

Número de matrícula				
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 0
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 6
<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 8
<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 9	<input type="checkbox"/> 9

Nombre y apellidos:

Número de matrícula:

- Codifique su número de matrícula a la izquierda, colocando un dígito en cada columna (sólo en la primera hoja).
- Conteste las preguntas con bolígrafo o lápiz, rellenando la **completamente** la casilla correspondiente a la respuesta correcta (■).
- Marque **sólo una respuesta** en cada pregunta y **no utilice tip-pex** (preguntas con varias respuestas marcadas serán anuladas).
- No escriba nada cerca de las marcas de las esquinas (●).
- La puntuación de todas las preguntas es 1. Las respuestas erróneas tienen puntuación negativa (-1/4).

1. Indicar la afirmación falsa:

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Un estado de compresión hidrostática es esférico.                             | <input checked="" type="checkbox"/> Dos tensores de tensión distintos no pueden tener el mismo diagrama de Mohr. |
| <input type="checkbox"/> En un punto, el valor de $ \tau _{\text{máx}}$ es independiente de $\sigma_2$ | <input type="checkbox"/> Un estado de tracción pura es cilíndrico.   |

2. El estado tensional en un punto de un sólido elástico viene dado por la siguiente matriz de tensiones referida a un sistema de referencia  $XYZ$ , en función del parámetro  $a$ :

$$[\mathbf{T}] = \begin{bmatrix} -a & 2a & 0 \\ 2a & a & 0 \\ 0 & 0 & -a/2 \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

Indicar la afirmación CORRECTA sobre dicho estado tensional

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> La suma de los valores de las tensiones principales es $-a/2$ . | <input type="checkbox"/> La dirección $Y$ es principal.              |
| <input type="checkbox"/> Todas las tensiones principales son de compresión.                         | <input type="checkbox"/> Se trata de un estado tensional cilíndrico. |

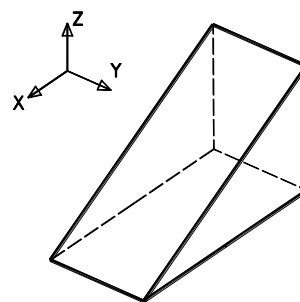
CORRECTED

3. Se dispone de dos barras de igual longitud  $L$  con sección de pared delgada unidas rígidamente una a continuación de la otra. La sección de ambas barras es un perfil tubular cuadrado, pero en la segunda barra el perfil se ha cortado longitudinalmente siguiendo una de las aristas.

Se pide indicar la afirmación correcta cuando se somete el conjunto a un par torsor constante:

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> La tensión tangencial que aparece en las secciones de la segunda barra es muy superior a la que aparece en las secciones de la primera. | <input type="checkbox"/> El giro relativo de torsión entre los extremos de cada barra es igual en ambas.               |
| <input type="checkbox"/> La inercia torsional es similar aunque algo mayor en la segunda barra.   | <input type="checkbox"/> El momento torsor en la primera barra es superior que en la segunda por ser mayor su rigidez. |

4. El sólido prismático de la figura está apoyado en su base rectangular de dimensiones  $A$  (dirección  $X$ ) y  $B$  (dirección  $Y$ ) y tiene una altura  $H$  (dirección  $Z$ ) y un peso específico  $\gamma$ . Se pide indicar el valor de la máxima tensión de compresión sobre la base debido a su peso propio:



- $\frac{3}{2}\gamma H$      
   $\frac{1}{2}\gamma H$      
   $\gamma H$      
   $\frac{1}{3}\gamma H$

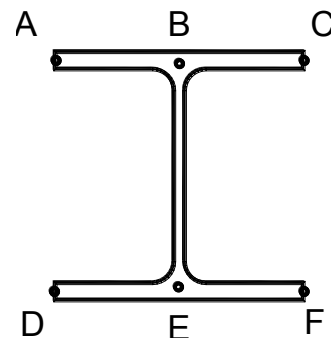
5. En un punto de un sólido elástico compuesto por un material frágil, cuyos valores de resistencia a tracción y compresión son respectivamente  $\sigma_{rt} = 3$  MPa y  $\sigma_{rc} = 30$  MPa, la matriz de tensiones referida a un sistema de referencia en direcciones principales es la siguiente:

$$[T] = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -10 \end{bmatrix} \text{ MPa}$$

Se pide indicar el coeficiente de seguridad  $n$  correcto:

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Criterio de Rankine: $n = 3$                              | <input type="checkbox"/> Criterio de Tresca: $n = 2,5$          |
| <input checked="" type="checkbox"/> Criterio simplificado de Mohr-Coulomb: $n = 1$ | <input type="checkbox"/> Las otras tres opciones son correctas. |

6. El perfil laminado HEB de la figura está sometido a un esfuerzo cortante en dirección perpendicular al alma. Se pide indicar la afirmación correcta en relación con las tensiones tangenciales producidas por dicho esfuerzo:

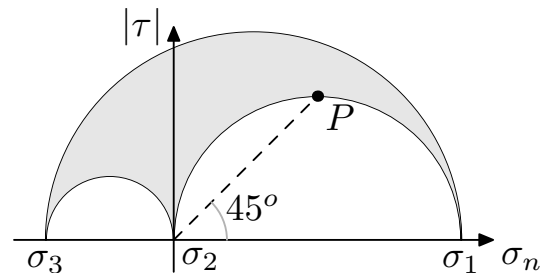


- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> La ley de tensiones tangenciales en AC está compuesta por tramos lineales. | <input checked="" type="checkbox"/> Las máximas tensiones tangenciales aparecen en los puntos $B$ y $E$ y son del mismo sentido. |
| <input type="checkbox"/> La máxima tensión tangencial aparece en el punto medio del tramo $BE$      | <input type="checkbox"/> La ley de tensiones tangenciales en $BE$ es lineal.   |

CORRECTED

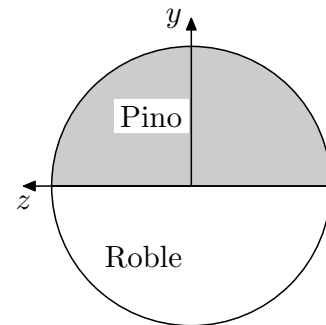
7. Un punto de un sólido deformable tiene un estado tensional cuyo diagrama de Mohr se muestra en la figura. Indicar la afirmación falsa sobre el vector tensión  $\mathbf{t}$  que se representa con el punto  $P$  del diagrama:

- $|\mathbf{t}| = \sigma_1/\sqrt{2}$                         $|\tau| = \sigma_1/2$   
  $\gamma = 90^\circ$                                   $\beta = 90^\circ$



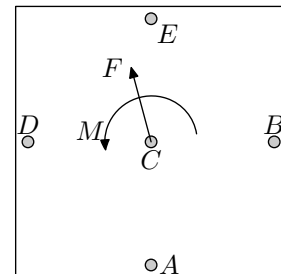
8. Una viga de sección circular se fabrica pegando dos barras de madera de sección semicircular, como se muestra en la figura y está sometida a un momento flector  $M_z$ . Sabiendo que el módulo de Young de la madera de roble es  $E = 11$  GPa y el de la madera de pino  $E = 9$  GPa, indicar la respuesta verdadera:

- El eje neutro tiene por ecuación  $y = C$ , con  $C > 0$ .                       La madera de roble sufre tensiones  $\sigma_x$  de tracción y compresión.  
 La deformación longitudinal máxima, en valor absoluto, se da en la parte de madera de roble.                       La sección transformada de madera de pino tiene forma de elipse.



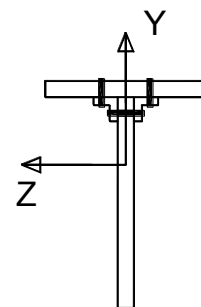
9. La unión atornillada de la figura está sometida a una fuerza  $F$  y un par  $M$  como se muestra en ésta. Indicar el tornillo más cargado.

- $B$       $A$   
  $E$       $D$



10. La sección de la figura corresponde a una viga armada sometida a flexión simple con un esfuerzo cortante constante ( $T_y$ ). La expresión  $F = \frac{T_y m_z^*}{n I_z}$  nos proporciona el esfuerzo cortante en la sección de cada uno de los tornillos de la unión entre alma y angulares, separados una distancia  $s$ , teniendo en cuenta que:

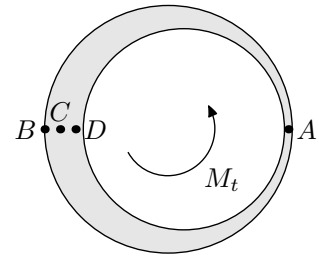
- $m_z^*$  es el momento estático de la platabanda respecto al eje  $Z$ .                        $n = 1 =$  número de tornillos en cada sección.  
  $m_z^*$  es el momento estático de la platabanda respecto a la sección de unión entre platabanda y angulares.                        $m_z^*$  es el momento estático de la platabanda y los angulares respecto al eje  $Z$ .



CORRECTED

11. La sección hueca, de pared delgada, de la figura está sometida a un momento torsor  $M_t$ . Indicar el punto donde las tensiones tangenciales son máximas

A       D       C       B



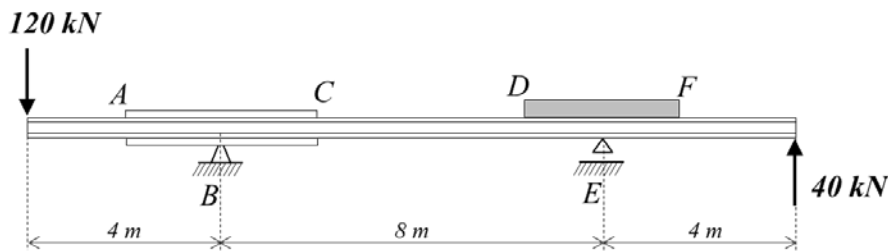
12. Una unión atornillada de dos chapas tiene tornillos de varios diámetros distintos y está sometida únicamente a una fuerza paralela a las chapas y que pasa por el baricentro de la distribución de tornillos. Indicar la afirmación verdadera:

- Todos los tornillos sufren la misma tensión cortante.  
 Todos los tornillos sufren el mismo esfuerzo cortante.  
 Los tornillos más finos tienen el coeficiente de seguridad más pequeño.  
 El esfuerzo cortante en un tornillo es proporcional a su distancia al baricentro.

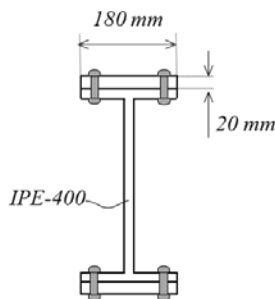
**PROBLEMA 1 (10 puntos)**

En la figura se muestra una viga de 16m de longitud, sobre dos apoyos simples y a las que se le aplican dos cargas en los extremos.

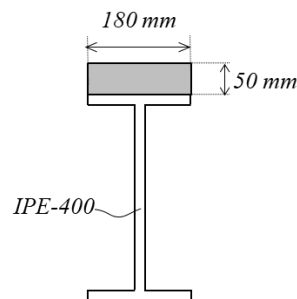
La viga es de acero y está compuesta por un perfil IPE-400 que se refuerza en 2 tramos:



Tramo AC: Se le incorporan dos chapas de acero de 20 mm de espesor.



Tramo DF: Se refuerza la parte superior del perfil IPE con una pieza de hormigón de 180 mm x 50 mm.



Se pide:

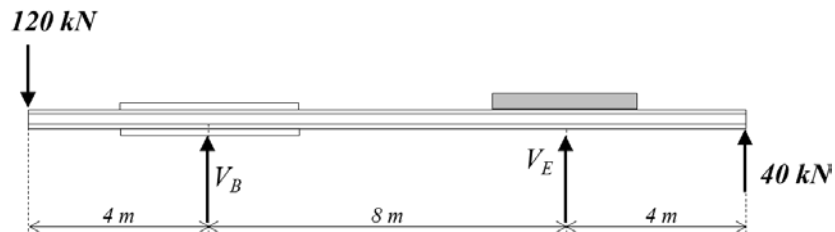
1. Representar los diagramas de esfuerzos cortantes y momentos flectores de la viga.
2. Calcular las tensiones máximas de tracción y compresión en el tramo DF.
3. Calcular las tensiones máximas de tracción y compresión en el tramo AC.
4. Si las chapas de acero del tramo AC están unidas al perfil IPE mediante dos remaches en cada sección de 20 mm de diámetro, calcula el paso de remache utilizando para todo el tramo AC el cortante máximo del tramo ( $\tau_{adm, remaches} = 100 \text{ MPa}$ )
5. Dibuje los círculos de Mohr de un punto de la fibra superior ( $y=220 \text{ mm}$ ) y de un punto de la fibra media ( $y=0$ ) de la sección infinitamente próxima a B por la izquierda.

Datos :  $E_{acero} = 210 \text{ GPa}$ ;  $E_{hormigón} = 30 \text{ GPa}$

### SOLUCIÓN

1) Diagramas de esfuerzos:

Se calculan en primer lugar las reacciones en los apoyos.

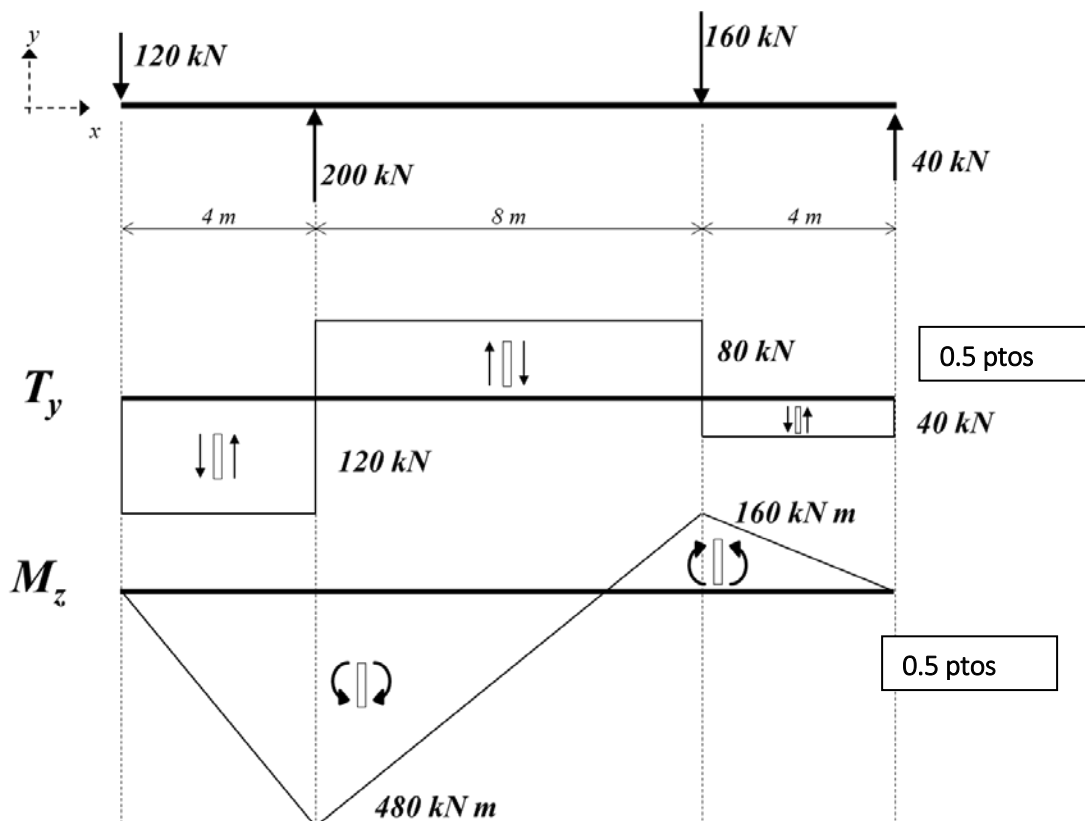


$$\sum M^{(B)} = 0 \rightarrow 120 \times 4 + V_E \times 8 + 40 \times 12 = 0 \rightarrow V_E = -120 \text{ kN}$$

$$\sum F^V = 0 \rightarrow -120 + V_B + V_E + 40 = 0 \rightarrow V_B = 200 \text{ kN}$$

0.5 pts

Siendo, por lo tanto, los diagramas de esfuerzos los siguientes:



2) Tramo DF: Sección equivalente de hormigón:

$$n = \frac{E_{ac}}{E_h} = \frac{210}{30} = 7$$

A partir de las tablas, se tienen los siguientes datos del perfil IPE:

$$A_{IPE} = 84,5 \text{ cm}^2$$

$$I_{z,IPE} = 23130 \text{ cm}^4$$

$$m_{z,IPE} \text{ (media sección)} = 654 \text{ cm}^3$$

Se calcula la posición de la fibra neutra (en este caso, se calcula desde la fibra superior del bloque de hormigón) de la sección equivalente:

$$\xi_{fn} = \frac{A_h \cdot \xi_h + n A_{IPE} \xi_{IPE}}{A_h + n A_{IPE}} = \frac{(180 \times 50) \times 25 + 7 \times 8450 \times 250}{180 \times 50 + 7 \times 8450} = 220,28 \text{ mm}$$

1 pto

Por lo tanto, el momento de inercia de la sección equivalente de hormigón es:

$$I_z^* = I_{z,hormigón} + n I_{z,IPE}$$

$$= \frac{1}{12} 180 \times 50^3 + 180 \times 50 \times (25 - 220,28)^2$$

$$+ 7[23130 \cdot 10^4 + 8450 \times (250 - 220,28)^2]$$

$$I_z^* = 20,164 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

1 pto

Siendo las tensiones máximas:

$$\sigma_{\max,hormigón} = -\frac{M_z}{I_z^*} y_{\text{sup}} = -\frac{160 \cdot 10^6}{20,164 \cdot 10^8} 220,28 = -17,48 \text{ MPa}$$

0.5 pts

$$\sigma_{\max,acero, \text{tracción}} = -n \frac{M_z}{I_z^*} y_{\text{inf}} = -7 \frac{160 \cdot 10^6}{20,164 \cdot 10^8} (-450 + 220,28) = 127,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max,acero, \text{compr}} = -n \frac{M_z}{I_z^*} y_{\text{sup,acero}} = -7 \frac{160 \cdot 10^6}{20,164 \cdot 10^8} (220,28 - 50) = -94,58 \text{ MPa}$$

0.5 pts

3) Tramo AC: En este tramo, la sección es la de una viga armada. Como las chapas que se acoplan al perfil IPE son simétricas respecto el eje z, la fibra neutra está en el punto medio del perfil IPE (a 220 mm de las fibras extremas superior e inferior).

$$I_z = I_{z,IPE} + 2 \cdot \left( \frac{1}{12} 180 \times 20^3 + 180 \times 20 \times 210^2 \right) = 5,4906 \cdot 10^8 \text{ mm}^4$$

1 pto

$$\sigma_{\max} = -\frac{M_z}{I_z} y_{\max} = -\frac{480 \cdot 10^6}{5,4906 \cdot 10^8} (+220) = \pm 192,33 \text{ MPa}$$

0.5 pts

4) Paso remaches.

La fuerza total que tienen que transmitir los remaches en cada sección de unión chapa-IPE y para una longitud igual al paso de remache es:

$$F_{TOTAL} = \frac{T_y \cdot m_z^*}{I_z} p$$

Siendo  $I_z$  el momento de inercia de la sección en el tramo AC (calculada en el apartado anterior),  $T_y$  el cortante máximo en el tramo AC,  $p$  el paso de remache (lo que tenemos que calcular) y  $m_z^*$  el momento estático de la chapa respecto a la fibra neutra de la sección:

$$m_z^* = 180 \times 20 \times 210 = 756000 \text{ mm}^3$$

0.5 pts

Esta fuerza total es la que tienen que ser capaz de transmitir los remaches de unión chapa-IPE:

$$F_{TOTAL} \leq n \cdot \tau_{adm} \cdot \pi \frac{\phi^2}{4}$$

Quedando, por lo tanto, que el paso de remache tiene que ser menor o igual a:

$$p \leq \frac{n \cdot \tau_{adm} \cdot \pi \cdot \phi^2 \cdot I_z}{4 \cdot T_y \cdot m_z^*} = \frac{2 \cdot 100 \cdot \pi \cdot 20^2 \cdot 5,4906 \cdot 10^8}{4 \cdot 120 \cdot 10^3 \cdot 7,56 \cdot 10^5} = 380,27 \text{ mm}$$

1 pts

5) Círculos de Mohr:

Sección infinitamente próxima a B por la izquierda:

$$T_y = -120 \text{ KN}; M_z = -480 \text{ KN m}$$

- $y = 220 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \sigma_x = 192,33 \text{ MPa (del apartado 3)} \\ \tau_{xy} = 0 \end{cases}$

0.5 pts

Se trata de un estado de tracción pura:  $\sigma_1 = 192,33 \text{ MPa}; \sigma_2 = \sigma_3 = 0$

- $y = 0 \rightarrow \begin{cases} \sigma_x = 0 \\ \tau_{xy} = \frac{T_y \cdot m_{z \text{ media sección}}}{b I_z} \end{cases}$

0.5 pts

$$\tau_{xy} = \frac{-120 \cdot 10^3 \times (654 \cdot 10^3 + 180 \times 20 \times 210)}{8,6 \times 5,4906 \cdot 10^8} = -35,83 \text{ MPa}$$

0.5 pts

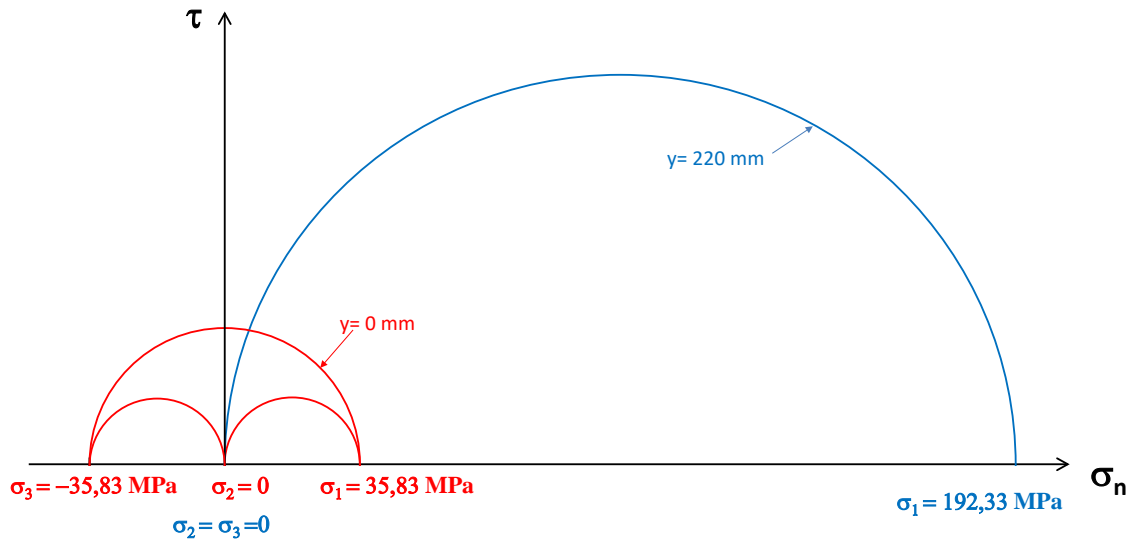


Se trata de un estado de cortadura pura siendo las tensiones principales:

$$y = 0 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \tau \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = -\tau \end{cases}$$

0.5 pts

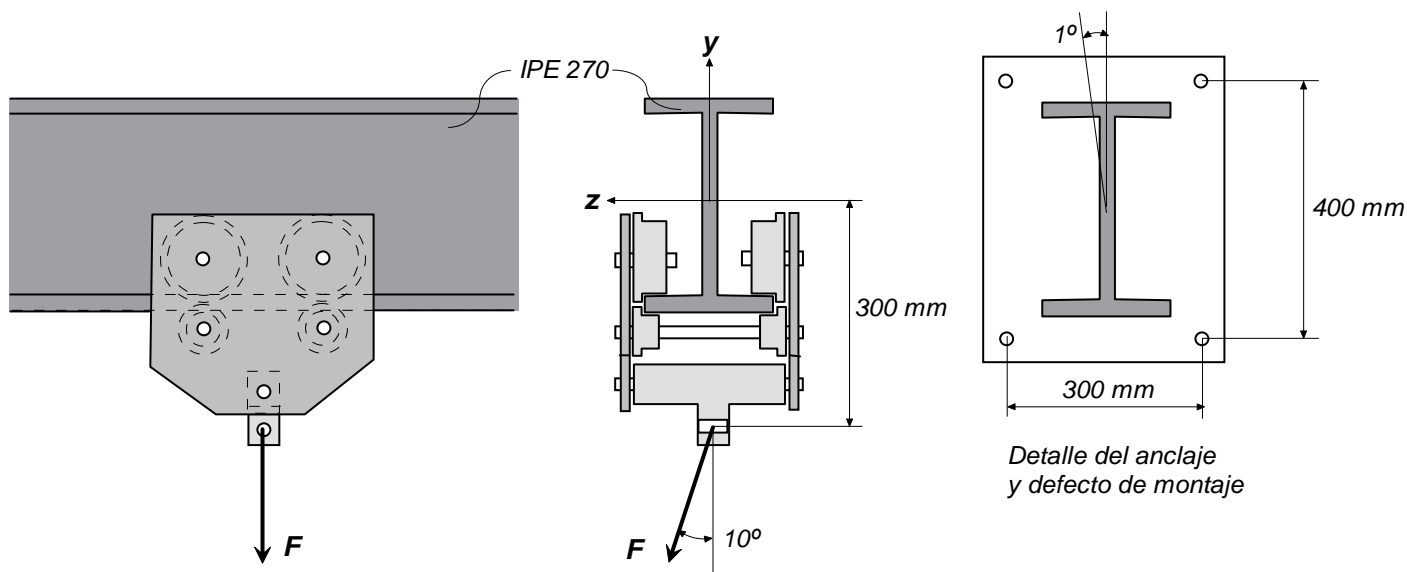
Representando los diagramas de Mohr de los 2 puntos ( $y=220$  mm en azul;  $y=0$  mm en rojo) en el mismo diagrama, queda:



0.5 pts

**PROBLEMA 2 (10 puntos)**

La viga-puente de un pequeño puente grúa es un perfil IPE 270 de acero S275, y está sujeta a dos paredes separadas 3 m entre sí por medio de placas de anclaje con 4 tornillos de 13 mm de diámetro útil cada una. La carga máxima  $F$  prevista para su utilización son 15 kN, aplicada con un desalineamiento de hasta  $10^\circ$ .

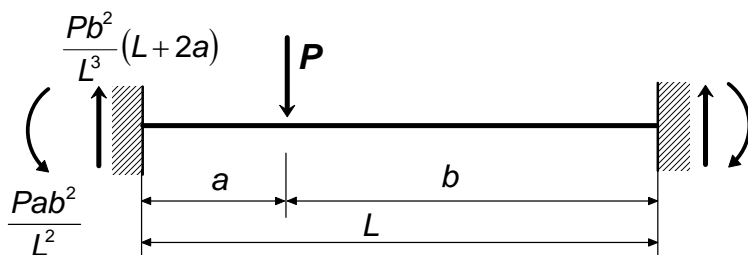


Se pide:

**1.-** Con el carro situado en la sección central de la viga, y suponiendo anclaje perfecto, halle el coeficiente de seguridad del perfil según el criterio de Mises, despreciando el efecto de los esfuerzos cortantes.

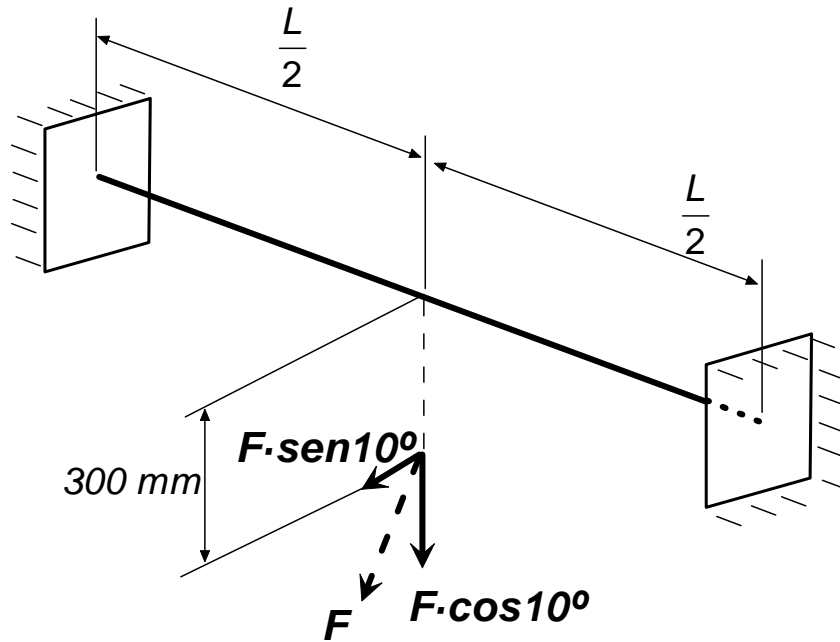
**2.-** Con el carro situado a 0,6 m de uno de los extremos y suponiendo que puede existir un defecto de montaje tal que una de las placas de anclaje puede girar  $1^\circ$  alrededor de la línea media de la viga, halle el coeficiente de seguridad a cortadura de los tornillos ( $\tau_{adm} = 150 \text{ MPa}$ ,  $G = 80 \text{ GPa}$ ).

Dato: Reacciones de una viga biempotrada con carga puntual

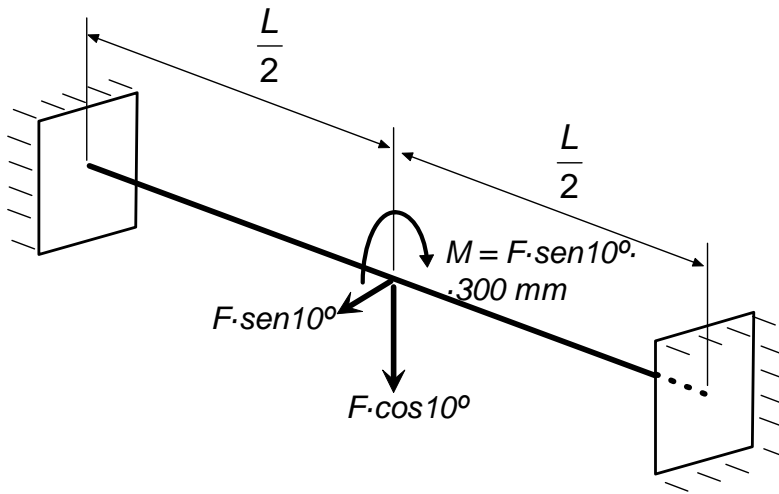


## RESOLUCIÓN

1.- El esquema de la viga en tres dimensiones es el siguiente.

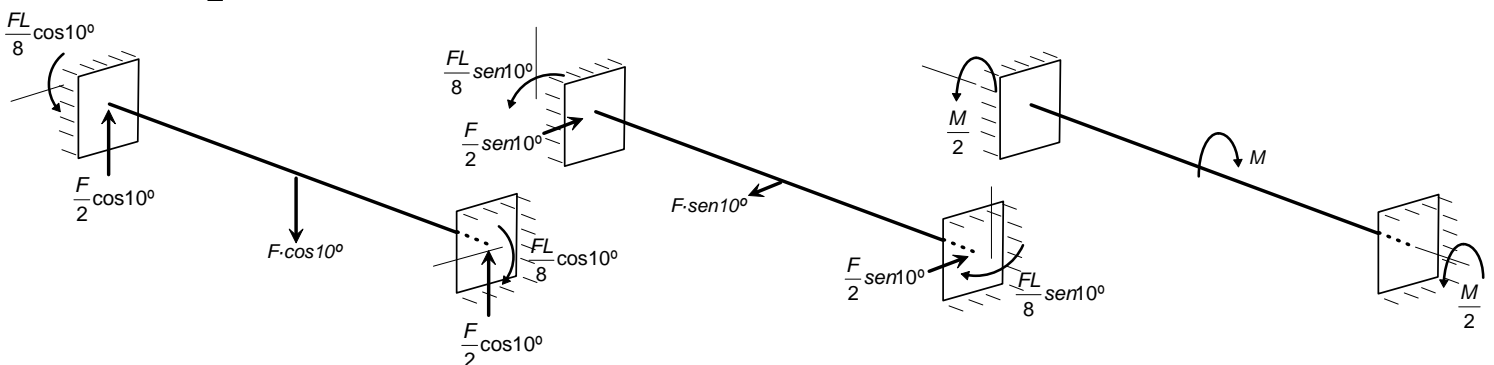


Trasladando las fuerzas (y sus momentos resultantes), a la línea media de la viga, se tiene:



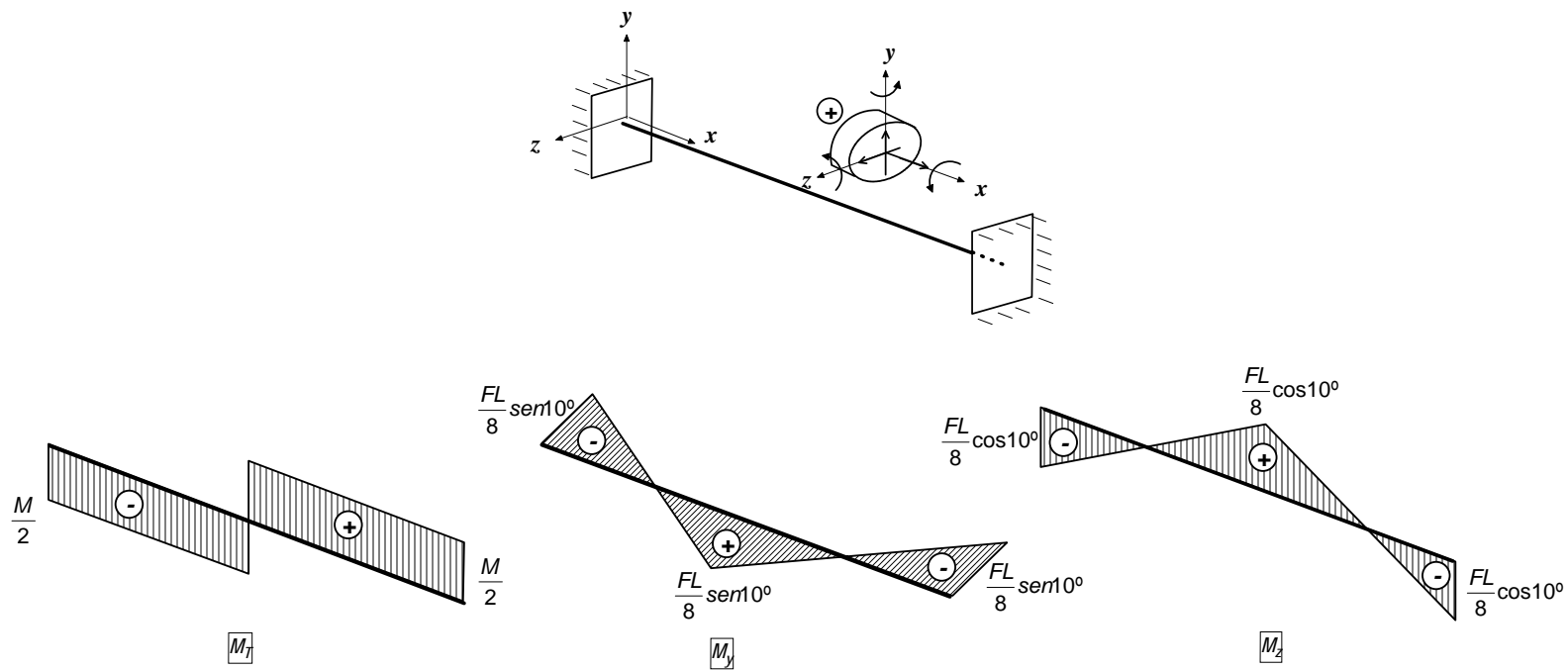
Las fuerzas y momentos torsores reactivos son, por la simetría, la mitad de los aplicados, mientras que los flectores reactivos se obtienen del dato del enunciado para

$a = b = \frac{L}{2}$ , resultando (se dibuja en tres esquemas para mejor visualización):



1 punto

Despreciando los esfuerzos cortantes, los diagramas de esfuerzos resultantes son, para el criterio de signos de la figura:



Sustituyendo, los valores extremos de los esfuerzos son:

$$\frac{M}{2} = 0,39 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \frac{FL}{8} \sin 10^\circ = 0,98 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad \frac{FL}{8} \cos 10^\circ = 5,54 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad 1,5 \text{ puntos}$$

La viga está sometida a flexión oblicua (tensiones normales  $\sigma$ ), y torsión (tensiones cortantes  $\tau$ ). La expresión de la tensión equivalente de Mises para este estado tensional es  $\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$ .

Las secciones de los empotramientos y la central son las más desfavorables, puesto que en ellas simultáneamente se maximizan los valores de las tensiones normales y cortantes (en módulo).

En cada una de esas secciones, y por tener la sección dos ejes de simetría, la tensión normal máxima (en módulo), se da en alguna de los cuatro puntos de la sección más alejados del baricentro:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{|M_y|_{m\acute{a}x}}{W_y} + \frac{|M_z|_{m\acute{a}x}}{W_z}$$

Sustituyendo valores:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{0,98 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{0,622 \cdot 10^5 \text{ mm}^3} + \frac{5,54 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{4,29 \cdot 10^5 \text{ mm}^3} = 29 \text{ MPa} \quad 1 \text{ punto}$$

La sección IPE puede considerarse, para el análisis de la torsión, como un perfil delgado abierto ramificado. La tensión cortante máxima se da en los bordes de las alas, por ser las ramas de mayor espesor:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{|M_t|_{\text{máx}}}{I_t / e_{\text{ala}}}$$

Sustituyendo valores:

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{0,39 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{1,54 \cdot 10^5 \text{ mm}^4 / 10,2 \text{ mm}} = 26 \text{ MPa} \quad 1 \text{ punto}$$

Una acotación por exceso de la tensión equivalente de Mises se obtiene superponiendo ambos valores máximos de tensión normal y cortante (como la analogía de la membrana es poco precisa en las esquinas del perfil IPE, en los puntos de la sección más alejados del baricentro no puede afirmarse que dicha acotación sea el valor real de la tensión):

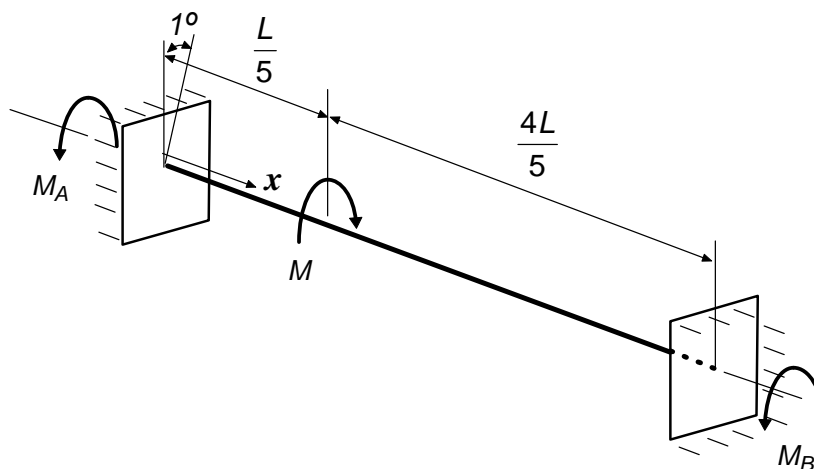
$$\sigma_{\text{eq}} = \sqrt{29^2 + 3 \cdot 26^2} = 53,6 \text{ MPa}$$

Y el coeficiente de seguridad del perfil es, como mínimo:

$$n = \frac{\sigma_e}{\sigma_{\text{eq}}} \rightarrow n = \frac{275}{53,6} = 5,1$$

En donde se ha tomado el límite elástico nominal del acero S275 (275 MPa), porque el espesor mayor del perfil (el del ala), es inferior a 16 mm. 0,5 puntos

2.- El caso estudiado se muestra en la figura siguiente, en la que se ha supuesto el empotramiento A (origen) el que tiene el giro permitido de  $1^\circ$  (En el enunciado no está establecido qué empotramiento puede girar, por lo que ambas soluciones son válidas aunque conduzcan a resultados diferentes).



El caso es hiperestático de grado 1, y la condición de compatibilidad de

movimientos es  $\int_0^L \frac{M_t}{G I_t} dx = \theta(L) - \theta(0)$ .

La ley de torsores es: 
$$\begin{cases} -M_A & 0 \leq x < \frac{L}{5} \\ -M_A + M & \frac{L}{5} \leq x \end{cases}$$

Por lo que la condición de compatibilidad queda:

$$-M_A \cdot \frac{L}{5} + (-M_A + M) \frac{4L}{5} = GI_t [\theta(L) - \theta(0)] \rightarrow M_A = \frac{4}{5} M - \frac{GI_t}{L} [\theta(L) - \theta(0)]$$

De la expresión anterior se observa que si el origen tiene permitido el giro (y éste lleva necesariamente sentido contrario al eje  $x$ , es decir  $\theta(0)$  es negativo), entonces la reacción en A es inferior a  $\frac{4}{5}M$ , que es la de empotramiento perfecto. Sin embargo, si fuese B el que tuviese el giro permitido, entonces  $\theta(L)$  sería negativo y la reacción en A sería superior a  $\frac{4}{5}M$ .

Sustituyendo valores:

$$M_A = \frac{4}{5} \cdot 0,78 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} - \frac{0,8 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 1,54 \cdot 10^5 \text{ mm}^4}{3 \cdot 10^3 \text{ mm}} \cdot \frac{\pi}{180}$$

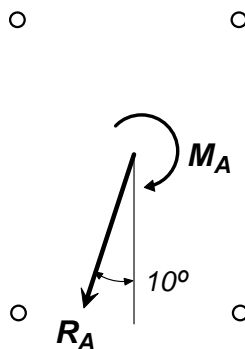
Operando:  $M_A = 0,62 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} - 7,2 \cdot 10^4 \text{ N}\cdot\text{mm} = 0,55 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}$  1,5 puntos

Se observa que la reacción es prácticamente la de empotramiento perfecto.

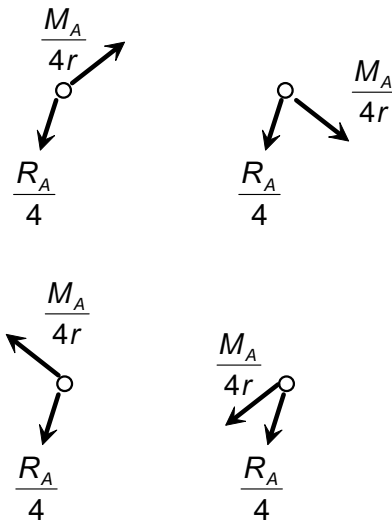
Imponiendo equilibrio de momentos, se obtendría el momento reactivo en el otro anclaje, y que es muy inferior a  $M_A$ .

Adicionalmente, en A existe la fuerza de reacción del empotramiento que, sustituyendo  $a = \frac{L}{5}$  y  $b = \frac{4L}{5}$  en el dato del enunciado, resulta ser  $R_A = \frac{112}{125} F = 13,4 \text{ kN}$ . 0,5 puntos

Así, el anclaje A es el más desfavorable, y las acciones sobre los tornillos al eliminar virtualmente la placa son:



Puesto que los cuatro tornillos son iguales (misma sección) y están a la misma distancia ( $r$ ) del baricentro de la unión, cada uno de ellos soporta una carga debida al momento de valor modular  $\frac{M_A}{4r}$ . Debido a la fuerza de reacción soporta  $\frac{R_A}{4}$ , con los sentidos de la figura siguiente.



El mayor valor de la resultante se da en el tornillo inferior derecho, que es el que será estudiado. 1 punto

Cálculos:  $r = \sqrt{150^2 + 200^2} = 250 \text{ mm}$

$$\frac{M_A}{4r} = \frac{0,55 \cdot 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm}}{4 \cdot 250 \text{ mm}} = 0,55 \text{ kN}$$

$$\frac{R_A}{4} = 3,4 \text{ kN}$$

Tornillo inferior derecho:

$$\frac{\vec{R}_A}{4} = -3,4 (\sin 10^\circ \quad \cos 10^\circ) \text{ kN} = -(0,59 \quad 3,35) \text{ kN}$$

$$\frac{\vec{M}_A}{4r} = -0,55 \left( \frac{4}{5} \quad \frac{3}{5} \right) \text{ kN} = -(0,44 \quad 0,33) \text{ kN}$$

Resultante:

$$\vec{R} = -(1,03 \quad 3,68) \text{ kN} \rightarrow R = 3,82 \text{ kN}$$

Tensión cortante:

$$\tau = \frac{3820 \text{ N}}{\frac{\pi}{4} \cdot 13^2 \text{ mm}^2} = 29 \text{ MPa}$$

Coefficiente de seguridad:

$$n = \frac{150}{29} = 5,2$$

2 puntos