$

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$\text{donant una } A_V = 2620 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 396,16 \text{ KN} > V_{Ed} = 125,37 \text{ KN}$$

B.2.2 Càlcul del passador en les articulacions dels peus

L'esforç de tallant màxim de càlcul al qual està sotmès el passador és de $F_{V,Ed} = 250,74 \text{ KN}$ el qual serà menor que l'esforç resistent de la secció a tallant $F_{V,Rd}$. tal com s'observa en la Figura B5.

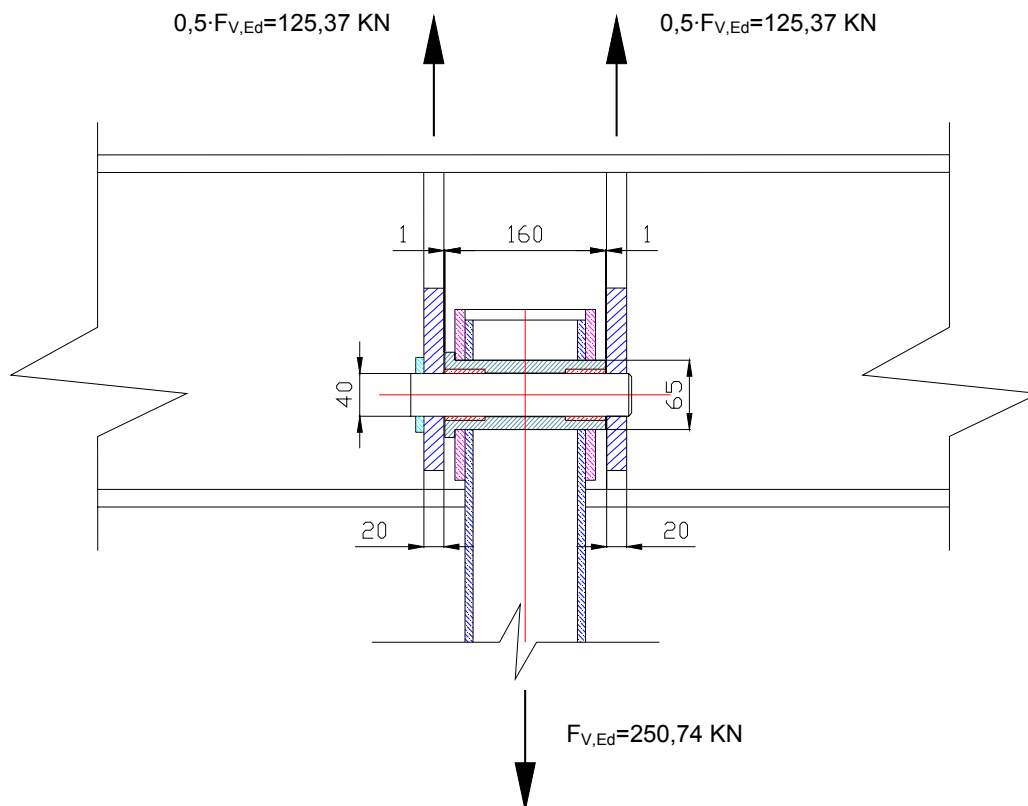


Figura B5. Secció de la unió del passador dels peus amb les plaques de la jàssera principal

La unió estarà formada per un boló de $\varnothing=40\text{mm}$ de barra cromada les característiques del qual són:

$$f_{yb} = 760 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 1180 \text{ N/mm}^2$$

$$\varnothing = 40 \text{ mm}$$

B. 2.2.1 Resistència a tallant en la secció transversal del passador

La resistència a tallant en la secció és $F_{V,Rd}$ i es calcula segons l'Equació B16.

$$F_{V,Ed} < F_{V,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M_2}} \quad (\text{Eq. B16})$$

Essent,

$$\varnothing = 40 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1180 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M_2} = 1,25$$

$$F_{V,Rd} = 711,76 \text{ KN} > F_{V,Ed} = 125,37 \text{ KN}$$

B.2.2.2 Resistència a flexió del passador

El passador està reforçat mitjançant una camisa mecanitzada en la qual s'hi allotgen els coixinets de fricció (IR's), del mateix acer que el passador donant un diàmetre total de 65mm.

La resistència a flexió del passador és M_{Rd} i es calcula segons l'Equació B17.

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing^3}{32} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M_2}} \geq M_{Ed} \quad (\text{Eq. B17})$$

i donat que,

$$\varnothing_{\text{passador}} = 40 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 1180 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M_2} = 1,25$$

$$M_{Rd} = 4745,06 \text{ KNmm}$$

El moment flector de càlcul en el passador és M_{Ed} segons l'Equació B18 del diagrama de moments de la Figura B6.

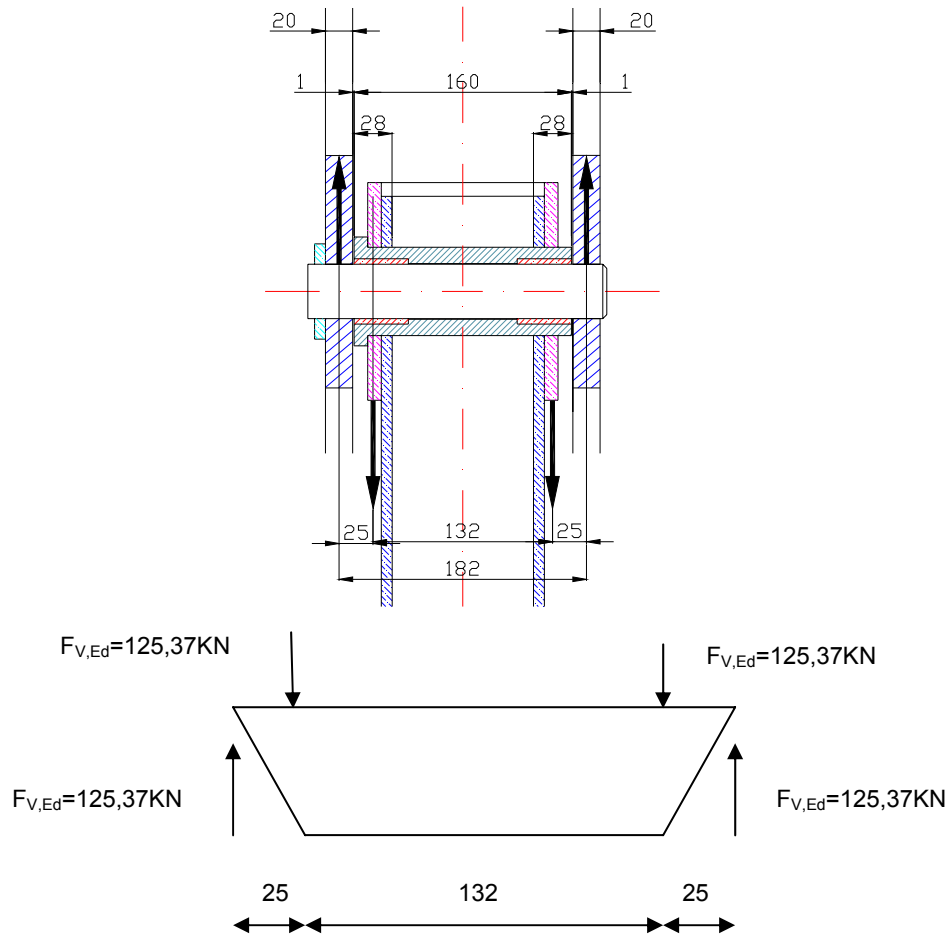


Figura B6. Diagrama de moments en el passador dels peus de suport

$$M_{Ed} = F_{V,Ed} \cdot L \quad (\text{Eq. B18})$$

i donat que

$$F_{V,Ed} = 125,37 \text{ KN}$$

$$L = 25 \text{ mm}$$

per tant,

$$M_{Ed} = 3134,25 \text{ KNmm}$$

B.2.2.3 Resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador

La resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador es calcula segons l'Equació B19.

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{Eq. B19})$$

$$\left(\frac{3134,25}{4745,06}\right)^2 + \left(\frac{125,37}{711,76}\right)^2 = 0,46 \leq 1$$

B.2.2.4 Resistència a aixafament de les xapes d'unió

La resistència a aixafament de la xapa és $F_{b,Rd}$ i es calcula segons l'Equació B20.

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M_2}} \quad (\text{Eq. B20})$$

i donat que

$$t = 20 \text{ mm}$$

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

per tant,

$$F_{b,Rd} = 264 \text{ KN} > F_{b,Ed} = 125,37 \text{ KN}$$

B.3 UNIÓ PUNT D'ARTICULACIÓ DE LA JÀSSERA LATERAL AMB EL TERRA

B.3.1 Càlcul del passador en l'articulació de la jàssera lateral amb el terra

L'esforç de tallant màxim de càlcul al qual està sotmès el passador d'aquesta unió és de $F_{V,Ed} = 69,99$ KN tal com mostra la Figura B7.

La unió estarà formada per un passador de D60mm d'acer S275JR les característiques del qual són:

$$f_{yb} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\varnothing = 60 \text{ mm}$$

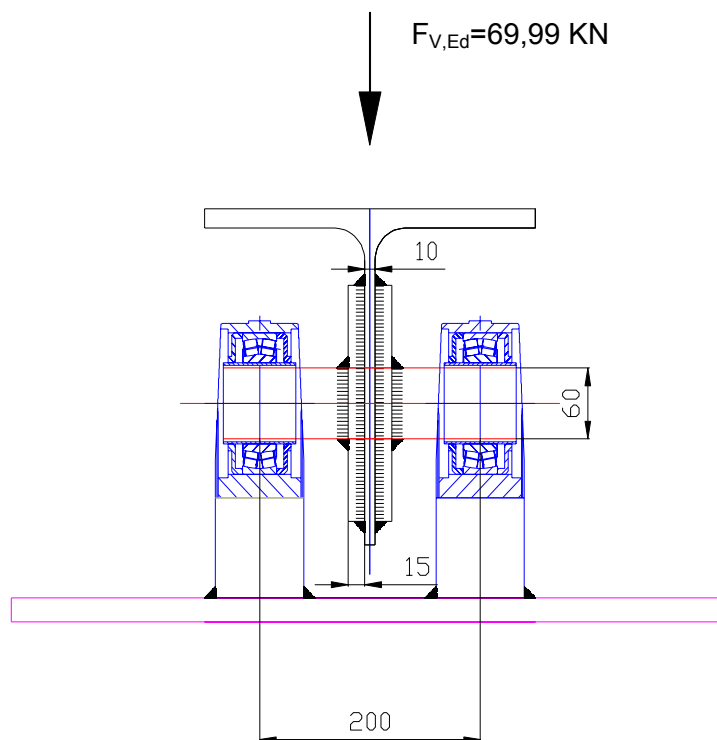


Figura B7. Secció del passador d'unió de la jàssera lateral amb el terra

B.3.1.1 Resistència a tallant en la secció transversal del passador

La resistència a tallant en la secció transversal del passador es calcula segons l'Equació B21.

$$F_{V,Ed} < F_{V,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M_2}} \quad (\text{Eq. B21})$$

Essent

$$\phi = 60 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M_2} = 1,25$$

$$F_{V,Rd} = 556,44 \text{ KN} > F_{V,Ed} = 69,99 \text{ KN}$$

B.3.1.2 Resistència a flexió del passador

La resistència a flexió del passador és M_{Rd} i es calcula segons l'Equació B22

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot \frac{\pi \cdot \phi^3}{32} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M_2}} \geq M_{Ed} \quad (\text{Eq. B22})$$

Essent

$$\phi = 60 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M_2} = 1,25$$

$$M_{Rd} = 5564,39 \text{ KNmm}$$

El moment flector de càlcul en el passador és M_{Ed} i es calcula segons l'Equació B23 del diagrama de moments de la Figura B8.

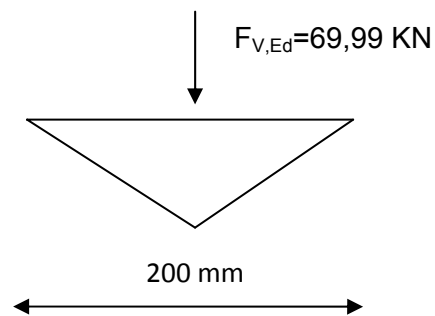


Figura B8. Diagrama de moments en el passador d'unió de la jàssera lateral amb el terra

$$M_{Ed} = \frac{F_{V,Ed}}{4} \cdot L \quad (\text{Eq. B23})$$

i donat que

$$F_{V,Ed} = 71,35 \text{ KN}$$

$$L = 200 \text{ mm}$$

per tant,

$$M_{Ed} = 3499,5 \text{ KNmm}$$

B.3.1.3 Resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador

La resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador es calcula segons l'Equació B24.

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{Eq. B24})$$

$$\left(\frac{3499,5}{5564,39}\right)^2 + \left(\frac{69,99}{556,44}\right)^2 = 0,41 \leq 1$$

B.3.1.4 Resistència a aixafament en les xapes d'unió

La resistència a aixafament de la xapa que correspon a l'espessor de l'ànima del perfil HEA 340 més dues platines de reforç de e=15 mm (una per cada costat) és $F_{b,Rd}$.i es calcula segons l'Equació B25.

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M_2}} \quad (\text{Eq. B25})$$

i donat que

$$t = 15+15+10 = 40 \text{ mm}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

per tant,

$$\mathbf{F_{b,Rd} = 792 \text{ KN} > F_{b,Ed} = 69,99 \text{ KN}}$$

B.4 UNIÓ PUNT D'ARTICULACIÓ DE LA JÀSSERA CENTRAL AMB EL TERRA

B.4.1 Càlcul del passador en l'articulació de la jàssera central amb el terra

Les càrregues màximes de càlcul al qual està sotmès el passador d'aquesta unió serà de dues càrregues $F_{V,Ed} = 74,21$ KN separades 450 mm corresponent als eixos de les jàsseres principals segons indica la Figura B9.

La unió estarà formada per un passador de D60mm d'acer S275JR reforçat mitjançant 4 platines soldades de secció pl 60x10 mm en forma de creu, les característiques del qual són:

$$f_{yb} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ub} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\varnothing = 60 \text{ mm}$$

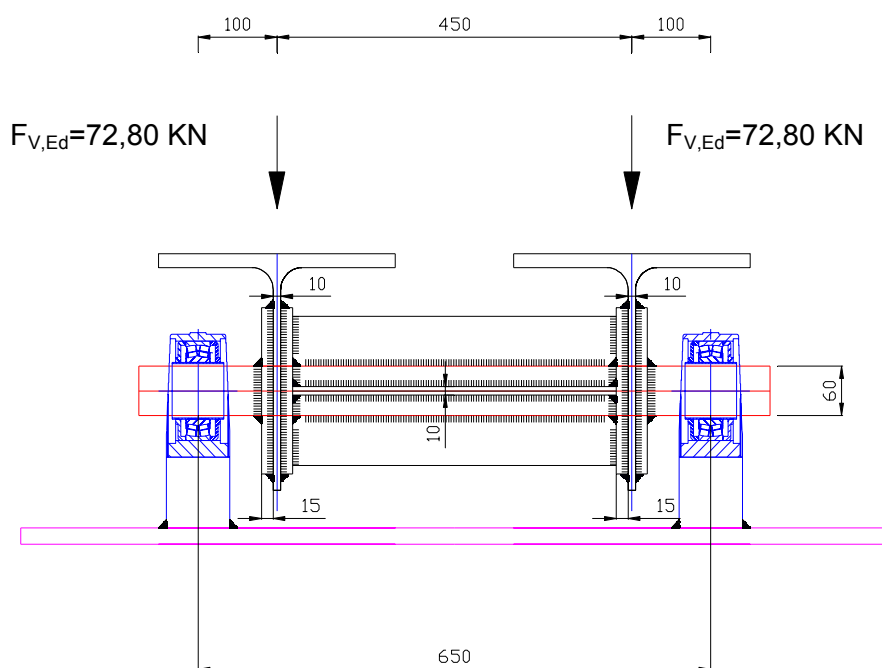


Figura B9. Secció del passador d'unió de la jàssera central amb el terra

B.4.1.1 Resistència a tallant en la secció transversal del passador

La resistència a tallant en la secció transversal del passador es calcula segons l'Equació B26.

$$F_{V,Ed} < F_{V,Rd} = 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M_2}} \quad (\text{Eq. B26})$$

Essent

$$\phi = 60 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M_2} = 1,25$$

$$F_{V,Rd} = 556,44 \text{ KN} > F_{V,Ed} = 145,60 \text{ KN}$$

B. 4.1.2 Resistència a flexió del passador

El passador estarà reforçat amb 4 xapes de secció pl 60 x10 mm soldades en forma de creu tal com mostra la Figura B10.

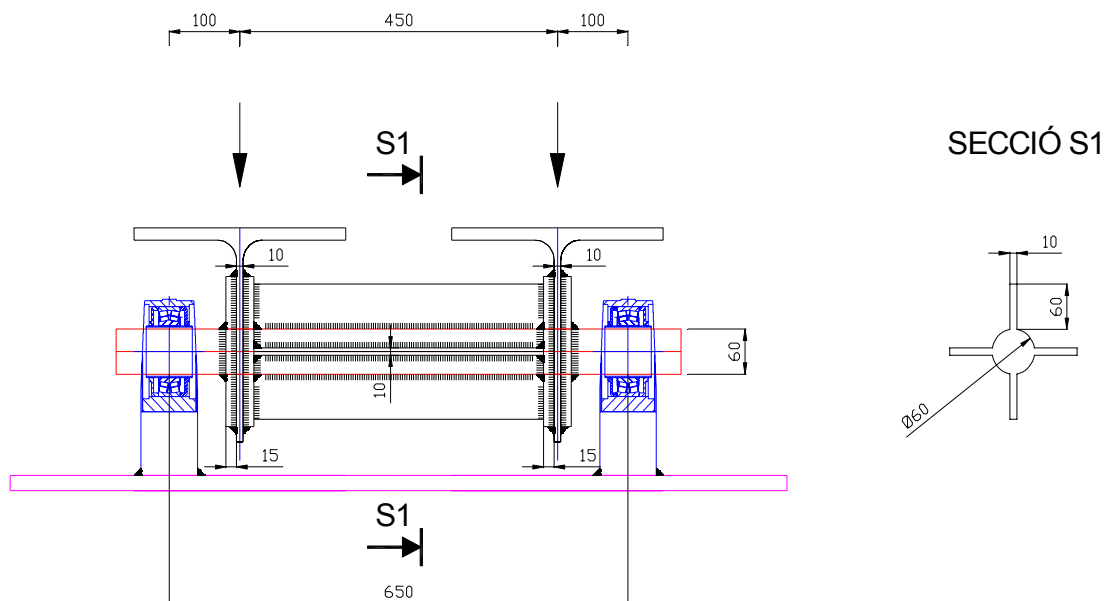


Figura B10. Vista del conjunt i secció del passador amb les platines de reforç

La resistència a flexió del passador és M_{Rd} i es calcula amb l'Equació B27.

$$M_{Rd} = 0,8 \cdot W_{el} \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \geq M_{Ed} \quad (\text{Eq. B27})$$

Càlcul de W_{el} segons l'Equació B28.

$$W_{el} = \frac{I_{xx'}}{h + \phi/2} \quad (\text{Eq. B28})$$

$I_{xx'}$ per steiner del conjunt de rodó i les platines de reforç segons l'Equació B29.

$$I_{xx'} = \frac{\pi \cdot \phi^4}{64} + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot h \cdot b^3 + 2 \cdot b \cdot h \cdot \left(\frac{h+\phi}{2}\right)^2 \quad (\text{Eq. B29})$$

Essent

$$\phi = 60 \text{ mm}$$

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

donant un

$$I_{xx'} = 532,62 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

i

$$W_{el} = \frac{I_{xx'}}{h + \phi/2} = 5,92 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

Essent

$$f_{ub} = 410 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\mathbf{M_{Rd} = 15534,08 \text{ KNmm}}$$

El moment flector de càlcul en el passador és M_{Ed} i es calcula amb l'Equació B30 del diagrama de moments de la Figura B11.

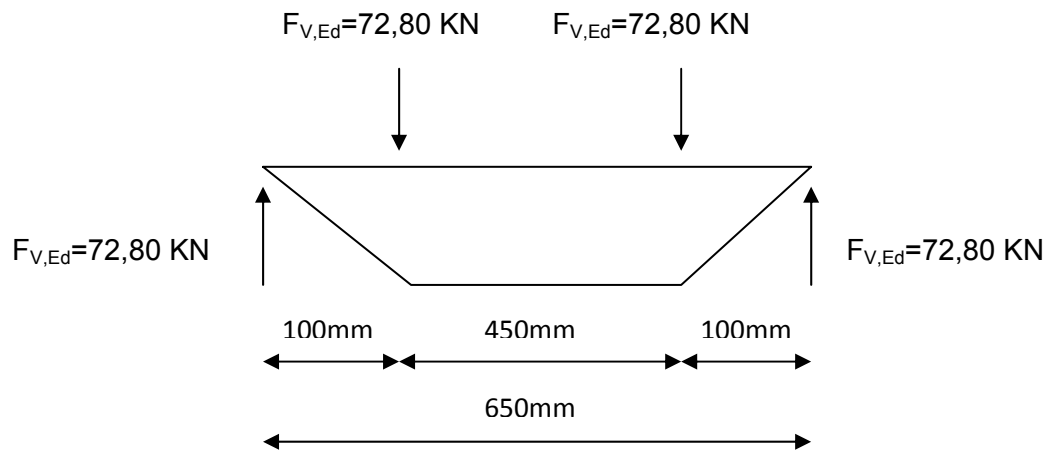


Figura B11. Diagrama de moments en el passador d'unió de la jàssera central amb el terra

$$M_{Ed} = F_{V,Ed} \cdot L \quad (\text{Eq. B30})$$

i donat que

$$F_{V,Ed} = 72,80 \text{ kN}$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

per tant,

$$M_{Ed} = 7280 \text{ KNmm}$$

B.4.1.3 Resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador

La resistència a l'esforç combinat de tallant i flexió en el passador es calcula segons l'Equació B31.

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (\text{Eq. B31})$$

$$\left(\frac{7280}{15534,08}\right)^2 + \left(\frac{145,60}{556,44}\right)^2 = 0,29 \leq 1$$

B.4.1.4 Resistència a aixafament en les xapes d'unió

La resistència a aixafament de la xapa que correspon a l'espessor de l'ànima del perfil HEA 340 més dues platines de reforç de $e=15$ mm (una per cada costat) és $F_{b,Rd}$.i es calcula segons l'Equació B32.

$$F_{b,Ed} \leq F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M_2}} \quad (\text{Eq. B32})$$

i donat que

$$t = 15+15+10 = 40 \text{ mm}$$

$$d = 60 \text{ mm}$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

per tant,

$$F_{b,Rd} = 792 \text{ KN} > F_{b,Ed} = 72,80 \text{ KN}$$