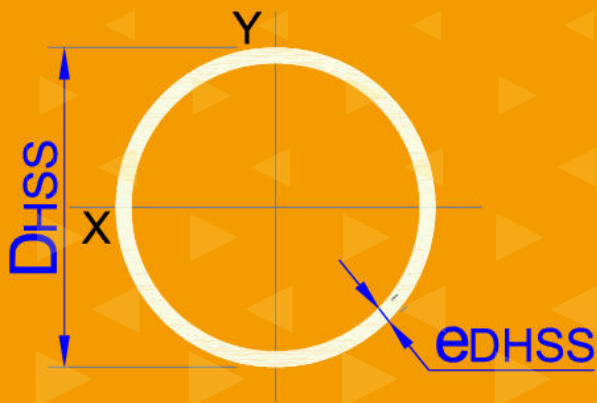


MAYO 2023



# AISC 360-22

## FLEXIÓN EN PERFILES TUBULARES REDONDOS

---

ANGEL MANRIQUE  
INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN  
ESTRUCTURAS

**STEEL DESIGN 06**

INDICE

03

INTRODUCCIÓN

03

OBJETIVO

03

BASES PARA EL DISEÑO

04

CALIDAD DE LOS MATERIALES

04

GEOMETRÍA Y CONDICIONES DE APOYO

05

CARGAS Y SOLICITACIONES

06

DISEÑO POR CAPACIDAD RESISTENTE

09

DISEÑO POR CAPACIDAD DE SERVICIO

## 01 INTRODUCCIÓN

Los perfiles tubulares redondos se fabrican mediante un proceso continuo de cilindrado de planchas acorde a los requerimientos y dimensiones de la sección transversal. Al final del proceso de cilindrado, se lleva a cabo una soldadura mediante una corriente eléctrica de alta frecuencia para unir los extremos del cilindro. El siguiente paso en el proceso de fabricación es realizar un raspado mecánico para eliminar los restos de soldadura y escoria superficial.

Para este tipo de perfiles la capacidad resistente a flexión está limitada por la posibilidad de falla por pandeo local. Para evitar que el pandeo local controle el estado límite de capacidad resistente a momento se deben utilizar perfiles compactos. Es decir, los elementos que componen la sección transversal deben cumplir con la relación ancho-espesor límite establecida en la tabla B4.1 de la AISC360-2022.

Al igual que para los perfiles tubulares rectangulares permite para perfiles compactos redondos la plastificación de la sección transversal en el diseño a flexión. Para el cálculo del módulo de sección plástico, se debe ubicar el eje que divide en partes iguales el área de la sección transversal. Luego, el módulo de sección plástico se obtiene multiplicando el valor de cada área por la distancia entre el eje y el centroide del área correspondiente.

A diferencia de las secciones rectangulares una de las dificultades a la hora de utilizar perfiles de sección redonda son las uniones entre estos. En general, las secciones cilíndricas son utilizadas como pilares o arriostramientos laterales como diagonales concéntricas y cruciformes.

## 02 OBJETIVO

El presente documento está referido al diseño mediante el método de los estados límites por de capacidad resistente y de servicio, para perfiles tubulares redondos o cilíndricos.

## 03 BASES PARA EL DISEÑO

### Normas Nacionales

1. NCh427/1 2016. Construcción - Estructuras de acero - Parte 1: Requisitos para el cálculo de estructuras de acero para edificios

### Normas Internacionales

1. ANSI/AISC 360-22. Specification for Structural Steel Buildings
2. AISI Manual Cold-Formed Steel Design 2008 Edition

## 04 CALIDAD DE LOS MATERIALES

### 4.1 ACERO ESTRUCTURAL

Esfuerzo del fluencia  $f_{ys} := 250 \text{ MPa}$

Modulo de elasticidad  $E_s := 200000 \text{ MPa}$

Peso unitario del acero  $\gamma_a := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$

Modulo de Poisson  $\mu := 0.3$

Modulo de corte  $G_s := \frac{E_s}{2 \cdot (1 + \mu)} = 76923.08 \text{ MPa}$

## 05 GEOMETRÍA Y CONDICIONES DE APOYO

### 5.1. CONDICIONES DE APOYO

Separación entre apoyos

$L_x := 6000 \text{ mm}$

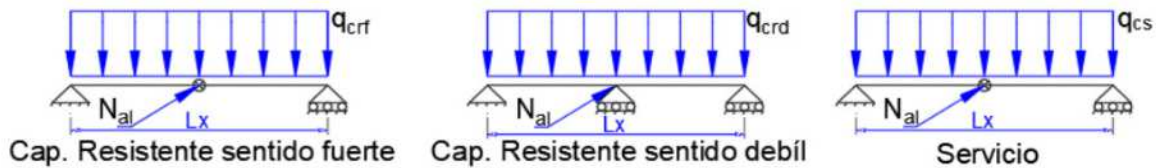


Figura 1. Condiciones de apoyo de viga

Numero de arriostramientos laterales  $N_{lat}$

1

### 5.2. GEOMETRÍA Y PROPIEDADES MECÁNICAS

Tipo de perfil

D4" x 4.0mm

Altura total de del perfil  $D_{HSS} = 4 \text{ in}$

Espesor del perfil  $e_{DHSS} = 4 \text{ mm}$

Área de la sección  $A_{DHSS} = 12.26 \text{ cm}^2$

Peso por ml  $P_{DHSSml} = 9.63 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$

Inercia X  $I_{DHSSx} = 146.28 \text{ cm}^4$

Inercia Y  $I_{DHSSy} = 146.28 \text{ cm}^4$

Radio de giro X  $r_{DHSSx} = 3.45 \text{ cm}$

Radio de giro Y  $r_{DHSSy} = 3.45 \text{ cm}$

Modulo elástico X  $S_{DHSSx} = 28.8 \text{ cm}^3$

Modulo elástico Y  $S_{DHSSy} = 28.8 \text{ cm}^3$

Modulo Plástico X  $Z_{DHSSx} = 38.89 \text{ cm}^3$

Modulo Plástico Y  $Z_{DHSSy} = 38.89 \text{ cm}^3$

Constante Torsional  $J_{DHSS} = 292.57 \text{ cm}^4$

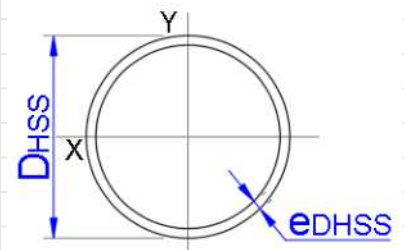


Figura 2. Geometría

## 06 CARGAS Y SOLICITACIONES

### 6.1. CARGAS MAYORADAS

Carga de diseño sentido fuerte (Incluye peso propio)

$$q_{crf} := 40 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Carga de diseño por deflexión (Incluye peso propio)

$$q_{cs} := 25 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

### 6.2. SOLICITACIONES

Sentido fuerte

Momento actuante máximo de diseño sentido fuerte

$$M_{acf} := \frac{q_{crf} \cdot L_x^2}{8} = 180 \text{ kgf m}$$

Cortante actuante máximo de diseño sentido fuerte

$$V_{acf} := q_{crf} \cdot \frac{L_x}{2} = 120 \text{ kgf}$$

# 07 DISEÑO POR CAPACIDAD RESISTENTE

## 7.1. LIMITACIONES GEOMÉTRICAS

### Límite de esbeltez

Relación límite ancho/espesor de elementos compactos  
Tabla B4.1b AISC360-22

$$\lambda_{pf} := 0.07 \cdot \sqrt{\frac{E_s}{f_{ys}}} = 1.98$$

Relación límite ancho/espesor de elementos esbeltos  
Tabla B4.1b AISC360-22

$$\lambda_{rf} := 0.31 \cdot \sqrt{\frac{E_s}{f_{ys}}} = 8.77$$

Relación ancho/espesor del elemento  
Tabla B4.1b AISC360-22

$$\lambda_{fE} := \frac{D_{HSS}}{e_{DHSS}}$$

$$\lambda_{fE} = 25.4$$

"ESBELTO"

### Aplicabilidad de la norma

Relacion de esbeltez máxima

$$\lambda_{fE} \leq \frac{0.45 \cdot E_s}{f_{ys}}$$

"OK. APLICA AISC"

## 7.2. CAPACIDAD RESISTENTE SENTIDO FUERTE

### Capacidad resistente al momento flector

Factor de minoración al momento flector  
Art. F1.a. AISC360-22

$$\phi_b := 0.90$$

### Resistencia nominal a momento por fluencia

Esfuerzo del fluencia

$$f_{ys} = 250 \text{ MPa}$$

Módulo de sección plástica

$$Z_{DHSSx} = 38.89 \text{ cm}^3$$

Momento resistente nominal por fluencia  
Ec. F8-1. AISC360-22

$$M_{nf1} := \phi_b \cdot f_{ys} \cdot Z_{DHSSx} = 892.26 \text{ kgf m}$$

### Resistencia nominal a momento por pandeo local

#### Elementos compactos

Momento por pandeo local del ala  
Ec. F7-2. AISC360-22

$$M_{nf2a} := M_{nf1} = 892.26 \text{ kgf m} \quad \text{"NO APLICA"}$$

#### Elementos no compactos

Módulo de sección elástica

$$S_{DHSSx} = 28.8 \text{ cm}^3$$

Momento por pandeo local de elementos no compactos  
Ec. F8-2. AISC360-22

$$M_{nf2b} := \phi_b \cdot \left( \frac{0.021 \cdot E_s}{\frac{D_{HSS}}{e_{DHSS}}} + f_{ys} \right) \cdot S_{DHSSx}$$

$M_{nf2b} = 1097.68 \text{ kgf m}$  "NO APLICA"

### Elementos esbeltos

Modulo de sección elástico

$$S_{DHSSx} = 28.8 \text{ cm}^3$$

Esfuerzo Critico  
Ec. F8-4. AISC360-22

$$F_{crM} := \frac{0.33 \cdot E_s}{\frac{D_{HSS}}{e_{DHSS}}} = 2598.43 \text{ MPa}$$

Momento por pandeo local del ala  
Ec. F8-3. AISC360-22

$$M_{nf2c} := \phi_b \cdot F_{crM} \cdot S_{DHSSx}$$

$M_{nf2c} = 6866.99 \text{ kgf m}$  "APLICA"

Resistencia nominal a momento por pandeo local  
Art. F8 AISC360-22

$M_{nf2} = 6866.99 \text{ kgf m}$  "ESBELTO"

### Momento resistente nominal

Momento resistente nominal

$$M_{nf} := \min \left( \left[ M_{nf1} \quad M_{nf2} \right] \right)$$

$M_{nf} = 892.26 \text{ kgf m}$

### Capacidad resistente al cortante

#### Resistencia nominal al corte sentido fuerte

Factor de minoración al cortante  
Art. G1. AISC360-22

$$\phi_v := 0.9$$

Area gruesa de la sección

$$A_{DHSS} = 12.26 \text{ cm}^2$$

Distancia desde el máximo hasta la fuerza de corte cero

$$L_v := 0.5 \cdot L_x = 3000 \text{ mm}$$

Relación ancho/espesor del elemento  
Tabla B4.1b AISC360-22

$$\lambda_{fE} = 25.4$$

Esfuerzo del fluencia

$f_{ys} = 250 \text{ MPa}$  "ACERO CONVENCIONAL"

Esfuerzo critico de pandeo por cortante  
Art. G5-2(a-b). AISC360-22

$$F_{crVal} := \frac{1.6 \cdot E_s}{\frac{5}{4} \sqrt{\frac{L_v}{D_{HSS}} \cdot \left( \frac{D_{HSS}}{e_{DHSS}} \right)}} = 1032.75 \text{ MPa}$$

$$F_{crVa2} := \frac{0.78 \cdot E_s}{\left(\frac{D_{HSS}}{e_{DHSS}}\right)^{\frac{3}{2}}} = 1218.6361 \text{ MPa}$$

$$F_{crVa} := \max\left(\left[F_{crVa1} \quad F_{crVa2}\right]\right) = 1218.64 \text{ MPa}$$

$$F_{crVb} := 0.6 \cdot f_{ys} = 150 \text{ MPa}$$

$$F_{crV} := \text{if} \left( \lambda_{fE} \geq 100 \right) \wedge \left( f_{ys} \geq 250 \text{ MPa} \right) \\ \begin{matrix} F_{crVa} \\ \text{else} \\ F_{crVb} \end{matrix}$$

$$F_{crV} = 150 \text{ MPa}$$

Cortante resistente nominal

$$V_{nf} := \frac{\phi_v \cdot F_{crV} \cdot A_{DHSS}}{2} = 8441.95 \text{ kgf}$$

#### 7.4. RESUMEN DE DISEÑO POR CAPACIDAD RESISTENTE

##### Diseño a flexión uniaxial

Momento actuante máximo de diseño sentido fuerte

$$M_{acf} = 180 \text{ kgf m}$$

Momento resistente máximo sentido fuerte

$$M_{nf} = 892.26 \text{ kgf m}$$

Factor de utilización a momento  
Ec. H1-1b. AISC360-22      20.17 %

$$\frac{M_{acf}}{M_{nf}} \leq 1$$

"OK"

##### Diseño a corte

Cortante actuante máximo de diseño sentido fuerte

$$V_{acf} = 120 \text{ kgf}$$

Resistencia nominal al corte sentido fuerte

$$V_{nf} = 8441.95 \text{ kgf}$$

Factor de utilización a cortante      1.42 %

$$\frac{V_{acf}}{V_{nf}} \leq 1$$

"OK"



# 08 DISEÑO POR CAPACIDAD DE SERVICIO

## 8.1. DISEÑO POR DEFLEXIÓN

La norma NCh427/1 2016 especifica en su disposición L1 que para los estados límites de servicio, las cargas y las combinaciones de carga apropiadas se encuentran en el documento Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI7), Anexo C.

### Sentido fuerte

Deformación límite  
Anexo C ASCE/SEI7

$$D_{lim} := \frac{L_x}{360} = 16.67 \text{ mm}$$

Deformación máxima de la viga

$$D_{max} := \frac{5 \cdot q_{CS} \cdot L_x^4}{384 \cdot E_s \cdot I_{DHSSx}} = 14.14 \text{ mm}$$

Factor de utilización por deflexión 84.85 %

$$\frac{D_{max}}{D_{lim}} \leq 1 \quad \text{"OK"}$$