

**Reglamento CIRSOC 308**  
**Ministerio de Planificación Federal,**  
**Inversión Pública y Servicios**  
**Secretaría de Obras Públicas de la Nación**

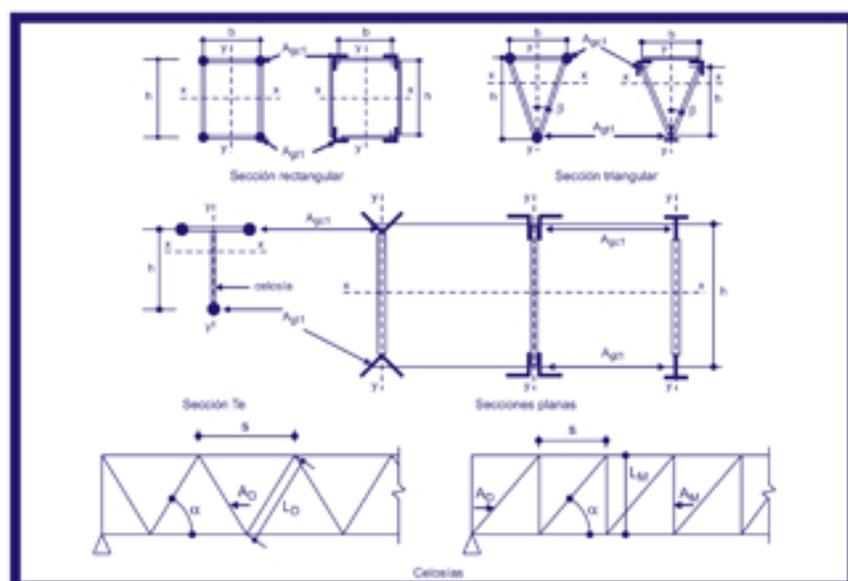
**INTI**

Instituto Nacional de  
Tecnología Industrial



**CIRSOC**

Centro de Investigación de los  
Reglamentos Nacionales de  
Seguridad para las Obras Civiles



***COMENTARIOS AL***  
***REGLAMENTO ARGENTINO***  
***DE ESTRUCTURAS LIVIANAS***  
***PARA EDIFICIOS***  
***CON BARRAS DE ACERO DE***  
***SECCIÓN CIRCULAR***

**Julio 2007**

***COMENTARIOS AL  
REGLAMENTO ARGENTINO DE  
ESTRUCTURAS LIVIANAS  
PARA EDIFICIOS CON  
BARRAS DE ACERO  
DE SECCIÓN CIRCULAR***

***EDICIÓN JULIO 2007***



Balcarce 186 1° piso - Of. 138  
(C1064AAD) Buenos Aires – República Argentina  
TELEFAX. (54 11) 4349-8520 / 4349-8524

E-mail: [cirsoc@inti.gob.ar](mailto:cirsoc@inti.gob.ar)  
[cirsoc@mecon.gov.ar](mailto:cirsoc@mecon.gov.ar)

INTERNET: [www.inti.gob.ar/cirsoc](http://www.inti.gob.ar/cirsoc)

*Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado*

*Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani*

*Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno*

*Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega*

*Área Administración, Finanzas y Promoción: Lic. Mónica B. Krotz*

*Área Venta de Publicaciones: Sr. Néstor D. Corti*

© 2009

Editado por INTI  
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL  
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7° piso - Buenos Aires. Tel. 4313-3013

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos, reservados.  
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina.

Printed in Argentina.



## **ORGANISMOS PROMOTORES**

Secretaría de Obras Públicas de la Nación  
Subsecretaría de Vivienda de la Nación  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Instituto Nacional de Prevención Sísmica  
Ministerio de Hacienda, Finanzas y Obras Públicas de la Provincia del Neuquén  
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires  
Dirección Nacional de Vialidad  
Vialidad de la Provincia de Buenos Aires  
Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas  
Cámara Argentina de la Construcción  
Consejo Profesional de Ingeniería Civil  
Cámara Industrial de Cerámica Roja  
Asociación de Fabricantes de Cemento Pórtland  
Instituto Argentino de Normalización  
Techint  
Acindar

## **MIEMBROS ADHERENTES**

Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón  
Asociación Argentina de Hormigón Estructural  
Asociación Argentina de Hormigón Elaborado  
Asociación Argentina del Bloque de Hormigón  
Asociación de Ingenieros Estructurales  
Centro Argentino de Ingenieros  
Instituto Argentino de Siderurgia  
Telefónica de Argentina  
Transportadora Gas del Sur  
Quasdam Ingeniería  
Sociedad Central de Arquitectos  
Sociedad Argentina de Ingeniería Geotécnica  
Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires  
Cámara Argentina del Aluminio y Metales Afines  
Cámara Argentina de Empresas de Fundaciones de Ingeniería Civil

**ASESOR QUE INTERVINO EN LA REDACCIÓN  
DE LOS COMENTARIOS AL**

**REGLAMENTO ARGENTINO DE  
ESTRUCTURAS LIVIANAS PARA  
EDIFICIOS CON BARRAS DE ACERO  
DE SECCIÓN CIRCULAR**

**CIRSOC 308**

**Ing. Gabriel Troglia**



# COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

## Coordinador

<b>Ing. Gabriel R. Troglia</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, DEPARTAMENTO ESTRUCTURAS, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS FISICAS Y NATURALES  DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA, FACULTAD DE ARQUITECTURA URBANISMO Y DISEÑO
--------------------------------	--

## Integrantes:

<b>Ing. Francisco Pedrazzi</b>	INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA
<b>Ing. Horacio Rezk</b>	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA
<b>Ing. Arnaldo Mallamaci</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN, FACULTAD DE INGENIERIA
<b>Ing. Alejandro Sesin</b>	TECHINT S.A.
<b>Ing. Gustavo Darin</b>	UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, FACULTAD DE INGENIERÍA - U.T.N. FACULTAD REGIONAL BS. AS. - ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ESTRUCTURALES
<b>Ing. Juan C. Reimundin</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
<b>Inga. Nora Moncada</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIM., PROFE-SORA TITULAR CONSTRUCCIONES METÁLICAS II
<b>Ing. Juan Carlos Piter</b>	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY
<b>Ing. Hector Auad</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA
<b>Ing. Alejandro Giuliano</b>	INPRES - INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA
<b>Ing. Fructuoso Berganza</b>	CÁMARA DE FABRICANTES DE CAÑOS Y TUBOS DE ACERO
<b>Ing. Adrián Puente Vergara Ing. Osvaldo R. Arario Ing. Faustino Amelong</b>	ACINDAR S. A.

# COMISION PERMANENTE DE ESTRUCTURAS DE ACERO DE INTI-CIRSOC

(*continuación*)

<b>Ing. Daniel García Gei</b>	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL MENDOZA
<b>Ing. Pablo Alra</b>	TENARIS-SIDERCA
<b>Ing. Raul Cardoso</b>	MARBY S.A.
<b>Ing. Pablo Ruival</b>	M. ROYO S.A.
<b>Ing. Heriberto Martin</b>	TUBOS ARGENTINOS S.A.
<b>Ing. Oliva Hernández</b>	IRAM
<b>Ing. Oscar Troviano</b>	MINISTERIO DE HACIENDA, FINANZAS Y OBRAS PÚBLICAS DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN, SUBSECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS
<b>Ing. Enrique Trivelli</b>	TUBHIER S.A.
<b>Ing. Francisco Crisafulli</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO, FACULTAD DE INGENIERIA
<b>Ing. José M Vidmar</b>	INVITADO ESPECIAL
<b>Ing. Antonio Coloccini</b>	INVITADO ESPECIAL
<b>Ing. Bruno Coloccini</b>	INVITADO ESPECIAL
<b>Ing. Eduardo Asta</b>	INVITADO ESPECIAL

\*\*\*

# ÍNDICE COMENTARIOS

## SIMBOLOGÍA Reglamento CIRSOC 308-2007

## SIMBOLOGÍA GENERAL del Reglamento CIRSOC 301-2005

### COMENTARIOS AL CAPITULO 1. ESPECIFICACIONES GENERALES

C 1.1. INTRODUCCIÓN	1
C 1.2. CAMPO DE VALIDEZ	1
C 1.3. MATERIALES - NORMAS IRAM E IRAM - IAS DE APLICACIÓN	1
C 1.3.1. Acero estructural	2
C 1.3.5. Tensión de fluencia especificada máxima en aceros conformados de dureza natural	2
C 1.4. ACCIONES Y COMBINACIONES DE ACCIONES	2
C 1.5. BASES DE PROYECTO	3

### COMENTARIOS AL CAPITULO 2. REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

C 2.1. FORMAS SECCIONALES Y SOLICITACIONES DE SECCIÓN	5
C 2.2. PARÁMETROS SECCIONALES	5
C 2.3. RELACIONES GEOMÉTRICAS Y ESBELTECES LÍMITES	5
C 2.4. RIGIDIZACIÓN Y TRAVESAÑO EN SECCIONES $T_e$	6
C 2.5. RESTRICCIONES AL GIRO EN APOYOS	6

### COMENTARIOS AL CAPITULO 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ESTABILIDAD

C 3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	7
C 3.1.1. Métodos de análisis	7
C 3.1.2. Efectos de las deformaciones. (Efectos de segundo orden)	7
C 3.1.3. Barras de eje curvo de pequeña curvatura (arcos)	8
C 3.1.4. Esfuerzos secundarios	9
C 3.2. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	9

C 3.2.1. Estabilidad de la estructura en su conjunto	9
C 3.2.2. Estabilidad global de las barras armadas comprimidas	10
C 3.2.3. Estabilidad local de las barras del reticulado	10
<b>C 3.3. SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO</b>	<b>10</b>

## **COMENTARIOS AL CAPÍTULO 4. BARRAS TRACCIONADAS**

C 4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCION DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA	11
C 4.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS ARMADAS	11

## **COMENTARIOS AL CAPITULO 5. BARRAS COMPRIMIDAS**

C 5.1. FACTOR DE LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACIÓN DE ESBELTECES	13
C 5.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA	13
C 5.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXIONAL Y PANDEO FLEXOTORSIONAL DE PERFILES ÁNGULO Y TE LAMINADOS	14
C 5.4. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN AXIL DE BARRAS ARMADAS	14

## **COMENTARIOS AL CAPITULO 6. BARRAS EN FLEXION SIMPLE**

C 6.1. ESTADOS LÍMITES PARA SOLICITACIONES DE FLEXION Y DE CORTE	15
C 6.2. ESTADO LÍMITE DE PANDEO LOCAL DE BARRAS	15
C 6.3. ESTADO LÍMITE DE FLUENCIA DE BARRAS DEL CORDÓN TRACCIONADO	16
C 6.4. ESTADO LÍMITE DE PANDEO LATERAL TORSIONAL	16
C 6.4.1. Sección rectangular	16
C 6.4.2. Sección triangular	16
C 6.4.3. Sección plana	18
C 6.4.4. Sección Te	19
C 6.5. APOYO DE BARRAS FLEXADAS	20

**COMENTARIOS AL CAPITULO 7.  
BARRAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN, O CON  
FLEXIÓN Y TORSIÓN, O A FLEXIÓN DISIMÉTRICA**

C 7.1. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE TRACCIÓN COMBINADA CON FLEXION	21
C 7.2. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN	21
C 7.3. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN Y TORSIÓN	22
C 7.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FLEXIÓN DISIMÉTRICA	22
C 7.5. BARRAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN	22

**COMENTARIOS AL CAPÍTULO 8. BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN**

C 8.1. GENERALIDADES	23
C 8.2. SECCIONES RECTANGULARES	23
C 8.3. SECCIONES TRIANGULARES	24
C 8.4. APOYOS	24

**COMENTARIOS AL CAPÍTULO 9. UNIONES Y MEDIOS DE UNIÓN**

C 9.1. GENERALIDADES	25
C 9.2. UNIONES SOLDADAS	25
C 9.3. UNIONES EXTREMAS DE BARRAS ARMADAS Y JUNTAS	26

**COMENTARIOS AL CAPITULO 10.  
PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO**

C 10.1. DETERMINACIÓN DE LAS DEFORMACIONES DE LAS BARRAS ARMADAS FLEXADAS	27
--	----



## SIMBOLOGÍA REGLAMENTO CIRSOC 308-2007

La Simbología indicada en este Reglamento es complementaria de la incluida en el Reglamento CIRSOC 301-2005; la que se reproduce a continuación de la presente Simbología del Reglamento CIRSOC 308-2007.

El numero de artículo que figura entre paréntesis al final de la definición de cada símbolo se refiere al artículo donde el símbolo es definido o utilizado por primera vez.

- $A_D$**  área bruta de la diagonal de un solo plano, en  $\text{cm}^2$ . (5.4.2.).
- $A_{Dh}$**  área de una diagonal de cara superior o inferior, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_{Dv}$**  área de una diagonal de cara lateral, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_M$**  área bruta del montante de un solo plano, en  $\text{cm}^2$ . (5.4.2.).
- $A_{Mh}$**  área de un montante de cara superior o inferior, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_{Mv}$**  área de un montante de cara lateral, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.1.).
- $A_W$**  área efectiva de soldadura, en  $\text{cm}^2$ . (9.2.1.).
- $A_{gc}$**  área bruta del cordón comprimido, en  $\text{cm}^2$ . (6.4.3.).
- $A_{gc1}$**  área bruta de una barra comprimida, en  $\text{cm}^2$ . (6.2.1.).
- $A_{gt1}$**  área bruta de una barra traccionada, en  $\text{cm}^2$ . (6.3.).
- $C$**  fuerza de compresión o de tracción en los cordones debida al momento torsor, en kN. (7.3.1.).
- $D_H$**  fuerza axil en la diagonal debida a la torsión en cara horizontal, en kN. (7.3.2.).
- $D_L$**  fuerza axil en la diagonal debida a la torsión en cara lateral, en kN. (7.3.2.).
- $D_V$**  fuerza axil en la diagonal debida a la torsión en cara vertical, en kN. (7.3.2.).
- $D_u$**  resistencia requerida a fuerza axil para diagonal de barra armada, en kN. (5.4.2.).
- $F_H$**  fuerza nodal debida a la torsión, en kN. (8.2.1.).
- $F_V$**  fuerza nodal debida a la torsión, en kN. (8.2.1.).
- $F_{cr}$**  tensión crítica, en MPa. (5.2.).
- $F_y$**  tensión de fluencia especificada de las barras de acero, en MPa (corresponde al límite de fluencia de las normas IRAM - IAS con la limitación expresada en el artículo 1.3.5. que adopta una tensión de fluencia especificada máxima de  $F_y = 400$  MPa).
- $F_{yp}$**  tensión de fluencia especificada del acero de la planchuela, en MPa. (2.4.).

$I_m$	momento de inercia modificado de la sección transversal de la barra armada , en $\text{cm}^4$ . (3.1.).
$I_{yc}$	momento de inercia del cordón comprimido con respecto al eje principal de menor Inercia, en $\text{cm}^4$ . (6.4.3.).
$J_r$	módulo de torsión de una sección reticulada, en $\text{cm}^4$ . (6.4.1.).
$L_D$	longitud real de la diagonal, en cm. (3.2.3.).
$L_M$	longitud real del montante, en cm. (3.2.3.).
$L_r$	longitud lateralmente no arriostrada límite para pandeo lateral torsional, en cm. (6.4.1.).
$M_C$	momento flexor secundario en el cordón, en kNm. (3.1.4.).
$M_D$	momento flexor secundario en la diagonal, en kNm. (3.1.4.).
$M_M$	momento flexor secundario en el montante, en kNm. (3.1.4.).
$M_W$	momento requerido en el área de la soldadura, en kNm. (9.2.1.).
$M_d$	resistencia de diseño a flexión, en kNm. (6.1.).
$M_u$	resistencia requerida a flexión, en kNm. (6.1.).
$M_s$	momento flexor secundario en el nudo, en kNm. (3.1.4.).
$M_{dc}$	resistencia de diseño a flexión para estado límite de pandeo del cordón comprimido, en kNm. (6.2.1.).
$M_{dt}$	resistencia de diseño a flexión para el estado límite de fluencia del cordón traccionado, en kNm. (6.3.).
$M_{di}$	menor resistencia de diseño a flexión, kNm. (6.4.1.).
$M_{dpl}$	resistencia de diseño a flexión para el estado límite de pandeo lateral torsional, en kNm.(6.4.1.).
$M_{Ou}$	resistencia requerida a fuerza axil para montante de barra armada, en kN. (5.4.2.).
$\Delta N$	fuerza de corte requerida en unión soldada, en kN. (9.2.1.).
$P_d$	resistencia de diseño a compresión axil, en kN. (5.2.).
$P_n$	resistencia nominal a compresión axil, en kN. (5.2.).
$S_W$	módulo resistente elástico del área efectiva de la soldadura, en $\text{cm}^2$ . (9.2.1.).
$T_d$	resistencia de diseño a tracción axil, en kN.(4.1.).

$T_n$	resistencia nominal a tracción axil, en kN. (4.1.).
$T_u$	resistencia requerida a la tracción axil, en kN. (7.1.1.).
$V_d$	resistencia de diseño a corte, en kN. (6.1.).
$V_u$	resistencia requerida a corte, en kN. (6.1.).
$V_{dD}$	resistencia de diseño a corte por pandeo local de diagonales, en kN. (6.2.2.).
$V_{dM}$	resistencia de diseño a corte por pandeo local de montantes, en kN. (6.2.2.).
$b$	ancho de la sección armada medida entre ejes de barras del cordón, en cm. (2.3.).
$b$	lado del perfil ángulo, en cm. (3.1.4.).
$b_p$	ancho planchuela transversal de sección Te, en cm. (2.4.).
$d_b$	diámetro nominal de la barra de sección circular, en cm. (4.1.).
$d$	longitud de la diagonal de la celosía, en cm. (3.1.4.).
$d_D$	diámetro de las diagonales de la celosía, cm. (3.1.4.).
$d_M$	diámetro del montante de la celosía, en cm. (3.1.4.).
$d_{br}$	diámetro de la barra roscada, en cm. (4.1.).
$d_c$	diámetro de las barras del cordón comprimido, en cm. (2.4.).
$d_i$	diámetro del cordón inferior de la sección Te, en cm. (2.4.).
$d_i$	diámetro interior de doblado de barra de la celosía, en cm. (3.1.4.).
$d_{i0}$	diámetro interior de doblado de las barras de la celosía para $e=0$ , en cm. (3.1.4.).
$d_t$	diámetro del travesaño en una sección Te, en cm. (2.4.).
$d_1$	distancia de la curva interior de la barra de la celosía a la punta del ala de un perfil ángulo, en cm. (3.1.4.).
$e$	excentricidad en el nudo, en cm. (3.1.4.).
$e_p$	espesor de la planchuela transversal en una sección Te, en cm. (2.4.).
$f$	flecha del arco, en cm. (2.3.).
$f_d$	tensión de diseño para soldadura de filete, en MPa. (9.2.1.).
$f_u$	tensión requerida en la soldadura, en MPa. (9.2.1.).
$h$	altura de la sección armada medida entre ejes de barras del cordón, en cm. (2.3.).

- $k_x, k_y$  coeficientes experimentales para el cálculo del momento de inercia de secciones armadas con cordones de sección circular maciza. (2.2.(c)).
- $k_1, k_2$  coeficientes teórico-experimentales para determinar las fuerzas nodales equivalentes a la torsión. (8.2.1.).
- $r_m$  radio de giro modificado de la sección transversal de una barra armada, en cm. (3.1.).
- $s$  distancia entre nudos de la barra armada, en cm. (2.4.).
- $s$  mitad del desarrollo de un arco en el plano, en cm. (3.2.2.).
- $t$  espesor del ala del perfil ángulo, en cm. (3.1.4.).
- $\alpha$  ángulo entre diagonal y cordón, en grados sexagesimales. (3.1.4.).
- $\beta$  ángulo entre el plano de la celosía y el eje y-y en la sección triangular, en grados sexagesimales. (J.2.).
- $\gamma$  coeficiente para obtener  $d_1$  en barras con cordón de sección ángulo. (3.1.4.).
- $\eta$  coeficiente para obtener  $d_i$  en barras con cordón de sección ángulo. (3.1.4.).
- $\delta$  coeficiente para obtener el coeficiente  $\chi$ . (5.2.).
- $\chi$  coeficiente para obtener la tensión crítica a pandeo flexional. (5.2.).
- $\phi$  giro por torsión por unidad de longitud, en radianes/m. (8.2.3.).
- $\phi_{m\acute{a}x}$  giro máximo por torsión por unidad de longitud, en radianes/m. (8.2.3.).

# SIMBOLOGÍA GENERAL DEL REGLAMENTO CIRSOC 301-2005

Como el Reglamento CIRSOC 308-2007 hace referencia en numerosos artículos al Reglamento CIRSOC 301-2005 se ha decidido incorporar la simbología del mismo para facilitar su lectura.

La sección numerada entre paréntesis que figura al final de la definición de cada símbolo se refiere a la sección donde el símbolo es definido o utilizado por primera vez.

- A**      área de la sección transversal, en cm<sup>2</sup>. (F.1.2.).
- A<sub>b</sub>**     área nominal del cuerpo no roscado del bulón, o de la parte roscada, en cm<sup>2</sup>. (J.3.6.).
- A<sub>BM</sub>**    área de la sección transversal del metal base, en cm<sup>2</sup>. (J.2.4.).
- A<sub>D</sub>**     área de una barra basada en el diámetro mayor de su rosca, en cm<sup>2</sup>. (J.3.6.).
- A<sub>e</sub>**     área neta efectiva, en cm<sup>2</sup>. (B.3.).
- A<sub>ef</sub>**    área efectiva en barras con elementos comprimidos rigidizados, en cm<sup>2</sup>. (A-B.5.3.).
- A<sub>f</sub>**     área del ala comprimida, en cm<sup>2</sup> (A-F.3.).
- A<sub>fe</sub>**    área efectiva del ala traccionada, en cm<sup>2</sup>. (B.10.).
- A<sub>fg</sub>**    área bruta del ala, en cm<sup>2</sup>. (B.10.).
- A<sub>fn</sub>**    área neta del ala, en cm<sup>2</sup>. (B.10.).
- A<sub>g</sub>**     área bruta, en cm<sup>2</sup>. (B.1.).
- A<sub>gt</sub>**    área bruta solicitada a tracción, en cm<sup>2</sup>. (J.4.3.).
- A<sub>gv</sub>**    área bruta solicitada al corte, en cm<sup>2</sup>. (J.4.3.).
- A<sub>n</sub>**     área neta, en cm<sup>2</sup>. (B.2.).
- A<sub>nt</sub>**    área neta solicitada a tracción, en cm<sup>2</sup>. (J.4.2.).
- A<sub>nv</sub>**    área neta solicitada al corte, en cm<sup>2</sup>. (J.4.1.).
- A<sub>pb</sub>**    proyección del área de aplastamiento, en cm<sup>2</sup>. (J.8.1.).
- A<sub>sf</sub>**    área de corte de la línea de falla, en cm<sup>2</sup>. (D.3.).
- A<sub>st</sub>**    área de la sección de un rigidizador o un par de rigidizadores transversales, en cm<sup>2</sup>. (A-G.4.).

- $A_t$  área neta a tracción, en  $\text{cm}^2$ , (A-K.3.).
- $A_w$  área del alma, en  $\text{cm}^2$ . (F.2.1.).
- $A_1$  área de acero concéntrica con el apoyo de hormigón, en  $\text{cm}^2$ . (J.9.).
- $A_2$  máxima área de la superficie de apoyo, geoméricamente similar y concéntrica con el área cargada, en  $\text{cm}^2$ . (J.9.).
- $B$  factor para tensiones de flexión en "tes" y ángulos dobles. (F.1.2.).
- $B$  factor para tensiones de flexión en barras con almas de altura variable, definido mediante las expresiones A-F.3-8 a A-F3-11. ( A-F.3.4.).
- $B_1, B_2$  factores utilizados en la determinación de  $M_u$  para amplificar momentos determinados por análisis de primer orden, cuando actúan simultáneamente fuerzas axiales. (C.1.4.).
- $C_{PG}$  coeficiente de viga armada, en MPa. (A-G.2.).
- $C_b$  coeficiente de flexión dependiente del diagrama de momento flexor. (F.1.2.).
- $C_f$  constante basada en la **categoría de tensión** dada en la Tabla **A-K.3-1**. (A- K.3.3.).
- $C_m$  coeficiente utilizado para calcular  $B_1$ , dependiente de la curvatura de la columna causada por la aplicación de momentos. (C.1.4.).
- $C'_m$  coeficiente utilizado para calcular  $B_1$  para barras con almas de altura variable, dependiente de las tensiones axiales en la sección extrema de menor altura. (A-F.3.6.).
- $C_p$  constante de flexibilidad de la viga primaria. (K.2.).
- $C_s$  constante de flexibilidad de la viga secundaria. (K.2.).
- $C_v$  relación entre la tensión crítica del alma según la teoría de pandeo lineal y la tensión de fluencia por corte del acero del alma. ( A-G.3.).
- $C_w$  módulo de alabeo, en  $\text{cm}^6$ . (A-E.3.).
- $D$  diámetro externo de una sección circular hueca, en cm. (A-B.5.3.).
- $D$  cargas permanentes debidas al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura, en N. (A.4.1.).
- $D$  factor utilizado en la expresión A-G.4-1, dependiente del tipo de rigidizador transversal utilizado en una viga armada. (A-G.4.).
- $E$  módulo de elasticidad longitudinal del acero, en MPa. (A.3.5.). ( **$E = 200000 \text{ MPa}$** ).
- $E$  efecto provocado por las componentes horizontales y verticales de la acción sísmica. (A.4.1.).

- $F$**  cargas debidas al peso y presión de fluidos con presiones bien definidas y alturas máximas controlables, o las solicitaciones correspondientes. (A.4.1.).
- $F_{BM}$**  resistencia nominal del metal base, en MPa. (J.2.4.).
- $F_{EXX}$**  número de clasificación del electrodo (resistencia mínima especificada), en MPa. (Tabla J.2.5).
- $F_L$**  el menor valor entre  $(F_{yf} - F_r)$  y  $F_{yw}$ , en MPa. (F.1.2.).
- $F_{SR}$**  rango de tensión de diseño, en MPa. (A- K.3.3.).
- $F_{TH}$**  umbral del rango de tensión de fatiga, rango de tensión máximo para vida útil indefinida, en MPa. (A-K.3.3.).
- $F_{by}$**  tensión de flexión para barras con almas de altura variable definida por las expresiones A-F.3-4 y A-F.3-5, en MPa.(A-F.3.4.).
- $F_{cr}$**  tensión crítica, en MPa. (E.2.).
- $F_{crfb}$ ,  $F_{cry}$ ,  $F_{crz}$**  tensiones de pandeo flexotorsional para barras comprimidas formadas por ángulos dobles o "tes", en MPa. (E.3.).
- $F_e$**  tensión crítica elástica de pandeo torsional o flexotorsional, en MPa. (A-E.3.).
- $F_{ex}$**  tensión elástica de pandeo flexional respecto al eje fuerte, en MPa. (A-E.3.).
- $F_{ey}$**  tensión elástica de pandeo flexional respecto al eje débil, en MPa. (A-E.3.).
- $F_{ez}$**  tensión elástica de pandeo torsional, en MPa. (A-E.3.).
- $F_r$**  tensión residual de compresión en el ala (69 MPa para secciones laminadas; 114 MPa para secciones soldadas). (Tabla B.5.1).
- $F_{sy}$**  tensión para barras con alma de altura variable definida mediante la expresión A-F.3-6, en MPa. (A-F.3.4.).
- $F_u$**  tensión mínima de rotura a la tracción especificada para el tipo de acero que está siendo utilizado, en MPa. (B.10.).
- $F_w$**  resistencia nominal del material del electrodo, en MPa. (J.2.4.).
- $F_{wy}$**  tensión para barras con almas de altura variable definida por la expresión A-F.3-7, en MPa. (A-F.3.4.).
- $F_y$**  tensión de fluencia especificada para el acero que se está utilizando. El término "tensión de fluencia" se refiere en este Reglamento, al punto mínimo de fluencia (para aquellos aceros que presentan un punto de fluencia), o a la tensión de fluencia especificada (para aquellos aceros que no presentan un punto de fluencia), en MPa. (B.5.1.).
- $F_{yf}$**  tensión de fluencia especificada del acero del ala, en MPa. (Tabla B.5-1).

$F_{yst}$	tensión de fluencia especificada del acero de rigidizadores, en MPa. (A-G.4.).
$F_{yw}$	tensión de fluencia especificada del acero del alma, en MPa. (F.1.2.).
$G$	módulo de elasticidad transversal elástico del acero, en MPa. (A.3.5.). <b>(<math>G = 77200 \text{ MPa}</math>).</b>
$H$	peso y empuje lateral del suelo y del agua en el suelo. (A.4.1.).
$H$	fuerza horizontal, en kN. (C.1.4.).
$H$	constante de flexión. (E.3.).
$I$	momento de inercia, en $\text{cm}^4$ . (F.1.2.).
$I_1$	momento de inercia del cordón de una columna armada con respecto al eje paralelo al eje libre analizado, en $\text{cm}^4$ . (A-E.4.2.).
$I_d$	momento de inercia de la chapa de acero de cubierta apoyada en las barras secundarias, en $\text{cm}^4/\text{cm}$ . (K.2.).
$I_p$	momento de inercia de barras primarias, en $\text{cm}^4$ . (K.2.).
$I_p$	momento de inercia de una presilla en su plano, en $\text{cm}^4$ .(A-E.4.2.).
$I_s$	momento de inercia de barras secundarias, en $\text{cm}^4$ . (K.2.).
$I_{st}$	momento de inercia del rigidizador transversal, en $\text{cm}^4$ .(A-F.2.3.).
$I_x, I_y$	momentos de inercia de la sección respecto de los ejes principales, fuerte y débil respectivamente, en $\text{cm}^4$ . (A-E.3.).
$I_{yc}$	momento de inercia del ala comprimida con respecto al eje $y$ ; o si la flexión produce doble curvatura, momento de inercia del ala más pequeña con respecto al eje $y$ , en $\text{cm}^4$ . (A-F.1.).
$I_w$	momento de inercia de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de mayor momento de inercia, en $\text{cm}^4$ . (F.5.3.2.).
$I_z$	momento de inercia de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de menor momento de inercia, en $\text{cm}^4$ . (F.5.3.2.).
$J$	módulo de torsión para una sección, en $\text{cm}^4$ . (F.1.2.).
$L$	altura de piso o separación de paneles, en cm. (C.1.4.).
$L$	longitud de la unión en la dirección de la fuerza, en cm. (B.3.).
$L$	sobrecargas debidas a la ocupación y al uso (equipamiento). (A.4.1.).
$L$	longitud no arriostrada de una barra, en cm. (B.7.).

- $L$**  longitud del cordón de soldadura, en cm. (B.3.).
- $L$**  longitud de aplastamiento del apoyo, en cm. (J.8.).
- $L_b$**  longitud lateralmente no arriostrada; longitud entre puntos de arriostramiento contra el desplazamiento lateral del ala comprimida o entre puntos arriostrados contra la torsión de la sección transversal, en cm. (F.1.2.).
- $L_c$**  distancia libre en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente, o el borde del material, en cm. (J.3.10.).
- $L_p$**  longitud lateralmente no arriostrada, límite, para desarrollar la capacidad de plastificación total por flexión, para el caso de momento uniforme ( $C_b = 1$ ), en cm. (F.1.2.).
- $L_p$**  separación entre columnas en la dirección de la viga principal, en cm. (K.2.).
- $L_{pd}$**  longitud lateralmente no arriostrada límite para análisis global plástico, en cm. (F.1.2.).
- $L_q$**  máxima longitud no arriostrada para la carga axial requerida de la columna con  $k=1$ ; máxima distancia no arriostrada de una viga para desarrollar  $M_u$ , en cm. (C.3.3.), (C.3.4.).
- $L_r$**  longitud lateralmente no arriostrada, límite, para pandeo lateral torsional inelástico, en cm. (F.1.2.).
- $L_r$**  sobrecargas en las cubiertas y mantenimiento de las cubiertas. (A.4.1.).
- $L_s$**  separación entre columnas en la dirección perpendicular a la viga principal, en cm. (K.2.).
- $M_A$**  valor absoluto del momento flexor a un cuarto del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_B$**  valor absoluto del momento flexor al medio del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_C$**  valor absoluto del momento flexor a tres cuartos del segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_{cr}$**  momento de pandeo elástico, en kNm. (F.1.2.).
- $M_{lt}$**  resistencia requerida a flexión debida solamente al desplazamiento lateral del pórtico, en kNm. (C.1.4.).
- $M_{max}$**  valor absoluto del máximo momento flexor en el segmento de viga no arriostrado, en kNm. (F.1.2.).
- $M_n$**  resistencia nominal a flexión, en kNm. (F.1.1.).
- $M'_{nx}, M'_{ny}$**  resistencia nominal a flexión definida en las expresiones A-H.3-7 y A-H.3-8 para su utilización en las expresiones de interacción alternativas para flexión combinada con fuerza axial, en kNm. (A-H.3.).

- $M_{nt}$**  resistencia requerida a flexión en una barra suponiendo que no hay desplazamiento lateral del pórtico al cual pertenece, en kNm. (C.1.4.).
- $M_{ob}$**  momento elástico de pandeo lateral torsional para barras de ángulo simple, en kNm. (F.5.2.2.).
- $M_p$**  momento plástico de flexión, en kNm. (F.1.1.).
- $M'_p$**  momento definido en las expresiones A-H.3-5 y A-H.3-6, para ser utilizado en las expresiones alternativas de interacción para flexión combinada con fuerza axial, en kNm. (A-H.3.).
- $M_r$**  momento límite de pandeo igual a  $M_{cr}$ , cuando  $\lambda = \lambda_r$  y  $C_b = 1$ , en kNm. (F.1.2.).
- $M_s$**  momento de segundo orden en barras armadas axialmente comprimidas, resultante de la excentricidad inicial, en kNm. (A-E.4.2.1.).
- $M_u$**  resistencia requerida a flexión, en kNm. (C.1.4.).
- $M_{u1}$**  momento flexor requerido en un cordón de una barra armada del Grupo V generado por la deformación inicial, en kNm. (A-E.4.2.2.).
- $M_y$**  momento correspondiente a la llegada a fluencia de la fibra extrema para una distribución elástica de tensiones ( $= F_y S$  para secciones homogéneas), en kNm. (F.1.1.).
- $M_1$**  menor momento flexor en el extremo de la longitud no arriostrada de la viga o viga-columna, en kNm. (C.1.4.).
- $M_2$**  menor momento flexor en el extremo de la longitud no arriostrada de la viga o viga-columna, en kNm. (C.1.4.).
- $N$**  longitud de apoyo, en cm. (K.1.3.).
- $N$**  número de variaciones del rango de tensión en la vida útil de la estructura. (A-K.3.3.).
- $P_{br}$**  fuerza de corte requerida por piso o panel arriostrado, en kN. (C.3.).
- $P$**  paso de rosca, en cm/rosca. (A-K.3.4.).
- $P_{cm}$**  carga de Euler de una columna armada para la esbeltez modificada, en kN. (A-E.4.2.1.).
- $P_{e1}, P_{e2}$**  carga de pandeo elástico de Euler para barras de pórticos arriostrados y no arriostrados, respectivamente, en kN. (C.1.4.).
- $P_n$**  resistencia nominal a fuerza axial (compresión o tracción), en kN. (D.1.).
- $P_p$**  resistencia nominal al aplastamiento del hormigón, en kN. (J.9.).
- $P_u$**  resistencia axial requerida (compresión o tracción), en kN. (Tabla B.5.1).
- $P_{u1}$**  fuerza axial requerida en cada barra de una columna armada, en kN. (A-E.4.2.1.).

$P_y$	resistencia nominal de fluencia, en kN. (Tabla B.5.1).
$P\Delta$	efecto de segundo orden como consecuencia del desplazamiento lateral del pórtico (C.1.4.).
$P\delta$	efecto de segundo orden por efecto de cargas transversales entre los nudos. (C.1.4.).
$Q$	factor de reducción por pandeo local de elementos esbeltos comprimidos. (A-B.5.3.).
$Q_a$	factor de reducción por pandeo local para elementos esbeltos comprimidos rigidizados. (A-B.5.3.).
$Q_s$	factor de reducción por pandeo local para elementos esbeltos comprimidos no rigidizados. (A-B.5.3.).
$R$	acción debida a la lluvia inicial, o hielo, sin considerar los efectos de acumulación de agua. (A.4.1.).
$R_{PG}$	factor de reducción de la resistencia nominal a flexión de una viga armada. (A-G.2.).
$R_e$	factor de viga armada híbrida. (A-F.1.).
$R_n$	resistencia nominal, en kN. (A.5.3.).
$R_v$	resistencia nominal al corte del alma, en kN. (K.1.7.).
$S$	módulo resistente elástico de la sección, en $\text{cm}^3$ . (F.1.1.).
$S$	carga debida a la nieve o a las solicitaciones correspondientes. (A.4.1.).
$S$	separación de barras secundarias, en cm. (K.2.).
$S_c$	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta comprimida, en barras de ángulo simple, en $\text{cm}^3$ . (F.5.1.1.).
$S_t$	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la punta traccionada, en barras de ángulo simple, en $\text{cm}^3$ . (F.5.1.2.).
$S'_x$	módulo de sección elástico de la sección extrema de mayor altura de una barra de altura variable con respecto a su eje fuerte, en $\text{cm}^3$ . (A-F.3.4.).
$S_{eff}$	módulo resistente elástico de la sección efectiva con respecto al eje fuerte, en $\text{cm}^3$ . (A-F.1.).
$S_{xt}, S_{xc}$	módulo resistente elástico de la sección relativo al eje de flexión y correspondiente a la fibra extrema del ala traccionada o comprimida, respectivamente, en $\text{cm}^3$ . (A-F.1.).
$T$	acciones térmicas climáticas, acciones térmicas funcionales del tipo normativo, deformaciones impuestas por el proceso constructivo o fuerzas resultantes del proceso de soldado. (A.4.1.).
$T$	fuerza de tracción debida a cargas de servicio, en kN. (J.3.9.).

$T_b$	fuerza de pretensado mínima para bulones de alta resistencia totalmente traccionados, en kN.(J.3.9.).
$T_u$	resistencia a tracción requerida debida a acciones mayoradas, en kN. (A-J.3.9b.).
$U$	coeficiente de reducción, utilizado en el cálculo del área neta efectiva. (B.3.).
$U_p$	índice de tensión para la barra primaria. (A-K.2.).
$U_s$	índice de tensión para la barra secundaria. (A-K.2.).
$V_{eu}$	esfuerzo de corte requerido en columnas armadas axialmente comprimidas, generado por la deformación inicial, en kN. (A-E.4.2.1.).
$V_n$	resistencia nominal al corte, en kN. (F.2.2.).
$V_u$	resistencia requerida al corte, en kN. (A-G.4.).
$V_{u1}$	esfuerzo de corte requerido en un cordón de una columna armada del Grupo V generado por la deformación inicial, en kN. (A-E.4.2.2.).
$W$	carga debida al viento o a las solicitaciones correspondientes. (A.4.1.).
$X_1$	factor de pandeo de viga definido por la expresión F.1-8, en MPa. (F.1.2.).
$X_2$	factor de pandeo de viga definido por la expresión F.1-9, en MPa <sup>-2</sup> . (F.1.2.).
$Z$	módulo plástico de la sección, en cm <sup>3</sup> . (F.1.1.).
$a$	distancia entre rigidizadores transversales, en cm. (A-F.2.2.).
$a$	distancia entre conectores en una barra armada, en cm. (E.4.2.).
$a$	menor distancia entre el borde del agujero del pasador y el borde de la barra, medida en la dirección paralela a la fuerza, en cm. (D.3.).
$a_r$	relación entre el área de alma y el área de ala comprimida. (A-G.2.).
$a'$	longitud de soldadura, en cm. (B.10.).
$b$	ancho de un elemento comprimido, en cm. (B.5.1.).
$b_e$	ancho efectivo reducido para elementos esbeltos comprimidos, en cm. (A-B.5.3.).
$b_{eff}$	distancia efectiva a borde, en cm. (D.3.).
$b_f$	ancho del ala, en cm. (B.5.1.).
$b_p$	ancho de platabanda, en cm. (Figura B.10-1).
$b_s$	ancho del rigidizador para rigidizadores de un solo lado, en cm. (C.3.4.).

- d*** diámetro nominal de un bulón, en cm. (J.3.3.).
- d*** altura total de la sección de una barra, en cm. (B.5.1.).
- d*** diámetro de un pasador, en cm. (D.3.).
- d*** diámetro del rodillo, en cm. (J.8.2.).
- d<sub>L</sub>*** altura de la sección en el extremo de la longitud no arriostrada de una barra de altura variable, que tenga mayor altura, en cm. (A-F.3.1.).
- d<sub>b</sub>*** altura de la viga, en cm. (K.1.7.).
- d<sub>b</sub>*** diámetro nominal (diámetro del cuerpo o espiga), en cm. (A-K.3.3.).
- d<sub>c</sub>*** altura de la columna, en cm. (K.1.7.).
- d<sub>o</sub>*** altura de la sección en el extremo de la longitud no arriostrada de una barra de altura variable, que tenga menor altura, en cm. (A-F.3.1.).
- e*** base del logaritmo natural.
- e<sub>o</sub>*** mínima deformación inicial para columna armada, en cm. (A-E.4.2.).
- f*** tensión de compresión elástica calculada en el elemento rigidizado, en MPa. (A-B.5.3.).
- f<sub>b1</sub>*** tensión normal de flexión calculada en el extremo de un segmento no arriostrado, de una viga con alma de altura variable, opuesto a aquél donde se produce la mayor tensión normal por flexión, en MPa. (A-F.3.4.).
- f<sub>b2</sub>*** mayor tensión normal de flexión calculada en un extremo de un segmento no arriostrado de una viga con alma de altura variable, en MPa. (A-F.3.4.).
- f'<sub>c</sub>*** resistencia especificada a compresión del hormigón, en MPa. (J.9.).
- f<sub>o</sub>*** tensión debida a la combinación de acciones 1,2 D + 1,2 R, en MPa. (A-K.2.).
- f<sub>un</sub>*** tensión normal requerida, en MPa. (H.2.).
- f<sub>uv</sub>*** tensión de corte requerida, en MPa. (H.2.).
- f<sub>v</sub>*** tensión de corte requerida en bulones y remaches debida a acciones mayoradas, en MPa. (J.3.7.).
- g*** distancia en dirección perpendicular a la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, en cm. (B.2.).
- h*** distancia libre entre alas, menos los radios de acuerdo entre el alma y las alas en secciones laminadas. Para secciones armadas, la distancia entre líneas adyacentes de pasadores o la distancia libre entre las caras internas de las alas cuando se utilice soldadura, en cm. (B.5.1.).

- $h$**  distancia entre centros de gravedad de las barras componentes de una barra armada medida perpendicularmente al eje de pandeo de la barra, en cm. (E.4.2.).
- $h_c$**  el doble de la distancia entre el baricentro de la sección y a) la cara interna del ala comprimida menos el radio de acuerdo entre alma y ala, para secciones laminadas ó b) la línea de pasadores más próxima al ala comprimida ó la cara interna del ala comprimida cuando se utilice soldadura, para secciones armadas, en cm. (B.5.1.).
- $h_i$**  distancia del baricentro de una sección hasta a) la línea inferior de pasadores entre alma y ala, en secciones laminadas ó b) la cara superior del ala inferior, en secciones soldadas, en cm (ver la Figura B.5.1).
- $h_o$**  distancia entre centros de gravedad de las alas, en cm. (C.3.4.).
- $h_s$**  distancia del baricentro de una sección hasta a) la línea superior de pasadores entre alma y ala, en secciones laminadas; o b) la cara inferior del ala superior, en secciones soldadas, en cm (ver la Figura B.5.1).
- $h_s$**  factor utilizado en la expresión A-F.3-6 para barras con alma de altura variable, en cm. (A-F.3.4.).
- $h_w$**  factor utilizado en la expresión A-F.3-7 para barras con almas de altura variable, en cm. (A-F.3.4.).
- $j$**  factor definido mediante la expresión A-F.2-4 para el momento de inercia mínimo de un rigidizador transversal. (A-F.2.3.).
- $k$**  factor de longitud efectiva de barras para pandeo flexional. (B.7.).
- $k$**  distancia desde la cara externa del ala al inicio del alma, en cm. (K.1.3.).
- $k_c$**  coeficiente que mide la interacción ala-alma para pandeo local. (Tabla B.5.1).
- $k_v$**  coeficiente de abolladura de la placa del alma. (A-F.2.2.).
- $k_z$**  factor de longitud efectiva para pandeo torsional. (A-E.3.).
- $k_y$**  factor de longitud efectiva para barras con almas de altura variable. (A-F.3.3.).
- $m$**  relación entre la tensión de fluencia del alma y la tensión de fluencia o tensión crítica del ala, para vigas híbridas. (A-G.2.).
- $n$**  número de barras de la columna armada. (A-E.4.2.).
- $n$**  número de puntos arriostrados nodalmente dentro de la longitud de la viga. (C.3.4.).
- $n_1$**  número de barras del cordón de una columna armada. (A-E.4.2.).
- $n_p$**  número de planos de presillas. (A-E.4.2.).
- $r$**  radio de giro gobernante, en cm. (B.7.).

$r_{T_o}$	en barras con almas de altura variable, radio de giro con respecto a un eje ubicado en el plano del alma, de una sección ubicada en el extremo de la barra con menor altura, que incluya el ala comprimida más 1/3 de la altura comprimida del alma, en cm. (A-F.3.4.).
$r_i$	radio de giro mínimo de una barra componente en una barra armada, en cm. (E.4.2.).
$r_{ib}$	radio de giro de una barra componente relativo a su eje baricéntrico, paralelo al eje de pandeo de la barra armada, en cm. (E.4.2.).
$\bar{r}_o$	radio de giro polar con respecto al centro de corte, en cm. (E.3.).
$r_{ox}, r_{oy}$	radio de giro con respecto a los ejes $x$ e $y$ respectivamente, de la sección ubicada en el extremo de la barra que tenga la menor altura, en barras de altura variable, en cm. (A-F.3.3.).
$r_x, r_y$	radio de giro con respecto a los ejes $x$ e $y$ respectivamente, en cm. (E.3.).
$r_{yc}$	radio de giro del ala comprimida con respecto al eje $y$ , o si la flexión produce doble curvatura, radio de giro del ala más pequeña con respecto al eje $y$ , en cm. (A-F.1.).
$r_z$	radio de giro de la sección de una barra de ángulo simple con respecto al eje principal de menor inercia, en cm. (F.5.3.2.).
$s$	distancia en la dirección de la fuerza entre centros de agujeros consecutivos, en cm. (B.2.).
$t$	espesor del elemento o de la chapa, en cm. (Tabla B.5.1).
$t_f$	espesor de ala, en cm. (B.5.1.).
$t_p$	ancho de platabanda, en cm. (ver la Figura B.10.1).
$t_s$	espesor del rigidizador del alma, en cm. (C.3.4.).
$t_w$	espesor de alma, en cm. (B.5.1.).
$w$	lado del filete de soldadura, en cm. (J.2.2.).
$w$	subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de mayor inercia en barras de ángulo simple. (F.5.3.).
$w$	ancho de la chapa; distancia entre soldaduras, en cm. (B.3.).
$x$	subíndice relativo al eje fuerte de flexión.
$x_o, y_o$	coordenadas del centro de corte con respecto del centro de gravedad, en cm. (E.3.).
$\bar{x}$	excentricidad de la unión, en cm. (B.3.).
$y$	subíndice relativo al eje débil de flexión.

- z** subíndice relativo al eje longitudinal de la barra.
- z** subíndice relativo al eje de flexión correspondiente al eje principal de menor inercia en barras de ángulo simple. (F.5.3.).
- z** distancia desde el extremo con menor altura de la sección en una barra con alma de altura variable, que es utilizada en la expresión A-F.3-1. para determinar la altura en una sección, en cm. (A-F.3.1.).
- z<sub>o</sub>** coordenada en la dirección del eje **z** del centro de corte con respecto al centro de gravedad de la sección en una barra de ángulo simple, en cm. (F.5.3.2.).
- α** relación de separación para barras armadas comprimidas e igual a  $h/2 r_{ib}$ . (E.4.2.).
- β** factor de reducción dado por la expresión J.2-1. (J.2.).
- β<sub>T</sub>** rigidez requerida del arriostramiento excluida la distorsión del alma, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β<sub>Tb</sub>** rigidez requerida del pórtico transversal o diafragma de arriostramiento, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β<sub>br</sub>** rigidez lateral requerida por piso o panel, en kN/cm. (C.3.).
- β<sub>sec</sub>** rigidez distorsional del alma incluido el efecto de rigidizadores transversales del alma, cualquiera sean ellos, en kNm/radián. (C.3.4.).
- β, β<sub>1</sub>, β<sub>2</sub>** factores para obtener el corte por pandeo en columnas armadas. (A-E.4.2.).
- β<sub>w</sub>** propiedad especial de la sección para perfiles ángulo de alas desiguales, en cm. (F.5.3.2.).
- Δ<sub>oh</sub>** desplazamiento lateral relativo del piso considerado, en cm. (C.1.4.).
- γ** relación de variación de altura. (A-F.3.1.). Subíndice para tensiones en barras de altura variable. (A-F.3.4.).
- ζ** exponente para la expresión de interacción alternativa viga-columna (A-H.3.).
- η** exponente para la expresión de interacción alternativa viga-columna (A-H.3.).
- λ<sub>1</sub>** valor auxiliar relacionado con la rigidez a corte de la celosía o el sistema de presillas en barras armadas de los Grupos IV y V. (A-E.4.2.1.).
- λ<sub>c</sub>** factor de esbeltez adimensional de barras comprimidas. (A-B.5.3.).
- λ<sub>e</sub>** factor de esbeltez equivalente. (A-E.2.).
- λ<sub>eff</sub>** factor de esbeltez efectiva definida por la expresión A-F.3-2. (A-F.3.3.).
- λ<sub>m</sub>** esbeltez modificada de la columna armada. (A-E.4.2.).

$\lambda_o$	esbeltez de la columna armada actuando como una unidad. (A-E.4.2.).
$\lambda_p$	relación ancho-espesor límite para elemento compacto. (B.5.1.).
$\lambda_{pp}$	relación ancho-espesor límite para elementos comprimidos de secciones de barras de estructuras de edificios que sean rótulas plásticas para un análisis global plástico. (Tabla B.5.1.).
$\lambda_r$	relación ancho-espesor límite para elemento no compacto. (B.5.1.).
$\varepsilon_u$	deformación específica correspondiente a $F_u$ . (C.1.3.).
$\varepsilon_y$	deformación específica correspondiente a $F_y$ . (C.1.3.).
$\phi$	factor de resistencia. (A.5.3.).
$\phi_b$	factor de resistencia para flexión. (Tabla B.5.1.).
$\phi_c$	factor de resistencia para compresión. (C.2.1.).
$\phi_{sf}$	factor de resistencia para corte en la línea de falla. (D.3.).
$\phi_t$	factor de resistencia para tracción. (D.1.).
$\phi_v$	factor de resistencia para corte. (F.2.2.).
$\theta$	factor que considera la influencia de la rigidez de las presillas en la rigidez de una columna armada. (A-E.4.2.).

# **COMENTARIOS AL CAPÍTULO 1.**

## **ESPECIFICACIONES GENERALES**

### **C 1.1. INTRODUCCIÓN**

Este Reglamento establece especificaciones para el Proyecto, Ejecución y Protección de las Estructuras para Edificios constituidos por elementos estructurales formados por barras armadas con cordones y celosías de barras de acero de sección circular maciza y barras armadas con cordones de perfiles laminados en caliente, de sección ángulo de alas iguales o Te, y celosías de barras de acero de sección circular maciza.

Este Reglamento es complementario del Reglamento CIRSOC 301-2005, por lo que en general serán de aplicación todas las especificaciones de dicho Reglamento, excepto en aquellos casos donde se incluyen las especificaciones particulares para las estructuras citadas que, o difieren de las especificaciones generales del Reglamento CIRSOC 301-2005, o bien las complementan.

Como base se han adoptado las especificaciones de la Recomendación CIRSOC 303 - Estructuras Livianas de Acero (edición Agosto 1991), en especial las contenidas en sus Capítulos 5 y 6, adaptándolas al método del Proyecto por Estados Límites e incorporando especificaciones para algunos aspectos no suficientemente contemplados o desarrollados en dicho Reglamento.

Las especificaciones se han desarrollado y ordenado con el fin de obtener no sólo un formato similar sino procedimientos similares a los del Reglamento CIRSOC 301-2005, con el propósito de facilitar su utilización por parte de los profesionales.

Este Reglamento consta de Capítulos y Comentarios a los Capítulos. Los Capítulos son prescriptivos. Los Comentarios ayudan a la comprensión de las prescripciones, presentando los antecedentes y los fundamentos de las mismas.

### **C 1.2. CAMPO DE VALIDEZ**

Para mayor claridad en la aplicación del Reglamento también se indican en esta Sección aquellos casos y elementos estructurales donde no son de aplicación sus especificaciones, citando asimismo en algunos casos los respectivos Reglamentos CIRSOC aplicables.

### **C 1.3. MATERIALES - NORMAS IRAM E IRAM - IAS DE APLICACIÓN**

Como regla general, los materiales a utilizar deberán cumplir las normas IRAM e IRAM-IAS vigentes a la fecha de ejecución de los proyectos.

Para el Proyecto Estructural son necesarias algunas características mecánicas de los materiales que se indican en cada caso en este Reglamento.

### C 1.3.1. Acero estructural

Para los elementos estructurales realizados con barras de acero de sección circular maciza es fundamental la soldabilidad del acero. Las uniones entre barras son soldadas y constituyen uno de los puntos críticos para estas estructuras.

Las barras **lisas** de sección circular maciza deben responder a la norma IRAM-IAS U500-502 (aceros lisos para estructuras de Hormigón) o a la norma IRAM-IAS U500-503 (aceros de uso estructural). Los aceros de los **perfiles laminados** de sección ele o Te deben responder a la norma IRAM-IAS U500-503.

En ambos casos las normas IRAM-IAS establecen requisitos de soldabilidad para poder soldar las barras por **métodos normales** de fusión sin adoptar precauciones especiales. Cuando estos requisitos no se cumplan, se establece que los aceros podrán ser soldados por métodos de soldadura con precauciones especiales para obtener uniones soldadas confiables sin alterar la resistencia de las barras unidas.

Las barras **conformadas de dureza natural** de sección circular maciza utilizadas para estructuras de hormigón deben cumplir las especificaciones de la norma **IRAM-IAS U500-207 para ser soldables por métodos comunes** y se identifican como barras de acero **ADN 420 S**.

Las barras conformadas de dureza natural identificadas como **ADN 420** responden a la norma IRAM-IAS U500-528 y **sólo podrán ser soldadas por métodos especiales**.

En el Reglamento CIRSOC 304-2007 - Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero, Anexo B, se establecen las exigencias especiales de electrodos y procedimientos de soldado para poder utilizar, en las estructuras incluidas en este Reglamento, los aceros no soldables por métodos comunes.

**Esas exigencias son fundamentales para garantizar la confiabilidad de las uniones soldadas.**

### C 1.3.5. Tensión de fluencia especificada máxima en aceros conformados de dureza natural

Con el fin de garantizar una redistribución de tensiones en los nudos, cuando se utilicen barras de acero conformadas de dureza natural, según norma IRAM-IAS U500-207 (Barras de acero conformadas de dureza natural, soldables, para armadura en estructuras de hormigón) y norma IRAM-IAS U500-528 (Barras de acero conformadas de dureza natural para armadura en estructuras de hormigón), **no se permite para el dimensionado adoptar una tensión de fluencia especificada que sea mayor a  $F_y = 400$  MPa.**

## C 1.4. ACCIONES Y COMBINACIÓN DE ACCIONES

Rige lo especificado en la Sección **A.4.** de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301-2005.

Se incorporan especificaciones especiales para la consideración en el Proyecto Estructural de las posibles acciones que se pueden originar en el armado y montaje de las estructuras

incluidas en los alcances de este Reglamento, adoptadas de la Recomendación CIRSOC 303 - Estructuras Livianas de Acero (edición Agosto 1991).

Esto es porque estas estructuras livianas son muy sensibles a esfuerzos torsores o cargas concentradas que pueden aparecer en el transporte y montaje y que no se presentan en condiciones de servicio.

Es importante asimismo garantizar en el montaje la estabilidad lateral de elementos planos no arriostrados transversalmente para evitar la deformación o falla de los mismos.

### **C 1.5. BASES DE PROYECTO**

Rige lo especificado en la Sección **A.5.** de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301-2005.



## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 2.

### REQUERIMIENTOS DE PROYECTO

#### C 2.1. FORMAS SECCIONALES Y SOLICITACIONES DE SECCIÓN

En este artículo se definen las formas seccionales comprendidas en los alcances de este Reglamento y para cada una de ellas el tipo de solicitación de sección a que puede estar sometida.

Las especificaciones de este Reglamento son válidas solamente para las situaciones definidas en él .

Es importante destacar la limitación establecida para las Secciones **Te** y **Plana** de flexión simple alrededor del eje normal a la celosía. Estas formas seccionales **no son aptas** para flexiones en otra dirección que la indicada ni para solicitaciones de flexo-compresión o torsión por lo que **no se permite su utilización cuando se puedan presentar ese tipo de esfuerzos.**

#### C 2.2. PARÁMETROS SECCIONALES

Los **momentos de inercia** y **radios de giro** indicados en esta Sección (excepto para la sección **Te**) son los que corresponden a la barra armada considerada rígida y no incluyen la influencia de la rigidez a corte de las celosías que disminuye los momentos de inercia por la deformación de las barras del alma. La **rigidez real de la viga de alma abierta** debe ser considerada para la determinación de esbelteces y deformaciones de la barra armada.

La influencia de la rigidez a corte de las celosías se puede considerar a partir de la esbeltez modificada de la barra armada definida en el Capítulo 5. El aumento de esbeltez a partir de la disminución del momento de inercia por la deformación de las barras del alma depende del dibujo de las celosías y del área de las barras que la formen, lo que queda reflejado por el valor auxiliar  $\lambda_1$  dado en la Figura 5.4.2.

Tal como se indica en el Capítulo 3 se pueden obtener el **momento de inercia real**  $I_m$  y el **radio de giro real**  $r_m$ , a partir de la esbeltez modificada  $\lambda_m$  y determinar de esa manera la rigidez real de la barra armada considerando la influencia de la deformación por corte de la celosía.

#### C 2.3. RELACIONES GEOMÉTRICAS Y ESBELTECES LÍMITES

Las limitaciones establecidas han sido adoptadas de la Recomendación CIRSOC 303 - Estructuras Livianas de Acero (edición Agosto 1991).

La **relación luz/altura en los elementos rectos flexados** busca establecer un límite para las deformaciones mas allá de las deformaciones máximas especificadas en el Capítulo L y en el Apéndice L del Reglamento CIRSOC 301-2005.

El **límite de esbeltez** para elementos rectos principales comprimidos o flexocomprimidos es más restrictivo que el general establecido en el Reglamento CIRSOC 301-2005 en razón de una mayor incertidumbre en la rectitud obtenida en este tipo de piezas armadas cuando las mismas tienen cierta longitud.

Para **elementos curvos de pequeña curvatura** la limitación de la **relación flecha/luz** responde al hecho de que los tramos entre nudos de la celosía se puedan considerar como barras rectas axialmente comprimidas pues la excentricidad resultante de la curvatura queda dentro de los límites de deformación inicial supuesta para la obtención de la curva de pandeo.

La limitación en la relación ancho/altura en elementos flexados, comprimidos, flexocomprimidos o sujetos a torsión se ha incluido como **recomendada pero no obligatoria**, ya que realizando las verificaciones establecidas en este Reglamento para los estados límites de pandeo flexional, pandeo lateral y torsión se pueden diseñar secciones con anchos menores que la mitad de la altura. Las secciones usuales que cumplen con la limitación del ancho no presentan problemas frente al pandeo lateral.

## C 2.4. RIGIDIZACIÓN Y TRAVESAÑO EN SECCIONES Te

Las **secciones Te solo son aptas para flexiones alrededor del eje x-x** (Ver la Figura 2.4.1) y en general cuando resulten comprimidos los cordones superiores. Para eventuales compresiones en el cordón inferior será necesario rigidizarlas con rigidizadores en V. La longitud de pandeo del cordón inferior fuera del plano se puede adoptar entonces como la distancia entre rigidizadores.

Para lograr el **equilibrio de nudo** entre las fuerzas del plano de la celosía y las de los cordones, ellas se deben transferir a través del travesaño el que también debe transferir las fuerzas aplicadas en los cordones al plano de la celosía. El travesaño queda así sujeto a una flexión disimétrica siendo de mayor intensidad la generada por la fuerza en dirección del eje de la barra (diferencia de fuerza axial entre los cordones) que está en función del esfuerzo de corte requerido y del ángulo entre diagonales y cordón.

Para travesaños de sección circular maciza a partir de su resistencia de diseño a flexión se deduce el diámetro mínimo de los mismos.

Los travesaños de planchuela presentan la mayor resistencia en dirección de la flexión más intensa. La expresión de interacción **(2.4-4)** es deducida considerando la flexión disimétrica con una hipótesis conservadora de relación entre las flexiones en ambas direcciones.

## C 2.5. RESTRICCIONES AL GIRO EN APOYOS

La falta de restricción al giro en los apoyos de barras flexadas o flexocomprimidas no permite desarrollar la resistencia a pandeo lateral.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 3.

### ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ESTABILIDAD

#### C 3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

##### C 3.1.1. Métodos de Análisis

En estructuras hiperestáticas con elementos estructurales reticulados de barras de sección circular maciza sólo se puede realizar un **análisis estructural elástico**, pues no se pueden formar **rótulas plásticas**.

En la casi totalidad de los casos, los estados límites críticos para la flexión serán el pandeo local de las barras comprimidas o el pandeo lateral, por lo que las secciones no se pueden deformar en período plástico y no es posible ninguna redistribución de los momentos flexores determinados por análisis elástico. Por ello **no es aplicable en las vigas** lo especificado en la Sección **C.1.2.(3)** del Reglamento CIRSOC 301-2005.

En la deformación de barras reticuladas adquiere importancia la deformación producida por el esfuerzo de corte, que puede ser despreciada en los elementos de alma llena. Para tener en cuenta dicha deformación por corte se puede considerar para el análisis estructural un **momento de inercia modificado**  $I_m$ , obtenido a partir de la esbeltez modificada de la barra armada  $\lambda_m$ . Ella se obtiene considerando la rigidez a corte de la celosía del alma en la rigidez a flexión de la barra. Las expresiones para determinar la esbeltez modificada se establecen en el Capítulo 5 y están en función del dibujo del reticulado, de los ángulos entre los cordones y las barras de la celosía y de sus áreas.

##### C 3.1.2. Efecto de las deformaciones (Efectos de Segundo Orden)

En el análisis estructural, no es necesario considerar los efectos de las deformaciones (efectos de segundo orden) en el incremento de momentos flexores de las barras comprimidas pues los mismos están incluidos en forma aproximada en la determinación del **momento de diseño** de las mismas. (Ver el Capítulo 7, artículo 7.2., expresiones (7.2-1) y (7.2-2)).

El efecto de segundo orden debido a la deformación del eje de la barra (efecto  $P \delta$ ) es considerado por la amplificación del momento debido a la excentricidad inicial  $e_o$ .

El efecto de segundo orden debido al desplazamiento lateral de los nudos de pórticos no arriostrados (efecto  $P\Delta$ ) está considerado en la amplificación del momento requerido de primer orden  $M_u$ , en la expresión (7.2-2).

### C 3.1.3. Barras de eje curvo de pequeña curvatura (arcos)

Los **arcos** están sometidos a compresión generalmente combinada con flexión. Por ello las únicas formas seccionales a utilizar son aquellas aptas para esas solicitaciones (rectangular y triangular).

Los **arcos** son muy sensibles a los **estados de carga asimétricos** en los cuales la carga es distinta a cada lado de la clave (acción de viento), o solo afecta a medio arco (sobrecarga útil de cubierta o de montaje o mantenimiento). Por ello, este Reglamento pone énfasis en la consideración de dichos estados en el análisis estructural.

En los esquemas con **tensor**, éste sólo trabaja para cargas verticales gravitatorias.

Para un **arco triarticulado** cargado con una carga uniformemente distribuida en proyección horizontal, la fuerza requerida en el tensor se puede determinar mediante la siguiente expresión:

$$H = \frac{q_u L^2}{8 f} 10^{-2} \quad (\text{C-3.1-1})$$

siendo:

$q_u$  la carga mayorada repartida por unidad de longitud horizontal, en kN/m.

$L$  la luz del arco, en cm.

$f$  la flecha del arco, en cm.

Las relaciones geométricas del arco de circunferencia son las siguientes: (ver la Figura C-3.1.1).

$$R = \frac{f^2 + (L^2 / 4)}{2 f} \quad y_x = f - R + \sqrt{R^2 - \left(\frac{L}{2} - x\right)^2}$$

$$\cos \phi_0 = 1 - \frac{2 \cdot f^2}{f^2 + (L^2 / 4)} = 1 - \frac{f}{R} \quad \text{sen} \phi_0 = \frac{L f}{f^2 + (L^2 / 4)} = \frac{L}{2 R}$$

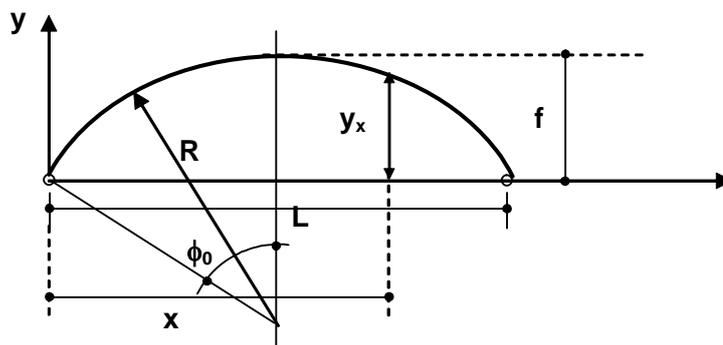
siendo:

$L$  la luz del arco, en cm.

$f$  la flecha del arco, en cm.

$\phi_0$  el semiángulo central, en grados sexagesimales.

$R$  el radio de la circunferencia, en cm.



**Figura C-3.1.1. Arco de directriz circular.**

### 3.1.4. Esfuerzos secundarios

Los momentos flexores secundarios originados por la hiperestaticidad interior del reticulado y la curvatura de plegado de diagonales y montantes están expresados en función de las deformaciones de las barras y de la relación de momentos de inercia de cordones y barras de la celosía. En las estructuras incluidas en el campo de validez de este Reglamento, con las relaciones usuales entre momentos de inercia de cordones y barras de la celosía, y para el rango de deformaciones admisibles en servicio, esos momentos secundarios pueden ser despreciados para el dimensionado de cordones y barras de la celosía.

En los Anexos al Capítulo 5 de la Recomendación CIRSOC 303 - Estructuras Livianas de Acero, (edición Agosto 1991) se pueden encontrar expresiones aproximadas para determinar los momentos secundarios en cordones y diagonales debidos a la hiperestaticidad interior del reticulado y a la curvatura de plegado.

Los **momentos flexores secundarios**, originados cuando los ejes de las barras no se cortan en un punto pueden ser de mayor importancia en algunos casos, sobre todo para los cordones. Por ello se desarrollan en este Reglamento, para los distintos tipos de cordones y de dibujos de las celosías, expresiones que permiten determinar los momentos flexores secundarios en cordones, diagonales y montantes para la situación antedicha. Se dan asimismo expresiones para calcular el diámetro interior de doblado de las barras de la celosía a fin de lograr que sus ejes se corten en un punto con el eje del cordón.

En el **caso de cordones de sección ángulo o Te** se adoptó para la deducción de las expresiones, una distancia del eje de gravedad al borde interno de **0,7 b**, correspondiente a los perfiles habitualmente utilizados en el medio.

## C 3.2. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

### C 3.2.1. Estabilidad de la estructura en su conjunto

Rige lo expresado en el primer párrafo de la Sección **C.2.** de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301-2005.

En las estructuras comprendidas en los alcances de este Reglamento CIRSOC 308-2007, se utilizan generalmente elementos reticulados con diagonalización doble (Cruces de San Andrés) para lograr su estabilidad espacial. Estos elementos se deben diseñar, además, no sólo con la resistencia requerida, sino con la suficiente rigidez para evitar deformaciones inaceptables y para que efectivamente produzcan la estabilización de la estructura. Los elementos traccionados de sección circular maciza deben tener sistemas que permitan ponerlos en tensión a fin de garantizar su trabajo inmediato cuando sean solicitados.

### **C 3.2.2. Estabilidad global de las barras armadas comprimidas**

Rige todo lo especificado en la Sección **C.2.** de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301-2005.

Para determinar el **factor de longitud efectiva** de las barras armadas que formen parte de pórticos arriostrados (no desplazables) y no arriostrados (desplazables), pueden ser utilizados los procedimientos generales indicados en dicha Sección, pero considerando para las barras armadas el **momento de inercia modificada  $I_m$** .

Las **barras de sección transversal plana** son elementos reticulados por lo que, para el pandeo fuera del plano, es de aplicación la Sección correspondiente del Reglamento CIRSOC 301-2005

Los valores de  **$k$**  para el pandeo en el plano del arco se han adoptado del Reglamento CIRSOC 302 - Fundamentos de Cálculo para los Problemas de Estabilidad del Equilibrio en las Estructuras de Acero, (edición Julio 1982). Para el pandeo fuera del plano del arco se deberá considerar la distancia entre puntos efectivamente unidos a un sistema de arriostramiento que lleve a la fundación las fuerzas resultantes de la estabilización. El arriostramiento deberá ser diseñado para evitar eventuales **torsiones del arco**.

### **C 3.2.3. Estabilidad local de las barras del reticulado**

Para los **cordones de barras armadas** se ha adoptado  **$k = 1$**  considerando que no hay ninguna restricción al giro en el nudo en razón de la posibilidad de pandeo en sentidos opuestos de los tramos adyacentes y de la forma constructiva del nudo.

Para las diagonales y montantes se ha adoptado  **$k = 0,85$**  aumentando el adoptado en la Recomendación CIRSOC 303 (edición Agosto 1991) que era  $k = 0,75$ . Si bien el nudo soldado produce una importante restricción al giro que justifica un factor de longitud efectiva más reducido, las diagonales y montantes presentan en la práctica una mayor falta de rectitud que los cordones, equivalente a una mayor deformación inicial. A fin de considerar una misma curva de pandeo para cordones, diagonales y montantes se considera la mayor falta de rectitud aumentando el factor de longitud efectiva.

## **C 3.3. SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO**

Rige todo lo dicho en la Sección **C.3.** de los Comentarios al Reglamento CIRSOC 301-2005 y en el artículo **3.2.1.** de estos Comentarios.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 4.

### BARRAS TRACCIONADAS

#### C 4.1. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA

La **resistencia de diseño a tracción de barras rectas de sección circular maciza** corresponde al estado límite de fluencia de la sección bruta.

Los sistemas de regulación para poner en tensión a las barras traccionadas son generalmente manguitos roscados, torniquetes o tuercas que actúan sobre barras roscadas soldadas a la barra.

La **resistencia de diseño a tracción de las barras roscadas** de acuerdo con la Tabla **J.3-2** del Reglamento CIRSOC 301-2005 es  $R_d = 0,75 F_u$  y  $F_u = 0,56 F_y$ .

La relación  $F_u / F_y$  no supera **1,60** en los aceros utilizados en nuestro medio. Con dicha relación se obtendría  $R_d = 0,56 F_y = 0,9 F_y$  con lo que resultaría aproximadamente la misma resistencia de diseño para la barra roscada que para la barra traccionada si ambas tuvieran igual diámetro.

Para garantizar que no sea la barra roscada la que determine la falla del elemento traccionado se exige que el **diámetro de la barra roscada sea un 20% mayor** que el de la barra a la que se une.

Se exige también la verificación de la barra roscada y de la unión soldada con las especificaciones del Capítulo J del Reglamento CIRSOC 301-2005.

Para ejecutar la unión soldada sin inconvenientes que pudieran derivar en la existencia de un punto crítico para la resistencia de la barra, se exige que los aceros de la barra y de la barra roscada tengan similares características.

#### C 4.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A TRACCIÓN DE BARRAS ARMADAS

Las barras traccionadas se ejecutan armadas con el fin de aumentar su rigidez y para mantenerse dentro de las esbelteces límites.

Las celosías en las barras armadas traccionadas tienen por función mantener la rigidez del conjunto. La fuerza requerida de corte,  $V_u$ , especificada para su diseño, surge de la hipótesis de una **deformación inicial de  $L/400$  y deformada parabólica**.

La fuerza requerida de compresión en las diagonales,  $D_u$ , y montantes,  $M_u$ , será:

$$D_u = V_u / n^o \text{ sen } \alpha \qquad M_u = V_u / n^o \qquad \text{(C-4.2-1)}$$

siendo:

**$n^{\circ}$**  el número de planos de celosía en la dirección considerada.

Además y con el objeto de que la barra funcione como un conjunto se deben rigidizar los extremos de la misma para impedir el desplazamiento relativo de los cordones. La condición de rigidez impuesta a la presilla es algo menos exigente que para barras comprimidas pero garantiza asimismo el impedimento de giro relativo en los nudos extremos.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 5.

### BARRAS COMPRIMIDAS

#### C 5.1. FACTOR DE LONGITUD EFECTIVA Y LIMITACIÓN DE ESBELTECES

Para las barras que forman la barra armada (cordones, montantes y diagonales) se adopta como límite de esbeltez el especificado por el **Reglamento CIRSOC 301-2005**.

#### C 5.2. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN DE BARRAS RECTAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA

Para las barras de sección circular se debe considerar una mayor deformación inicial que para las restantes formas seccionales. La curva de pandeo adoptada por el **Reglamento CIRSOC 301-2005** supone una **deformación inicial característica de  $L/1000$**  para ambas direcciones y una distribución de tensiones residuales estadística. Además se realizó un ajuste experimental y práctico a fin de cubrir la respuesta de distintas formas seccionales para ambas direcciones de pandeo flexional en correspondencia con el factor de resistencia adoptado ( $\phi = 0,85$ ).

Si en forma simplificada se considera que la carga crítica es la que produce la plastificación por flexocompresión con el momento de segundo orden resultante de una excentricidad inicial efectiva, ésta se ubica en el orden de  $L/400$  para el rango de esbelteces reducidas  $\lambda_c$  mayores que  $0,8$ . Ese es el rango en que se encuentran las barras de sección circular maciza en los elementos estructurales comunes en nuestro medio. Por lo dicho se debe considerar para las barras de sección circular maciza una curva que se corresponda con una deformación inicial efectiva mayor que para las barras con otras formas seccionales.

El EUROCODE 3 incluye las secciones circulares macizas en la curva **c** que tiene una deformación inicial efectiva de  $L/270$  y con un factor de resistencia  $\phi = 0,9$ .

En base a lo anterior y considerando las técnicas constructivas de nuestro medio parece razonable adoptar como curva de pandeo para las secciones circulares macizas la curva **c** del EUROCODE 3 pero con un factor de resistencia menor.

De los dos tipos de acero utilizables en los elementos comprendidos en el campo de validez de este Reglamento (lisos y conformados soldables), los lisos, por su mayor ductilidad, presentan una mayor confiabilidad para obtener barras efectivamente rectas, sobre todo en la ejecución de las celosías. Para considerar esta circunstancia constructiva y tener una curva única de pandeo se han adoptado factores de resistencia distintos para cada tipo de acero.

En base a una calibración realizada con las tensiones admisibles dadas en la Recomendación CIRSOC 303 - Estructuras Livianas de Acero, (edición Agosto 1991) para una relación  $L/D = 1$  se adoptaron los siguientes factores de resistencia:

$\phi = 0,85$  para los aceros lisos ( $F_y \leq 250 \text{ MPa}$ ) y  
 $\phi = 0,80$  para los conformados ( $250 \text{ MPa} < F_y \leq 400 \text{ MPa}$ ).

Para facilitar la utilización de la curva se incorpora una Tabla con los valores de  $\chi$ .

### **C 5.3. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN PARA PANDEO FLEXIONAL Y PANDEO FLEXOTORSIONAL DE PERFILES ÁNGULO Y TE LAMINADOS**

Para los perfiles ángulo y Te laminados utilizados como cordones de barras armadas es de aplicación lo especificado en el Reglamento CIRSOC 301-2005, tanto en el Capítulo E como en el Apéndice E.

### **C 5.4. RESISTENCIA DE DISEÑO A LA COMPRESIÓN AXIL DE BARRAS ARMADAS**

Las barras armadas sometidas a compresión axil, comprendidas en el campo de validez de este Reglamento son barras armadas del Grupo IV según se las define en la Sección **E.4.1.** del Reglamento CIRSOC 301-2005. Para tener libertad de diseño en las celosías se especifica para la determinación de su Resistencia de diseño a compresión axil el procedimiento dado en la Sección **A-E.4.** del Apéndice **E** del Reglamento CIRSOC 301-2005. Rige por ello todo lo dicho en la respectiva Sección de los Comentarios a ese Reglamento.

Las formas seccionales aptas para compresión axil son la **rectangular** y la **triangular**.

Para la validez del procedimiento especificado para determinar  $P_d$ , las barras deben ser de sección transversal uniforme y los cordones deben tener igual sección bruta. El valor auxiliar  $\lambda_1$ , que considera la influencia de la rigidez a corte de la celosía, se ha especificado sólo para aquellas celosías utilizadas en los elementos comprendidos en los alcances de este Reglamento.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 6.

### BARRAS EN FLEXIÓN SIMPLE

Para tener una respuesta simétrica de la sección en flexión simple y evitar efectos torsionales, se exige que cuando sean más de una las barras de los cordones comprimidos o traccionados, ellas tengan la misma sección bruta, y que las celosías de las caras opuestas tengan el mismo dibujo.

#### C 6.1. ESTADOS LÍMITES PARA SOLICITACIONES DE FLEXIÓN Y DE CORTE

Las barras armadas sometidas a flexión simple pueden fallar por las siguientes causas:

- (1) por el pandeo de las barras de los cordones comprimidos o por el pandeo de las diagonales o montantes comprimidos. Las diagonales y montantes traccionados tienen el mismo esfuerzo axial e igual longitud por lo que son críticas las barras comprimidas.
- (2) por tracción de los cordones traccionados antes que los comprimidos, por quedar sometidos a fuerzas de mayor intensidad en secciones transversales que no sean simétricas con respecto al eje de flexión.
- (3) por pandeo lateral-torsional de la barra armada según sea el arriostamiento del cordón comprimido.
- (4) por flexión local combinada con fuerza axial cuando exista una fuerza aplicada en el tramo del cordón y no en el nudo. En general esta situación se debe evitar con un correcto diseño de los apoyos de barras armadas sobre otras barras, pues puede reducir la resistencia a flexión de la barra armada. Esto es advertido en la Sección **6.5.** de este Reglamento.

Para los tres primeros estados límites se puede determinar un **momento de diseño  $M_d$**  o un **esfuerzo de corte de diseño  $V_d$** , que deberá ser mayor o igual al **momento requerido** o al **esfuerzo de corte requerido**, respectivamente.

Para el cuarto estado límite deberá ser verificada la expresión de interacción para la barra sometida a fuerza axial y flexión. Para barras de sección circular maciza ella se especifica en el artículo **7.5.** de este Reglamento y para barras de sección ángulo o Te en el Capítulo **H** del Reglamento CIRSOC 301-2005.

#### C 6.2. ESTADO LÍMITE DE PANDEO LOCAL DE BARRAS

Por el pandeo de los cordones comprimidos, el **momento nominal de la barra armada** queda determinado por la resistencia axial nominal a pandeo de los cordones multiplicada por la distancia entre ejes de los mismos. La tensión crítica de pandeo para el cordón depende de la forma seccional del mismo (circular maciza o ángulo o Te).

Por el pandeo de diagonales o montantes, la **resistencia nominal al corte de la barra armada** queda determinada por la proyección sobre la dirección normal al eje de la resistencia nominal a compresión de esas barras. Ella depende del dibujo de la celosía y del eje de flexión.

### C 6.3. ESTADO LÍMITE DE FLUENCIA DE BARRAS DEL CORDÓN TRACCIONADO

El **momento nominal de la barra armada** queda determinado por la resistencia axial a tracción nominal de los cordones multiplicada por la distancia entre ejes de los mismos.

Como se dijo anteriormente, este estado límite no es necesario verificarlo en secciones simétricas con respecto al eje de flexión.

### C 6.4. ESTADO LÍMITE DE PANDEO LATERAL TORSIONAL

#### C 6.4.1. Sección rectangular

#### C 6.4.2. Sección triangular

La expresión general para el **momento crítico elástico de pandeo lateral para una barra flexada de alma llena**, para cargas actuando en el centro de corte es la siguiente:

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E I_y G J} \quad (\text{C-6.4-1})$$

siendo :

- J** el módulo de torsión, en  $\text{cm}^4$ .
- E** el módulo de elasticidad longitudinal, en MPa.
- G** el módulo de elasticidad transversal, en MPa.
- L<sub>b</sub>** la longitud lateralmente no arriostrada, en cm.
- C<sub>b</sub>** el factor de corrección que considera la influencia del diagrama de momentos flexores.  $C_b \geq 1$ .

Dentro del rango de deformaciones admisibles de las secciones armadas con caras reticuladas (rectangular y triangular) se puede considerar que la sección no alabea.

En las secciones con caras reticuladas, la deformación por corte se producirá por la deformación axial de las barras del reticulado, por lo que resulta  $\mu = 0$  y por ende  $G = E/2$ .

Para secciones cerradas se puede considerar que el **momento crítico a pandeo lateral para cargas aplicadas en la cara superior** es aproximadamente el 90 % del correspondiente a cargas aplicadas en el centro de corte.

La expresión general del **módulo de torsión para secciones de alma llena** es:

$$J = \frac{4 A^2}{\Sigma (L_i / t_i)} \quad (\text{C-6.4-2})$$

siendo:

**A** el área formada por las líneas medias de las caras, en cm<sup>2</sup>.

**L<sub>i</sub>** la longitud de la cara **i**, en cm.

**t<sub>i</sub>** el espesor de la cara **i**, en cm..

El espesor equivalente **t<sub>e</sub>** de la chapa de una cara de alma llena que tenga la misma rigidez a corte que la celosía de dicha cara, se puede determinar con las siguientes expresiones:

- para celosías sólo con diagonales:

$$t_e = 2 A_D \frac{\text{sen}^2 \alpha \cos \alpha}{h} \quad (\text{C-6.4-3})$$

- para celosías con diagonales y montantes:

$$t_e = \frac{1}{\frac{\text{tg} \alpha h}{2 A_M} + \frac{h}{2 A_D \text{sen}^2 \alpha \cos \alpha}} \quad (\text{C-6.4-4})$$

siendo:

**A<sub>D</sub>** el área de la diagonal, en cm<sup>2</sup>.

**A<sub>M</sub>** el área del montante, en cm<sup>2</sup>.

**h** la altura de la cara, en cm.

**α** el ángulo entre cordón y diagonal, en grados sexagesimales.

Aplicando la expresión (C-6.4-2) con los espesores equivalentes dados por las expresiones (C-6.4-3) y (C-6.4-4) se obtienen los módulos de torsión **J<sub>r</sub>** para sección rectangular y para sección triangular dados por este Reglamento.

Utilizando la expresión (C-6.4-1) con las consideraciones siguientes:

- cargas aplicadas en la cara superior
- $G = E/2$
- Factor de resistencia  $\phi = 0,75$  por las diferencias entre el modelo de alma llena y el reticulado considerando las imperfecciones constructivas de éste.
- Factor de corrección de diagrama de momentos flexores **C<sub>b</sub>** definido en el Reglamento CIRSOC 301-2005, Sección **F.1.2**.
- La variación de E al superar la tensión de proporcionalidad.

resultan las expresiones para los **momentos de diseño para el estado límite de pandeo lateral para sección rectangular** y para **sección triangular** dados en este Reglamento. (expresiones (6.4-1) y (6.4-7)).

La longitud lateralmente no arriostrada que permite desarrollar un **momento de diseño a pandeo lateral** igual al momento de diseño más pequeño de los correspondientes a los otros tres estados límites, es el **límite  $L_r$  a partir del cual el pandeo lateral se hace crítico**. Por ello no es necesario verificar el pandeo lateral cuando  **$L_b$  es menor o igual que  $L_r$** .

Las secciones rectangulares y triangulares comúnmente utilizadas en nuestro medio, y que tienen el ancho  **$b$**  mayor o igual a la mitad de su altura  **$h$**  no presentan problemas de pandeo lateral siendo determinante para su diseño, alguno de los otros estados límites.

### C 6.4.3. Sección plana

Con el mismo criterio utilizado en el Reglamento CIRSOC 301-2005 para el estado límite de pandeo lateral en las vigas de alma esbelta (Sección **A-G.2.(b)(a)**), para las secciones planas se puede suponer en forma simplificada que el cordón comprimido es una columna con luz de pandeo  **$L_b$**  que pandeo alrededor del eje débil  **$y-y$** .

La tensión crítica elástica será:

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad \text{con} \quad \lambda = L_b/r_T$$

El radio de giro  **$r_T$**  del cordón comprimido de sección  **$A_{gc}$**  y momento de inercia  **$I_{yc}$**  con respecto al eje débil se obtendrá con la siguiente expresión:

$$r_T = \sqrt{\frac{I_{yc}}{A_{gc}}}$$

La carga crítica para el cordón comprimido será:

$$P_{cr} = A_{gc} F_{cr}$$

Reemplazando y operando resulta que:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E I_{yc}}{L_b^2} \quad \text{(C-6.4-5)}$$

El momento crítico de pandeo lateral para momento flector uniforme será:  **$M_{crpl} = P_{cr} h$**

El momento de diseño para pandeo lateral para momento flexor uniforme será:

$$M_{dpl} = \phi M_{crpl} = \phi P_{cr} h \quad \text{(C-6.4-6)}$$

Para otros diagramas de momento flexor se debe corregir con el factor  $C_b$ . La expresión (C-6.4-6) entonces será:

$$M_{dpl} = \phi C_b P_{cr} h \quad (\text{C-6.4-7})$$

Se adopta  $\phi = 0,85$

Reemplazando la expresión (C-6.4-5) en la expresión (C-6.4-7) y con el valor de  $\phi$  y la utilización de las unidades del Reglamento resulta la expresión (6.4-11):

$$M_{dpl} = 1670 C_b \frac{I_{yc} h}{L_b^2}$$

La longitud lateralmente no arriostrada que permite desarrollar un **momento de diseño a pandeo lateral** igual al momento de diseño por pandeo local del cordón comprimido, es el límite  $L_r$  a partir del cual el **pandeo lateral se hace crítico**. Por ello no es necesario verificar el pandeo lateral cuando  $L_b$  es menor o igual que  $L_r$ .

#### C 6.4.4. Sección Te

En la sección Te, la celosía no produce prácticamente ningún efecto sobre el pandeo fuera del plano de los cordones comprimidos. Estos, juntamente con los travesaños soldados, se comportan como una columna del Grupo V (los travesaños son las presillas). Se deberá comprobar el pandeo fuera del plano de esa columna cargada con la sollicitación resultante del momento requerido. Para considerar la influencia del diagrama de momentos flexores se introduce el factor  $C_b$ , reduciendo la máxima compresión. Para que el **conjunto cordones-travesaños** funcione como una **columna del Grupo V** es necesario la existencia de un travesaño y un rigidizador en los puntos fijos a desplazamiento lateral y que existan por lo menos **tres paños** entre ellos.

Muchas veces se confía el **arriostramiento a desplazamiento lateral a las chapas de cubierta**. Para que dicho arriostramiento sea efectivo es necesario que la unión entre chapas y correas no permita deformaciones (por ejemplo tornillos autoperforantes correctamente colocados) y que permanezca en iguales condiciones durante la vida útil de la estructura.

Además es necesario que las chapas transmitan las fuerzas resultantes de la estabilización de la correa a un sistema estructural que las lleve al suelo y que tenga la rigidez necesaria.

## **C 6.5. APOYO DE BARRAS FLEXADAS**

En muchos diseños de barras armadas flexadas, el apoyo sobre otros elementos estructurales se realiza a través de las barras del cordón superior. En estos casos se puede producir la falla por flexión de esos cordones o la deformación excesiva de los mismos. Se deberá verificar especialmente que esa circunstancia no ocurra. En la mayor parte de los casos es necesario mejorar la capacidad a flexión de los cordones con un adecuado diseño del apoyo, por ejemplo soldando a ellos la prolongación de las diagonales o reforzándolos con aceros redondos o perfiles soldados.

Al apoyar barras armadas sobre otras barras armadas, es conveniente diseñar el apoyo de manera que las fuerzas sean transferidas a los nudos de las que reciben la carga. Si ello no ocurre, los cordones quedan sometidos a fuerza axial combinada con flexión lo que reduce mucho su resistencia de diseño sobre todo en secciones circulares macizas.

Las dos especificaciones citadas en este Reglamento buscan llamar la atención del Proyectista o Diseñador Estructural sobre aspectos que muchas veces resultan críticos en las estructuras alcanzadas por aquél y que son generalmente descuidados en el Proyecto Estructural.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 7.

### BARRAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL COMBINADA CON FLEXIÓN, O CON FLEXIÓN Y TORSIÓN, O A FLEXIÓN DISIMÉTRICA

Las formas seccionales aptas para fuerza axil combinada con flexión y/o torsión son la rectangular y triangular. Para la validez de los procedimientos de cálculo, fundamentalmente para barras sometidas a compresión, y para evitar errores constructivos, se exige que los cordones tengan igual sección bruta y que las celosías sean uniformes a lo largo de toda la barra armada.

#### C 7.1. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE TRACCIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN

Para obtener las máximas resistencias requeridas en los cordones (a compresión y a tracción) se suman los efectos de la fuerza axil y los momentos flexores en ambas direcciones. Cuando la flexión se produzca en una sola dirección se considerará **nulo** el momento en la otra dirección.

Los cordones se deben verificar para la **fuerza de tracción** con lo especificado en el Capítulo 4 y para la **fuerza de compresión** con lo especificado en el Capítulo 5.

Para las barras de la celosía, la sollicitación crítica será de compresión pues las diagonales traccionadas tienen la misma intensidad de sollicitación e igual sección y longitud.

#### C 7.2. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN

Se aplican las especificaciones del Apéndice E, Sección A-E.6. del Reglamento CIRSOC 301-2005.

Las sollicitaciones en los cordones se obtienen por la suma de los efectos de la compresión axil y de los momentos de segundo orden en ambas direcciones resultantes de una deformación inicial y del momento flexor requerido de la barra armada.

Cuando la flexión requerida sea en una sola dirección, se deberá considerar el momento de segundo orden en la otra dirección resultante de la deformación inicial.

Las sollicitaciones requeridas en las barras de la celosía resultan de considerar un corte ideal en ambas direcciones, resultante de la excentricidad inicial más el esfuerzo de corte requerido de la barra armada.

### C 7.3. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FUERZA COMBINADA CON FLEXIÓN Y TORSION

Para los cordones se adicionan a las solicitaciones producidas por la fuerza axial y la flexión, las resultantes de la torsión determinadas según lo especificado en el Capítulo 8.

Para **fuerza axial de compresión**, la situación crítica para los cordones siempre será con fuerza resultante de compresión. **Para fuerza axial de tracción**, la situación crítica puede ser con fuerza de compresión o de tracción.

Para las barras de la celosía, se adicionan a las solicitaciones resultantes de la fuerza axial y de la flexión, las generadas por la **torsión** determinadas según el Capítulo 8.

### C 7.4. BARRAS ARMADAS SOMETIDAS A FLEXIÓN DISIMÉTRICA

Para los cordones se suman las fuerzas resultantes de la flexión requerida en ambas direcciones.

Para las barras de la celosía se consideran los efectos de los esfuerzos de corte requeridos de la barra armada en cada dirección.

### C 7.5. BARRAS DE SECCIÓN CIRCULAR MACIZA SOMETIDAS A FUERZA AXIL DE COMPRESIÓN COMBINADA CON FLEXIÓN

La fórmula de interacción resulta de la variación lineal de la relación entre las resistencias requeridas y las resistencias de diseño a compresión axial y a flexión.

La **resistencia de diseño a flexión** resulta de limitar el momento plástico nominal a **1,5** veces el momento elástico nominal y de utilizar un factor de resistencia  $\phi = 0,9$ .

El **momento elástico nominal de la sección circular maciza** se obtendrá de la siguiente expresión:

$$M_{en} = S F_y = (\pi d^3 / 32) F_y = (d^3 / 10,18) F_y$$

El **módulo plástico de la sección circular maciza** será  $Z = d^3 / 6 = 1,7 S$

El **momento plástico nominal** se limita a:  $M_{pn} = 1,5 M_{en} = 1,5 (d^3 / 10,18) F_y = (d^3 / 6,8) F_y$

El **momento de diseño** resulta:  $M_d = \phi M_{pn} = 0,9 (d^3 / 6,8) F_y = (d^3 / 7,6) F_y$

Con la expresión de interacción  $\frac{P_u}{P_d} + \frac{M_u}{M_d} \leq 1$

y las unidades del Reglamento resulta la expresión (7.5-1)

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 8.

### BARRAS SOMETIDAS A TORSIÓN

#### C 8.1. GENERALIDADES

Para pequeñas deformaciones angulares por torsión en barras reticuladas, las secciones permanecen prácticamente planas y no hay alabeo de la sección. Los esfuerzos axiales que se producen en los cordones serán alternativamente de tracción y de compresión y se irán compensando los acortamientos y alargamientos.

Las fuerzas no aplicadas en el centro de corte producen torsión. Si en la sección donde las mismas se aplican no se coloca un marco rígido o una doble diagonalización normal al eje de la barra, la sección transversal se distorsiona y las fuerzas no se distribuyen en todos los planos de la barra.

#### C 8.2. SECCIONES RECTANGULARES

El efecto de la torsión se puede reemplazar mientras las secciones permanezcan planas, por fuerzas aplicadas en los nudos y actuando sobre cada plano de la sección (ver la Figura 8.2.2.). La intensidad de esas fuerzas depende de su distancia al centro de giro y de las áreas relativas de los cordones. Cuando todos los cordones tienen igual área solo juega el primer factor. Para las relaciones de áreas usualmente utilizadas y posibles de acuerdo a las secciones circulares y perfiles disponibles, la influencia de la diferencia de áreas entre cordones es poco significativa.

Las fuerzas que se generan en los cordones dependen de la disposición relativa de las celosías en las caras de la sección rectangular (ver la Figura 8.2.1.). Cuando las celosías están desfasadas en todas las caras, en cada nudo concurren todas las diagonales de los planos contiguos (nudos coincidentes) y el momento torsor es uniforme, las componentes en dirección de los cordones se anulan y no resultan esfuerzos en los mismos. En el caso antedicho, con momento torsor no uniforme aparecen fuerzas axiales en los cordones que dependen del gradiente de momento. Cuando existen celosías coincidentes entre planos paralelos, o desfasadas pero con nudos no coincidentes, hay nudos donde para lograr el equilibrio resultan fuerzas en los cordones que se equilibran en el nudo adyacente. Estas fuerzas son de compresión o tracción según la disposición de las celosías y el sentido del momento torsor.

En las celosías, cualquiera sea su disposición relativa, siempre aparecen fuerzas de compresión o tracción según el sentido de la torsión.

Los valores para los esfuerzos en cordones y celosías resultan del equilibrio de nudo en cada caso. Son críticas las fuerzas de compresión.

La deformación por torsión resulta de los módulos de torsión para cada dibujo de celosía y del momento torsor. Como se dijo en los Comentarios de la Sección 6.4., el módulo de

elasticidad transversal para secciones reticuladas será  $G = E/2$  por ser  $\mu = 0$  y con ese valor resultan los módulos de torsión  $J_r$  que determinan el giro unitario.

Se establece un límite a la deformación por torsión necesario para el cumplimiento de las hipótesis realizadas y para cumplimentar condiciones de servicio.

### **C 8.3. SECCIONES TRIANGULARES**

Esta forma seccional presenta menor resistencia a la torsión que la rectangular pero es igualmente apta cualquiera sea el dibujo de las celosías de sus caras.

El efecto de la torsión se puede reemplazar por fuerzas nodales con la disposición indicada en la Figura **8.3.1**.

En las secciones triangulares, cualquiera sea la disposición relativa de las celosías, aparecen fuerzas en alguno de los cordones para lograr el equilibrio de nudo. Son alternativamente de tracción y compresión **siendo críticas las de compresión**.

Las fuerzas en las barras de la celosía resultan del equilibrio de nudo.

En lo referente a la deformación unitaria y al módulo de torsión rige lo indicado en los comentarios al artículo **8.2.**

### **C 8.4. APOYOS**

Lo especificado en esta Sección busca simplemente recordar al Proyectista o Diseñador Estructural la necesidad de diseñar la estructura de manera que se generen en todos sus puntos las resistencias de diseño necesarias para el equilibrio.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 9.

### UNIONES Y MEDIOS DE UNIÓN

#### C 9.1. GENERALIDADES

En las estructuras comprendidas en los alcances de este Reglamento, la mayoría de las uniones son soldadas. Se utilizan uniones abulonadas en algunos casos, como por ejemplo unir en obra barras armadas con marcos extremos formados por perfiles ángulo o planchuela.

Para uniones soldadas y abulonadas se deben aplicar las especificaciones del Capítulo **J** del **Reglamento CIRSOC 301-2005** y las especificaciones del **Reglamento CIRSOC 304 - 2007 Reglamento Argentino para la Soldadura de Estructuras en Acero**, en especial las contenidas en el Anexo B.

#### C 9.2. UNIONES SOLDADAS

En general las uniones soldadas entre cordones y barras de celosías en barras armadas se comportan eficientemente frente a las solicitaciones requeridas.

Para verificarlas en los casos en que se considere necesario, se incluyen en este Reglamento las expresiones que dan la tensión requerida en la soldadura en los casos más comunes. Dicha tensión deberá ser menor o igual que la tensión de diseño correspondiente, dada por el Reglamento CIRSOC 301-2005 en la Tabla **J.2-5**.

En las secciones rectangulares o triangulares la fuerza a transmitir será la **diferencia entre fuerza axil de los cordones concurrentes al nudo**. Esta fuerza actúa excéntrica con respecto al plano de la soldadura lo que genera un momento. La excentricidad depende de si los ejes de las barras concurrentes se cortan o no en un punto. Para excentricidades del nudo nulas o hacia afuera, el valor mínimo es la mitad del diámetro del cordón para sección circular maciza. Para excentricidades del nudo hacia adentro la situación de la unión soldada es más favorable, razón por la cual, conservadoramente, no ha sido considerada.

La **soldadura** resulta sometida a la combinación de tensiones tangenciales generadas por la fuerza, y tensiones normales generadas por el momento.

Para **secciones Te** la fuerza a transmitir será el doble que para secciones rectangulares o triangulares pues existe un **único plano de celosía**.

Las **solicitaciones requeridas son máximas** en los nudos ubicados en las secciones donde el **esfuerzo de corte es máximo**.

Si bien la sección real de la soldadura es algo aleatoria, se puede suponer que es una elipse cuando los cordones son de sección circular maciza en secciones rectangulares o triangulares o en secciones Te con travesaños de sección circular maciza o planchuela.

La dimensión mayor de la elipse varía según la forma seccional y el dibujo de la celosía. Los valores han sido adoptados de relevamientos realizados sobre estructuras construidas. Para las uniones de cordón de sección circular maciza y celosías sólo con diagonales, o con diagonal y montante, se han reducido los valores establecidos en la Recomendación CIRSOC 303 - Estructuras Livianas de Acero, edición 1991.

Para cordones formados por perfiles ángulo o Te, se dan las solicitaciones requeridas en la soldadura en razón de que esas uniones pueden tener disposiciones y áreas muy variables según el diseño de la unión.

### **C 9.3. UNIONES EXTREMAS DE BARRAS ARMADAS Y JUNTAS**

Las especificaciones de esta Sección buscan destacar la atención del Proyectista o Diseñador Estructural sobre aspectos del dimensionado de uniones y juntas particulares de las estructuras comprendidas en los alcances de este Reglamento que muchas veces no son debidamente considerados.

## COMENTARIOS AL CAPÍTULO 10.

### PROYECTO PARA CONDICIONES DE SERVICIO

Las deformaciones y los desplazamientos límites para condiciones de servicio así como las combinaciones de acciones para determinarlas serán las especificadas en el Reglamento CIRSOC 301-2005.

#### C 10.1. DETERMINACIÓN DE LAS DEFORMACIONES DE LAS BARRAS ARMADAS FLEXADAS

En barras reticuladas flexadas no se puede despreciar la deformación por corte como en las barras de alma llena. Para considerar esa deformación se puede obtener un ***momento de inercia modificado***  $I_m$  a partir de la esbeltez modificada de la barra. Las deformaciones por flexión se pueden determinar con las fórmulas correspondientes a vigas de alma llena pero reemplazando el ***momento de inercia rígido***  $I$  por el modificado,  $I_m$ .



**INTI**

INSTITUTO NACIONAL DE  
TECNOLOGÍA INDUSTRIAL



**CIRSOC**

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LOS  
REGLAMENTOS NACIONALES DE  
SEGURIDAD PARA LAS OBRAS CIVILES