



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Dimensionado de soportes de acero secciones TUBULARES clase 1 y 2 a pandeo solicitadas a flexocompresión con un $M_{y,Ed}$

Apellidos, nombre	Arianna Guardiola VÍllora (aguardio@mes.upv.es)
Departamento	Mecánica del Medio Continuo y Teoría de Estructuras
Centro	Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presentan las expresiones matemáticas que establece el Documento Básico Seguridad Estructural Acero del Código Técnico de la Edificación (DB-SE-A) para comprobar los soportes de acero de secciones cerradas (perfiles tubulares cuadrados, rectangulares o circulares) clase 1 y 2, con enlaces perfectos, solicitados a flexocompresión con un momento solicitación que produce flexiones alrededor del eje y , lo que comúnmente se representa por $M_{y,Ed}$

2 Introducción

EL DB-SE- A establece en su artículo 6.3.4.2 las comprobaciones de pandeo y pandeo por torsión a realizar en piezas solicitadas a flexocompresión esviada.

Dichas comprobaciones corresponden al caso general, simplificándose bastante cuando se trata de una sección tubular clase 1 ó 2, solicitada a flexocompresión con un momento $M_{y,Ed}$.

La aplicación de la normativa para los casos habituales de soportes tubulares en edificación es el objeto de este artículo.

3 Objetivos

Cuando el alumno finalice la lectura de este documento será capaz de comprobar a pandeo y pandeo por torsión un soporte de acero de sección tubular clase 1 ó 2 solicitado a flexocompresión con $M_{y,Ed}$, con enlaces perfectos.

4 Comprobaciones

4.1 Expresiones a utilizar

Si se considera que la sección es clase 1 ó 2, y que el momento flector es $M_{y,Ed}$, las expresiones propuestas por EL DB-SE- A en su artículo 6.3.4.2 se reducen a:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \text{siendo } \chi_{LT} = 1$$

Ecuación 1. Comprobación a pandeo

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + 0,6 \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Ecuación 2. Comprobación a pandeo por torsión



En dichas ecuaciones N_{Ed} y $M_{y,Ed}$ son las solicitaciones, A y $W_{pl,y}$ son el área y módulo resistente plástico respectivamente, cuyos valores, dependientes de la geometría de la sección, se obtiene en cualquier prontuario de perfiles metálicos.

f_{yd} es el límite elástico de cálculo (minorado) del acero de la barra a comprobar.

En los epígrafes siguientes se obtiene el valor de los coeficientes χ_y , χ_z , k_y y $C_{m,y}$ para los casos habituales en estructuras de edificación

4.2 Cálculo de los coeficientes

1. Los coeficientes reductores por pandeo, χ_y y χ_z se obtienen de la curva de pandeo correspondiente, en función de la esbeltez reducida, obtenida a partir de los coeficientes β_y y β_z . En el epígrafe 4.3 se obtienen los valores de β para los casos habituales de barras con enlaces perfectos que nos podemos encontrar.
2. El valor de los coeficientes de momento equivalente $C_{m,y}$ depende de la distribución de momentos flectores. Su valor se obtiene en la tabla 1, salvo en aquellos casos en los que la longitud de pandeo es superior a la de la propia barra, debe tomarse $C_{m,y} = 0,9$

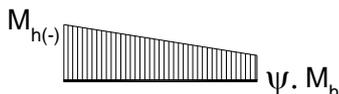
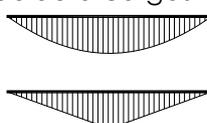
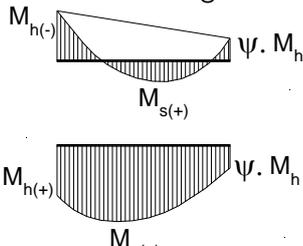
Factor de momento flector	Eje de flexión	Puntos arriostrados en dirección
$C_{m,y}$	y-y	z-z
$C_{m,z}$	z-z	y-y
$C_{m,LT}$	y-y	y-y
Diagrama de momentos	Factor de momento uniforme equivalente $C_{m,i}$ ($i = y, z$ o LT)	
Momentos de extremo		$-1 \leq \psi \leq 1$ $C_{m,i} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$
Momento debido a cargas laterales coplanarias		$C_{m,i} = 0,9$ $C_{m,i} = 0,95$
Momentos debidos a cargas laterales y momentos de extremo		$\alpha = M_s/M_h$ $C_{m,i} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$ si $-1 \leq \alpha \leq 0$ $C_{m,i} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$ si $0 \leq \alpha \leq 1$ $\alpha_h = M_s/M_h$ $C_{m,i} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h$ con $-1 \leq \alpha_h \leq 1$

Tabla 1. Coeficientes del momento equivalente

3. El coeficiente de pandeo lateral, χ_{LT} , es igual a 1 en piezas no susceptibles de pandeo por torsión (perfiles tubulares)

4. El valor del coeficiente k_y se obtiene a partir de la *ecuación 3*, adoptando para $\bar{\lambda}_y$ el valor calculado en el apartado 4.3.1 siempre que sea menor que la unidad. En caso contrario, se adoptará el valor 1.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}}$$

Ecuación 3

4.3 Aplicaciones prácticas

En este epígrafe se presentan una serie de casos tipo con barras de sección abierta clase 1 y 2 para los que se determinan los valores a tener en cuenta en el cálculo de los coeficientes correspondientes.

4.3.1 SOPORTE BIARTICULADO EN LOS DOS PLANOS CON CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA

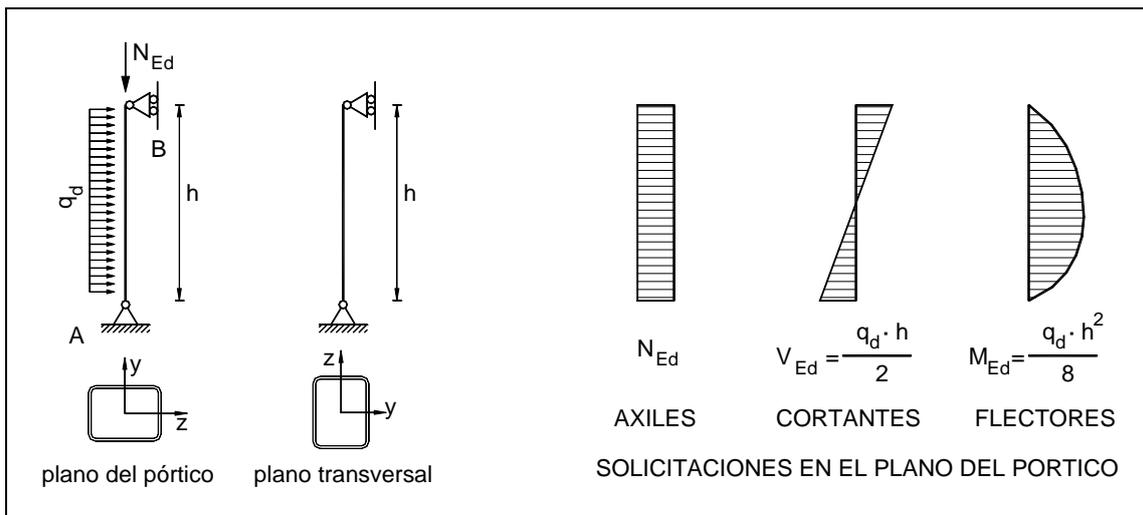


Figura 1. Soporte biarticulado en los dos planos

- Los coeficientes β a considerar son: $\beta_y = 1$; $\beta_z = 1$
- El coeficiente $C_{m,y} = 0,9$. Estos valores se obtienen de la tabla 1. La fila considerada se muestra en la *figura 2*.

Momento debido a cargas laterales coplanarias



$$C_{m,i} = 0,9$$

Figura 2. Coeficiente C_m para soportes biarticulados en los dos planos

- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

4.3.2 Soporte empotrado-apoyado en el plano del pórtico y empotrado-apoyado en el plano transversal con carga uniformemente repartida.

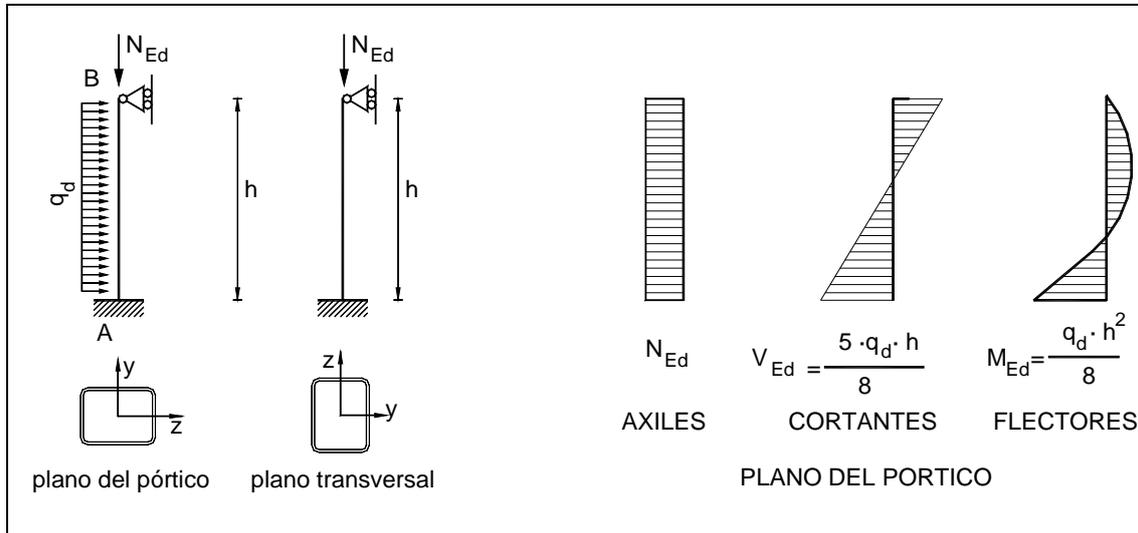


Figura 3. Soporte empotrado-apoyado en los dos planos

- Los coeficientes β a considerar son: $\beta_y = 0,7$; $\beta_z = 0,7$
- El coeficiente de momento equivalente $C_{m,y} = 0,55$ se obtiene a partir de las expresiones de la tabla 1 para $\alpha < 0$ tal y como indica la figura 4.

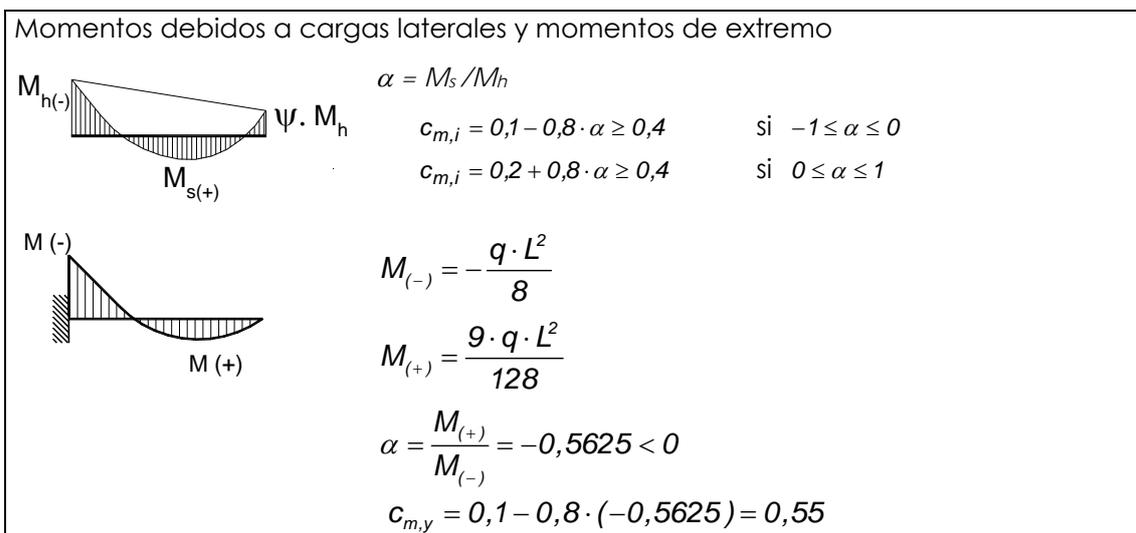


Figura 4. Coeficiente C_m para soportes empotrados-apoyados en ambos planos

- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

4.3.3 SOPORTE EMPOTRADO LIBRE EN EL PLANO DEL PORTICO Y EMPOTRADO APOYADO EN EL PLANO TRANSVERSAL CON CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA

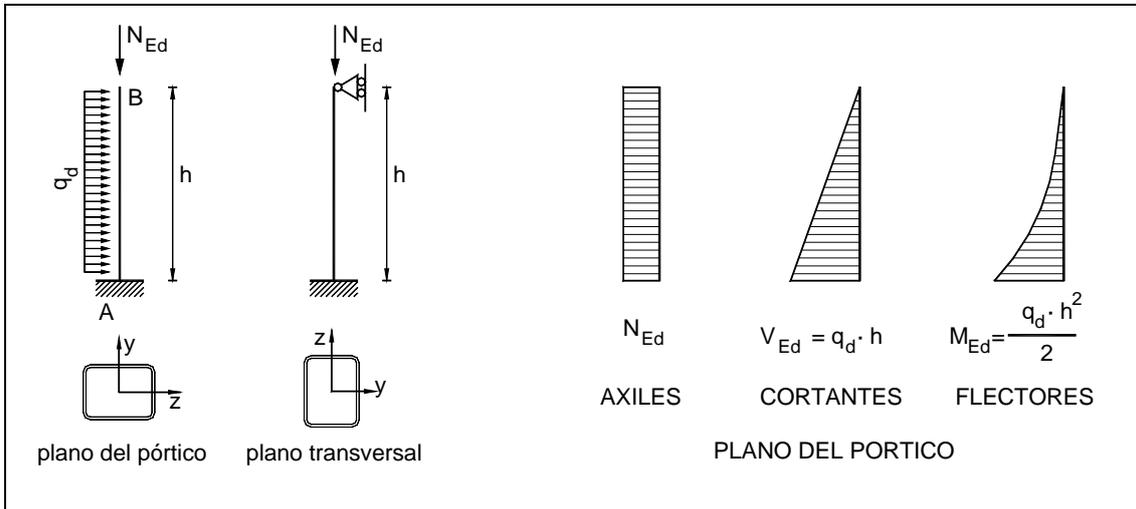


Figura 5. Soporte Empotrado-libre con carga uniformemente repartida

- Los coeficientes β son: $\beta_y = 2$; $\beta_z = 0,7$
- El coeficiente de momento equivalente $C_{m,y} = 0,9$ al ser la longitud de pandeo superior a la de la barra ya que $L_{ky} = 2 \cdot h$
- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

4.3.4 SOPORTE EMPOTRADO LIBRE EN EL PLANO DEL PORTICO Y EMPOTRADO APOYADO EN EL PLANO TRANSVERSAL CON CARGA PUNTUAL

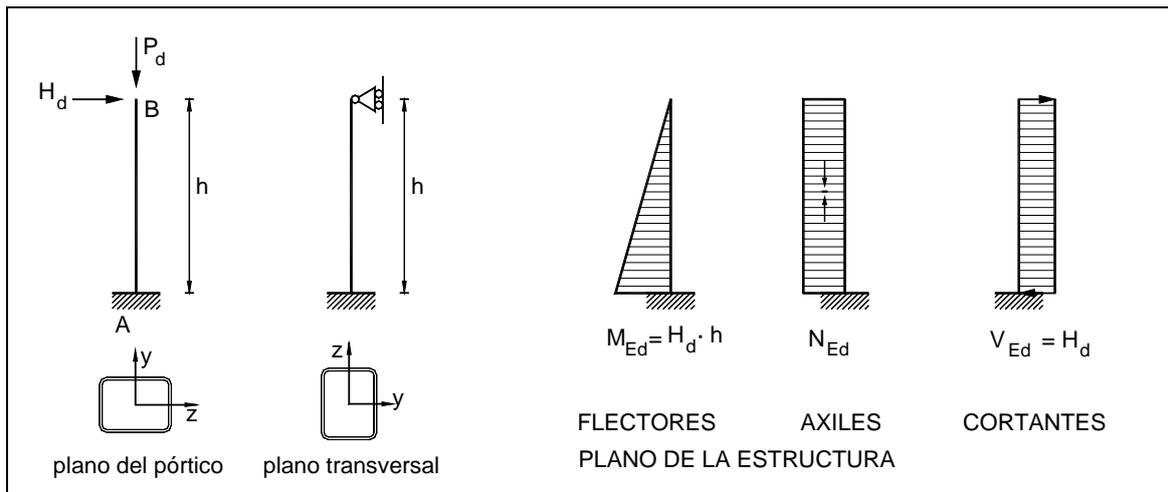


Figura 6. Soporte empotrado libre con carga puntual

- Los coeficientes β son: $\beta_y = 2$; $\beta_z = 0,7$
- El coeficiente de momento equivalente $C_{m,y} = 0,9$ al ser la longitud de pandeo superior a la de la barra ya que $L_{ky} = 2 \cdot h$
- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

4.3.5 SOPORTE EMPOTRADO-LIBRE EN LOS DOS PLANOS CON CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA

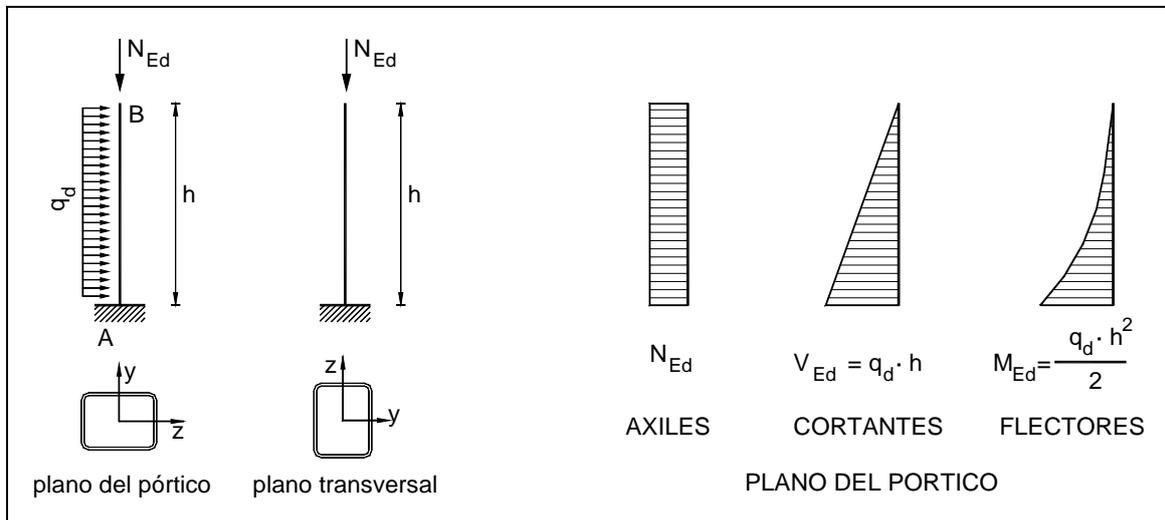


Figura 7. Soporte empotrado libre en los dos planos con carga repartida

- Los coeficientes β son: $\beta_y = 2$; $\beta_z = 2$
- Los coeficientes de momento equivalente $C_{m,y} = 0,9$ al ser la longitud de pandeo superior a la de la barra ya que $L_{ky} = 2 \cdot h$
- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

4.3.6 SOPORTE EMPOTRADO-LIBRE EN LOS DOS PLANOS CON CARGA PUNTUAL

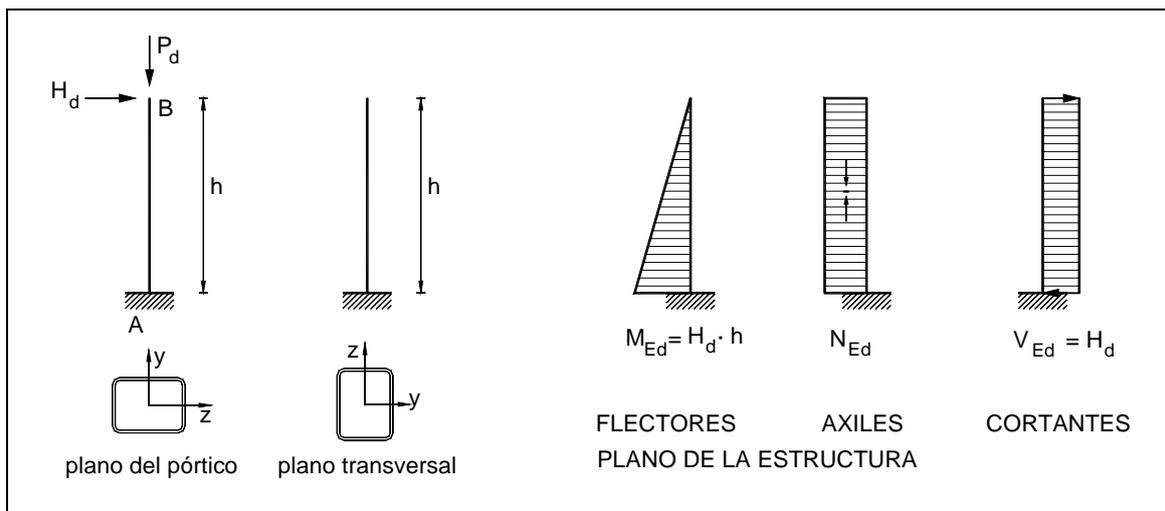


Figura 8. Soporte empotrado libre en los dos planos con carga puntual

- Los coeficientes β son: $\beta_y = 2$; $\beta_z = 2$
- Los coeficientes de momento equivalente $C_{m,y} = 0,9$ al ser la longitud de pandeo superior a la de la barra ya que $L_{ky} = 2 \cdot h$
- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

4.3.7 SOPORTE QUE RECIBE CARGA Y LA COMPARTE CON OTROS SOPORTES (COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES)

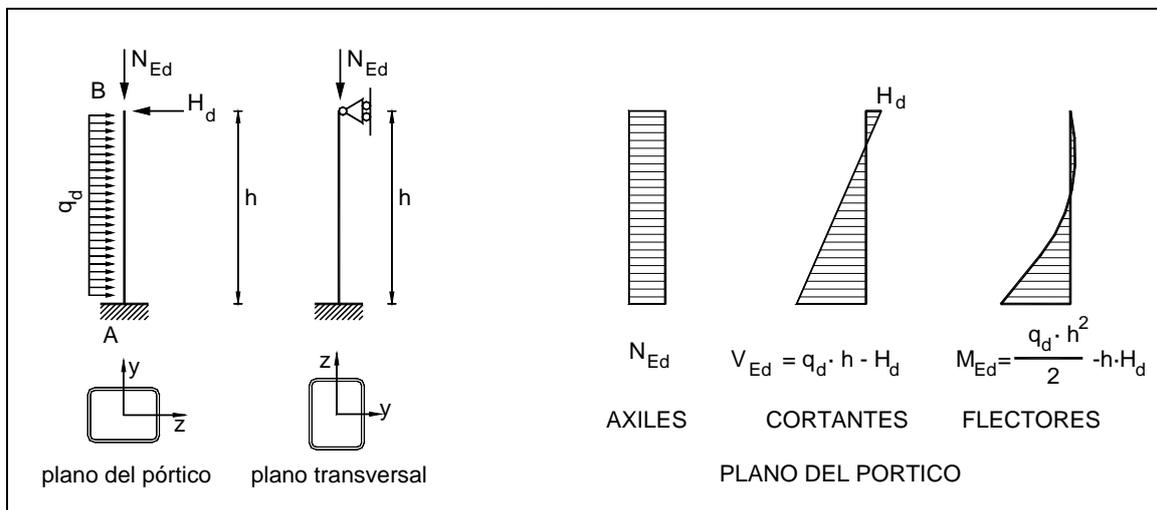


Figura 8. Soporte empotrado libre que comparte carga (compatibilidad de def.)

- Los coeficientes β son: $\beta_y = 2$; $\beta_z = 0,7$
- Los coeficientes de momento equivalente $C_{m,y} = 0,9$ al ser la longitud de pandeo superior a la de la barra ya que $L_{ky} = 2 \cdot h$
- El coeficiente $\chi_{LT} = 1$ por ser perfil tubular.

5 Conclusión

A lo largo de este artículo se han particularizado las comprobaciones generales de pandeo y pandeo por torsión de las piezas de sección cerrada, perfiles tubulares clase 1 y 2 solicitadas a flexocompresión con un $M_{y,Ed}$ para siete casos tipo de soportes en edificación con enlaces perfectos (casos habituales)

Como actividad complementaria se propone al alumno realizar las comprobaciones de pandeo y de pandeo por flexotorsión de un perfil tubular 120.160.6 de 4 metros de longitud sobre el que actúa una carga uniforme de 2 kN/m y una carga puntual de 1 kN en la cabeza, considerando los diferentes tipos de enlace analizados en los epígrafes 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4, 4.3.5 y 4.3.6 con el objeto de concluir cual es la mejor situación posible para dicho soporte.

6 Bibliografía

6.1 Libros:

- [1] MINISTERIO de la VIVIENDA: "Documento Básico Seguridad Estructural, Acero", Código Técnico de Edificación. Disponible en: <http://www.codigotecnico.org>
- [2] Monfort Leonart, J.: "Estructuras Metálicas en Edificación adaptado al CTE" Editorial Universidad Politécnica de Valencia ISBN 84-8363-021-4



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

[3] Ejemplos prácticos resueltos en "Problemas de estructuras metálicas adaptados al Código Técnico" capítulo 4. Autores: Monfort Leonart, J. Pardo Ros, J.L., Guardiola VÍllora, A. Ed. Universidad Politècnica de Valencia. ISBN 978-84-8363-322-9

6.2 Tablas y figuras

El contenido de la tabla 1. Coeficientes de momento equivalente corresponde con el de la tabla 6.10 del Documento Básico Seguridad Estructural Acero (primera referencia bibliográfica)

Todos los dibujos incluidos en este documento han sido realizados por Arianna Guardiola VÍllora.