

EUROCÓDIGOS

NORMA EUROPEA
EXPERIMENTAL

UNE-ENV 1993-1-1/A1
Diciembre 1996



EUROCÓDIGO 3

PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO

PARTE 1 - 1: REGLAS GENERALES
REGLAS GENERALES Y
REGLAS PARA EDIFICACIÓN
(SUPLEMENTO DE LA UNE-ENV 1993-1-1)

3

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Parte 1 - 1/A1

PREÁMBULO

La Norma Experimental en su versión española UNE-ENV 1993 "Proyecto de estructuras de acero, Parte 1-1 Reglas generales y reglas para edificación" contiene las bases para el Proyecto, las propiedades de los aceros, el cálculo de las secciones y de los elementos estructurales, así como las reglas de construcción y del control de calidad de estas estructuras.

Sin ser una norma obligatoria y aún teniendo, además, carácter experimental, constituye, sin duda, un documento técnico de indudable importancia para el sector de la construcción que, en su día, completada con todas sus partes llegará a ser una Norma Europea que facilitará la libre circulación de personas y de productos de acero para la construcción dentro de la Unión Europea.

La reglamentación específica de la edificación en España, sobre la misma materia se desarrolla a través de las Normas Básicas de la Edificación - NBE que tiene como finalidad fundamental la de garantizar la seguridad de las personas, establecer las condiciones para atender las demás exigencia humanas y proteger la economía de la sociedad; para ello, se establecen en cada una de ellas las reglas necesarias para su aplicación en el proyecto, la ejecución y el mantenimiento de los edificios.

En relación con las estructuras de acero, la normativa obligatoria en España ha estado formada por la serie de diez normas básicas NBE-MV 102 a 111, aprobadas entre los años 1966 y 1982; recientemente un Real Decreto ha aprobado la refundición de todas ellas en una sola norma NBE-EA 95 "Estructuras de acero en edificación" que constituye un paso previo a su necesaria actualización y su aproximación a este Eurocódigo, para cuyos trabajos se ha de contar con la participación de los sectores afectados.

La traducción de esta Norma Experimental, partiendo de su versión original en inglés, ha sido supervisada por el Subcomité 3 del Comité Técnico de Normalización 140 "Eurocódigos Estructurales" de AENOR.

Gonzalo Ramírez Gallardo

Subdirector General de Normativa
y Tecnología de la Edificación

*Dirección General para la Vivienda,
el Urbanismo y la Arquitectura*

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS,
TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE

Febrero 1996

norma española experimental

UNE-ENV 1993-1-1/A1

ICS 91.040; 91.080.10

Diciembre 1996

TÍTULO

EUROCÓDIGO 3: Proyecto de estructuras de acero

Parte 1-1: Reglas generales. Reglas generales y reglas para edificación

Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-1: General. General rules and rules for buildings.

Eurocode 3: Calcul des structures en acier. Partie 1-1: Règles générales. Règles générales et règles pour les bâtiments.

CORRESPONDENCIA

Esta 1ª modificación experimental es la versión oficial, en español, de la Modificación A1 de diciembre 1994 de la Norma Europea Experimental ENV 1993-1-1:1992.

OBSERVACIONES

Esta 1ª modificación complementa a la Norma UNE-ENV 1993-1-1 de diciembre 1996.

ANTECEDENTES

Esta modificación experimental ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 140 *Eurocódigos Estructurales* cuya Secretaría desempeña SEOPAN.

ICS 91.040.00; 91.080.10

Descriptores: Edificación, estructura de acero, cálculo, código de edificación, reglas de cálculo.

Versión en español

EUROCÓDIGO 3: Proyecto de estructuras de acero
Parte 1-1: Reglas generales. Reglas generales y reglas para edificación

Eurocode 3: Design of steel structures.
Part 1-1: General. General rules and
rules for buildings.

Eurocode 3: Calcul des structures en
acier. Partie 1-1: Règles générales.
Règles générales et règles pour les
bâtiments.

Eurocode 3: Bemessung und
Konstruktion von Stahlbauten.
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln.
Allgemeine Bemessungsregeln
Bemessungsregeln für den Hochbau.

Esta 1ª Modificación complementa a la Norma Europea Experimental ENV 1993-1-1:1992.

Esta 1ª Modificación ha sido aprobada por CEN el 1993-06-04 como una norma experimental para su aplicación provisional. El período de validez de esta modificación está limitado inicialmente a tres años. Pasados dos años, los miembros de CEN enviarán sus comentarios, en particular sobre la posible conversión de la modificación en Norma Europea (EN).

Los miembros de CEN deberán anunciar la existencia de esta Norma ENV utilizando el mismo procedimiento que para una Norma EN y hacer que esta Norma ENV esté disponible rápidamente y en la forma apropiada a nivel nacional. Se permite mantener (en paralelo con la Norma ENV) las normas nacionales que estén en contradicción con la Norma ENV hasta que se adopte la decisión final sobre la posible conversión de la Norma ENV en Norma EN.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	9
ANEXO D (Normativo) EL USO DE TIPOS DE ACERO S 460 Y S 420	13
D.1 Campo de aplicación	13
D.2 Índice	13
D.3 Materiales	13
D.3.1 Acero estructural	13
D.3.2 Consumibles de soldeo	16
D.4 Estados límites de servicio	16
D.5 Estados límites últimos	16
D.5.1 Generalidades	16
D.5.2 Pandeo por flexión	16
D.5.3 Resistencia al abollamiento (pandeo o inestabilidad local)	20
D.6 Uniones solicitadas por cargas estáticas	20
D.6.1 Generalidades	20
D.6.2 Resistencia de cálculo de una soldadura en ángulo	21
D.6.3 Uniones viga-pilar	21
D.6.4 Uniones de perfiles huecos de vigas de celosía	21
D.7 Fabricación de aceros de la EN 10113	21
D.7.1 Generalidades	21
D.7.2 Conformación	22
D.7.3 Corte	23
D.7.4 Soldeo	23
D.8 Proyecto asistido por ensayos	25
D.9 Fatiga	25
ANEXO K (Normativo) UNIONES DE PERFILES HUECOS EN LAS VIGAS DE CELOSÍA	26
K.1 Generalidades	26
K.1.1 Objeto	26
K.1.2 Requisitos generales	26
K.2 Definiciones y símbolos	26
K.3 Campo de aplicación	32
K.4 Cálculo	32
K.4.1 Generalidades	32
K.4.2 Análisis	32
K.4.3 Longitudes de pandeo de perfiles huecos en estructuras de celosía	34
K.4.4 Modos de rotura para uniones de perfiles huecos	35

	Página
K.5 Soldaduras	40
K.5.1 Resistencia de cálculo	40
K.5.2 Soldeo en zonas deformadas en frío	42
 K.6 Nudos soldados entre barras de perfiles huecos circulares (CHS)	 43
K.6.1 Generalidades	43
K.6.2 Nudos en un solo plano	43
K.6.3 Nudos en planos múltiples	50
 K.7 Nudos soldados entre barras de arriostramiento de CHS o de RHS y cordones de RHS	 51
K.7.1 Generalidades	51
K.7.2 Nudos en un solo plano	52
K.7.3 Nudos en planos múltiples	63
 K.8 Uniones soldadas entre riostras de CHS o RHS y cordones de perfil I o H	 64
 K.9 Uniones atornilladas	 67

INTRODUCCIÓN

Objetivos de los Eurocódigos

- (1) Los "Eurocódigos Estructurales" comprenden un grupo de normas para el proyecto de edificaciones y de obras de ingeniería civil desde el punto de vista estructural y geotécnico.
- (2) Dichos Eurocódigos cubren la ejecución y el control solamente hasta el alcance que es necesario para indicar la calidad de los productos de construcción, y la normalización o nivel de ejecución, necesarios para cumplir las hipótesis adoptadas en las reglas de proyecto.
- (3) Hasta que esté disponible el conjunto necesario de especificaciones técnicas armonizadas para los productos y para los métodos de ensayo de las prestaciones de los mismos, algunos de los Eurocódigos Estructurales cubren algunos de dichos aspectos en anexos informativos.

Antecedentes al programa de Eurocódigos

- (4) La Comisión de las Comunidades Europeas (CCE) inició el trabajo de establecer un conjunto de reglas técnicas armonizadas para el proyecto de edificaciones y obras de ingeniería civil que sirviera, inicialmente, como una alternativa a las diferentes reglas vigentes en los distintos Estados miembros y que, finalmente, las sustituyese. Estas reglas técnicas son las que se conocen como "Eurocódigos Estructurales".
- (5) En 1990, tras consultar a sus estados miembros respectivos, la CCE transfirió el trabajo del futuro desarrollo, la edición y la actualización de los Eurocódigos Estructurales al CEN, y la Secretaría de la AELC (EFTA) aceptó apoyar el trabajo del CEN.
- (6) El Comité Técnico CEN/TC 250 es el responsable de todos los Eurocódigos Estructurales.

Programa de Eurocódigos

- (7) El Trabajo se está desarrollando en los Eurocódigos Estructurales siguientes, cada uno de los cuales está, generalmente, constituido por un cierto número de partes:

EN 1991 Eurocódigo 1 Bases de proyecto y acciones sobre las estructuras.

EN 1992 Eurocódigo 2 Proyecto de estructuras de hormigón.

EN 1993 Eurocódigo 3 Proyecto de estructuras de acero.

EN 1994 Eurocódigo 4 Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón.

EN 1995 Eurocódigo 5 Proyecto de estructuras de madera.

EN 1996 Eurocódigo 6 Proyecto de estructuras de mampostería (albañilería).

EN 1997 Eurocódigo 7 Proyecto geotécnico.

EN 1998 Eurocódigo 8 Proyecto de estructuras resistentes a los seismos.

EN 1999 Eurocódigo 9 Proyecto de estructuras de aleaciones de aluminio.

- (8) El CEN/TC 250 ha formado subcomités independientes para cada uno de los Eurocódigos listados anteriormente.
- (9) Esta Modificación A1 afecta a la Parte 1-1 del Eurocódigo 3 que ha publicado CEN como una Norma Europea Experimental (ENV) en abril de 1992 con una vigencia inicial de tres años.

- (10) Esta Norma Experimental está prevista para una aplicación experimental y para que se remitan los comentarios oportunos.
- (11) Después de, aproximadamente, dos años se invitará a los miembros de CEN a que presenten sus comentarios formales (oficiales), que se tendrán en cuenta para determinar acciones futuras.
- (12) Mientras tanto, las observaciones y comentarios a esta Norma Experimental se deben enviar a la secretaría del CEN/TC250/SC3, en la dirección siguiente:

BSI Standards
British Standard House
389 Chiswick High Road
London W4 4AL
England

o al Organismo Nacional de Normalización correspondiente:

NOTA NACIONAL – El Organismo Nacional de Normalización en España:

AENOR
Fernández de la Hoz, 52
28010 - Madrid
Tf.: 91-4326000
Fax: 91-3104596

Documentos Nacionales de Aplicación (DNA)

- (13) En vista de las responsabilidades de las autoridades de los estados miembros en materia de seguridad, salud y otros aspectos cubiertos por los requisitos esenciales de la Directiva de Productos de la Construcción (DPC), a ciertos elementos de seguridad contemplados en esta ENV se les ha asignado valores indicativos que están identificados por ir enmarcados ("valores enmarcados"). Las autoridades de cada estado miembro revisarán, como está previsto, los "valores enmarcados" y pueden sustituir valores definitivos alternativos para dichos elementos de seguridad, que se utilizarán en aplicaciones nacionales.
- (14) Algunas de las normas europeas o internacionales de apoyo pueden no estar disponibles todavía en el momento de publicar esta norma experimental. Por lo tanto, está previsto que cada país miembros o su organismo de normalización respectivo publique un Documento Nacional de Aplicación (DNA) que dé los valores definitivos para los elementos de seguridad, que haga referencia a las normas de apoyo compatibles y que proporcione una guía para la aplicación nacional de esta norma experimental.
- (15) Está previsto que esta norma experimental se utilice conjuntamente con el DNA válido en el país donde esté localizada la edificación o la obra civil respectiva.

Campo de aplicación

- (16) El campo de aplicación del Eurocódigo 3 está definido en el apartado 1.1.1 de la ENV 1993-1-1. Las partes adicionales del Eurocódigo 3 que ya están planificadas se indican en el apartado 1.1.3 de la Parte 1-1.

Rango

- (17) Esta modificación A1 a la ENV 1993-1-1 comprende dos anexos independientes, D y K, cada uno de los cuales tiene un rango diferente.

- (18) El anexo D es una adición a un texto que ya existía anteriormente. Amplía la aplicación de la Parte 1-1 a dos tipos de acero de alta resistencia (o de alto límite elástico), como se preveía en el apartado 3.2.2.1(5).
- (19) El anexo K en esta enmienda A1 es una versión revisada y ampliada. Sustituye a la versión original del Anexo K de la ENV 1993-1-1:1992 que es reemplazado y eliminado por la presente versión.
- (20) Además, esta modificación A1 modifica el título de la Parte 1-1 de la ENV 1993. De ahora en adelante será: "Parte 1-1 Reglas generales. Reglas generales y reglas para la edificación".
- (21) *(Véase nota a pie de página)*

Designaciones de los aceros

- (22) Durante la transición a normas europeas CEN, además de las definiciones adoptadas en las normas nacionales, se han utilizados tres sistemas de designación diferentes, a nivel europeo, para denominar los tipos de resistencia de acero estructural y las cualidades de tenacidad o dureza.
- (23) Para los productos laminados en caliente de acero no aleados, estas designaciones son:

Euronorma 25-72	Norma Europea EN 10025:1990	Norma Europea EN 10025:1993^{*)}
Fe 360 A	—	—
Fe 360 B	Fe 360 B	S 235 JR
FE 360 C	Fe 360 C	S 235 JO
Fe 360 D	Fe 360 D	S 235 J2
Fe 430 A	—	—
Fe 430 B	Fe 430 B	S 275 JR
Fe 430 C	Fe 430 C	S 275 JO
Fe 430 D	Fe 430 D	S 275 J2
Fe 510 B	Fe 510 B	S 355 JR
Fe 510 C	Fe 510 C	S 355 JO
Fe 510 D	Fe 510 D	S 355 J2
Fe 510 DD	Fe 510 DD	S 355 K2

^{*)} Estas designaciones cumplen la Norma EN 10027 y el documento ECISS/IC 10.

- (24) Para los productos laminados en caliente en acero soldables de grano fino las designaciones correspondientes son:

Euronorma 113-72	Proyecto de Norma Europea prEN 10113	Norma Europea EN 10113:1993^{*)}
Fe E 275 KGN	Fe E 275 KGN	S 275 N
Fe E 275 KTN	Fe E 275 KTN	S 275 NL
Fe E 275 KGTM	Fe E 275 KGTM	S 275 M
Fe E 275 KTTM	Fe E 275 KTTM	S 275 ML
Fe E 355 KGN	Fe E 355 KGN	S 355 N
Fe E 355 KTN	Fe E 355 KTN	S 355 NL
Fe E 355 KGTM	Fe E 355 KGTM	S 355 M
Fe E 355 KTTM	Fe E 355 KTTM	S 355 ML
Fe E 420 KGN	Fe E 420 KGN	S 420 N
Fe E 420 KTN	Fe E 420 KTN	S 420 NL
Fe E 420 KGTM	Fe E 420 KGTM	S 420 M
Fe E 420 KTTM	Fe E 420 KTTM	S 420 ML
Fe E 460 KGN	Fe E 460 KGN	S 460 N
Fe E 460 KTN	Fe E 460 KTN	S 460 NL
Fe E 460 KGTM	Fe E 460 KGTM	S 460 M
Fe E 460 KTTM	Fe E 460 KTTM	S 460 ML

^{*)} Estas designaciones concuerdan con la Norma EN 10027 y ECIS/IC 10.

- (25) En la edición 1992 de la ENV 1993-1-1 se han utilizado las designaciones de acuerdo con la EN 10025:1990 y el prEN 10113. Sin embargo, en el anexo D, añadido mediante esta modificación A1 a la ENV 1993-1-1, las designaciones que se han utilizado están de acuerdo con las Normas EN 10025:1993 y EN 10113:1993.

ANEXO D (Normativo)

EL USO DE TIPOS DE ACERO S 460 Y S 420

D.1 Campo de aplicación

- (1)P Este anexo amplía la aplicación de la ENV 1993-1-1 a los tipos de acero S 460 y S 420 de la Norma EN 10113 y al tipo S 460 de la Norma EN 10137.

D.2 Índice

- (1)P Los apartados D.3 a D.9 amplían las secciones correspondientes, junto con los anexos conexos, de la forma siguiente:

– D.3 Materiales:	Sección 3 y anexos B y C;
– D.4 Estados límites de servicio:	Sección 4;
– D.5 Estados límites últimos:	Sección 5 y anexos E y F;
– D.6 Uniones solicitadas por cargas estáticas:	Sección 6 y anexos J, K, L y M;
– D.7 Fabricación de aceros EN 10113:	Sección 7;
– D.8 Proyecto asistido por ensayos:	Sección 8 y anexo Y;
– D.9 Fatiga:	Sección 9.

NOTA – El D.7 está previsto finalmente para cubrir aceros tanto de la EN 10113 como de la EN 10137, pero sólo aquellos cuyas estipulaciones de fabricación son importantes para el proyecto. En la etapa presente de desarrollo, pendiente de la disponibilidad de estipulaciones para aceros de alta resistencia contemplados en la norma EN 1090: "Ejecución de estructuras de acero", el D.7 contiene temporalmente, también, disposiciones relativas a la fabricación de aceros EN 10113 pero no cubre el acero de la EN 10137. Está previsto que la futura EN 1090 contendrá las disposiciones apropiadas para los aceros de ambas normas EN 10113 y EN 10137 que sustituirán a estas disposiciones temporales.

- (2)P Las disposiciones de las secciones 1 y 2 se aplican, sin cambios, a los tipos de acero S 460 y S 420.

D.3 Materiales

D.3.1 Acero estructural

- (1)P Las propiedades de los materiales que se dan en este apartado son valores nominales que han de adoptarse como valores característicos solamente en los cálculos del proyecto.
- (2)P Otras propiedades o características se dan en las Normas EN 10113 y EN 10137.
- (3)P Los valores nominales del límite elástico f_y y de la resistencia última a tracción f_u se dan en la tabla D.1 para los tipos de acero S 460 y S 420 según la EN 10113 y para el tipo de acero S 460 según la EN 10137.
- (4)P Los valores nominales que figuran en la tabla D.3.1 se pueden adoptar como valores característicos en los cálculos.

Tabla D.1
Valores nominales del límite elástico f_y y de la resistencia última a tracción f_u

Tipo nominal de acero según la Norma EN 10113	Espesor t en mm ¹⁾			
	$t \leq 40$		$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}^2)$	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
S 460 N	460	550	430	550
S 460 M	460	530	430	530
S 420 N	420	520	390	520
S 420 M	420	500	390	500

Tipo nominal de acero según la Norma EN 10137	Espesor t en mm ¹⁾					
	$t \leq 50 \text{ mm}$		$50 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$		$100 \text{ mm} < t \leq 150 \text{ mm}$	
	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)	f_y (N/mm ²)	f_u (N/mm ²)
S 460 Q	460	550	440	550	400	500

1) t es el espesor nominal de la pieza.

2) $40 \text{ mm} < t \leq 63 \text{ mm}$ para chapas y otros productos planos de acero de condición de suministro M según la Norma EN 10113-3.

- (5)P Como alternativa, se pueden utilizar los valores mínimos especificados en la Norma EN 10113 para una gama amplia de espesores.
- (6)P Valores similares pueden adoptarse para los perfiles estructurales huecos según las Normas EN 10210 y EN 10219.
- (7)P El material tendrá la tenacidad a la fractura (resiliencia) suficiente para evitar la rotura frágil a la temperatura más baja de servicio prevista dentro de la vida útil estimada de la estructura.
- (8) En casos normales de piezas soldadas o sin soldar en estructuras de edificación sometidas a cargas estáticas o a cargas de fatiga (pero no a cargas dinámicas), no es necesaria una comprobación adicional de la rotura frágil si se cumplen las condiciones dadas en la tabla D.2.
- (9) Para todos los demás casos se hará referencia al anexo C.
- (10) En el anexo C el valor básico del límite elástico inferior f_{y0} deberá adoptarse igual a 460 N/mm^2 para el tipo de acero S 460 e igual a 420 N/mm^2 para el tipo de acero S 420.
- (11)P Cuando se utilice el tipo de acero S 460 o S 420 según la Norma EN 10113 o el tipo de acero S 460 según la Norma EN 10137, el análisis plástico se puede utilizar en el análisis global de estructuras o de sus piezas.

Tabla D.2
Espesor máximo para elementos estructurales cargados estáticamente sin referencia al anexo C

Tipo y calidad de acero	Espesor máximo (mm) para una temperatura inferior de servicio de:					
	0 ° C		-10 ° C		-20 ° C	
Condición de servicio	S1	S2	S1	S2	S1	S2
EN 10113: ¹⁾						
S 460 ²⁾	179	53	150	38	99	28
S 460 L ³⁾	250	150	250	101	250	69
S 420 ²⁾	250	70	162	50	140	36
S 420 L ³⁾	250	172	250	145	250	94
EN 10137: ⁴⁾						
S 460 Q	126	34	86	25	61	18
S 460 QL	150	86	150	61	150	44
S 460 QL1	150	150	150	150	150	119
Condiciones de servicio:⁵⁾ S1 Indistintamente: – no soldados, o – a compresión. S2 Soldados, a tracción En ambos casos, esta tabla supone una velocidad de carga R1 y consecuencias de condición de rotura C2, véase el anexo C.						

- 1) Para aceros de condición de suministro N según la Norma EN 10113-2, con espesor superior a 100 mm para el tipo de acero S 460 y superior a 150 mm para el tipo de acero S 420, y para los aceros de condición de suministro M según la EN 10113-3 con espesor superior a 150 mm para productos largos y espesor superior a 63 mm para productos planos, la energía mínima del ensayo Charpy con entalla en V especificada en la Norma EN 10113 está sujeta a un acuerdo. Hasta 150 mm de espesor, se requiere un valor mínimo de 27 J, y de 23 J para espesores superiores a 150 mm hasta 250 mm. La temperatura de ensayo será de -30° C para calidades de acero S 460 y S 420, y de -50° C para calidades de acero S 460 y S 420 L.
- 2) Para las calidades de acero S 460 y S 420 los valores mínimos de energía de rotura de probeta Charpy con entalla en V especificados en la Norma EN 10113 sólo descenderán hasta 40 J a -20° C. La entrada en esta fila supone un valor equivalente de 27 J a -30° C.
- 3) Para las calidades de acero S 460 L y S 420 L el valor mínimo de energía de rotura de probeta Charpy con entalla en V especificado en la Norma EN 10113 es 27 J a -50° C.
- 4) En la Norma EN 10137-2 el espesor máximo especificado para los aceros templados y revenidos es 150 mm. El valor mínimo especificado para la energía de rotura de probeta Charpy con entalla en V es 30 J en la dirección longitudinal y 27 J en la dirección transversal a temperaturas de ensayo de -20° C, -40° C y -60° C para las calidades Q, QL y QL1 respectivamente. Los valores que se dan en esta tabla se basan en 27 J a la temperatura respectiva para cada calidad.
- 5) Para todos los detalles de las condiciones de servicio, véase el anexo C.

D.3.2 Consumibles de soldeo

- (1)P Todos los consumibles de soldeo cumplirán la Norma de Referencia 4, véase el anexo B.
- (2)P Los valores especificados para el límite elástico, la resistencia última a tracción, el alargamiento en rotura y la energía mínima en el ensayo de flexión por choque con probeta Charpy de entalla en V, del metal de aportación serán iguales o superiores a los valores correspondientes especificados para el tipo de acero que se suelde.

D.4 Estados límites de servicio

- (1)P Los requisitos para los estados límites de servicio dados en las secciones 2 y 4 se aplican también a las estructuras con acero de los tipos S 460 y S 420.
- (2) Las recomendaciones dadas en las reglas de aplicación de la sección 4 son válidas para los tipos de acero S 460 y S 420.

D.5 Estados límites últimos

D.5.1 Generalidades

- (1)P Las disposiciones dadas en la sección 5 se aplican también a los tipos de acero S 460 y S 420 excepto cuando se dan disposiciones especiales en D.5.2 o D.5.3.

D.5.2 Pandeo por flexión

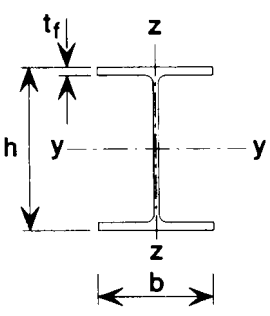
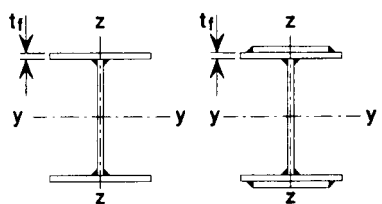
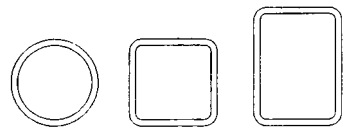
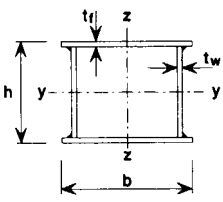
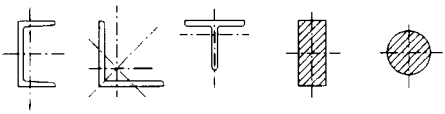
- (1)P Para el pandeo por flexión, la curva de pandeo apropiada para los tipos de acero S 460 y S 420 sólo se determinará a partir de la tabla D.3.
- (2)P Las secciones o perfiles que no estén contenidos en dicha tabla se clasificarán análogamente.
- (3)P El coeficiente o factor de imperfección α correspondiente a la curva de pandeo apropiada se obtendrá de la tabla D.4

Tabla D.4
Factores de imperfección

Curva de pandeo	a_0	a	b	c	d
Factor de imperfección α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

- (4)P Los valores del factor de reducción para la esbeltez χ generalizada apropiada $\bar{\lambda}$ se pueden obtener de la tabla D.5.
- (5)P Las piezas cónicas o de sección decreciente y las piezas de sección transversal variable dentro de su longitud se pueden analizar utilizando la teoría de segundo orden, incorporando el valor de cálculo apropiado de la imperfección de curvatura inicial equivalente $e_{0,d}$ que se da en la figura D.1 correspondiente a la curva de pandeo respectiva, dependiendo del método de análisis y del tipo de verificación de la sección transversal.

Tabla D.3
Selección de la curva de pandeo para una sección transversal

Sección transversal	Límites	Pandeo alrededor del eje	S 460	S 420
Perfiles I laminados 	$h/b > 1,2$: $t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	a_0 a_0	a a
	$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	a a	b b
	$h/b \leq 1,2$: $t_f \leq 100 \text{ mm}$	y - y z - z	a a	b b
	$t_f > 100 \text{ mm}$	y - y z - z	c c	d d
Perfiles I soldados 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$	y - y z - z	b c	b c
	$t_f > 40 \text{ mm}$	y - y z - z	c d	c d
Perfiles huecos 	acabados en caliente	cualquiera	a	a
	conformado en frío - utilizando f_{yb} ¹⁾	cualquiera	b	b
	conformado en frío - utilizando f_{ya} ¹⁾	cualquiera	c	c
Secciones en cajón soldadas 	generalmente (excepto como debajo)	cualquiera	b	b
	espesor soldaduras y: $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	y - y z - z	c c	c c
Secciones en U, L, T y macizas 		cualquiera	c	c

1) Véase 5.5.1.4 (4) y la figura 5.5.2.

Tabla D.5
Coefficiente de reducción

$\bar{\lambda}$	χ para curva de pandeo:				
	a_0	a	b	c	d
0,2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
0,3	0,9859	0,9775	0,9641	0,9491	0,9235
0,4	0,9701	0,9528	0,9261	0,8973	0,8504
0,5	0,9513	0,9243	0,8842	0,8430	0,7793
0,6	0,9276	0,8900	0,8371	0,7854	0,7100
0,7	0,8961	0,8477	0,7837	0,7247	0,6431
0,8	0,8533	0,7957	0,7245	0,6622	0,5797
0,9	0,7961	0,7339	0,6612	0,5998	0,5208
1,0	0,7253	0,6656	0,5970	0,5399	0,4671
1,1	0,6482	0,5960	0,5352	0,4842	0,4189
1,2	0,5732	0,5300	0,4781	0,4338	0,3762
1,3	0,5053	0,4703	0,4269	0,3888	0,3385
1,4	0,4461	0,4179	0,3817	0,3492	0,3055
1,5	0,3953	0,3724	0,3422	0,3145	0,2766
1,6	0,3520	0,3332	0,3079	0,2842	0,2512
1,7	0,3150	0,2994	0,2781	0,2577	0,2289
1,8	0,2833	0,2702	0,2521	0,2345	0,2093
1,9	0,2559	0,2449	0,2294	0,2141	0,1920
2,0	0,2323	0,2229	0,2095	0,1962	0,1766
2,1	0,2117	0,2036	0,1920	0,1803	0,1630
2,2	0,1937	0,1867	0,1765	0,1662	0,1508
2,3	0,1779	0,1717	0,1628	0,1537	0,1399
2,4	0,1639	0,1585	0,1506	0,1425	0,1302
2,5	0,1515	0,1467	0,1397	0,1325	0,1214
2,6	0,1404	0,1362	0,1299	0,1234	0,1134
2,7	0,1305	0,1267	0,1211	0,1153	0,1062
2,8	0,1216	0,1182	0,1132	0,1079	0,0997
2,9	0,1136	0,1105	0,1060	0,1012	0,0937
3,0	0,1063	0,1036	0,0994	0,0951	0,0882

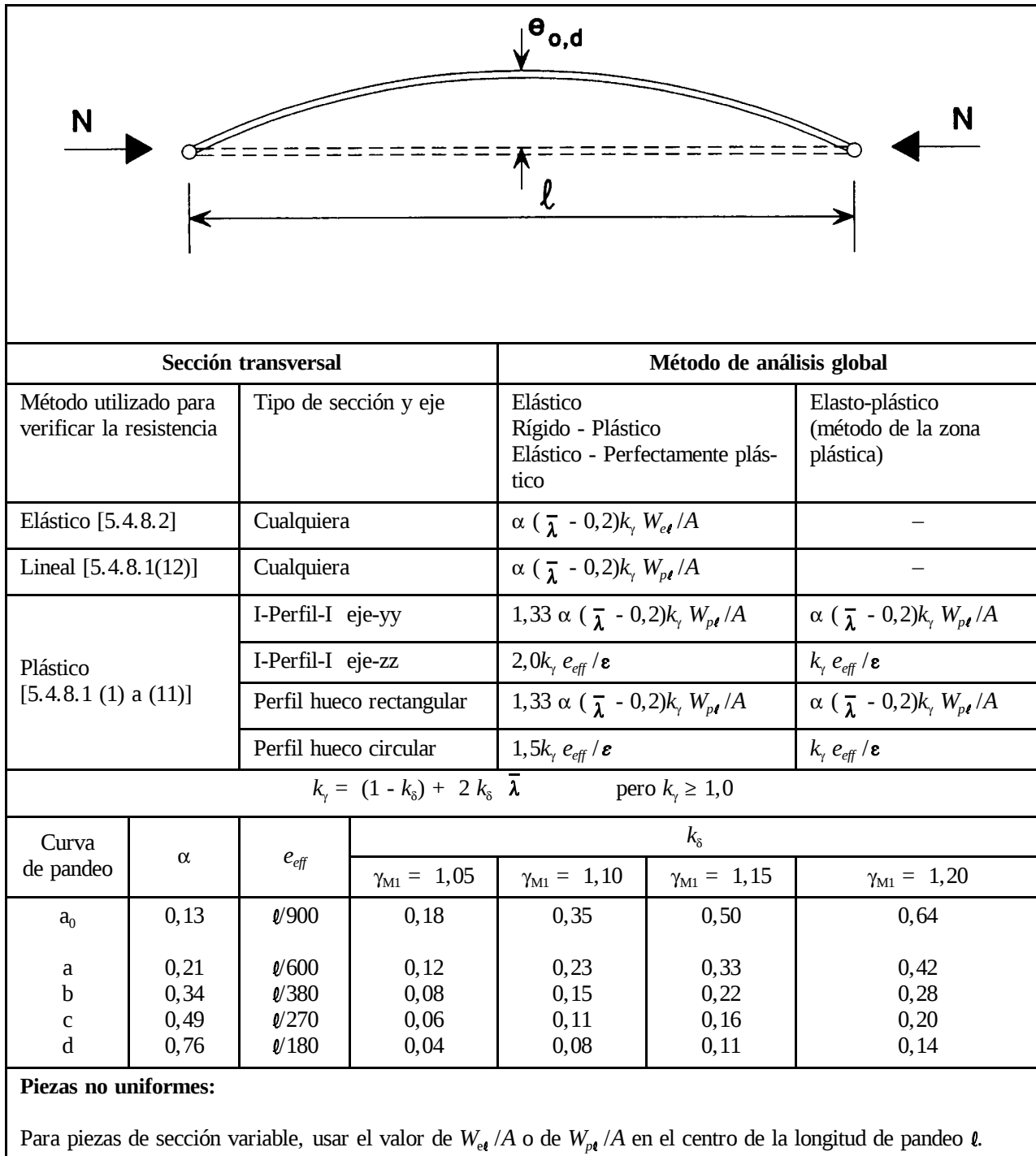


Fig. D.1 – Valores de cálculo de la imperfección de curvatura inicial equivalente $e_{o,d}$

D.5.3 Resistencia al abollamiento (pandeo o inestabilidad local)

- (1) Para el tipo de acero S 460 solamente, la resistencia de cálculo al abollamiento (pandeo local o inestabilidad local) $R_{a,Rd}$ del alma de un perfil en I, en H o en U se obtendrá aplicando:

$$R_{a,Rd} = 0,6 t_w^2 (E f_{yw})^{0,5} [(t_f/t_w)^{0,5} + 3 (t_w/t_f) (s_s/d)] / \gamma_{M1} \quad (D.1)$$

donde

s_s es la longitud del apoyo rígido, véase el apartado 5.7.2 (3);

t_w es el espesor del alma;

t_f es el espesor del ala;

d es el canto del alma entre las alas;

E es el módulo de elasticidad;

f_{yw} es el límite elástico del alma.

pero

s_s/d no debe tomarse mayor que 0,2.

- (2) Para el tipo de acero S 420 la resistencia de cálculo a abolladura se obtendrá utilizando la expresión o fórmula (5.77) que se da en el apartado 5.7.4 (1).

- (3) Cuando la pieza está sometida también a momentos flectores, deberán cumplirse los criterios siguientes:

$$F_{Sd} \leq R_{a,Rd} \quad (D.2a)$$

$$M_{Sd} \leq M_{c,Rd} \quad (D.2b)$$

$$y \frac{F_{Sd}}{R_{a,Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{c,Rd}} \leq 1,5 \quad (D.2c)$$

donde

F_{Sd} es el esfuerzo transversal o reacción de cálculo aplicado al alma a través de un ala;

M_{Sd} es el momento interno de cálculo de la pieza;

$M_{c,Rd}$ es la resistencia al momento de cálculo de la sección transversal.

D.6 Uniones solicitadas por cargas estáticas

D.6.1 Generalidades

- (1)P Las disposiciones dadas en la sección 6 se aplican también a los tipos de acero S 460 y S 420, excepto cuando se dan disposiciones especiales en D.6.2 o D.6.3.
- (2)P Las uniones sometidas a fatiga deben cumplir, también, los requisitos que se dan en la sección 9.

D.6.2 Resistencia de cálculo de una soldadura en ángulo

- (1)P La resistencia de cálculo por unidad de longitud de una soldadura en ángulo se determinará utilizando, indistintamente, el método dado en el apartado 6.6.5.3 o el método alternativo que se da en el anexo M.
- (2) El valor del factor de correlación β_w se adoptará igual a 1,0 para los tipos de acero S 460 y S 420.

D.6.3 Uniones viga-pilar

- (1) Lo estipulado en el anexo J para el cálculo de las uniones viga-pilar se aplica también para los tipos de acero S 460 y S 420 con las excepciones que se indican en (2) y (3).
- (2) En J.2.3.2 (4) cuando las soldaduras longitudinales son soldaduras en ángulo:

$$t_{w,eff} = 1,3 t_{wc}$$

- (3) En J.2.4.1 (1) y en J.3.5.1 (1) la resistencia de cálculo al aplastamiento de un alma de pilar sin rigidizar se determinará aplicando la expresión (D.1) del apartado D.5.3 (1) para el tipo de acero S 460 solamente, mientras que para el tipo de acero S 420 se aplicará la expresión (5.77) del apartado 5.7.4 (1).

D.6.4 Uniones de perfiles huecos de vigas de celosía

- (1) Las reglas de aplicación que se dan en el anexo K no se aplicarán a los tipos de acero S 460 y S 420 sin una verificación experimental adicional.

D.7 Fabricación de aceros de la EN 10113

D.7.1 Generalidades

D.7.1.1 Campo de aplicación del D.7

- (1)P Las disposiciones de la sección 7 se aplican generalmente también a los tipos de acero S 460 y S 420. El apartado D.7 está relacionado con disposiciones adicionales y modificadas para estos tipos de acero.
- (2)P Una guía adicional se da en D.7 para la fabricación de los tipos de acero S 460 y S 420 de la Norma EN 10113.
- (3)P El D.7 especifica también requisitos adicionales para el soldeo de los tipos de acero S 460 y S 420 de la Norma EN 10113.
- (4) Pendientes de la preparación de una norma europea que contemple la fabricación y el soldeo de aceros revenidos y templados, las recomendaciones de los siderúrgicos y de los fabricantes de consumibles de soldeo deben seguirse en el caso del tipo de acero S 460 según la Norma EN 10137.

D.7.1.2 Tipo de acero

- (1)P Se tendrá en cuenta el hecho de que el acero para los tipos S 460 y S 420 de la EN 10113 se puede obtener por varios procesos de fabricación diferentes que utilizan distintos tratamientos térmicos y composiciones químicas del acero con el fin de producir materiales con características mecánicas similares.

- (2)P Debido a que la composición química y las condiciones del tratamiento térmico tienen una influencia importante en el comportamiento de un material durante la fabricación, deberán distinguirse las condiciones de suministro siguientes:

- M: Acero laminado termomecánicamente;
- N: Acero normalizado

NOTA 1 – El laminado termomecánico es un proceso de laminación en el cual la deformación final se realiza en un intervalo particular de temperatura que conduce a una condición del material con ciertas características materiales o físicas que no se pueden alcanzar o repetir por sólo el tratamiento térmico.

- (3)P El acero laminado termomecánicamente puede incluir también acero producido por los procesos siguientes:

- enfriamiento acelerado sin revenido (EA);
- templado y auto-revenido (TAR).

- (4)P El acero normalizado puede incluir también acero laminado normalizado.

NOTA 2 – El laminado normalizante es un proceso de laminación en el cual la deformación final se realiza en un intervalo particular de temperatura que conduce a una condición material equivalente a la que se obtiene después del normalizado. Los valores especificados de las características mecánicas se retienen incluso después del normalizado.

- (5)P El acero en la condición de suministro M no estará normalizado. Sólo se puede normalizar (homogeneizar) el acero en la condición de suministro N.
- (6) Los aceros suministrados en condiciones de suministro distintas difieren significativamente en cuanto a sus composiciones químicas y a sus condiciones de tratamiento térmico. Por esta razón, deberían obtenerse las recomendaciones del fabricante siderúrgico relativas a la fabricación y al soldeo de su acero, y evaluarse en relación con la estructura específica y el procedimiento de fabricación propuesto.
- (7) Cuando aceros de condiciones de suministro diferentes se van a soldar entre sí, los requisitos específicos de fabricación deberían estar verificados y documentados.

D.7.2 Conformación

D.7.2.1 Conformación en caliente

- (1)P El acero en la condición de suministro M no debe estar conformado en caliente a menos que se haya comprobado mediante ensayos que el procedimiento que se va a usar, incluyendo el intervalo de temperatura, no reducirá las características mecánicas del acero por debajo de las especificadas.
- (2)P El acero en la condición de suministro N puede estar conformado en caliente. La temperatura superior durante la conformación en caliente no debe exceder los 1 050 °C.
- (3) El paso último de un proceso de conformación en caliente para el acero en la condición de suministro N debería darse en el intervalo de temperatura desde 750 °C hasta 980 °C con el enfriamiento subsiguiente a la temperatura ambiente.
- (4)P Con el fin de evitar el temple (cementación), es necesario limitar la velocidad de enfriamiento. Cuando esto no sea posible, deberá realizarse un tratamiento de normalización a continuación.

D.7.2.2 Conformación en frío

- (1)P El material en ambas condiciones de suministro, M y N, puede estar conformado en frío.
- (2) Durante la conformación en frío deberán tenerse en cuenta los valores característicos más altos de resiliencia y de resistencia a tracción del acero S 460 o S 420, en comparación con los del acero S 355.
- (3)P Si, después de la conformación en frío, se ha realizado un tratamiento de relajación de tensiones, deberán cumplirse las condiciones siguientes para ambas condiciones de suministro, M y N:
 - a) intervalo de temperatura: 530 °C a 580 °C;
 - b) tiempo empleado: 2 minutos por cada mm de espesor del material, pero 30 minutos como mínimo.

NOTA – El tratamiento de relajación de tensiones a más de 580°C, o durante un tiempo superior a una hora, puede originar un deterioro de las características mecánicas. Cuando se prevea relajar tensiones de aceros S 460 o S 420 a temperaturas más altas o durante períodos más largos, los valores mínimos requeridos de las características mecánicas deberían acordarse previamente con el productor del acero.

D.7.3 Corte

- (1)P Durante el corte, deberá tenerse en cuenta que las características de resistencia a tracción del acero S 460 o S 420 son más altas que las del acero S 355.

D.7.4 Soldeo

D.7.4.1 Soldabilidad

- (1)P Los tipos de acero S 460 y S 420 se pueden soldar utilizando todos los procedimientos de soldeo listados en el apartado 6.6.1 (2), siempre que se sigan las disposiciones generales para el soldeo que se dan en la Norma de Referencia 9 (véase el anexo B) y las disposiciones especiales que se dan en este anexo D.
- (2)P La fabricación con aceros de tipo S 460 o S 420 quedará reservada exclusivamente para los talleres cualificados adecuadamente y los soldadores certificados que utilicen procedimientos de soldeo cualificados.
- (3) Cuando aceros S 460 y S 420 de diferentes condiciones de suministro (M o N) vayan a unirse mediante soldeo, deberán seguirse las recomendaciones de los productores del acero.

D.7.4.2 Achaflando

- (1)P El achaflanado o biselado puede realizarse indistintamente mediante maquinado o por corte por plasma o por llama (oxicorte).
- (2)P En el caso de corte por plasma o por llama, deberán cumplirse los requisitos de precalentamiento dados en D.7.4.5.
- (3)P Las superficies de corte se decaparán o desoxidarán mediante amolado, y se verificará que estén sanas y libres de fisuras mediante una inspección visual y un ensayo de líquidos penetrantes u otro ensayo análogo.

D.7.4.3 Consumibles de soldeo

- (1)P Las características mecánicas especificadas del metal de aportación deberán ser, generalmente, iguales a las especificadas para el tipo de acero a soldar, véase D.3.2(2).

- (2)P Para el soldeo manual por arco y el soldeo por arco sumergido, podrán usarse normalmente electrodos y polvos básicos. En cualquier otro caso, deberán seguirse las recomendaciones del productor del acero.
- (3)P Cuando se vayan a utilizar consumibles de soldeo controlado por hidrógeno, el fabricante debe ser capaz de demostrar que él ha utilizado los consumibles de la manera recomendada por el fabricante de los mismos y que los consumibles se han secado o desecado a los niveles de temperatura y en los plazos apropiados.
- (4)P En todos los casos, los consumibles de soldeo se seleccionarán teniendo en cuenta su aplicación particular, incluyendo el diseño de la junta o del nudo, la posición de soldeo y las características exigidas para cumplir las condiciones de servicio.
- (5)P Si las soldaduras se van a someter a un tratamiento térmico, deberá tenerse en cuenta su influencia sobre las características del metal depositado.
- (6) Las recomendaciones de los fabricantes de los consumibles de soldeo deberían consultarse para informarse de las características del metal depositado después del tratamiento térmico.
- (7)P En el caso de consumibles de soldeo altamente aleados, deberán seguirse las recomendaciones sobre tratamiento térmico del fabricante de los consumibles de soldeo.

NOTA – En la condición de normalizado, las características a tracción del metal depositado son inferiores a las que resultan en la condición de como soldado.

D.7.4.4 Tenacidad

D.7.4.4.1 Zona térmicamente afectada

- (1)P Las características de tenacidad de la zona afectada por el calor pueden ser inferiores a las especificadas para el tipo de acero a soldar, siempre que la zona térmicamente afectada tenga la tenacidad suficiente para las condiciones particulares de servicio.

NOTA – La tenacidad está especificada generalmente en términos de energía de choque sobre probeta Charpy con entalla en V a una temperatura especificada.

- (2)P Para algunas aplicaciones puede ser necesario controlar la aportación o el consumo de calor, especificando el mínimo y el máximo permitidos. Este intervalo de consumo calorífico variará dependiendo del tipo de acero, espesor, precalentamiento y tenacidad exigidos de la zona térmicamente afectada.
- (3) El productor de acero debería ser consultado acerca de cuál es el acero más adecuado para cumplir el nivel especificado de tenacidad de la zona térmicamente afectada a los consumos caloríficos que se van a utilizar.

D.7.4.4.2 Metal depositado

- (1)P La técnica de soldeo ejerce una influencia considerable sobre la tenacidad alcanzada en un nudo soldado. Deberán tenerse en cuenta los diversos factores que intervienen en el procedimiento de soldeo y que pueden afectar a las características de tenacidad.
- (2) Como guía para alcanzar los valores de tenacidad específicos en el metal depositado a una temperatura particular, deberían seguirse las recomendaciones del fabricante de los consumibles de soldeo y del productor del acero.

D.7.4.5 Precalentamiento

- (1)P La necesidad de precalentamiento antes del soldeo se determinará sobre la base de la composición química del acero y del metal de aportación.

- (2) Estando pendientes de la elaboración de una norma europea que contemple los requisitos de precalentamiento para un tipo de acero dado, deberían seguirse y documentarse las recomendaciones del productor del acero.

NOTA – Los aceros de la condición de suministro M con valores de carbono equivalente bajos que están disponibles no requerirán, generalmente, precalentamiento para espesores de hasta 50 mm. Este límite se puede aumentar para ciertos aceros con valores de carbono equivalente muy bajos.

- (3)P Cuando se requiera el precalentamiento, se hará referencia también a la Norma de Referencia 9 del anexo B.
- (4)P La temperatura de precalentamiento es la temperatura requerida del acero a soldar inmediatamente antes de iniciar el soldeo. El mismo valor se puede utilizar, generalmente, como temperatura mínima entre pasadas para soldaduras por pasadas múltiples.
- (5)P Cuando el precalentamiento se aplica localmente en la preparación de una junta o nudo, la temperatura requerida se dará en el metal de las partes a soldar para una distancia de 100 mm como mínimo, pero que no supere a cuatro veces el espesor del material en todas las direcciones desde la preparación de la junta.
- (6) Cuando sea practicable, la temperatura de precalentamiento debería medirse en la cara opuesta a la que se está calentando. En caso contrario, la temperatura de precalentamiento debería confirmarse en la cara calentada en un tiempo adecuado después de retirar la fuente de calor, apropiado para el espesor del metal de las partes a soldar, para permitir la compensación de la temperatura de precalentamiento.
- (7) Cuando se utilicen calentadores permanentes fijos y no haya acceso a la cara opuesta para medir la temperatura de precalentamiento, las mediciones de ésta deberían tomarse sobre la superficie expuesta del metal de las partes de la unión inmediatamente adyacente o contigua a la preparación de la soldadura.

D.8 Proyecto asistido por ensayos

- (1)P Las disposiciones de la sección 8 se aplican también a los tipos de acero S 460 y S 420.

D.9 Fatiga

- (1)P Los requisitos dados en la sección 9 deberán cumplirse también cuando se utilicen tipos de acero S 460 y S 420.

ANEXO K (Normativo)**UNIONES DE PERFILES HUECOS EN LAS VIGAS DE CELOSÍA****K.1 Generalidades****K.1.1 Objeto**

- (1) En este anexo se dan reglas de aplicación detalladas para determinar las resistencias estáticas de nudos en un solo plano y en planos múltiples de estructuras en celosía compuestas de perfiles o secciones huecas circulares, cuadradas o rectangulares, y de nudos en un solo plano en estructuras de celosía compuestas de perfiles huecos combinados con secciones abiertas.
- (2) Las resistencias estáticas de los nudos se expresan en términos de las resistencias de cálculo de esfuerzo axial y/o de momento flector máximas para las piezas tirantes (riostras, jabalcones, tornapuntas, ...).
- (3) Estas reglas de aplicación son válidas tanto para los perfiles huecos acabados en caliente según la Norma EN 10210 como para los perfiles huecos conformados en frío del prEN 10219.
- (4) Para la determinación de la fatiga véase la sección 9.

K.1.2 Requisitos generales

- (1) El límite elástico nominal de los perfiles huecos acabados en caliente y el límite elástico nominal del material básico de los perfiles huecos conformados en frío no debería sobrepasar los 355 N/mm².
- (2) Los requisitos dados en 6.10.1 deberían cumplirse.
- (3) El espesor nominal de la pared de los perfiles huecos debería limitarse a 2,5 mm, como mínimo.
- (4) El espesor nominal de la pared de un cordón de sección hueca no debe ser superior a 25 mm a menos que se hayan tomado medidas especiales para asegurarse de que las propiedades o características del material a través de su espesor serán las adecuadas.
- (5) El coeficiente parcial de seguridad para la resistencia del nudo debe tomarse así:

$$\gamma_{Mj} = \boxed{1,1}$$

K.2 Definiciones y símbolos

- (1) En este anexo, un nudo plano en una estructura de celosía significa una unión entre piezas o barras que están situadas en un mismo plano.
- (2) La separación **g** se define como la distancia, medida a lo largo de la cara que une el cordón, entre los pies de las barras tirantes adyacentes, véase la figura K.1 (a)
- (3) El solape λ_{ov} está definido por $(q/p) \times 100\%$ como se muestra en la figura K.1 (b).
- (4) En este anexo se utilizan las abreviaturas estándar siguientes:

CHS para "perfil hueco circular";

RHS para "perfil hueco rectangular", que en este contexto incluye los perfiles huecos cuadrados.

- (5) Los símbolos usados en este anexo para designar los diversos tipos de nudos se indican en la figura K.2.

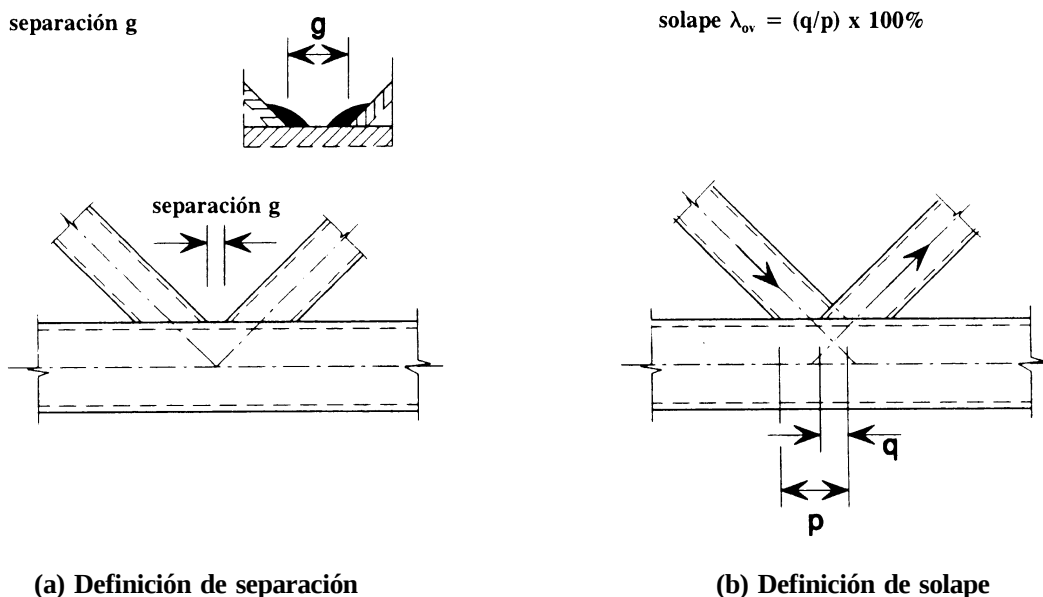


Fig. K.1 – Nudos con separación y con solape

(6) Los símbolos utilizados en este anexo se definen como sigue:

- A_i es el área de la sección transversal de la pieza o barra i ($i = 0, 1, 2$ ó 3);
- A_v es el área de cortante del cordón;
- $A_{v,eff}$ es el área efectiva de cortante del cordón;
- E es el módulo de elasticidad del acero;
- L es la longitud de sistema de una pieza (barra);
- $M_{ip,i,Rd}$ es el valor de cálculo de la resistencia del nudo, expresada en términos del momento interno en el plano, en la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $M_{ip,i,Sd}$ es el valor de cálculo del momento interno en el plano, en la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $M_{op,i,Rd}$ es el valor de cálculo de la resistencia del nudo, expresada en términos del momento interno fuera del plano, en la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $M_{op,i,Sd}$ es el valor de cálculo del momento interno fuera de plano en la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $N_{i,Rd}$ es el valor de cálculo de la resistencia del nudo, expresado en términos del esfuerzo axial interno en la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $N_{i,Sd}$ es el valor de cálculo del esfuerzo axial interno en la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $W_{el,i}$ es el módulo resistente elástico de la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- $W_{pl,i}$ es el módulo resistente plástico de la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- b_i es la anchura total fuera de plano de la pieza RHS i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
- b_{eff} es la anchura eficaz para una unión de una pieza tirante al cordón;
- $b_{e,ov}$ es la anchura eficaz para una unión de riostra solapante a riostra solapada;
- $b_{e,p}$ es la anchura eficaz para cortante por punzonado;
- b_p es la anchura de una chapa;
- b_w es la anchura eficaz para el alma del cordón;

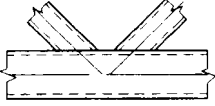
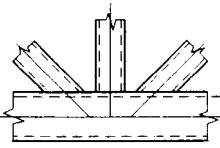
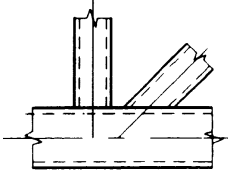
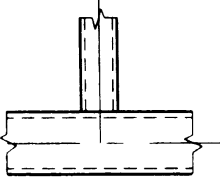
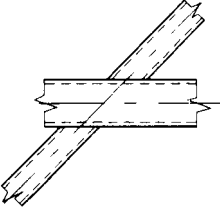
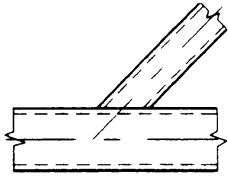
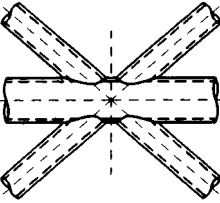
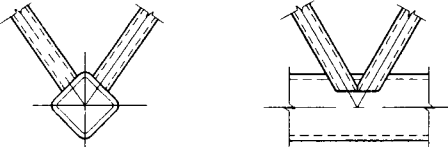
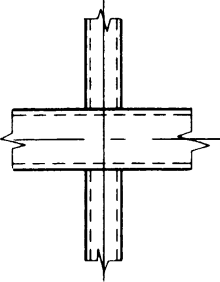
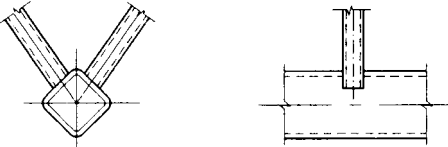
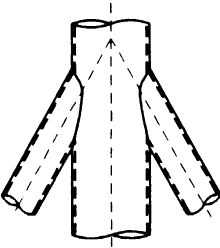
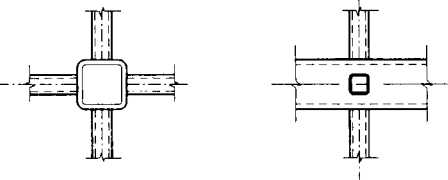
 Nudo en K	 Nudo en KT	 Nudo en N
 Nudo en T	 Nudo en X	 Nudo en Y
 Nudo en DK	 Nudo en KK	
 Nudo en X	 Nudo en TT	
 Nudo en DY	 Nudo en XX	

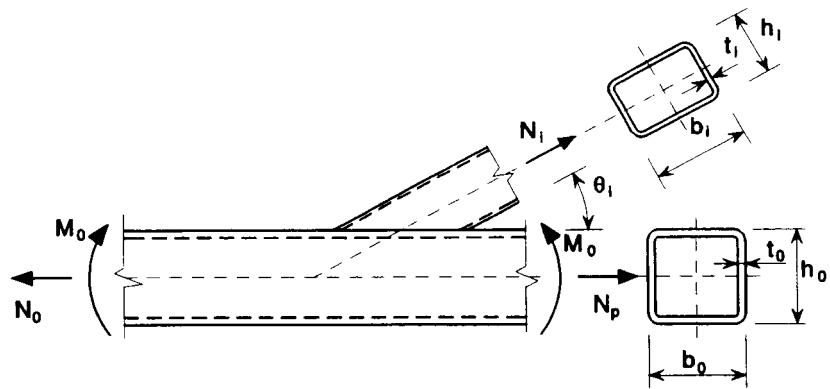
Fig. K.2 – Designación de tipos de nudo

d_i	es el diámetro total de la pieza CHS i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
d_w	es la altura o canto del alma de un cordón de sección en I o en H;
e	es la excentricidad de un nudo;
f_b	es la resistencia al pandeo de la pared lateral del cordón;
f_{yi}	es el valor de cálculo del límite elástico de la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
f_{y0}	es el valor de cálculo del límite elástico de un cordón;
g	es la separación entre las barras tirantes o riostras en un nudo K o N (valores negativos de g representan un solape q);
h_i	es la altura o canto total en el plano de la sección transversal de la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
k	es un coeficiente definido en la tabla respectiva, con subíndice g, m, n , o p ;
ℓ	es la longitud de pandeo de una pieza (barra);
p	es la longitud del área de contacto proyectada de una barra tirante o riostra solapante sobre la cara del cordón en ausencia de la riostra solapada;
q	es la longitud de solape, medida en la cara del cordón, entre las barras tirantes o riostras de un nudo en K o en N;
r	es el radio de la raíz de un perfil I o H, o el radio de esquina de un perfil hueco rectangular;
t_f	es el espesor del ala de un perfil I o H;
t_i	es el espesor de pared de la pieza i ($i = 0, 1, 2$ o 3);
t_p	es el espesor de una chapa;
t_w	es el espesor del alma de un perfil I o H;
α	es un coeficiente que se define en la tabla correspondiente;
γ_{Mj}	es el coeficiente parcial de seguridad para la resistencia del nudo;
θ_i	es el ángulo comprendido entre la barra tirante i y el cordón ($i = 0, 1, 2$ o 3);
κ	es un coeficiente que se define donde aparezca;
μ	es un coeficiente que se define en la tabla correspondiente;
ϕ	es el ángulo entre los planos en un nudo "multiplano".

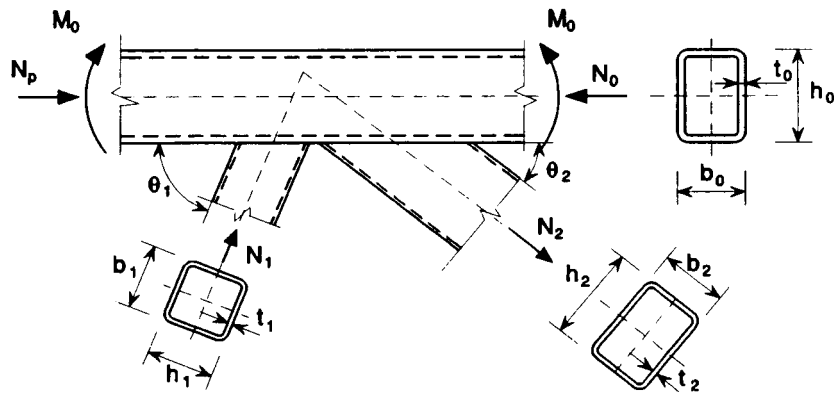
(7) Los subíndices de números enteros utilizados en este anexo se definen así:

i es un subíndice de número entero que se utiliza para designar una pieza o barra de un nudo, $i = 0$ denota un cordón y $i = 1, 2$ o 3 denota a las barras tirantes o riostras. En nudos con dos barras tirantes, $i = 1$ designa normalmente a la riostra solicitada a compresión e $i = 2$ a la riostra solicitada a tracción, véase la figura K.3 (a). Para una única riostra $i = 1$ si está sometida a compresión o a tracción, véase la figura K.3 (b);

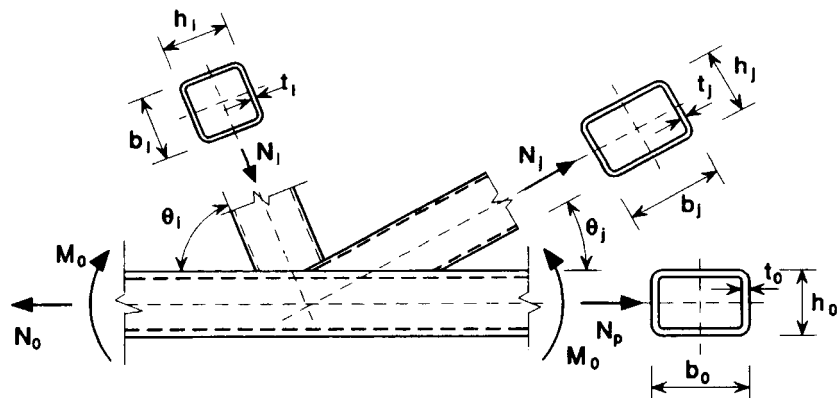
i y j son subíndices enteros que se utilizan en nudos del tipo con solape, i para denotar a la riostra solapante y j para designar a la riostra solapada, véase la figura K.3 (c).



a) Nudo con una sola barra tirante o riostra



b) Nudos con dos riostras y separación



c) Nudo con dos riostras y solape

Fig. K.3 – Dimensiones y otros parámetros en un nudo

(8) Las relaciones de tensión utilizadas en este anexo se definen de la forma siguiente:

n es la relación $(\sigma_{0,Ed} / f_{y0}) [\gamma_{Mj} / 1, 1]$ (utilizada para cordones de RHS);

n_p es la relación $(\sigma_{p,Ed} / f_{y0}) [\gamma_{Mj} / 1, 1]$ (utilizada para cordones de CHS);

$\sigma_{0,Ed}$ es la tensión máxima a compresión en el cordón en un nudo, que se obtiene aplicando:

$$\sigma_{0,Ed} = \frac{N_{0,Sd}}{A_0} + \frac{M_{0,Sd}}{W_{e\ell,0}}$$

$\sigma_{p,Ed}$ es el valor de $\sigma_{0,Ed}$ después de restar la tensión debida a las componentes horizontales de los esfuerzos en las riostras de nudo, véase la figura K.3, que se obtiene de la expresión:

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Sd}}{A_0} + \frac{M_{0,Sd}}{W_{e\ell,0}}$$

en donde:

$$N_{p,Sd} = N_{0,Sd} - \sum_{i > 0} N_{i,Sd} \cos \theta_i$$

(9) Las relaciones geométricas que se utilizan en este anexo se definen como sigue:

β es la relación entre el diámetro medio o la anchura media de las riostras y el diámetro o la anchura del cordón:

$$\left[\frac{d_1}{d_0}; \frac{d_1 + d_2}{2 d_0}; \frac{b_1}{b_0} \text{ o } \frac{b_1 + b_2}{2 b_0} \right]$$

β_p es la relación b_t/b_p ;

γ es la relación entre la anchura o el diámetro del cordón y dos veces su espesor de pared:

$$\left[\frac{d_0}{2 t_0}; \frac{b_0}{2 t_0} \text{ o } \frac{b_0}{2 t_f} \right]$$

η es la relación entre la altura o canto de las riostras y el diámetro o la anchura del cordón:

$$\left[\frac{h_i}{d_o} \text{ o } \frac{h_i}{b_o} \right]$$

η_p es la relación h_t/b_p ;

λ_{ov} es la relación de solape, expresada como un porcentaje ($\lambda_{ov} = (q/p) \times 100\%$).

K.3 Campo de aplicación

- (1) Las reglas de aplicación que se dan en este anexo solamente pueden utilizarse cuando se cumplen todas las condiciones siguientes.
- (2) Los elementos a compresión de las piezas deben cumplir los requisitos para Clase 1 o Clase 2 especificados en el apartado 5.3.2 para la condición de flexión pura.
- (3) Los ángulos θ_i entre los cordones y las piezas tirantes o riostras, y entre barras tirantes adyacentes, deben cumplir:

$$\theta_i \geq 30^\circ$$

- (4) Los extremos de las barras que se juntan en un nudo deben estar preparados de manera que no se modifique la forma de su sección transversal. Las uniones de extremo rebajado o aplastado y las uniones de extremo despuntado o cizallado no se contemplan en este anexo.
- (5) En los nudos con separación, la distancia entre las barras de arriostramiento no debe ser inferior a $(t_1 + t_2)$, con el fin de asegurar una holgura suficiente para realizar soldaduras satisfactorias.
- (6) En los nudos con solape, este solape debe ser lo bastante largo para asegurar que la interconexión de las barras de arriostramiento es suficiente para transmitir adecuadamente el esfuerzo cortante de una barra a la otra. En cualquier caso, el solape debe ser del 25% como mínimo.
- (7) Cuando las barras o riostras solapantes tengan espesores diferentes, la barra más delgada debe solapar a la barra más gruesa.
- (8) Cuando se solapan barras tirantes de niveles de resistencia diferentes, la barra con el límite elástico más bajo debe solapar a la barra con el límite elástico más alto.
- (9) Cuando se solapan barras de arriostramiento de anchuras diferentes, la barra más estrecha debe solapar a la barra más ancha.

K.4 Cálculo

K.4.1 Generalidades

- (1) Los valores de cálculo de los esfuerzos axiales internos, tanto en las barras de arriostramiento como en los cordones, en el estado límite último no deben ser mayores que las resistencias de cálculo de las piezas determinadas según lo indicado en la sección 5.
- (2) Los valores de cálculo de los esfuerzos axiales internos en las barras de arriostramiento en el estado límite último tampoco deben superar los valores de cálculo de los nudos que se dan en K.6, K.7 o K.8 según corresponda.

K.4.2 Análisis

- (1) La distribución de los esfuerzos axiales en una viga de celosía se puede determinar suponiendo que las barras están conectadas por nudos articulados.

- (2) Los momentos secundarios en los nudos, provocados por la rigidez real a flexión de los nudos, se pueden despreciar en el cálculo de las barras y en el cálculo de las uniones, siempre que se cumplan las dos condiciones siguientes:
- la geometría del nudo está dentro del campo o intervalo de validez especificado en las tablas K.5, K.12, K.13 o K.24, según proceda;
 - la relación entre la longitud de sistema y la altura o canto de la barra en el plano de la viga no es menor que el valor mínimo apropiado. Para estructuras de edificación, el valor mínimo apropiado se puede suponer igual a 6. Valores más altos se pueden aplicar en otras Partes de la ENV 1993.
- (3) Los momentos resultantes de las cargas transversales (tanto si es en el plano como si es fuera de plano) que están aplicadas entre puntos de panel o recuadro, deberán tenerse en cuenta en el cálculo de las piezas a las que están aplicados. Siempre que se cumplan las condiciones dadas en (2):
- las barras tirantes o riostras se pueden considerar como articuladas a los nudos, de modo que los momentos resultantes de las cargas transversales aplicadas a las piezas de cordón no necesitan distribuirse entre las riostras, y viceversa;
 - los cordones se pueden considerar como vigas continuas, con apoyos simples en los puntos de panel.
- (4) Los momentos resultantes de las excentricidades se pueden despreciar en el cálculo de los cordones y riostras, trabajando a tracción. Dichos momentos se pueden despreciar también en el cálculo de las uniones si las excentricidades están dentro de los límites siguientes:
- $$-0,55 d_0 \leq e \leq 0,25 d_0 \quad (\text{K.1a})$$
- $$-0,55 h_0 \leq e \leq 0,25 h_0 \quad (\text{K.1b})$$
- donde
- e es la excentricidad que se define en el figura K.4;
- d_0 es el diámetro del cordón;
- h_0 es el canto o altura del cordón, en el plano de la viga de celosía.
- (5) Cuando las excentricidades están dentro de los límites dados en (4), los momentos resultantes de las excentricidades deberán tenerse en cuenta en el cálculo de los cordones solicitados a compresión. En este caso, los momentos de excentricidad deben distribuirse entre los cordones solicitados a compresión en cada lado del nudo, sobre la base de sus coeficientes de rigidez relativa I/L , donde L es la longitud de sistema de la pieza (barra), medida entre puntos de panel.
- (6) Cuando las excentricidades están fuera de los límites dados en (4), los momentos resultantes de las excentricidades deben tenerse en cuenta en el cálculo de las uniones y de los cordones solicitados a compresión. En este caso, los momentos debidos a la excentricidad se deben distribuir entre todas las piezas o barras que se juntan en el nudo, sobre la base de sus coeficientes de rigidez relativa I/L .
- (7) Las tensiones en un cordón que resultan de los momentos considerados en el cálculo del cordón, deben tenerse en cuenta también para determinar los coeficientes k_m , k_n y k_p que se utilizan en el cálculo de las uniones, véanse las tablas K.6 a K.9, K.14 y K.16 a K.18.

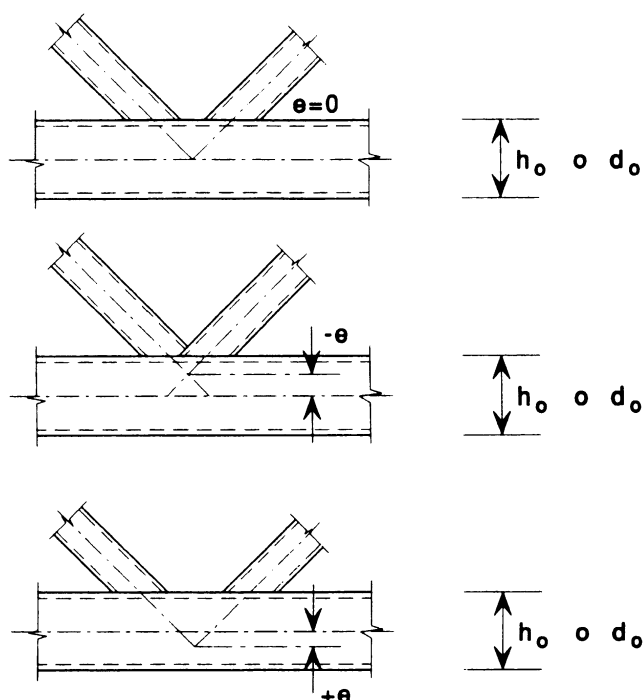


Fig. K.4 – Excentricidad de los nudos

(8) Los casos en los que los momentos deben tenerse en cuenta se han resumido en la tabla K.1

Tabla K.1
Consideración de los momentos flectores

Tipo de componente	Fuente del momento flector		
	Efectos secundarios	Carga transversal	Excentricidad
Cordón a compresión	No, si se cumple lo especificado en K.4.2 (2)	Si	Si
Cordón a tracción			No
Barra de arriostramiento (riostra)			No
Unión			No, si se cumple K.4.2 (4)

K.4.3 Longitudes de pandeo de perfiles huecos en estructuras de celosía

- (1) La longitud de pandeo ℓ de una pieza de cordón de perfil hueco debe tomarse igual a $0,9L$, para ambos pandeos: en el plano y fuera del plano, siendo L la longitud de sistema para el plano correspondiente, a menos que pueda justificarse mediante el análisis una longitud de pandeo más pequeña.
- (2) La longitud de pandeo ℓ de una pieza de cordón de perfil en I o en H debe tomarse igual a $0,9L$ para el pandeo en el plano e igual a $1,0L$ para el pandeo fuera del plano, a menos que se pueda justificar mediante el análisis una longitud de pandeo más pequeña.

- (3) La longitud de pandeo ℓ de una barra de arriostramiento de perfil hueco con uniones atornilladas, véase K.9, debe tomarse igual a $1,0L$ para ambos pandeos: en el plano y fuera del plano.
- (4) La longitud de pandeo ℓ de una barra de arriostramiento de perfil hueco sin despunte o aplastamiento, soldada alrededor de su perímetro a cordones de perfil hueco, puede tomarse generalmente igual a $0,75L$ para el pandeo en el plano y para el pandeo fuera de plano. Como alternativa, su longitud de pandeo se puede determinar aplicando las expresiones que se dan en la tabla K.2.
- (5) Si las condiciones en cada extremo de una barra de arriostramiento no son iguales, la longitud de pandeo ℓ debe tomarse como la media aritmética de los valores respectivos para las condiciones en los dos extremos.

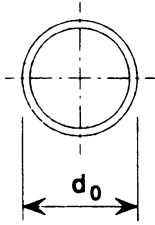
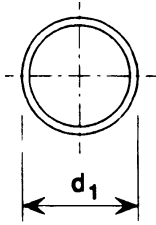
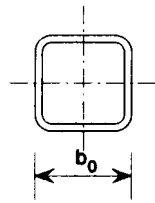
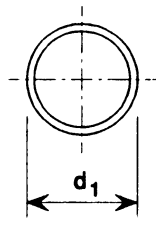
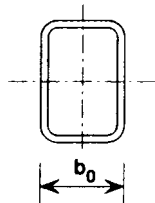
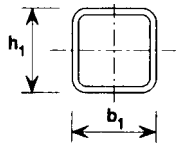
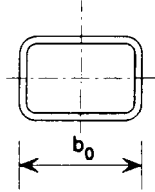
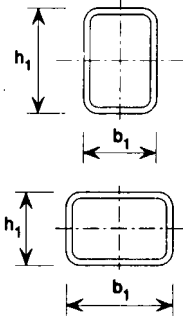
K.4.4 Modos de rotura para las uniones de perfiles huecos

- (1) Las resistencias de cálculo del nudo de uniones entre perfiles huecos y de uniones de perfiles huecos a perfiles abiertos, deben estar basadas en el modo de rotura que le sea aplicable de los siguientes:
 - a) **Rotura de la cara del cordón** (rotura plástica de la cara del cordón) o plastificación del cordón (rotura plástica de la sección transversal);
 - b) **Rotura de la pared lateral del cordón (o rotura del alma del cordón)** por agotamiento del límite elástico o inestabilidad (aplastamiento, abollamiento o inestabilidad local, o pandeo de la pared lateral del cordón o del alma del cordón) bajo la barra de arriostramiento a compresión;
 - c) **Rotura por cortante del cordón;**
 - d) **Rotura por cortante punzante** de una pared de cordón de perfil hueco (iniciación de fisura que conduce a la rotura de las barras de arriostramiento desde la pieza del cordón);
 - e) **Rotura de riostra** con anchura eficaz reducida (fisuración en las soldaduras o en las barras de arriostramiento);
 - f) **Rotura por pandeo local** de una barra de arriostramiento o de un cordón de perfil hueco.

NOTA – Las frase impresas en **negrita** en esta lista se han utilizado para describir los diversos modos de rotura en las tablas de resistencia de cálculo que se dan en los apartados K.6 a K.8.

- (2) En la figura K.5 se ilustran modos de rotura (a) a (f) para nudos entre cordones y riostras de CHS.
- (3) En la figura K.6 se ilustran modos de rotura (a) a (f) para nudos entre cordones y riostras de RHS.
- (4) En la figura K.7 se ilustran modos de rotura (a) a (f) para nudos entre riostras de CHS o RHS y cordones de sección en I o en H.
- (5) Aunque la resistencia de un nudo con soldaduras conformadas adecuadamente es, generalmente, mayor bajo tracción que bajo compresión, la resistencia de cálculo de un nudo debe estar basada en su resistencia a compresión, para evitar la posibilidad de una deformación local excesiva o de una capacidad de giro reducida o de una capacidad de deformación reducida que podría producirse en caso contrario.

Tabla K.2
Coeficientes de longitudes de pandeo φL en el plano y fuera de plano
para barras de arriostramiento soldadas a cordones de perfil hueco

Cordón	Barra de arriostramiento	φL
		$\varphi L = 2,20 \sqrt[4]{\frac{d_1^2}{L d_0}}$ pero $\varphi L \geq 0,6$ y $\varphi L \leq 0,75$
		$\varphi L = 2,35 \sqrt[4]{\frac{d_1^2}{L b_0}}$ pero $\varphi L \geq 0,6$ y $\varphi L \leq 0,75$
		En el plano: $\varphi L = 2,30 \sqrt[4]{\frac{b_1^2}{L b_0}}$ pero $\varphi L \geq 0,6$ y $\varphi L \leq 0,75$
		Fuera del plano: $\varphi L = 2,30 \sqrt[4]{\frac{h_1^2}{L b_0}}$ pero $\varphi L \geq 0,6$ y $\varphi L \leq 0,75$
Clave: b_0 es la anchura de un cordón de perfil hueco rectangular (fuera de plano); b_1 es la anchura de una riostra de perfil hueco rectangular (fuera de plano); d_0 es el diámetro de un cordón de perfil hueco circular; d_1 es el diámetro de una riostra de sección hueca circular; h_1 es la altura de una riostra de perfil hueco rectangular (en el plano); ℓ es la longitud de pandeo de una riostra; L es la longitud de sistema de una riostra.		

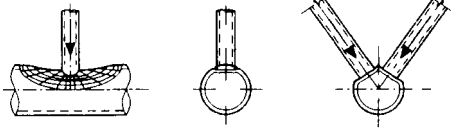
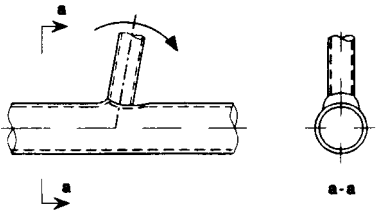
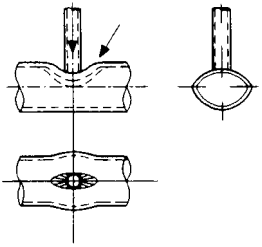
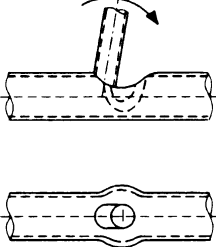
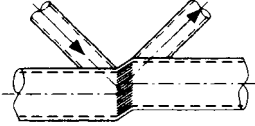
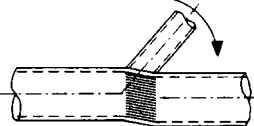
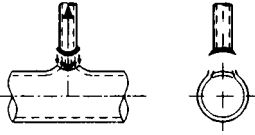
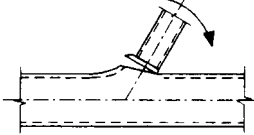
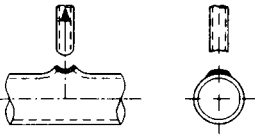
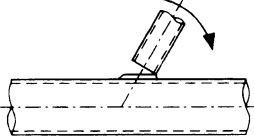
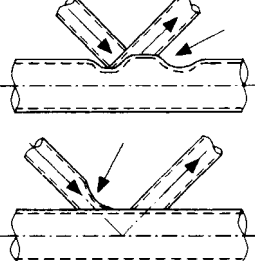
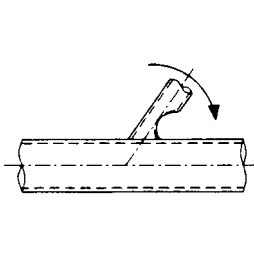
Modo	Esfuerzo axial	Momento flector
a		
b		
c		
d		
e		
f		

Fig. K.5 – Modos de rotura para nudos entre barras de CHS

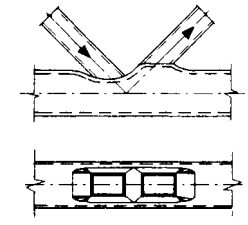
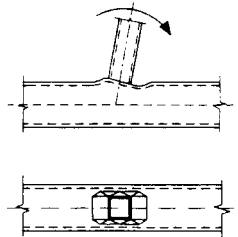
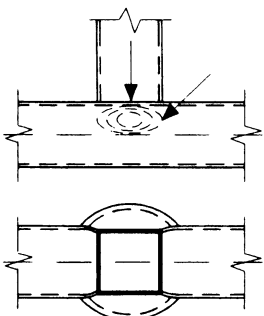
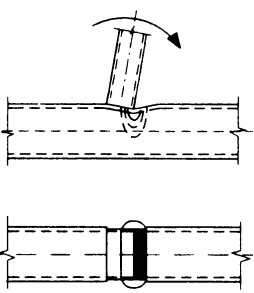
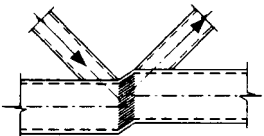
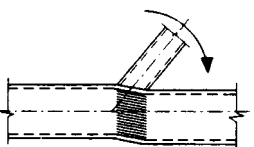
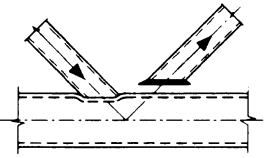
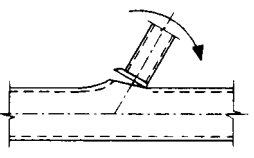
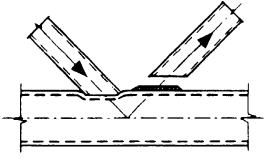
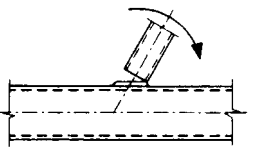
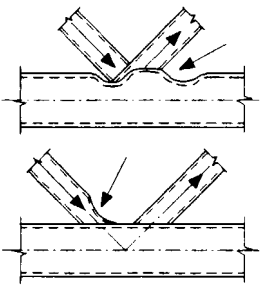
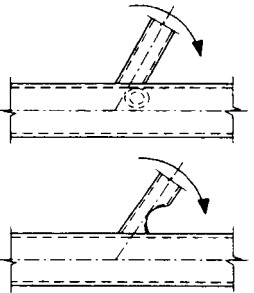
Modo	Esfuerzo axial	Momento flector
a		
b		
c		
d		
e		
f		

Fig. K.6 – Modos de rotura para nudos entre riostras de RHS y cordones de RHS

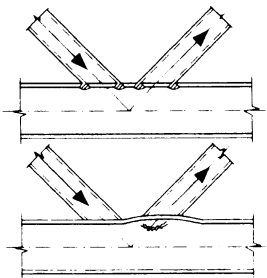
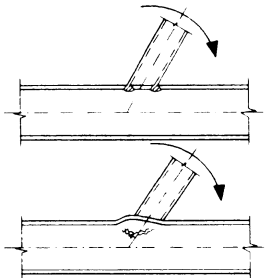
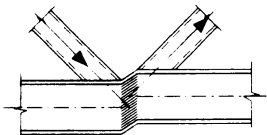
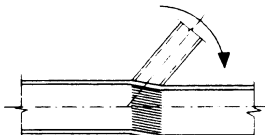
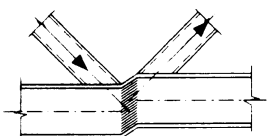
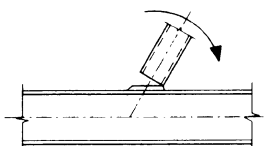
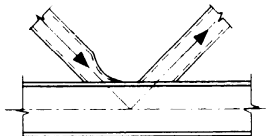
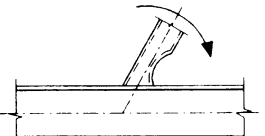
Modo	Esfuerzo axial	Momento flector
a	—	—
b		
c		
d	—	—
e	Iniciación de la rotura 	
f		

Fig. K.7 – Modos de rotura para nudos entre riostras de CHS o RHS y cordones de perfil I o H

K.5 Soldaduras

K.5.1 Resistencia de cálculo

- (1) Las soldaduras que unen las riostras a los cordones deben estar diseñadas para que tengan la resistencia suficiente para permitir distribuciones de tensiones no uniformes y una capacidad de deformación suficiente para permitir la redistribución de los momentos flectores.
- (2) En los nudos soldados, la unión debe ejecutarse, normalmente, alrededor de todo el perímetro del perfil hueco por medio de una soldadura a tope, de una soldadura en ángulo o de una combinación de ambas soldaduras. No obstante, en los nudos con solape parcial, la parte escondida de la unión no es necesario soldarla, siempre que los esfuerzos axiles en las barras de arriostramiento sean tales que sus componentes perpendiculares al eje del cordón no difieran en más del 20%.
- (3) Detalles típicos de soldadura se indican en la figura K.8.
- (4) La resistencia de cálculo de la soldadura, por unidad de longitud del perímetro de una barra de arriostramiento, no debe ser, normalmente, menor que la resistencia de cálculo de la sección transversal de dicha barra por unidad de longitud del perímetro.
- (5) El espesor de garganta requerido se determinará de acuerdo con el apartado 6.6.5.
- (6) Los criterios dados en (4) se cumplirán si el espesor de garganta a de una soldadura en ángulo cumple las condiciones siguientes:

– para acero según la Norma EN 10025:

$$\text{– para S 235: } a/t \geq 0,84 \alpha \quad (\text{K.2a})$$

$$\text{– para S 275: } a/t \geq 0,87 \alpha \quad (\text{K.2b})$$

$$\text{– para S 355: } a/t \geq 1,01 \alpha \quad (\text{K.2c})$$

– para acero según la Norma EN 10113:

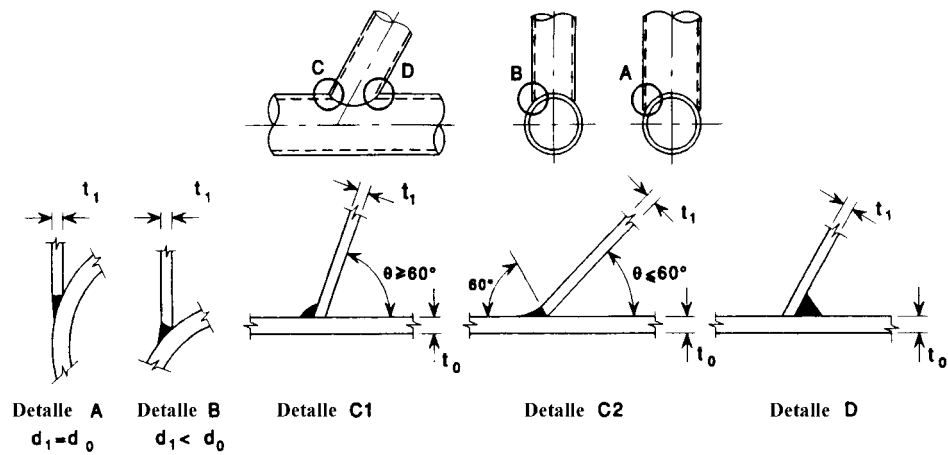
$$\text{– para S 275: } a/t \geq 0,91 \alpha \quad (\text{K.2d})$$

$$\text{– para S 355: } a/t \geq 1,05 \alpha \quad (\text{K.2e})$$

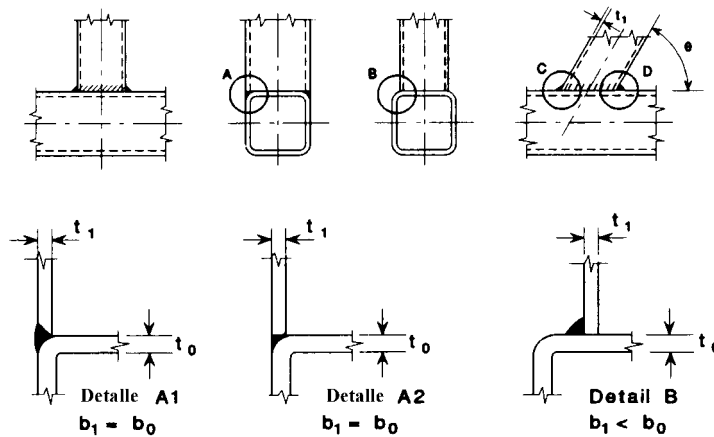
Cuando $\gamma_{Mj} = 1,1$ y $\gamma_{Mw} = 1,25$, el valor de α es 1,0. En caso contrario, hay que determinar α a partir de:

$$\alpha = \frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \times \frac{\gamma_{Mw}}{1,25} \quad (\text{K.3})$$

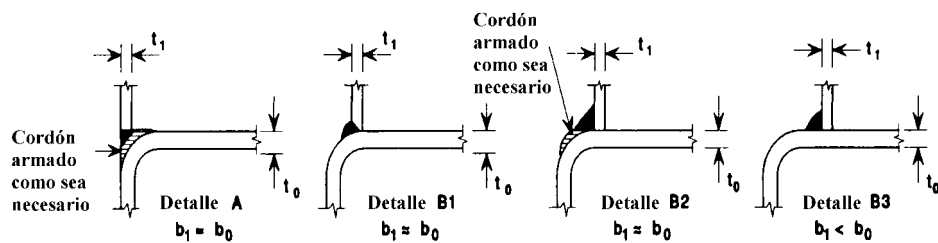
- (7) El criterio dado en (4) puede dejarse de lado cuando pueda justificarse una soldadura más pequeña tanto desde el punto de vista de la resistencia como del de la capacidad de deformación y la capacidad de giro, teniendo en cuenta la posibilidad de que sólo parte de su longitud sea eficaz.
- (8) Las longitudes de soldadura eficaces ℓ_{eff} para las barras de arriostramiento de perfil hueco rectangular en nudos con separación se dan en la tabla K.3.



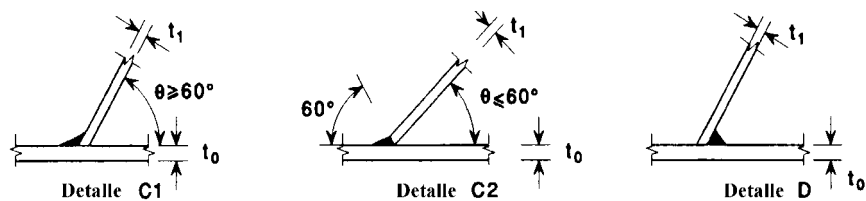
a) Perfiles huecos circulares



Detalles A y B – perfiles acabados en caliente



Detalles A y B – perfiles conformados en frío



Detalles C y D – perfiles acabados en caliente y conformados en frío

b) Perfiles huecos rectangulares y cuadrados

Fig. K.8 – Detalles recomendados para soldaduras

Tabla K.3
Longitudes de soldadura eficaces l_{eff} para barras de arriostramiento
de perfil hueco rectangular en nudos con separación

Nudos en T, Y y X	$l_{\text{eff}} = 2h_i / \text{sen } \theta_i$
Nudos en K y N	para $\theta_i \geq 60^\circ$: $l_{\text{eff}} = 2h_i / \text{sen } \theta_i + b_i$
	para $\theta_i \leq 50^\circ$: $l_{\text{eff}} = 2h_i / \text{sen } \theta_i + 2b_i$
	para $50^\circ < \theta_i < 60^\circ$: usar interpolación lineal

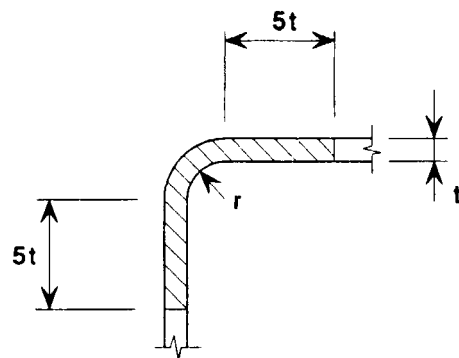
K.5.2 Soldeo en zonas deformadas en frío

- (1) En perfiles huecos rectangulares o cuadrados deformados en frío, no se debe realizar soldeo en las zonas deformadas en frío ni dentro de la anchura adyacente de $5t$ a cada lado, véase la tabla K.4, a menos que, indistintamente, se cumpla una de las dos condiciones siguientes:

- las zonas deformadas en frío están normalizadas después de la conformación en frío pero antes del soldeo;
- el espesor no supere el valor respectivo obtenido de la tabla K.4.

Tabla K.4
Condiciones para el soldeo de zonas deformadas en frío y del material adyacente

r/t	Deformación debida a la conformación en frío (%)	Espesor máximo (mm)		
		Generalmente		Acero calmado con aluminio totalmente caldado (Al $\geq 0,02\%$)
		Cargas predominan- temente estáticas	Si predomina la fatiga	
≥ 25	≥ 2	cualquiera	cualquiera	cualquiera
≥ 10	≥ 5	cualquiera	16	cualquiera
$\geq 3,0$	≥ 14	24	12	24
$\geq 2,0$	≥ 20	12	10	12
$\geq 1,5$	≥ 25	8	8	10
$\geq 1,0$	≥ 33	4	4	6



K.6 Nudos soldados entre barras de perfiles huecos circulares (CHS)

K.6.1 Generalidades

- (1) Siempre que la geometría de los nudos permanezca dentro del campo de validez que se da en la tabla K.5, las resistencias de cálculo de los nudos soldados entre barras de perfil hueco circular se determinarán utilizando lo especificado en K.6.2 y K.6.3.
- (2) Para los nudos que permanezcan dentro del campo de validez que se da en la tabla K.5, sólo es necesario considerar la rotura de la cara del cordón y el cortante por punzonado. La resistencia de cálculo de una unión se tomará igual al valor mínimo para ambos criterios.
- (3) Para los nudos que queden fuera del campo de validez que se da en la tabla K.5, deben considerarse todos los criterios dados en K.4.4. Además, deberán tenerse en cuenta los momentos secundarios en los nudos originados por su rigidez a flexión.

Tabla K.5
Intervalo de validez para nudos soldados entre riostras de CHS y cordones de CHS

	$0,2 \leq d_i / d_0$	$\leq 1,0$
	$10 \leq d_0 / t_0$	≤ 50 generalmente
pero	$10 \leq d_0 / t_0$	≤ 40 para nudos en X
	$10 \leq d_i / t_i$	≤ 50
	$\lambda_{ov} \geq$	25%
	$g \geq$	$t_1 + t_2$

K.6.2 Nudos en un solo plano

- (1) En las uniones de barras de arriostramiento sometidas sólo a esfuerzos axiales, el esfuerzo axial (interno) de cálculo $N_{i,Sd}$ no debe superar la resistencia a axial de cálculo $N_{i,Rd}$ del nudo soldado que se obtiene de las tablas K.6, K.7 o K.8 según proceda.
- (2) Las uniones de barras de arriostramiento sometidas a esfuerzos combinados de axiles y flectores deben cumplir:

$$\frac{N_{i,Sd}}{N_{i,Rd}} + \left[\frac{M_{ip,i,Sd}}{M_{ip,i,Rd}} \right]^2 + \frac{M_{op,i,Sd}}{M_{op,i,Rd}} \leq 1,0 \quad (K.4)$$

donde

$M_{ip,i,Rd}$ es la resistencia de cálculo del momento en el plano;

$M_{ip,i,Sd}$ es el momento interno en el plano para el cálculo;

$M_{op,i,Rd}$ es la resistencia de cálculo del momento fuera de plano;

y $M_{op,i,Sd}$ es el momento interno fuera del plano para el cálculo.

Tabla K.6
Resistencias de cálculo para esfuerzos axiales de nudos soldados
entre riostras de CHS y cordones de CHS

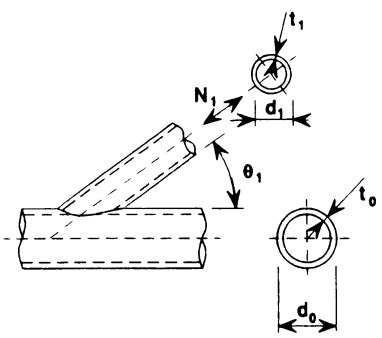
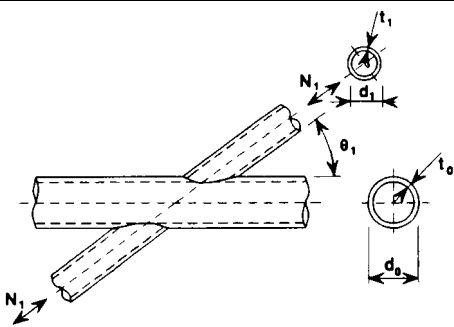
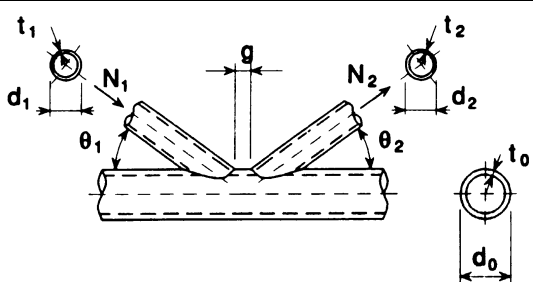
Rotura de la cara del cordón – Nudos en T e Y	
	$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} (2,8 + 14,2 \beta^2) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Rotura de la cara del cordón – Nudos en X	
	$N_{1,Rd} = \frac{k_p f_{y0} t_0^2}{\sin \theta_1} \frac{5,2}{(1 - 0,81 \beta)} \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Rotura de la cara del cordón – Nudos en K y N con separación o con solape	
	$N_{1,Rd} = \frac{k_g k_p f_{y0} t_0^2}{(1 - \beta) \sin \theta_1} \left(1,8 + 10,2 \frac{d_1}{d_0} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} N_{1,Rd}$
Rotura por cortante punzante – Nudos en K, N y KT con separación y todos los nudos en T, Y y X [i = 1, 2 o 3]	
Cuando $d_i \leq d_0 - 2t_0$: $N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} t_0 \pi d_i \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \sin^2 \theta_i} \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Coeficientes k_g y k_p	
$k_g = \gamma^{0,2} \left(1 + \frac{0,024 \gamma^{1,2}}{1 + \exp (0,5g/t_0 - 1,33)} \right) \text{ (véase la figura K.9)}$	
Para $n_p > 0$ (compresión): $k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p)$ pero $k_p \leq 1,0$	
Para $n_p \leq 0$ (tensión): $k_p = 1,0$	

Tabla K.7
Resistencias de cálculo de nudos soldados que unen chapas de cartelas a barras de CHS

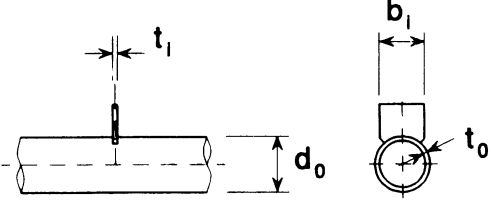
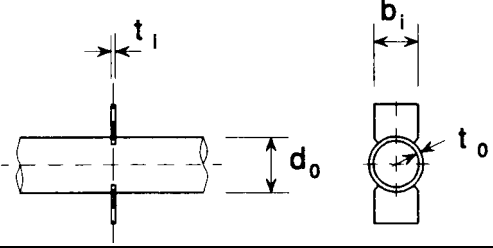
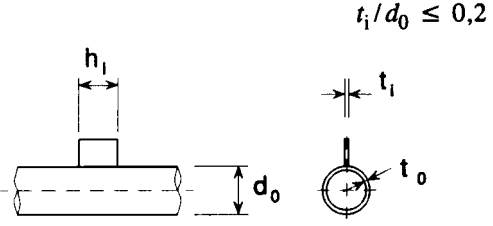
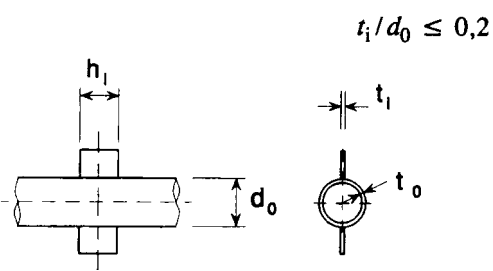
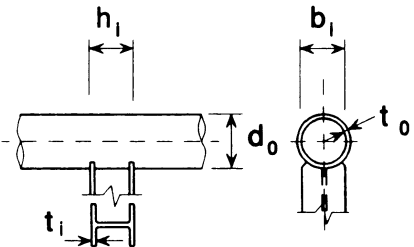
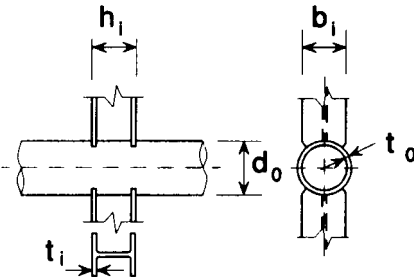
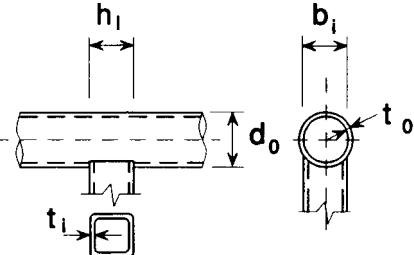
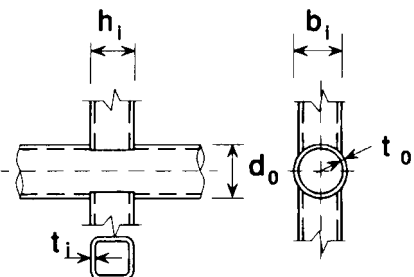
Rotura de la cara del cordón	
	$N_{i,Rd} = k_p f_{y0} t_0^2 (4 + 20\beta^2) [1,1 / \gamma_{Mj}] N_{i,Rd} =$ $k_p f_{y0} t_0^2 (4 + 20\beta^2) [1,1 / \gamma_{Mj}]$ $M_{ip,i,Rd} = 0$ $M_{op,i,Rd} = 0,5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = \frac{5k_p f_{y0} t_0^2}{1 - 0,81\beta} [1,1 / \gamma_{Mj}]$ $M_{ip,i,Rd} = 0$ $M_{op,i,Rd} = 0,5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = 5k_p f_{y0} t_0^2 (1 + 0,25\eta) [1,1 / \gamma_{Mj}]$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd}$ $M_{op,i,Rd} = 0$
	$N_{i,Rd} = 5k_p f_{y0} t_0^2 (1 + 0,25\eta) [1,1 / \gamma_{Mj}]$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd}$ $M_{op,i,Rd} = 0$
Rotura por cortante punzante	
$\sigma_{m\acute{a}x. t_i} = (N_{Sd}/A + M_{Rd}/W_{el}) t_i \leq 2t_0(f_{y0}/\sqrt{3})[1,1/\gamma_{Mj}]$	
Intervalo de validez	Coeficiente k_p
Además de los límites que se dan en la tabla K.5:	Para $n_p > 0$ (compresión):
$\beta \geq 0,4$ y $\eta \leq 4$	$k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p)$ pero $k_p \leq 1,0$
donde $\beta = b_i/d_0$ y $\eta = h_i/d_0$	Para $n_p \leq 0$ (tracción): $k_p = 1,0$

Tabla K.8
Resistencias de cálculo de nudos soldados que unen perfiles I, en H o de RHS a cordones de CHS

Rotura de la cara del cordón	
	$N_{i,Rd} = k_p f_{y0} t_0^2 (4 + 20\beta^2) (1 + 0,25\eta) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd} / (1 + 0,25\eta)$ $M_{op,i,Rd} = 0,5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = \frac{5k_p f_{y0} t_0^2}{1 - 0,81\beta} (1 + 0,25\eta) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd} / (1 + 0,25\eta)$ $M_{op,i,Rd} = 0,5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = k_p f_{y0} t_0^2 (4 + 20\beta^2) (1 + 0,25\eta) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd}$ $M_{op,i,Rd} = 0,5 b_i N_{i,Rd}$
	$N_{i,Rd} = \frac{5k_p f_{y0} t_0^2}{1 - 0,81\beta} (1 + 0,25\eta) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $M_{ip,i,Rd} = h_i N_{i,Rd}$ $M_{op,i,Rd} = 0,5 b_i N_{i,Rd}$
Rotura por cortante punzante	
Para perfiles en I o H: $\sigma_{\max} t_i = (N_{Sd}/A + M_{Rd}/W_{el}) t_i \leq 2t_0(f_{y0}/\sqrt{3}) [1,1/\gamma_{Mj}]$	
Para perfiles de RHS: $\sigma_{\max} t_i = (N_{Sd}/A + M_{Rd}/W_{el}) t_i \leq 2t_0(f_{y0}/\sqrt{3}) [1,1/\gamma_{Mj}]$	
Intervalo de validez	Coeficiente k_p
Además de los límites que se dan en la tabla K.5:	Para $n_p > 0$ (compresión):
$\beta \geq 0,4$ y $\eta \leq 4$	$k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p)$ pero $k_p \leq 1,0$
donde $\beta = b_i/d_0$ y $\eta = h_i/d_0$	Para $n_p \leq 0$ (tracción): $k_p = 1,0$

- (3) El momento interno de cálculo $M_{i,Sd}$ se puede tomar como el valor en el punto donde se junta el eje de la riostra y la cara del cordón.
- (4) La resistencia del momento interno en el plano para el cálculo y la resistencia de cálculo del momento fuera del plano $M_{i,Rd}$ deben obtenerse de las tablas K.7, K.8 o K.9 según corresponda en cada caso.
- (5) Los tipos especiales de nudos soldados que se indican en la tabla K.10 deben cumplir los criterios de cálculo apropiados que se especifican para cada tipo en dicha tabla.
- (6) Los valores del coeficiente k_g que se utilizan en la tabla K.6 para los nudos en K, en N y en KT se dan en la figura K.9. El coeficiente k_g se utiliza para nudos de ambos tipos: con separación y con solape, adoptando g tanto para la separación como para el solape y utilizando valores negativos de g para representar el solape q como se define en la figura K.1(b).

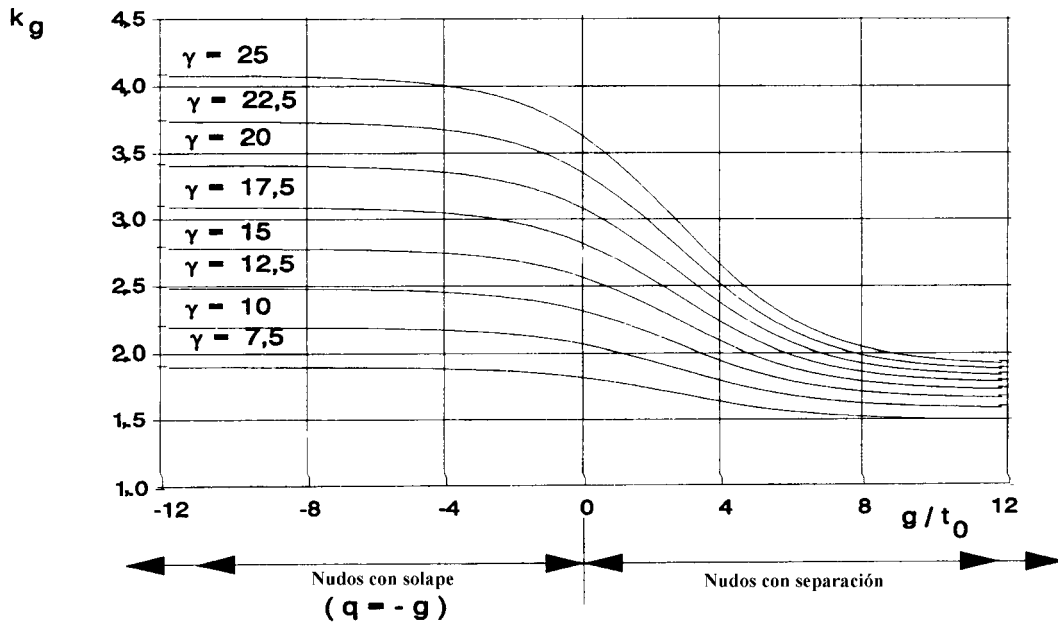


Fig. 9 – Valores del coeficiente k_g para usar en la tabla K.6

Tabla K.9
Momentos resistentes de cálculo de nudos soldados entre riostras de CHS y cordones de CHS

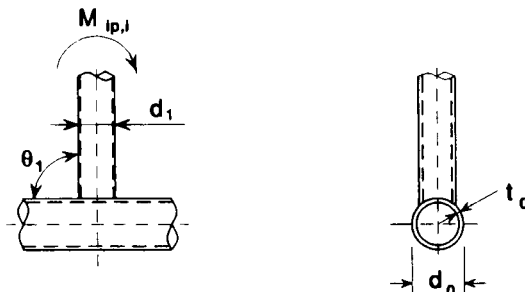
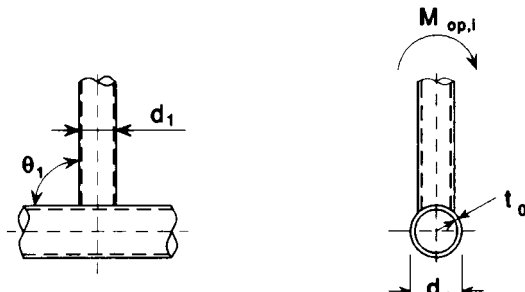
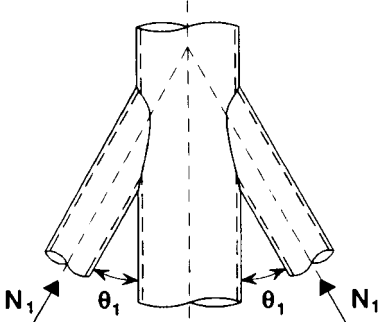
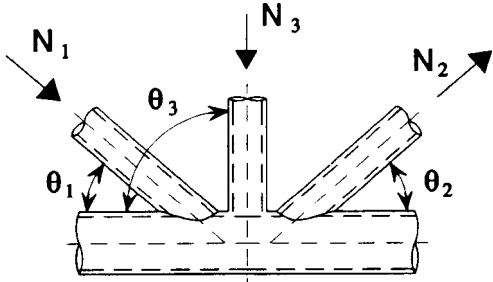
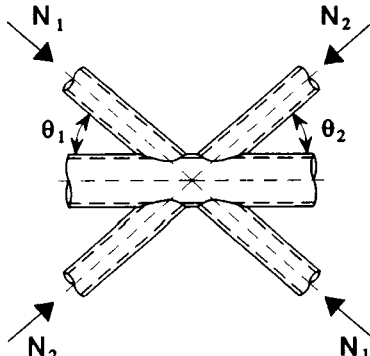
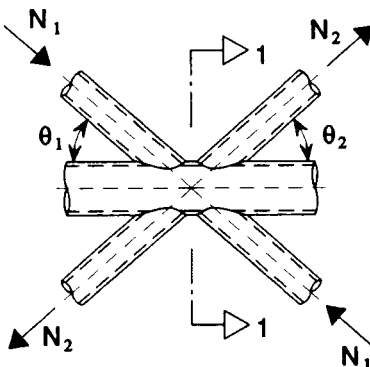
Rotura de la cara del cordón - T, X e Y	[i = 1 o 2]
	$M_{ip,i,Rd} = 4,85 \frac{f_{y0} t_0^2 d_1}{\text{sen } \theta_1} \sqrt{\gamma} \beta k_p \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Rotura de la cara del cordón - Nudos en K, N, T, X e Y	[i = 1 o 2]
	$M_{op,i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0^2 d_1}{\text{sen } \theta_1} \frac{2,7}{1 - 0,81 \beta} \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Rotura por cortante punzante - Nudos en K y N con separación y todos los nudos en T, X e Y	[i = 1 o 2]
Cuando $d_1 \leq d_0 - 2t_0$: $M_{ip,Rd} = \frac{f_{y0} t_0 d_1^2}{\sqrt{3}} \frac{1 + 3 \text{sen } \theta_1}{4 \text{sen}^2 \theta_1} \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $M_{op,i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0 d_1^2}{\sqrt{3}} \frac{3 + \text{sen } \theta_1}{4 \text{sen}^2 \theta_1} \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$	
Factor k_p	
Para $n_p > 0$ (compresión): $k_p = 1 - 0,3 n_p (1 + n_p)$ pero $k_p \leq 1,0$	
Para $n_p \leq 0$ (tracción): $k_p = 1,0$	

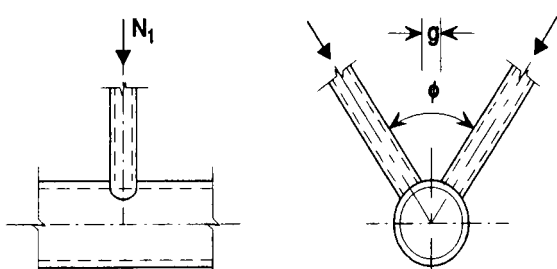
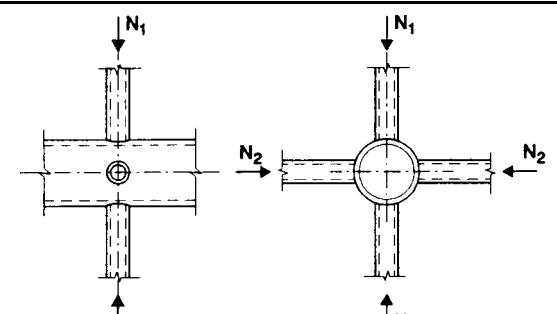
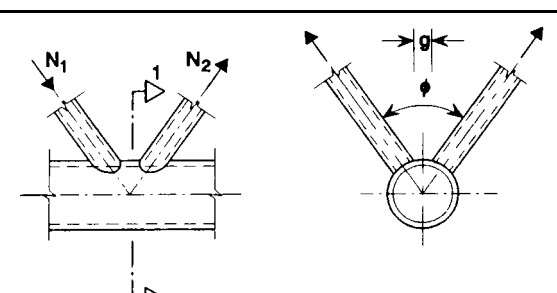
Tabla K.10
Criterios de diseño (cálculo) para tipos especiales de nudos soldados
entre riostras de CHS y cordones de CHS

Tipo de nudo	Criterios de diseño
	$N_{1,Sd} \leq N_{1,Rd}$ en donde $N_{1,Rd}$ es el valor de $N_{1,Rd}$ para un nudo en X de la tabla K.6.
	$N_{1,Sd} \sin \theta_1 + N_{3,Sd} \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} \sin \theta_1$ $N_{2,Sd} \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} \sin \theta_1$ en donde $N_{1,Rd}$ es el valor de $N_{1,Rd}$ para un nudo en K de la tabla K.6 pero con $\frac{d_1}{d_0}$ sustituido por: $\frac{d_1 + d_2 + d_3}{3d_0}$
	$N_{1,Sd} \sin \theta_1 + N_{2,Sd} \sin \theta_2 \leq N_{x,Rd} \sin \theta_x$ en donde $N_{x,Rd}$ es el valor de $N_{x,Rd}$ para un nudo en X de la tabla K.6, donde $N_{x,Rd} \sin \theta_x$ es el mayor de los valores: $ N_{1,Rd} \sin \theta_1 \text{ y } N_{2,Rd} \sin \theta_2 $
	$N_{i,Sd} \leq N_{i,Rd}$ en donde $N_{i,Rd}$ es el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en K de la tabla K.6, siempre que, en un nudo con separación, en la sección 1-1 el cordón cumpla con: $\left[\frac{N_{0,Sd}}{N_{0,pl,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{V_{0,Sd}}{V_{0,pl,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$

K.6.3 Nudos en planos múltiples

- (1) En cada uno de los planos respectivos de un nudo "multiplano", los criterios de diseño que se han dado en K.6.2 deben cumplirse utilizando las resistencias de cálculo reducidas obtenidas según se especifica (2).
- (2) Las resistencias de cálculo para cada plano respectivo de un nudo multiplano deben determinarse aplicando el coeficiente de reducción apropiado que se da en la tabla K.11 a la resistencia del nudo uniplano correspondiente calculada aplicando K.6.2.

Tabla K.11
Coeficientes de reducción para nudos multiplanos

Tipo de nudo	Coeficiente de reducción μ
Nudo TT 	$60^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $\mu = 1,0$
Nudo XX 	$\mu = 1 + 0,33 N_{2,Sd} / N_{1,Sd}$ teniendo en cuenta el signo de $N_{1,Sd}$ y $N_{2,Sd}$ donde $ N_{2,Sd} \leq N_{1,Sd} $
Nudo KK 	$60^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ $\mu = 0,9$ siempre que, en un nudo del tipo con separación, en la sección 1-1 el cordón satisfaga a: $\left[\frac{N_{0,Sd}}{N_{p\ell 0,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{V_{0,Sd}}{V_{p\ell 0,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$

K.7 Nudos soldados entre barras de arriostramiento de CHS o de RHS y cordones de RHS

K.7.1 Generalidades

Siempre que la geometría de los nudos esté dentro del campo o intervalo de validez que se da en la tabla K.12, las resistencias de cálculo de los nudos soldados entre riostras de perfil hueco y cordones de perfil hueco cuadrado o rectangular se pueden determinar utilizando los apartados K.7.2 y K.7.3.

Tabla K.12
Intervalo de validez para nudos soldados entre riostras de CHS o de RHS y cordones de RHS

Tipo de nudo	Parámetros de nudo [$i = 1$ o 2 , $j =$ riostra solapada]					
	b_i/b_0 o d_i/b_0	b_i/t_i y h_i/t_i o d_i/t_i		h_0/b_0 y h_i/b_i	b_0/t_0 y h_0/t_0	Separación o solape b_i/b_j
		Compresión	Tracción			
En T, Y o X	$b_i/b_0 \geq 0,25$	b_i/t_i $\leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$ y ≤ 35	$b_i/t_i \leq 35$ y $h_i/t_i \leq 35$	$\geq 0,5$ pero $\leq 2,0$	≤ 35	—
En K con separación En N con separación	$b_i/b_0 \geq 0,35$ y $\geq 0,1 + 0,01 b_0/t_0$	h_i/t_i $\leq 1,25 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$ y ≤ 35			≤ 35	$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta)$ pero $\leq 1,5(1 - \beta)^{1)}$ y $g \geq t_1 + t_2$
En K con solape En N con solape	$b_i/b_0 \geq 0,25$	b_i/t_i $\leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$ y h_i/t_i $\leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$			≤ 40	$\lambda_{ov} \geq 25\%$ $\lambda_{ov} \leq 100\%^{2)}$ $b_i/b_j \geq 0,75$
Riostra circular	$d_i/b_0 \geq 0,4$ pero $\leq 0,8$	d_i/t_i $\leq 1,5 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$	$d_i/t_i \leq 50$	Como anteriormente pero con d_i sustituyendo a b_i y d_j sustituyendo a b_j		

1) Cuando $g/b_0 > 1,5(1 - \beta)$ tratar al nudo como dos nudos independientes en T o Y.
2) El solape se puede aumentar para permitir que el talón de la riostra solapada se pueda soldar al cordón.

- (2) Para los nudos que están dentro del intervalo de validez que se da en la tabla K.12, sólo es necesario considerar los criterios de diseño contemplados en la tabla correspondiente. La resistencia de cálculo de una unión se tomará igual al valor mínimo obtenido para todos los criterios aplicables.
- (3) Para los nudos que queden fuera del intervalo de validez que se da en la tabla K.12, deben considerarse todos los criterios dados en K.4.4. Además, deben tenerse en cuenta también los momentos secundarios en los nudos provocados por su rigidez a flexión.

K.7.2 Nudos en un solo plano

K.7.2.1 Nudos sin reforzar

- (1) En uniones de barras de arriostramiento solicitadas únicamente por esfuerzos axiales, el esfuerzo axial interno de cálculo $N_{i,Sd}$ no debe superar la resistencia axial de cálculo del nudo soldado $N_{i,Rd}$ determinada aplicando (2) o (4) según proceda.
- (2) Para los nudos soldados entre riostras de perfil hueco circular o cuadrado y cordones de perfil hueco cuadrado solamente, cuando la geometría de los nudos está dentro del intervalo de validez dado en la tabla K.12 y se cumplen también las condiciones adicionales que se dan en la tabla K.13, las resistencias axiales de cálculo se pueden determinar aplicando las expresiones que se dan en la tabla K.14.

Tabla K.13
Condiciones adicionales para uso de la tabla K.14

Tipo de riostra	Tipo de nudo	Parámetro de nudo	
Perfil hueco cuadrado	En T, Y o X	$b_i/b_0 \leq 0,85$	$b_0/t_0 \geq 10$
	K con separación o N con separación	$0,6 \leq \frac{b_1 + b_2}{2 b_1} \leq 1,3$	$b_0/t_0 \geq 15$
Perfil hueco circular	En T, Y o X	—	$b_0/t_0 \geq 10$
	K con separación o N con separación	$0,6 \leq \frac{d_1 + d_2}{2 d_1} \leq 1,3$	$b_0/t_0 \geq 15$

- (3) Para los nudos que están dentro del intervalo de validez de la tabla K.13, los únicos criterios de diseño que necesitan considerarse son la rotura de la cara del cordón y la rotura de riostra con anchura eficaz reducida. La resistencia a esfuerzo axial de cálculo se debe tomar igual al valor mínimo resultante de estos dos criterios.

NOTA – Las resistencias de axiles de cálculo para nudos de riostras de perfil hueco unidas a cordones de perfil hueco cuadrado que se dan en la tabla K.14 se han simplificado por la omisión de criterios de diseño que nunca son decisivos dentro del intervalo de validez de la tabla K.13.

- (4) Las resistencias de cálculo de esfuerzos axiales de cualquier nudo soldado sin reforzar entre riostras de CHS o de RHS y cordones de RHS, dentro del intervalo de validez de la tabla K.12, se pueden determinar aplicando las expresiones que se dan en las tablas K.15, K.16 o K.17 según proceda. Para los nudos reforzados véase el apartado K.7.2.2.

Tabla K.14
Resistencias de cálculo de axiles de nudos soldados entre riostras de perfil hueco circular o cuadrado y cordones de perfil hueco cuadrado

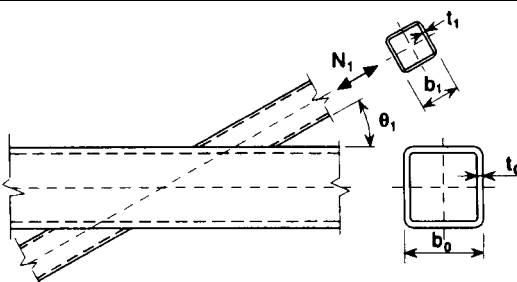
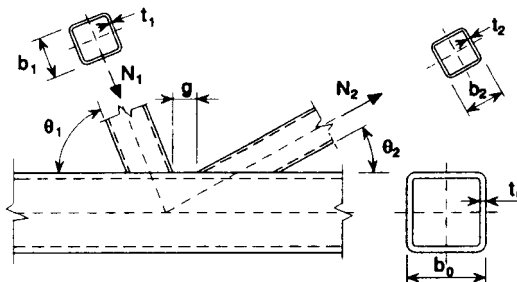
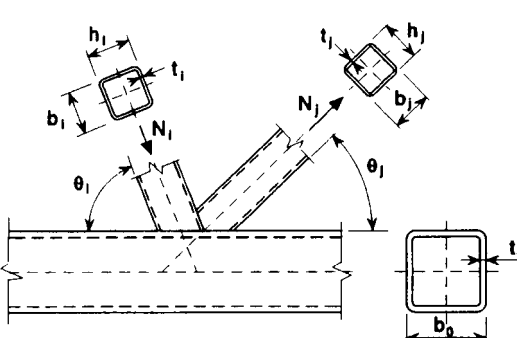
Tipo de nudo	Resistencia de cálculo $[i = 1 \text{ o } 2, j = \text{solapada}]$
Nudos en T, Y y X	Rotura de cara del cordón $\beta \leq 0,85$
	$N_{i,Rd} = \frac{k_n f_{y0} t_0^2}{(1-\beta) \text{sen} \theta_1} \left(\frac{2\beta}{\text{sen} \theta_1} + 4(1-\beta)^{0,5} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Nudos en K y N con separación	Rotura de cara del cordón $\beta \leq 1,0$
	$N_{i,Rd} = \frac{8,9 \gamma^{0,5} k_n f_{y0} t_0^2}{\text{sen} \theta_1} \left(\frac{b_1 + b_2}{2b_0} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Nudos en K y N con solape*)	Rotura de riostra $25\% \leq \lambda_{ov} < 50\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i \left(b_{\text{eff}} + b_{e,ov} + \frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
	Rotura de riostra $50\% \leq \lambda_{ov} < 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i [b_{\text{eff}} + b_{e,ov} + 2h_i - 4t_i] [1,1/\gamma_{Mj}]$
	Rotura de riostra $\lambda_{ov} \geq 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i [b_i + b_{e,ov} + 2h_i - 4t_i] [1,1/\gamma_{Mj}]$
Parámetros b_{eff} , $b_{e,ov}$ y k_n	
$b_{\text{eff}} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{yi} t_i} b_i \quad \text{pero} \quad b_{\text{eff}} \leq b_i$	Para $n > 0$ (compresión): $k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta}$ pero $k_n \leq 1,0$ Para $n \leq 0$ (tracción): $k_n = 1,0$
$b_{e,ov} = \frac{10}{b_j/t_j} \frac{f_{yj} t_j}{f_{yi} t_i} b_i \quad \text{pero} \quad b_{e,ov} \leq b_i$	
Para riostras circulares, multiplicar las resistencias anteriores por $\pi/4$, sustituir b_1 y h_1 por d_1 y sustituir b_2 y h_2 por d_2 .	
*) Sólo necesitan comprobación las riostras solapantes. La eficiencia o rendimiento de la riostra (es decir, la resistencia de cálculo del nudo dividida por la resistencia plástica de cálculo de la riostra) de la riostra solapada debe ser igual a la de la riostra solapante.	

Tabla K.15
Resistencias de cálculo de esfuerzos axiales de nudos soldados en T, X e Y
entre riostras de RHS o CHS y cordones de RHS

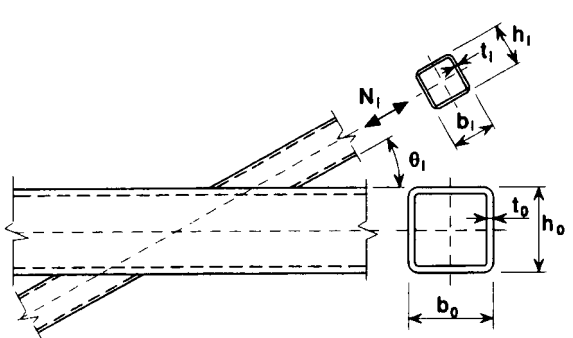
Tipo de nudo	Resistencia de cálculo [$i = 1$ o 2]
	Rotura de cara de cordón $\beta \leq 0,85$
	$N_{i,Rd} = \frac{k_n f_{y0} t_0^2}{(1 - \beta) \sin \theta_1} \left(\frac{2h_1/b_0}{\sin \theta_1} + 4\sqrt{1 - \beta} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
	Pandeo de la pared lateral del cordón ¹⁾ $\beta \leq 1,0^{2)}$
	$N_{i,Rd} = \frac{f_b t_0}{\sin \theta_1} \left(\frac{2h_1}{\sin \theta_1} + 10t_0 \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
	Rotura de riostra $\beta \geq 0,85$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2h_1 - 4t_i + 2b_{eff}) [1,1/\gamma_{Mj}]$
	Cortante punzante $0,85 \leq \beta \leq (1 - 1/\gamma)$
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin \theta_1} \left(\frac{2h_1}{\sin \theta_1} + 2b_{e,p} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
1) Para los nudos en X con $\theta < 90^\circ$ utilizar el más pequeño de este valor y de la resistencia a cortante de las paredes laterales del cordón para los nudos con separación en K y en N dados en la tabla K.16. 2) Para $0,85 \leq \beta \leq 1,0$, utilizar una interpolación lineal entre el valor obtenido para la rotura de cara del cordón a $\beta = 0,85$ y el valor que rija para la rotura de la pared lateral del cordón a $\beta = 1,0$ (pandeo de la pared lateral o cortante del cordón).	
Para las riostras circulares, multiplicar las resistencias anteriores por $\pi/4$, sustituir b_1 y h_1 por d_1 y sustituir b_2 y h_2 por d_2 .	
Para tracción $f_b = f_{y0}$	$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{yi} t_i} b_i \quad \text{pero} \quad b_{eff} \leq b_i$
Para compresión:	
$f_b = \chi f_{y0}$ (nudos en T e Y)	$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} b_i \quad \text{pero} \quad b_{e,p} \leq b_i$
$f_b = 0,8 \chi f_{y0} \sin \theta_1$ (nudos en X)	
donde χ es el coeficiente de reducción para pandeo por flexión obtenido de la tabla 5.5.2 utilizando la curva de pandeo correspondiente de la tabla 5.5.3 y una esbeltez normalizada $\bar{\lambda}$ determinada aplicando:	$\gamma = \frac{b_0}{2t_0}$
$\bar{\lambda} = 3,46 \frac{\left(\frac{h_0}{t_0} - 2 \right) \sqrt{\frac{1}{\sin \theta_1}}}{\pi \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}}$	Para $n > 0$ (compresión): $k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta}$ pero $k_n \leq 1,0$ Para $n \leq 0$ (tracción): $k_n = 1,0$

Tabla K.16
Resistencias de cálculo de esfuerzos axiales de nudos
soldados en K y en N entre riostras de RHS o CHS y cordones de RHS

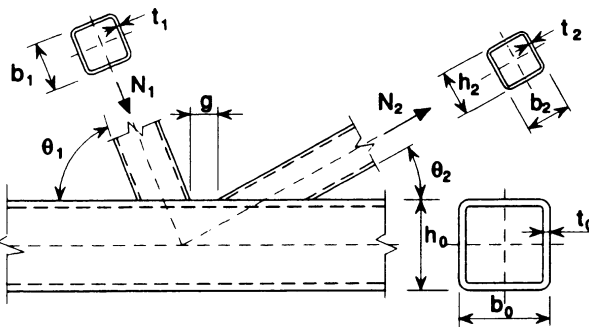
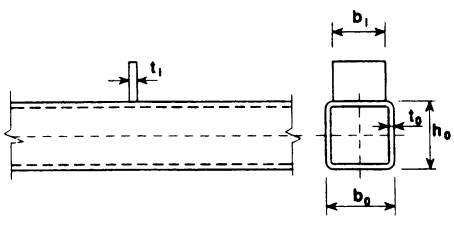
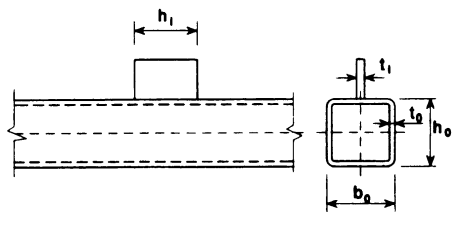
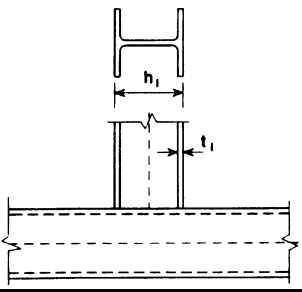
Tipo de nudo	Resistencia de cálculo [i = 1 o 2]
Nudos en K y N con separación	Rotura de cara del cordón
	$N_{i,Rd} = \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{\gamma}}{\text{sen } \theta_i} \left(\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
	Cortante del cordón
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \text{sen } \theta_i} \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
	Rotura de riostra
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (2h_i - 4t_i + b_i + b_{eff}) [1,1/\gamma_{Mj}]$
	Cortante punzante $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \text{sen } \theta_i} \left(\frac{2h_i}{\text{sen } \theta_i} + b_i + b_{e,p} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Nudos en K y N con solape	Como en la tabla K.14
Para riostras circulares, multiplicar las resistencias anteriores por $\pi/4$, sustituir b_1 y h_1 por d_1 y sustituir b_2 y h_2 por d_2 .	
$A_v = (2h_0 + \alpha b_0) t_0$ Para una riostra rectangular o cuadrada: $\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}$ donde g es la separación, véase la figura K.1 (a). Para una riostra circular: $\alpha = 0$	$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{yi} t_i} b_i \quad \text{pero} \quad b_{eff} \leq b_i$
	$b_{e,p} = \frac{10}{b_0/t_0} b_i \quad \text{pero} \quad b_{e,p} \leq b_i$
	Para $n > 0$ (compresión): $k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta}$ pero $k_n \leq 1,0$ Para $n \leq 0$ (tracción): $k_n = 1,0$
$\gamma = \frac{b_0}{2t_0}$	

Tabla K.17
Resistencias de cálculo de nudos soldados que unen chapas
de cartelas de perfiles I o H con barras de RHS

Chapa transversal	Rotura de riostra
	$N_{i,Rd} = f_{yt} b_{eff} [1,1/\gamma_{Mj}]^{(*)}$
	Aplastamiento de pared lateral del cordón cuando $b_1 \geq b_0 - 2t_0$
	$N_{i,Rd} = f_{y0} t_0 (2t_1 + 10t_0) [1,1/\gamma_{Mj}]$
	Cortante punzante cuando $b_1 \leq b_0 - 2t_0$
	$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3}} (2t_1 + 2b_{e,p}) [1,1/\gamma_{Mj}]$
Chapa longitudinal	Rotura de cara del cordón $\beta \leq 0,85$
 $t_1/b_0 \leq 0,2$	$N_{i,Rd} = \frac{k_m f_{y0} t_0^2}{(1 - t_1/b_0)} \left(2h_1/b_0 + 4\sqrt{1 - t_1/b_0} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$ $M_{ip,i,Rd} = 0,5 N_{i,Rd} h_1$
Perfil I o H	
	Conservadoramente, basar $N_{i,Rd}$ para un perfil I o H sobre la resistencia de cálculo de dos chapas transversales similares a sus alas, determinada según se ha especificado anteriormente. $M_{ip,i,Rd} = N_{i,Rd} (h_1 - t_1)$
Intervalo de validez	
Además de los límites dados en la tabla K.12:	
$0,5 \leq \beta \leq 1,0$	
$b_0/t_0 \leq 30$	
Parámetros b_{eff} , $b_{e,p}$ y k_m	
$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{yt} t_1} b_1 \quad \text{pero} \quad b_{eff} \leq b_1$	Para $n > 0$ (compresión): $k_m = 1,3 (1 - n)$ pero $k_m \leq 1,0$
$b_{e,ov} = \frac{10}{b_j/t_j} \frac{f_{yj} t_j}{f_{yt} t_1} b_1 \quad \text{pero} \quad b_{e,ov} \leq b_1$	Para $n \leq 0$ (tracción): $k_m = 1,0$
^{*)} Las uniones con soldaduras de ángulo deben calcularse de acuerdo con lo especificado en el apartado 6.6.8.	

- (5) Las uniones de riostras solicitadas a cargas combinadas de esfuerzos axiles y momentos flectores deben cumplir:

$$\frac{N_{i,Sd}}{N_{i,Rd}} + \frac{M_{ip,i,Sd}}{M_{ip,i,Rd}} + \frac{M_{op,i,Sd}}{M_{op,i,Rd}} \leq 1,0 \quad (K.5)$$

donde

$M_{ip,i,Rd}$ es la resistencia de cálculo del momento en el plano;

$M_{ip,i,Sd}$ es el momento interno en el plano del cálculo;

$M_{op,i,Rd}$ es la resistencia de cálculo del momento fuera del plano;

y $M_{op,i,Sd}$ es el momento interno fuera del plano del cálculo.

- (6) El momento interno de cálculo $M_{i,Sd}$ se puede tomar como el valor en el punto donde el eje de la riostra se une con la cara del cordón.
- (7) Para los nudos sin reforzar, las resistencias de cálculo del momento en el plano y del momento fuera del plano $M_{i,Rd}$ deben obtenerse de las tablas K.17 o K.18 según proceda. Para los nudos reforzados, véase el apartado K.7.2.2.
- (8) Los tipos especiales de nudos soldados que se indican en las tablas K.19 y K.20 deben cumplir los criterios de diseño (cálculo) apropiados especificados para cada tipo de nudo en dichas tablas.
- (9) En un nudo tipo con separación, la resistencia de cálculo de esfuerzos axiles de la sección transversal del cordón $N_{o,Rd}$ se debe determinar considerando el esfuerzo cortante transmitido entre las riostras por el cordón, despreciando el momento secundario asociado, como sigue:

– cuando $V_{Sd}/V_{p4,Rd} \leq 0,5$:

$$N_{o,Rd} = A_0 f_{y0} / \gamma_{MO} \quad (K.6a)$$

– cuando $V_{Sd}/V_{p4,Rd} > 0,5$:

$$N_{o,Rd} = [A_0 - A_v (2V_{Sd}/V_{p4,Rd} - 1)^2] f_{y0} / \gamma_{MO} \quad (K.6b)$$

K.7.2.2 Nudos reforzados

- (1) Se pueden utilizar tres tipos de refuerzo de nudo. El tipo apropiado depende del modo de rotura que, en ausencia del refuerzo, gobierna la resistencia de cálculo del nudo.
- (2) Las chapas de refuerzo de alas se pueden utilizar para aumentar la resistencia del nudo a la rotura de cara del cordón, a la rotura por cortante punzante o a la rotura de riostra con anchura eficaz reducida.
- (3) Se puede utilizar un par de chapas laterales para reforzar un nudo contra la rotura de la pared del cordón o contra la rotura por cortante del cordón.
- (4) Con el fin de evitar un solapamiento parcial de riostras en un nudo en K o en N, las riostras se pueden soldar a un rigidizador vertical.
- (5) Todas las combinaciones de estos tres tipos de refuerzo de nudos se pueden usar también.
- (6) El tipo de acero utilizado para el refuerzo no debe ser inferior al del cordón.
- (7) Las resistencias de cálculo de los nudos reforzados deben determinarse aplicando las tablas K.21. y K.22.

Tabla K.18
Momentos de resistencia de cálculo de nudos soldados entre riostras de RHS y cordones de RHS

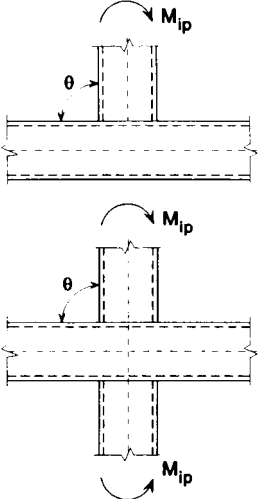
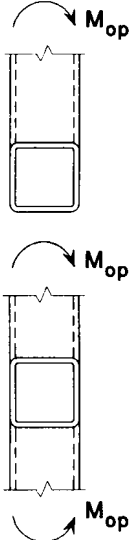
Nudos en T y en X	Resistencia de cálculo [$i = 1$ o 2]
Momentos en el plano ($\theta \approx 90^\circ$)	Rotura de cara del cordón $\beta \leq 0,85$
	$M_{ip,i,Rd} = k_n f_{y0} t_0^2 h_i \left(\frac{1 - \beta}{2h_i / b_0} + \frac{2}{\sqrt{1 - \beta}} + \frac{h_i / b_0}{1 - \beta} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
	Aplastamiento de la pared lateral del cordón $0,85 \leq \beta \leq 1,0$
	$M_{ip,i,Rd} = 0,5 f_{yk} t_0 (h_i + 5t_0)^2 [1,1/\gamma_{Mj}]$ $f_{yk} = f_{y0} \quad \text{para nudos en T}$ $f_{yk} = 0,8 f_{y0} \quad \text{para nudos en X}$
	Rotura de riostra $0,85 \leq \beta \leq 1,0$
	$M_{ip,i,Rd} = f_{yi} (W_{pl,i} - (1 - b_{eff}/b_i) b_i h_i t_i) [1,1/\gamma_{Mj}]$
Momentos fuera de plano ($\theta \approx 90^\circ$)	Aplastamiento de la pared lateral del cordón $0,85 \leq \beta \leq 1,0$
	$M_{op,i,Rd} = f_{yk} t_0 (b_0 - t_0) (h_i + 5t_0) [1,1/\gamma_{Mj}]$ $f_{yk} = f_{y0} \quad \text{para nudos en T}$ $f_{yk} = 0,8 f_{y0} \quad \text{para nudos en X}$
	Rotura transversal del cordón (sólo nudos en T)*)
	$M_{op,i,Rd} = 2f_{y0} t_0 (h_i t_0 + (b_0 h_0 t_0 (b_0 + h_0)^{0,5})) [1,1/\gamma_{Mj}]$
	Rotura de riostra $0,85 \leq \beta \leq 1,0$
	$M_{op,i,Rd} = f_{yi} (W_{pl,i} - 0,5 (1 - b_{eff}/b_i)^2 b_i^2 t_i) [1,1/\gamma_{Mj}]$
Parámetros b_{eff} y k_n	
$b_{eff} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{yi} t_i} b_i$ pero $b_{eff} \leq b_i$	Para $n > 0$ (compresión): $k_n = 1,3 - \frac{0,4n}{\beta}$ pero $k_n \leq 1,0$ Para $n \leq 0$ (tracción): $k_n = 1,0$
*) Este criterio no se aplica cuando la rotura transversal o distorsional del cordón se ha previsto por otros medios.	

Tabla K.19
Criterios de diseño para tipos especiales de nudos soldados entre riostras de RHS y cordones de RHS

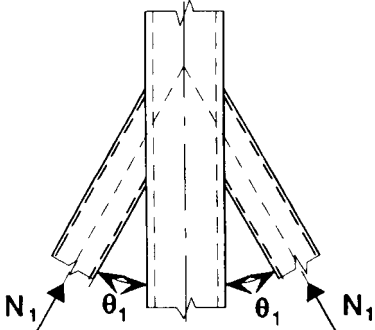
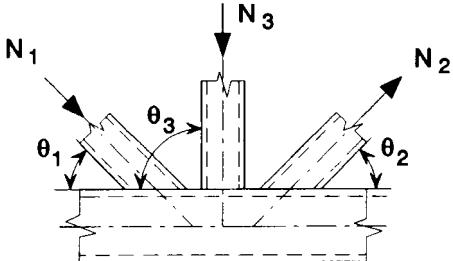
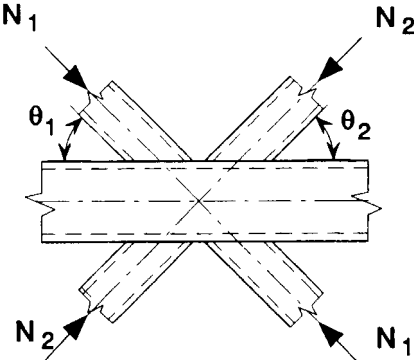
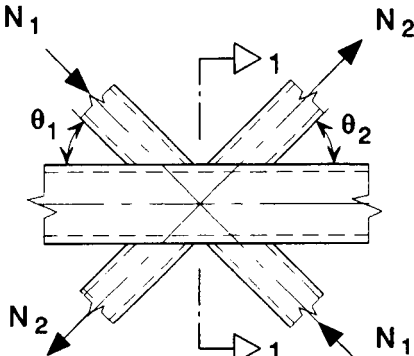
Tipo de nudo	Criterios de diseño (cálculo)
	$N_{1,Sd} \leq N_{1,Rd}$ en donde $N_{1,Rd}$ es el valor de $N_{1,Rd}$ para un nudo en X de la tabla K.15
	$N_{1,Sd} \sin \theta_1 + N_{3,Sd} \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} \sin \theta_1$ $N_{2,Sd} \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} \sin \theta_1$ en donde $N_{1,Rd}$ es el valor de $N_{1,Rd}$ para un nudo en K de la tabla K.16, pero con $\frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0}$ sustituido por: $\frac{b_1 + b_2 + b_3 + h_1 + h_2 + h_3}{6b_0}$
	$N_{1,Sd} \sin \theta_1 + N_{2,Sd} \sin \theta_2 \leq N_{x,Rd} \sin \theta_x$ en donde $N_{x,Rd}$ es el valor de $N_{x,Rd}$ para un nudo en X de la tabla K.15, donde $N_{x,Rd} \sin \theta_x$ es el mayor de los dos valores siguientes: $ N_{1,Rd} \sin \theta_1 \quad \text{y} \quad N_{2,Rd} \sin \theta_2 $
	$N_{1,Sd} \leq N_{1,Rd}$ en donde $N_{i,Rd}$ es el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en K de la tabla K.16, siempre que, en un nudo del tipo con separación, en la sección 1-1 el cordón cumpla: $\left[\frac{N_{0,Sd}}{N_{0,p1,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{V_{0,Sd}}{V_{0,p1,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$

Tabla K.20
Criterios de diseño (cálculo) para nudos en rótula soldados
y nudos de cordón-acodado en piezas de RHS

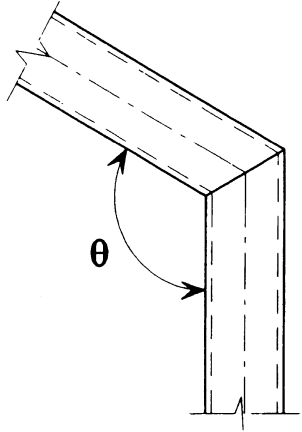
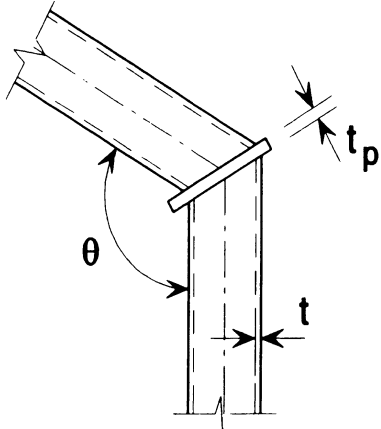
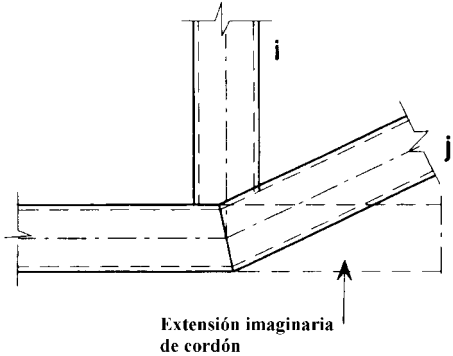
Tipo de nudo	Criterios
Nudos en rótula soldados	
	La sección transversal debe ser de Clase 1 para flexión pura, véase el apartado 5.3 $N_{Sd} \leq 0,2N_{pL,Rd}$ $\text{y } \frac{N_{Sd}}{N_{pL,Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{pL,Rd}} \leq \kappa$ Si $\theta \leq 90^\circ$: $\kappa = \frac{3\sqrt{b_0/h_0}}{[b_0/t_0]^{0,8}} + \frac{1}{1 + 2b_0/h_0}$ Si $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$: $\kappa = 1 - (\sqrt{2} \cos (\theta/2)) (1 - \kappa_{90})$ donde κ_{90} es el valor de κ para $\theta = 90^\circ$
	$t_p \geq 1,5t \quad \text{y} \quad t_p \geq 10 \text{ mm}$ $\frac{N_{Sd}}{N_{pL,Rd}} + \frac{M_{Sd}}{M_{pL,Rd}} \leq 1,0$
Cordón acodado	
 Extensión imaginaria de cordón	$N_{i,Sd} \leq N_{i,Rd}$ donde $N_{i,Rd}$ es el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en K o en N con solape de la tabla K.16

Tabla K.21
Resistencias de cálculo de nudos en T, Y y X soldados reforzados
entre riostras de RHS o CHS y cordones de RHS

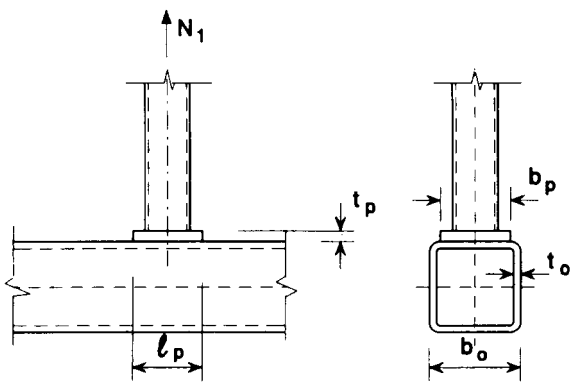
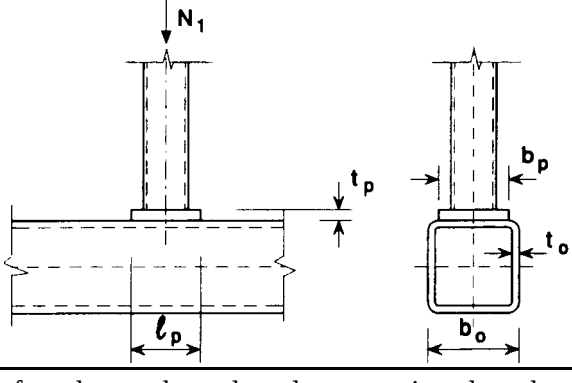
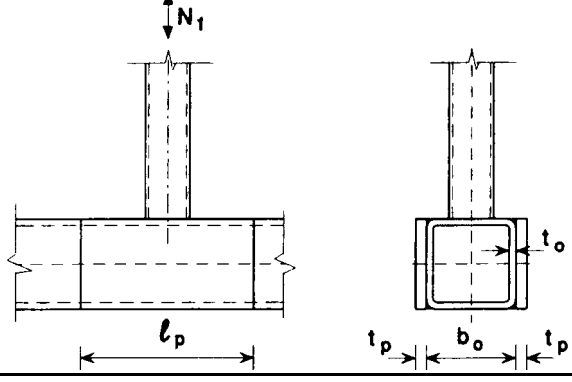
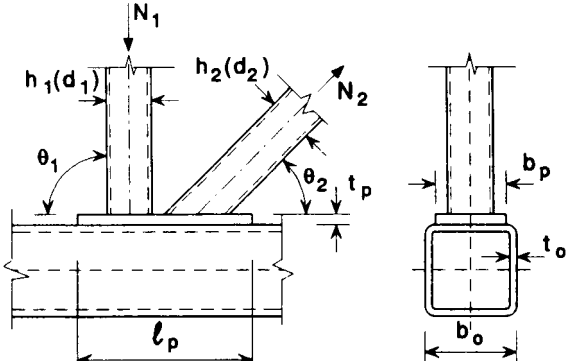
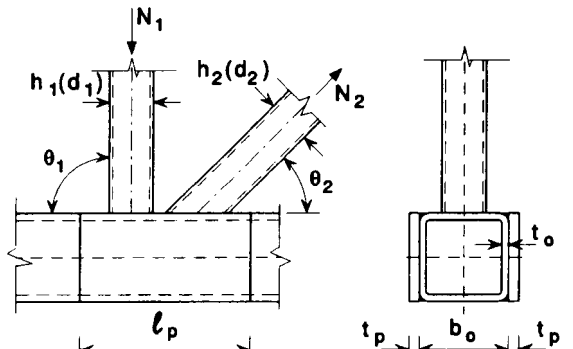
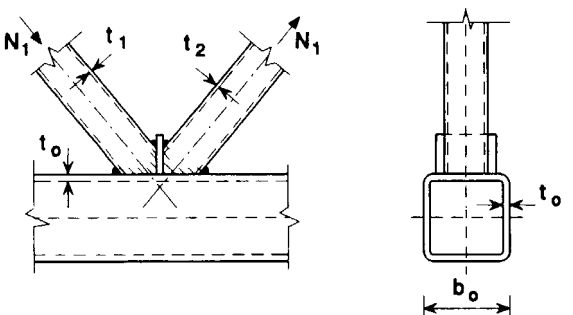
Tipo de nudo	Resistencia de cálculo ($i = 1 \text{ o } 2$)
Reforzado con chapas de ala para evitar la rotura de cara del cordón, la rotura de riostra o el cortante punzante	
Carga de tracción $\beta_p \leq 0,85$	
	$l_p \geq \frac{h_i}{\sin \theta_i} + \sqrt{b_p(b_p - b_i)}$ $y \geq 1,5 h_i / \sin \theta_i$ $b_p \geq b_o - 2t_o$ $N_{i,Rd} = \frac{f_{yp} t_p^2}{(1 - b_i/b_p) \sin \theta_i} \times$ $\times \left(\frac{2h_i/b_p}{\sin \theta_i} + 4 \sqrt{1 - b_i/b_p} \right) \left[\frac{1,1}{\gamma_{Mj}} \right]$
Carga de compresión $\beta_p \leq 0,85$	
	$l_p \geq \frac{h_i}{\sin \theta_i} + \sqrt{b_p(b_p - b_i)}$ $y \geq 1,5 h_i / \sin \theta_i$ $b_p \geq b_o - 2t_o$ Tomar $N_{i,Rd}$ como el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en T, X o Y de la tabla K.15 pero con $k_n = 1,0$ y sustituido por t_p para la rotura de cara del cordón, rotura de riostra y cortante punzante únicamente
Reforzado con chapas laterales para evitar el pandeo de la pared lateral del cordón o el cortante de la pared lateral del cordón	
	$l_p \geq 1,5 h_i / \sin \theta_i$ Tomar $N_{i,Rd}$ como el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en T, X o Y de la tabla K.15 pero con t_o sustituido por $(t_o + t_p)$ para la rotura por pandeo de la pared lateral del cordón y la rotura por cortante de la pared lateral del cordón solamente

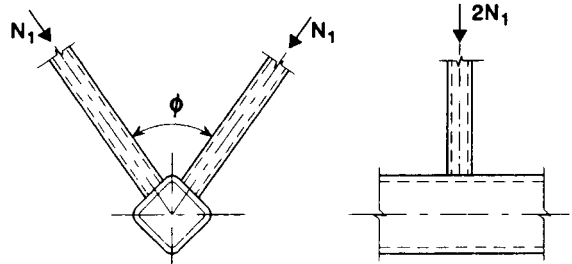
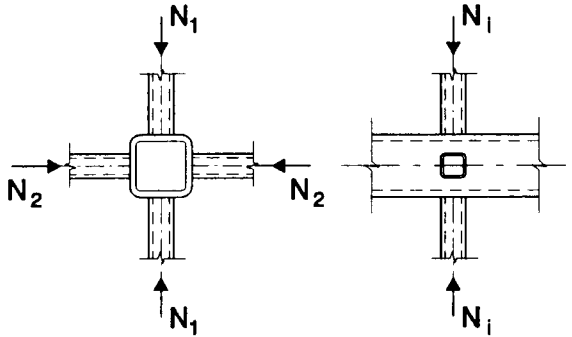
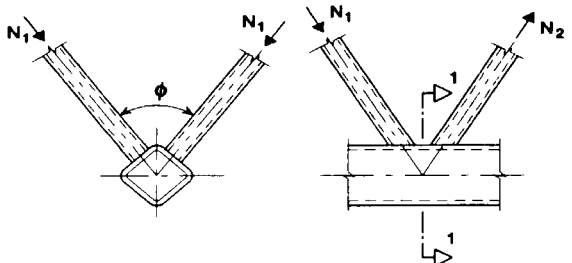
Tabla K.22
Resistencias de cálculo de nudos en K y en N soldados reforzados
entre riostras de CHS o RHS y cordones de RHS

Tipo de nudo	Resistencia de cálculo [$i = 1$ o 2]
Reforzado con chapas de ala para evitar la rotura de cara del cordón, la rotura de riostra o el cortante punzante	
	$\ell_p \geq 1,5 \left(\frac{h_1}{\text{sen}\theta_1} + g + \frac{h_2}{\text{sen}\theta_2} \right)$ $b_p \geq b_o - 2t_o$ $t_p \geq 2t_1 \text{ y } 2t_2$ Tomar $N_{i,Rd}$ como el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en K o en N de la tabla K.16, pero con t_o sustituido por t_p para rotura de cara del cordón, rotura de riostra y cortante punzante solamente
Reforzado con un par de chapas laterales para evitar la rotura por cortante del cordón	
	$\ell_p \geq 1,5 \left(\frac{h_1}{\text{sen}\theta_1} + g + \frac{h_2}{\text{sen}\theta_2} \right)$ Tomar $N_{i,Rd}$ como el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en K o N de la tabla K.16, pero con t_o sustituido por $(t_o + t_p)$ para la rotura por cortante del cordón solamente
Reforzado con un par de chapa divisoria entre las riostras debido a un solape insuficiente	
	$t_p \geq 2t_1 \text{ y } 2t_2$ Tomar $N_{i,Rd}$ como el valor de $N_{i,Rd}$ para un nudo en K o en N con solape de la tabla K.16 con $\lambda_{ov} < 80\%$, pero con b_j, t_j y f_{yj} sustituidos por b_p, t_p y f_{yp} en la expresión para $b_{e,ov}$ dada en la tabla K.14

K.7.3 Nudos en planos múltiples

- (1) En cada plano correspondiente de un nudo multiplano los criterios de cálculo dados en K.7.2 deben cumplirse utilizando las resistencias de cálculo reducidas que se obtienen al aplicar (2).
- (2) Las resistencias de cálculo para cada plano respectivo de un nudo multiplano deben determinarse aplicando el coeficiente de reducción apropiado μ , que se da en la tabla K.23, a la resistencia del nudo plano correspondiente calculada aplicando lo especificado en K.7.2.

Tabla K.23
Coeficientes de reducción para nudos multiplanos

Tipo de nudo	Coeficiente de reducción μ
Nudo TT	$60^\circ \leq \phi \leq 90$
	$\mu = 0,9$
Nudo XX	
	$\mu = 0,9 (1 + 0,33N_{2,Sd}/N_{1,Sd})$ teniendo en cuenta el signo de $N_{1,Sd}$ y $N_{2,Sd}$ donde $N_{2,Sd} \leq N_{1,Sd}$
Nudo KK	$60^\circ \leq \phi \leq 90$
	$\mu = 0,9$ Siempre que, en un nudo del tipo con separación, en la sección 1-1 el cordón cumpla la condición: $\left[\frac{N_{0,Sd}}{N_{pl0,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{V_{0,Sd}}{V_{pl0,Rd}} \right]^2 \leq 1,0$

K.8 Nudos soldados entre riostras de CHS o RHS y cordones de perfil I o H

- (1) Siempre que la geometría de los nudos esté dentro del intervalo de validez que se da en la tabla K.24, las resistencias de cálculo de los nudos deben determinarse utilizando las expresiones que se dan en la tabla K.25 o en la tabla K.26, según sea lo apropiado.

Tabla K.24
Intervalo de validez para nudos soldados entre
riostras de CHS o RHS y cordones de perfil I o H

Tipo de nudo	Parámetro de nudo [$i = 1$ o 2 , $j =$ riostra solapada]				
	d_w/t_w	b_i/t_i y h_i/t_i o h_i/t_i		h_i/b_i	b_0/t_0
		Compresión	Tracción		
En X	$\frac{d_w}{t_w} \leq 1,2 \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}$ y $d_w \leq 400$ mm	$\frac{h_i}{t_i} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$	$\frac{h_i}{t_i} \leq 35$	$\geq 0,5$ pero $\leq 2,0$	—
En T o Y	$\frac{d_w}{t_w} \leq 1,5 \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}$ y $d_w \leq 400$ mm	$\frac{b_i}{t_i} \leq 1,1 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$	$\frac{b_i}{t_i} \leq 35$	$\frac{b_0}{t_0} \leq 0,75 \sqrt{\frac{E}{f_{y0}}}$	—
En K son separación		$\frac{d_i}{t_i} \leq 1,5 \sqrt{\frac{E}{f_{yi}}}$	$\frac{d_i}{t_i} \leq 50$		
En N con separación					
En K con solape	$d_w \leq 400$ mm			$\geq 0,5$ pero $\leq 2,0$	$\geq 0,75$
En N con solape					

- (2) Para los nudos que estén dentro del intervalo de validez dado en la tabla K.24, solamente es necesario considerar los criterios de cálculo contemplados en la tabla apropiada. La resistencia de cálculo de una unión debe adoptarse igual al valor mínimo que resulte de todos los criterios aplicables.
- (3) Para los nudos que caen fuera del intervalo de validez dado en la tabla K.24, deben considerarse todos los criterios dados en K.4.4. Además, se tendrán también en cuenta los momentos secundarios en los nudos provocados por su rigidez a flexión.
- (4) En uniones de barras de arriostramiento sometidas únicamente a esfuerzos axiales, el esfuerzo axial de cálculo $N_{i,Sd}$ no debe ser mayor que la resistencia axial de cálculo del nudo soldado $N_{i,Rd}$ determinada a partir de la tabla K.25.
- (5) Las uniones de barras de arriostramiento sometidas a cargas combinadas de esfuerzos axiales y momentos flectores deben cumplir la condición:

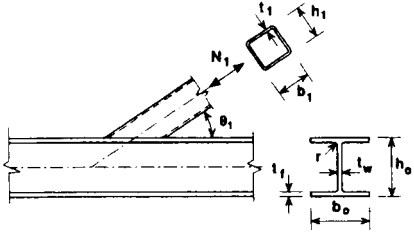
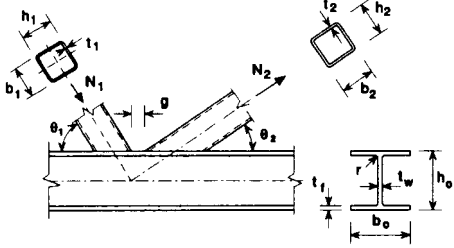
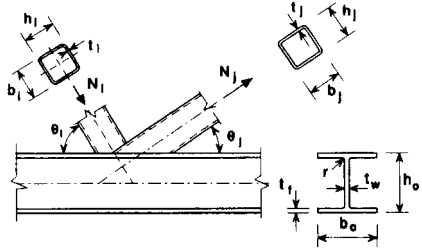
$$\frac{N_{i,Sd}}{N_{i,Rd}} + \frac{M_{ip,i,Sd}}{M_{ip,i,Rd}} \leq 1,0 \quad (K.7)$$

donde

$M_{ip,i,Rd}$ es la resistencia de cálculo del momento en el plano;

$M_{ip,i,Sd}$ es el momento interno en el plano para el cálculo.

Tabla K.25
Resistencias de cálculo de nudos soldados entre riostras
de CHS o RHS y cordones de perfil I o H

Tipo de nudo	Resistencia de cálculo	
Nudos en T, Y y X	Fluencia del ala del cordón	
	$N_{1,Rd} = \frac{f_y t_w b_w}{\sin \theta_1} [1, 1/\gamma_{Mj}]$	
	Rotura de riostra	
	$N_{1,Rd} = 2 f_{yi} t_i b_{eff} [1, 1/\gamma_{Mj}]$	
Nudos en K y N con separación [i = 1 o 2]	Estabilidad del alma del cordón	La rotura de riostra no necesita comprobarse si:
	$N_{1,Rd} = \frac{f_y t_w b_w}{\sin \theta_1} [1, 1/\gamma_{Mj}]$	$g/t_f \leq 20 - 28\beta$ $\beta \leq 1,0 - 0,03\gamma$
	Rotura de riostra	y para CHS:
	$N_{1,Rd} = 2 f_{yi} t_i b_{eff} [1, 1/\gamma_{Mj}]$	$0,75 \leq d_1/d_2 \leq 1,33$
	Cortante de cordón	o para RHS:
	$N_{1,Rd} = \frac{f_y A_v}{\sqrt{3} \sin \theta_i} [1, 1/\gamma_{Mj}]$	$0,75 \leq b_1/b_2 \leq 1,33$
Nudos en K y n con solape*)	Rotura de riostra	$25\% \leq \lambda_{ov} < 50\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i \left(b_{eff} + b_{e,ov} + \frac{\lambda_{ov}}{50} (2h_i - 4t_i) \right) [1, 1/\gamma_{Mj}]$	
	Rotura de riostra	$50\% \leq \lambda_{ov} < 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (b_{eff} + b_{e,ov} + 2h_i - 4t_i) [1, 1/\gamma_{Mj}]$	
	Rotura de riostra	$\lambda_{ov} \geq 80\%$
	$N_{i,Rd} = f_{yi} t_i (b_i + b_{e,ov} + 2h_i - 4t_i) [1, 1/\gamma_{Mj}]$	
$A_v = A_0 - (2 - \alpha) b_0 t_f + (t_w + 2r) t_f$ Para riostra de RHS: $\alpha = \frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_f^2}}$ Para riostra de CHS: $\alpha = 0$	$b_{eff} = t_w + 2r + 7f_y/f_{yi} t_f$ pero $b_{eff} \leq b_i$	$b_w = \frac{h_i}{\sin \theta_i} + 5(t_f + r)$ pero $b_w \leq 2t_i + 10(t_f + r)$
Para las riostras de CHS, multiplicar las resistencias anteriores por $\pi/4$ y sustituir b_1 y h_1 por d_1 y b_2 y h_2 por d_2 .		
*) Solo es necesario comprobar la riostra i solapante. La eficiencia o rendimiento (es decir, la resistencia de cálculo del nudo dividida por la resistencia plástica de cálculo de la riostra) de la riostra solapada j debe tomarse igual a la de la riostra solapante.		

- (6) El momento interno de cálculo $M_{i,Sd}$ se puede tomar igual al valor en el punto donde el eje de la riostra se junta con la cara del cordón.
- (7) La resistencia de cálculo del momento en el plano $M_{ip,i,Rd}$ se debe obtener de la tabla K.26.
- (8) En un nudo del tipo con separación, la resistencia de cálculo a axiles de la sección transversal del cordón $N_{0,Rd}$ debe determinarse teniendo en cuenta el esfuerzo cortante transmitido entre las riostras por el cordón, despreciando el momento secundario asociado, de la forma siguiente:

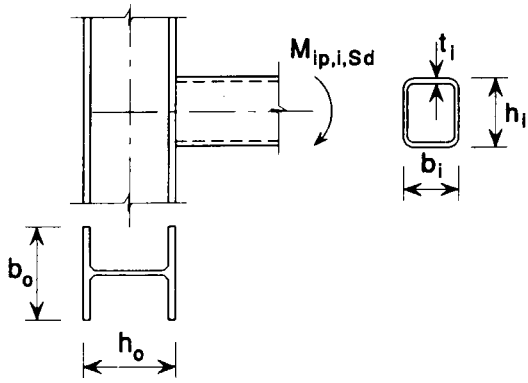
cuando $V_{Sd}/V_{p\ell,Rd} \leq 0,5$:

$$N_{0,Rd} = A_0 f_{y0}/\gamma_{M0} \quad (K.8a)$$

cuando $V_{Sd}/V_{p\ell,Rd} > 0,5$:

$$N_{0,Rd} = [A_0 - A_v(2V_{Sd}/V_{p\ell,Rd} - 1)^2] f_{y0}/\gamma_{M0} \quad (K.8b)$$

Tabla K.26
Resistencias de cálculo del momento de nudos soldados entre riostras
de perfil hueco rectangular y cordones de perfil I o H

Tipo de nudo	Resistencia de cálculo [$i = 1$ o 2 , $j =$ riostra solapada]
Nudos en T e Y	Fluencia del alma del cordón
	$M_{ip,i,Rd} = 0,5f_{y0}t_w b_w h_i [1,1/\gamma_{Mj}]$
	Rotura de riostra
	$M_{ip,i,Rd} = f_{yi} t_i b_{eff} (h_i - t_i) [1,1/\gamma_{Mj}]$
Parámetros b_{eff} y b_w	
$b_{eff} = t_w + 2r + 7(f_{y0}/f_{yi})t_f$ pero $b_{eff} \leq b_i$	$b_w = \frac{h_i}{\sin \theta_i} + 5(t_f + r)$ pero $b_w \leq 2t_i + 10(t_f + r)$

K.9 Uniones atornilladas

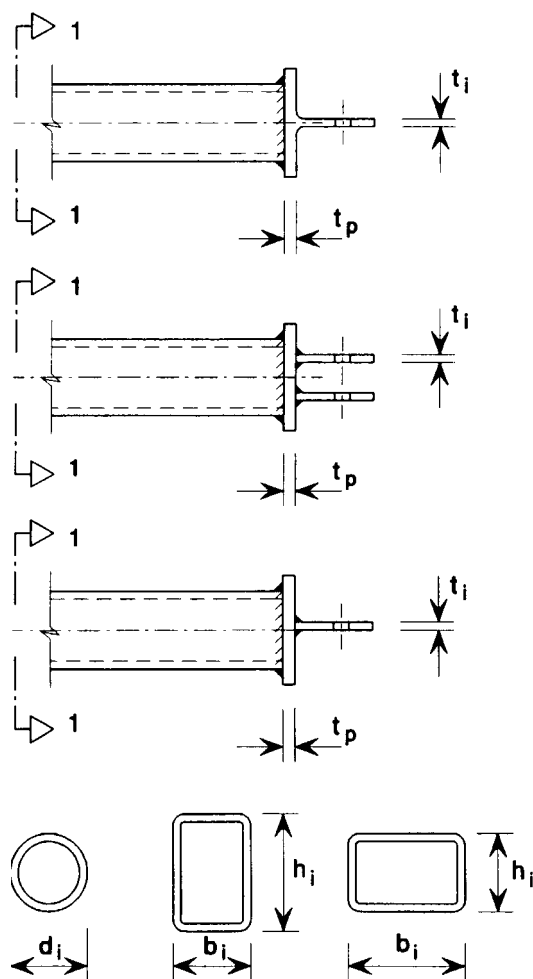
- (1) Las uniones atornilladas en las que los tornillos actúan a cortante deben calcularse de acuerdo con lo especificado en 6.5.
- (2) En una unión de extremo i en T o una unión de extremo ahorquillado o bifurcado, véase la figura K.10, el espesor de la placa o chapa de extremo t_p debe satisfacer a:

$$t_p \geq (b_i - t_i)/5 \quad (\text{K.9a})$$

$$t_p \geq (d_i - t_i)/5 \quad (\text{K.9b})$$

$$t_p \geq (h_i - t_i)/5 \quad (\text{K.9c})$$

- (3) Las reglas de aplicación dadas en el Anexo J no se deben aplicar a uniones de perfiles huecos estructurales sin una nueva verificación experimental.



Vistas alternativas sobre la sección 1.1

Fig. K.10 – Uniones de extremo en T y de extremo bifurcado

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección Fernández de la Hoz, 52
28010 Madrid-España

Teléfono (91) 432 60 00

Telefax (91) 310 36 95

Telegrama AENOR