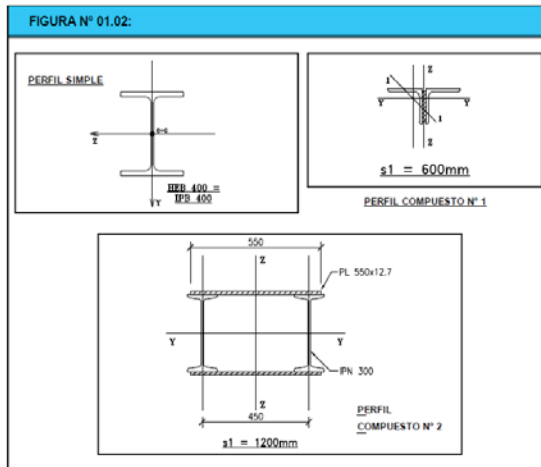
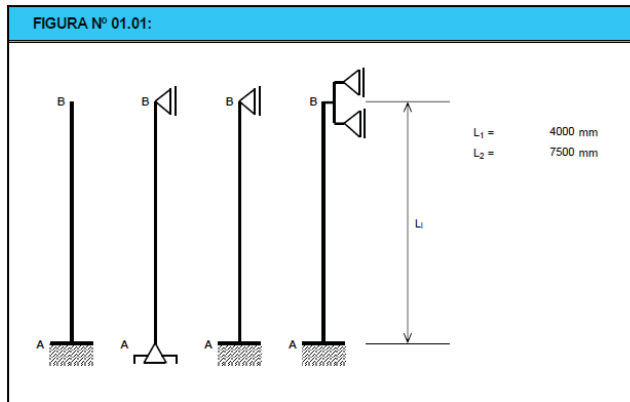


Trabajo Práctico N12

Estabilidad del Equilibrio-Pandeo-EE-PA"

EJERCICIO Nº 01: Para cada uno de los perfiles simples y compuestos que se muestran en la figura Nº 01, se pide calcular la carga de compresión máxima admisible mediante la aplicación del método "w"; para cada uno de los esquemas estructurales que se indican y para las distintas longitudes de barra.



Para poder calcular la carga admisible de las estructuras propuestas mediante el método omega, lo primero que debemos hacer es calcular la esbeltez de cada una, pues con éste dato podremos entrar en la tabla que relaciona esta magnitud con el coeficiente ω . El coeficiente ω también depende de la calidad del material de la estructura. Existen diferentes tablas para diferentes calidades de materiales. Para este ejercicio vamos a utilizar la tabla correspondiente al acero F-24.

El coeficiente ω es un coeficiente que mayor la tensión normal correspondiente a la componente de compresión. Ésto es, cuando existe un esfuerzo normal de compresión, la ecuación de tensiones normales sobre la sección de la estructura queda de la siguiente manera:

$$\sigma_x(y, z) = \frac{-N}{A} \cdot \omega + \frac{M_y}{J_y} \cdot z - \frac{M_z}{J_z} \cdot y$$

En el caso de nuestro ejercicio: $M_y = 0$ y $M_z = 0$

Si tomamos la tensión máxima como la admisible, entonces podremos despejar la carga de compresión máxima de la siguiente manera:

$$N_{adm} = \frac{\sigma_{adm} \cdot A}{\omega}$$

La esbeltez de una estructura se define de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Siendo L_k la longitud de pandeo que depende de las condiciones de arriostamiento y de la longitud de la barra. E "i" es el radio de giro de la sección.

Como en el enunciado de este ejercicio no se aclara en qué plano están colocadas las distintas reacciones de vínculo, estaremos del lado de la seguridad considerando el radio de giro mínimo de cada sección.

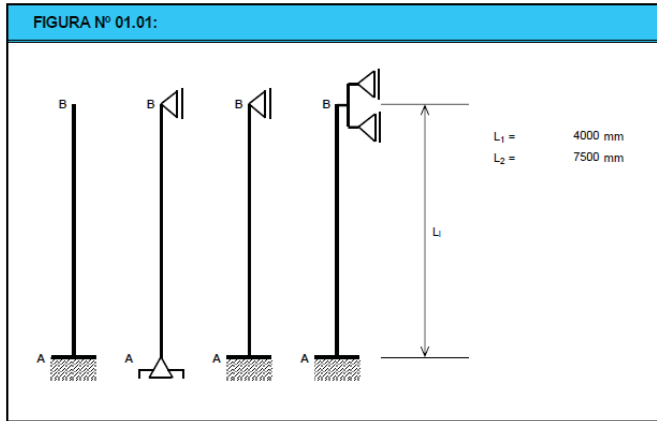
La longitud de pandeo es la distancia entre dos puntos de inflexión de la deformada de la barra.

Se define a la longitud de pandeo de la siguiente manera:

$$L_k = \beta \cdot L$$

Siendo β el coeficiente de esbeltez, que tiene en cuenta el arriostamiento de la barra y L la longitud real de la barra.

Para los distintos casos tenemos los siguientes coeficientes de esbeltez:



$$\beta_1 := 2 \quad \beta_2 := 1 \quad \beta_3 := 0.7 \quad \beta_4 := 0.5$$

Vale la pena mencionar que en una barra de un reticulado se puede considerar este coeficiente $\beta=1$

Recordamos que el radio de giro se define:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}}$$

Perfil simple:

Propiedades geométricas HEB 400

$$A_{\text{HEB400}} := 159 \text{ cm}^2$$

$$i_{\text{minHEB400}} := 7.34 \text{ cm}$$

Para L1 y para el sistema empotrado abajo: $\beta_1 = 2$

$$L_{k1} := \beta_1 \cdot L_1$$

$$\lambda_1 := \frac{L_{k1}}{i_{\text{minHEB400}}} = 109$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_1 := 2.4$

Si consideramos una tensión admisible:

$$\sigma_{\text{adm}} := \frac{24 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}}{1.6} = 15 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm1}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_{\text{HEB400}}}{\omega_1} = 994 \cdot \text{KN}$$

Para L1 y para el sistema articulado: $\beta_2 = 1$

$$L_{k2} := \beta_2 \cdot L_1$$

$$\lambda_2 := \frac{L_{k2}}{i_{\text{minHEB400}}} = 54$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_2 := 1.43$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm2}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_{\text{HEB400}}}{\omega_2} = 1668 \cdot \text{KN}$$

Para L1 y para el sistema empotrado-articulado: $\beta_3 = 0.7$

$$L_{k3} := \beta_3 \cdot L_1$$

$$\lambda_3 := \frac{L_{k3}}{i_{\text{minHEB400}}} = 38$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_3 := 1.3$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm3} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{HEB400}}{\omega_3} = 1835 \cdot \text{KN}$$

Para L1 y para el sistema biempotrado:

$$\beta_4 = 0.5$$

$$L_{k4} := \beta_4 \cdot L_1$$

$$\lambda_4 := \frac{L_{k4}}{i_{\min HE400}} = 27$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_4 := 1.23$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm4} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{HEB400}}{\omega_4} = 1939 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema empotrado abajo:

$$\beta_1 = 2$$

$$L_{k12} := \beta_1 \cdot L_2$$

$$\lambda_{12} := \frac{L_{k12}}{i_{\min HE400}} = 204$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{12} := 8.03$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm12} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{HEB400}}{\omega_{12}} = 297 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema articulado:

$$\beta_2 = 1$$

$$L_{k22} := \beta_2 \cdot L_2$$

$$\lambda_{22} := \frac{L_{k22}}{i_{\min HE400}} = 102$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{22} := 2.23$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm22} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{HEB400}}{\omega_{22}} = 1070 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema empotrado-articulado: $\beta_3 = 0.7$

$$L_{k32} := \beta_3 \cdot L_2$$

$$\lambda_{32} := \frac{L_{k32}}{i_{\min HE400}} = 72$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{32} := 1.65$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm32} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{HEB400}}{\omega_{32}} = 1445 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema biempotrado: $\beta_4 = 0.5$

$$L_{k42} := \beta_4 \cdot L_2$$

$$\lambda_{42} := \frac{L_{k42}}{i_{\min HE400}} = 51$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{42} := 1.40$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

Perfil compuesto 1:

Propiedades geométricas LPN 120x12

$$\text{Área de un perfil: } A_L := 27.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Momento de inercia: } J_L := 368 \text{ cm}^4$$

$$\text{Distancia del filo externo al baricentro: } e_1 := 3.4 \text{ cm}$$

$$\text{Separación entre los perfiles: } s_1 := 1 \text{ cm}$$

Propiedades geométricas del perfil compuesto:

$$\text{Área: } A_{2L} := 2 \cdot A_L = 55 \cdot \text{cm}^2$$

$$\text{Momento de inercia mínimo: } J_{\min} := 2 \cdot J_L = 736 \cdot \text{cm}^4$$

$$\text{Radio de giro mínimo: } i_{\min} := \sqrt{\frac{J_{\min}}{A_{2L}}} = 3.658 \cdot \text{cm}$$

Para L1 y para el sistema empotrado abajo: $\beta_1 = 2$

$$L_{k1} := \beta_1 \cdot L_1$$

$$\lambda_1 := \frac{L_{k1}}{i_{\min}} = 219$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_1 := 9.26$

Si consideramos una tensión admisible:

$$\sigma_{\text{adm}} := \frac{24 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}}{1.6} = 15 \cdot \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm1}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_{2L}}{\omega_1} = 89 \cdot \text{KN}$$

Para L1 y para el sistema articulado: $\beta_2 = 1$

$$L_{k2} := \beta_2 \cdot L_1$$

$$\lambda_2 := \frac{L_{k2}}{i_{\min}} = 109$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_2 := 2.4$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm2}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_{2L}}{\omega_2} = 344 \cdot \text{KN}$$

Para L1 y para el sistema empotrado-articulado: $\beta_3 = 0.7$

$$L_{k3} := \beta_3 \cdot L_1$$

$$\lambda_3 := \frac{L_{k3}}{i_{\min}} = 77$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_3 := 1.73$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm3}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_{2L}}{\omega_3} = 477 \cdot \text{KN}$$

Para L1 y para el sistema biempotrado: $\beta_4 = 0.5$

$$L_{k4} := \beta_4 \cdot L_1$$

$$\lambda_4 := \frac{L_{k4}}{i_{\min}} = 55$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_4 := 1.44$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm4} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{2L}}{\omega_4} = 573 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema empotrado abajo: $\beta_1 = 2$

$$L_{k12} := \beta_1 \cdot L_2$$

$$\lambda_{12} := \frac{L_{k12}}{i_{\min}} = 410$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{12} := \text{error}$

Supera la esbeltez máxima.

Para L2 y para el sistema articulado: $\beta_2 = 1$

$$L_{k22} := \beta_2 \cdot L_2$$

$$\lambda_{22} := \frac{L_{k22}}{i_{\min}} = 205$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{22} := 8.11$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm22} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{2L}}{\omega_{22}} = 102 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema empotrado-articulado: $\beta_3 = 0.7$

$$L_{k32} := \beta_3 \cdot L_2$$

$$\lambda_{32} := \frac{L_{k32}}{i_{\min}} = 144$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{32} := 4$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm32} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{2L}}{\omega_{32}} = 206 \cdot \text{KN}$$

Para L2 y para el sistema biempotrado: $\beta_4 = 0.5$

$$L_{k42} := \beta_4 \cdot L_2$$

$$\lambda_{42} := \frac{L_{k42}}{i_{\min}} = 103$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_{42} := 2.25$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm42} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_{2L}}{\omega_{42}} = 367 \cdot \text{KN}$$

Perfil compuesto:

Propiedades geométricas IPN300

Área de un perfil: $A_1 := 69\text{cm}^2$

Momentos de inercia: $J_{x1} := 9800\text{cm}^4$ $J_{y1} := 451\text{cm}^4$

Distancia entre baricéntricos: $e_1 := 500\text{mm}$

Propiedades geométricas del perfil compuesto:

Área: $A_2 := 2 \cdot A_1 = 138\text{cm}^2$

Momentos de inercia: $J_x := 2 \cdot J_{x1} = 19600\text{cm}^4$

$$J_y := 2 \cdot J_{y1} + 2 \cdot \left[A_1 \cdot \left(\frac{e_1}{2} \right)^2 \right] = 87152\text{cm}^4$$

$$J_{\min} := \min(J_x, J_y) = 19600\text{cm}^4$$

Radio de giro mínimo: $i_{\min} := \sqrt{\frac{J_{\min}}{A_2}} = 11.918\text{cm}$

Para L1 y para el sistema empotrado abajo: $\beta_1 = 2$

$$L_{k1} := \beta_1 \cdot L_1$$

$$\lambda_1 := \frac{L_{k1}}{i_{\min}} = 67$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_1 := 1.58$

Si consideramos una tensión admisible:
$$\sigma_{\text{adm}} := \frac{24 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}}{1.6} = 15 \frac{\text{KN}}{\text{cm}^2}$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm1}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_2}{\omega_1} = 1310\text{KN}$$

Para L1 y para el sistema articulado: $\beta_2 = 1$

$$L_{k2} := \beta_2 \cdot L_1$$

$$\lambda_2 := \frac{L_{k2}}{i_{\min}} = 34$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_2 := 1.27$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm2}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_2}{\omega_2} = 1630\text{KN}$$

Para L1 y para el sistema empotrado-articulado: $\beta_3 = 0.7$

$$L_{k3} := \beta_3 \cdot L_1$$

$$\lambda_3 := \frac{L_{k3}}{i_{\min}} = 23$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_3 := 1.21$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{\text{adm3}} := \frac{\sigma_{\text{adm}} \cdot A_2}{\omega_3} = 1711\text{KN}$$

Para L1 y para el sistema biempotrado: $\beta_4 = 0.5$

$$L_{k4} := \beta_4 \cdot L_1$$

$$\lambda_4 := \frac{L_{k4}}{i_{\min}} = 17$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud $\omega_4 := 1$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm4} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_2}{\omega_4} = 2070 \text{ KN}$$

Para L2 y para el sistema empotrado abajo:

$$\beta_1 = 2$$

$$L_{k12} := \beta_1 \cdot L_2$$

$$\lambda_{12} := \frac{L_{k12}}{i_{min}} = 126$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud

$$\omega_{12} := 3.06$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm12} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_2}{\omega_{12}}$$

Para L2 y para el sistema articulado:

$$\beta_2 = 1$$

$$L_{k22} := \beta_2 \cdot L_2$$

$$\lambda_{22} := \frac{L_{k22}}{i_{min}} = 63$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud

$$\omega_{22} := 1.53$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm22} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_2}{\omega_{22}} = 1353 \text{ KN}$$

Para L2 y para el sistema empotrado-articulado:

$$\beta_3 = 0.7$$

$$L_{k32} := \beta_3 \cdot L_2$$

$$\lambda_{32} := \frac{L_{k32}}{i_{min}} = 44$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud

$$\omega_{32} := 1.34$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm32} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_2}{\omega_{32}} = 1545 \text{ KN}$$

Para L2 y para el sistema biempotrado:

$$\beta_4 = 0.5$$

$$L_{k42} := \beta_4 \cdot L_2$$

$$\lambda_{42} := \frac{L_{k42}}{i_{min}} = 31$$

Busco en la tabla el ω correspondiente a esta magnitud

$$\omega_{42} := 1.25$$

Entonces la carga admisible para esta situación será:

$$N_{adm42} := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_2}{\omega_{42}} = 1656 \text{ KN}$$