

**COMENTARIO
SOBRE LA EDICIÓN 1996 DE LA
ESPECIFICACIÓN
PARA EL DISEÑO DE
MIEMBROS
ESTRUCTURALES DE
ACERO CONFORMADO
EN FRÍO**

EDICIÓN 1996

**Manual para el Diseño de Acero Conformado en Frío -
Parte VI**

Preparado por
Wei-Wen Yu, Ph.D., P.E.
Profesor Emérito de Ingeniería Civil
Director, Center for Cold-Formed Steel Structures
Universidad de Missouri-Rolla
Rolla, Missouri



American Iron and Steel Institute
1101 17th Street, NW
Washington, DC 20036-4700

El material contenido en la presente ha sido desarrollado por el Comité del *American Iron and Steel Institute* sobre Especificaciones para el Diseño de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío. El Comité se ha esforzado para presentar información precisa, confiable y útil relacionada con el diseño de acero conformado en frío. El comité reconoce y agradece las contribuciones de los incontables investigadores, ingenieros y otros profesionales que contribuyeron al cuerpo de conocimientos sobre la materia. En el *Comentario* sobre la *Especificación* se incluyen referencias específicas.

Con los adelantos que se esperan en la comprensión del comportamiento del acero conformado en frío y el continuo desarrollo de nuevas tecnologías, es posible que este material eventualmente quede desactualizado. Se anticipa que AISI publicará actualizaciones de este material tan pronto como haya nueva información disponible, pero esto no lo podemos garantizar.

Los materiales presentados en la presente son exclusivamente a título informativo. No deben reemplazar los consejos de un profesional competente. La aplicación de esta información a un proyecto específicos debe ser revisada por un ingeniero matriculado. De hecho, en la mayoría de las jurisdicciones esta revisión es exigida por ley. Cualquier persona que haga uso de la información contenida en la presente lo hace bajo su propio riesgo y asume cualquier responsabilidad o responsabilidades que surjan de dicho uso.

1ra Impresión - Junio de 1997

Copyright American Iron and Steel Institute 1997

PREFACIO

Este documento presenta un comentario sobre la edición 1996 de la *Especificación AISI para el Diseño de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío*. Se lo debe utilizar junto con las demás partes del *Manual de Diseño*.

Los propósitos del *Comentario* incluyen: (1) proveer un registro del razonamiento detrás de los diferentes requisitos de la *Especificación* y su justificación mediante referencias cruzadas a datos de investigaciones publicadas y discutir las modificaciones introducidas en la edición 1996 de la *Especificación*; (2) ofrecer a los ingenieros estructurales y otras personas interesadas una presentación breve pero coherente de las características y comportamiento de las estructuras de acero conformado en frío; (c) proveer a los docentes y alumnos antecedentes para el estudio de los métodos de diseño del acero conformado en frío; y (d) proveerle a los que serán responsables de las futuras revisiones de la *Especificación* la información necesaria. El lector que desee una información más completa o que pudiera tener preguntas que no son respondidas en la presentación abreviada del *Comentario* deben referirse a las publicaciones de las investigaciones originales.

Se agradece la asistencia y colaboración del Comité de Especificaciones presidido por el Sr. Roger L. Brockenbrough y cuyo vicepresidente es el Sr. Jay W. Larson. Un agradecimiento especial para el Profesor Wei-Wen Yu de la Universidad de Missouri-Rolla por preparar el borrador de este *Comentario* y a los miembros del Comité de Especificaciones por su cuidadosa revisión del documento y sus invalorable comentarios y sugerencias. También se agradecen los materiales y antecedentes proporcionados por diferentes subcomités.

Finalmente, se agradecen los esfuerzos del personal de Computerized Structural Design, S.C., Milwaukee, Wisconsin, quienes coordinaron y procesaron la publicación de este *Comentario*.

American Iron and Steel Institute
Junio, 1997

TABLA DE CONTENIDOS

COMENTARIO SOBRE LA EDICIÓN 1996 DE LA ESPECIFICACIÓN PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS ESTRUCTURALES DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO

PREFACIO	3
INTRODUCCIÓN	9
A. REQUISITOS GENERALES	9
A1 Límites de aplicación y terminología	9
A1.1 Alcance y límites de aplicación	9
A1.2 Terminología	9
A1.3 Unidades de los símbolos y términos	12
A2 Geometrías y formas constructivas no abarcadas por la <i>Especificación</i>	13
A3 Material	14
A3.1 Aceros aplicables	14
A3.2 Otros aceros	14
A3.3 Ductilidad	14
A3.4 Espesor mínimo entregado	16
A4 Cargas	16
A4.1 Cargas nominales	16
A4.2 Estancamiento	16
A5 Diseño por tensiones admisibles	17
A5.1 Fundamentos del diseño	17
A5.1.1 Requisitos de resistencia para ASD	17
A5.1.2 Combinaciones de cargas	17
A5.1.3 Cargas de viento o cargas sísmicas	18
A5.1.4 Otras cargas	18
A6 Diseño por factores de carga y resistencia	18
A6.1 Fundamentos del diseño	18
A6.1.1 Requisitos de resistencia para LRFD	19
A6.1.2 Factores de carga y combinaciones de cargas	25
A6.1.3 Otras cargas	27
A7 Límite de fluencia e incremento de la resistencia debido a la conformación en frío	27
A7.1 Límite de fluencia	27
A7.2 Incremento de la resistencia debido a la conformación en frío	30
A8 Serviciabilidad	33
A9 Documentos de referencia	34
B. ELEMENTOS	35
B1 Limitaciones y consideraciones sobre las dimensiones	35
B1.1 Consideraciones sobre la relación entre el ancho plano de las alas y su espesor	35
B1.2 Máxima relación entre la profundidad del alma y su espesor	37
B2 Anchos efectivos de los elementos rigidizados	38
B2.1 Elementos rigidizados uniformemente comprimidos	41
B2.2 Elementos rigidizados uniformemente comprimidos con perforaciones circulares ...	43
B2.3 Almas y elementos rigidizados con gradiente de tensiones	43
B3 Anchos efectivos de los elementos no rigidizados	44
B3.1 Elementos no rigidizados uniformemente comprimidos	46
B3.2 Elementos no rigidizados y rigidizadores de borde con gradiente de tensiones	47

B4	Anchos efectivos de los elementos con un rigidizador intermedio o un rigidizador de borde	47
B4.1	Elementos uniformemente comprimidos con rigidizador intermedio	48
B4.2	Elementos uniformemente comprimidos con un rigidizador de borde.....	48
B5	Anchos efectivos de elementos rigidizados en sus bordes con rigidizadores intermedios o elementos rigidizados con más de un rigidizador intermedio	49
B6	Rigidizadores	51
B6.1	Rigidizadores transversales.....	51
B6.2	Rigidizadores de corte.....	51
B6.3	Rigidizadores que no satisfacen los requisitos.....	52
C.	MIEMBROS	53
C1	Propiedades de las secciones	53
C2	Miembros traccionados.....	53
C3	Miembros flexionados	54
C3.1	Resistencia para flexión exclusivamente.....	54
C3.1.1	Resistencia nominal de la sección.....	55
C3.1.2	Resistencia al pandeo lateral	58
C3.1.3	Vigas con un ala unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes	64
C3.1.4	Vigas con un ala sujeta a un sistema de cubierta con juntas de plegado saliente	65
C3.2	Resistencia para corte exclusivamente	66
C3.3	Resistencia para flexión y corte.....	67
C3.3.1	Método ASD.....	68
C3.3.2	Método LRFD.....	68
C3.4	Resistencia a la abolladura del alma.....	68
C3.5	Resistencia a la combinación de flexión y abolladura del alma	73
C3.5.1	Método ASD.....	73
C3.5.2	Método LRFD.....	76
C4	Miembros comprimidos con carga concéntrica	76
C4.1	Secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo torsional flexional	88
C4.2	Secciones con simetría doble o simetría simple sometidas a pandeo torsional o a pandeo flexional torsional.....	88
C4.3	Secciones no simétricas	89
C4.4	Miembros comprimidos que tienen un ala unida al tablero o revestimiento mediante sujetadores pasantes	89
C5	Combinación de carga axial y flexión	89
C5.1	Combinación de tracción axial y flexión	89
C5.1.1	Método ASD	90
C5.1.2	Método LRFD.....	90
C5.2	Combinación de compresión axial y flexión	90
C5.2.1	Método ASD.....	90
C5.2.2	Método LRFD.....	94
C6	Miembros cilíndricos tubulares.....	94
C6.1	Flexión.....	96
C6.2	Compresión.....	97
C6.3	Combinación de flexión y compresión.....	98
D.	CONJUNTOS ESTRUCTURALES	99
D1	Secciones armadas	99
D1.1	Secciones compuestas por dos perfiles C	99
D1.2	Separación de las conexiones en elementos comprimidos	101

D2	Sistemas mixtos	101
D3	Arriostramiento lateral	102
D3.1	Vigas y columnas simétricas.....	102
D3.2	Perfiles C y Z utilizados como vigas	102
D3.2.1	Anclaje del arriostramiento para cubiertas sometidas a cargas gravitatorias que poseen el ala superior conectada al revestimiento	102
D3.2.2	Ninguna de las alas conectadas al revestimiento	103
D3.3	Vigas tipo cajón sin arriostramiento lateral	107
D4	Montantes y conjuntos de montantes que integran un tabique	108
D4.1	Montantes de tabiques comprimidos	109
D4.2	Montantes de tabiques flexados.....	111
D4.3	Montantes de tabiques sometidos a carga axial y flexión.....	111
D5	Construcción de diafragmas de acero para losas, cubiertas o tabiques.....	111
E.	UNIONES Y CONEXIONES	113
E1	Requisitos generales.....	113
E2	Uniones soldadas	114
E2.1	Soldaduras de ranura en uniones a tope.....	115
E2.2	Puntos de soldadura por arco	115
E2.2.1	Corte	115
E2.2.2	Tracción.....	116
E2.3	Cordones de soldadura por arco	117
E2.4	Soldaduras de filete.....	117
E2.5	Soldaduras de ranura biselada	118
E2.6	Soldaduras de resistencia.....	119
E3	Uniones abulonadas	119
E3.1	Corte, separación y distancia a los bordes.....	121
E3.2	Tracción en cada una de las partes conectadas	122
E3.3	Apoyos.....	123
E3.4	Corte y tracción en los bulones.....	123
E4	Uniones atornilladas.....	124
E4.1	Separación mínima	125
E4.2	Distancias mínimas a los bordes y a los extremos.....	125
E4.3	Corte	125
E4.3.1	Conexiones sometidas a corte	125
E4.3.2	Tornillos sometidos a cortes.....	126
E4.4	Tracción.....	127
E4.4.1	Arrancamiento.....	127
E4.4.2	Aplastamiento.....	127
E4.4.3	Tornillos traccionados	127
E5	Falla por corte	127
E6	Conexiones a otros materiales.....	128
E6.1	Apoyos.....	128
E6.2	Tracción.....	128
E6.3	Corte	128
F.	ENSAYOS PARA CASOS ESPECIALES	129
F1	Ensayos para determinar el comportamiento estructural	129
F1.1	Diseño por factores de carga y resistencia.....	129
F1.2	Diseño por tensiones admisibles.....	130
F2	Ensayos para confirmar el comportamiento estructural.....	130
F3	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas.....	131
F3.1	Sección completa.....	131

F3.2 Elementos planos de secciones conformadas	131
F3.3 Acero virgen	131
REFERENCIAS	132

INTRODUCCIÓN

Los miembros de acero conformado en frío se han utilizado en la construcción de edificios y otras aplicaciones (Winter, 1959a, 1959b; Yu, 1991). Estos tipos de secciones son planchas, flejes, placas o barras planas conformadas en frío utilizando plegadoras, prensas o máquinas formadoras. El espesor de las planchas o flejes de acero habitualmente utilizadas para los miembros estructurales de acero conformado en frío están comprendidos entre 0,0147 in. (0,373 mm) y ¼ in. (6,35 mm). Es posible conformar en frío placas y barras de espesores de hasta 1 in. (25,4 mm) para obtener perfiles estructurales.

En general, los miembros estructurales de acero conformado en frío pueden ofrecer diversas ventajas (Winter, 1970; Yu, 1991): (1) se pueden fabricar miembros livianos para tramos con cargas relativamente bajas y/o longitudes reducidas, (2) mediante las operaciones de conformación en frío se pueden producir configuraciones poco habituales de manera económica y, en consecuencia, es posible obtener relaciones resistencia / peso favorables, (3) los paneles y tableros portantes pueden constituir superficies útiles para la construcción de entrepisos, cubiertas y tabiques, y en algunos casos permiten formar conductos cerrados para instalaciones eléctricas u otras instalaciones, y (4) los paneles y tableros no sólo soportan cargas normales a sus superficies sino que también actúan como diafragmas de corte resistiendo esfuerzos en sus propios planos si están adecuadamente conectados entre sí y a los miembros de apoyo.

Los miembros de acero conformado en frío se comenzaron a utilizar en la construcción de edificios alrededor de 1850. Sin embargo, en los Estados Unidos estos miembros de acero no se utilizaron ampliamente en la construcción de edificios hasta la publicación de la primera edición de la *Especificación del Instituto Norteamericano del Hierro y el Acero* (AISI, 1946). La primera norma de diseño se basaba fundamentalmente en las investigaciones auspiciadas por AISI en la Universidad de Cornell desde 1939. Posteriormente fue revisada por el Comité AISI en 1956, 1960, 1962, 1968, 1980 y 1986 para reflejar los adelantos técnicos y los resultados de las investigaciones más recientes. En 1991 AISI publicó la primera edición de la *Especificación para el Diseño por Factores de Carga y Resistencia de Miembros Estructurales de Acero Conformado en Frío* (AISI, 1991). En 1996 se combinaron las especificaciones para el diseño por tensiones admisibles (ASD) y el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

Además de publicar la especificación de diseño, AISI también publicó la primera edición del *Manual de Diseño* en 1949 (AISI, 1949). Este manual para el diseño por tensiones admisibles fue posteriormente revisado en 1956, 1961, 1962, 1968, 1977, 1983 y 1986. En 1991 se publicó el *Manual de Diseño para LRFD* para utilizar los criterios de diseño por factores de carga y resistencia. El presente *Manual de Diseño* fue preparado y publicado por AISI en 1996 para las *Especificaciones* AISI para ASD y LRFD.

Durante el período comprendido entre 1958 y 1983, AISI publicó *Comentarios* sobre diferentes ediciones de la especificación AISI, los cuales fueron preparados por el Profesor George Winter de la Universidad de Cornell en 1958, 1961, 1962 y 1970. En las ediciones de 1983, 1986 y 1996 del *Manual de Diseño* se cambió el formato del *Comentario* a fin de utilizar la misma numeración de las secciones de la *Especificación*. Al igual que las ediciones anteriores del *Comentario*, este documento contiene una breve presentación de las características y el comportamiento de los miembros de acero conformado en frío. Además, presenta los razonamientos que sirven de fundamento a los diferentes requisitos de la especificación y su justificación. Se presentan referencias cruzadas entre diferentes requisitos de diseño y los datos de investigaciones publicadas.

En este Comentario, las secciones, ecuaciones, figuras y tablas se identifican mediante la misma notación utilizada en la Especificación, y el material se presenta en el mismo orden secuencial.

La Especificación y el Comentario deben ser utilizados por profesionales comprobadamente competentes en su campo.