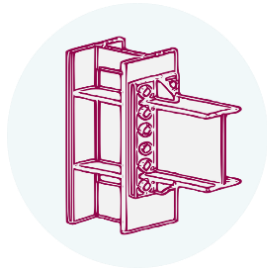




EQUALJOINTS PLUS

Valorisation of knowledge for European preQUALified
steel JOINTS





Equaljoints Plus

Valorisation of knowledge for European
preQUALified steel JOINTS

APP MANUAL

Version 1.0.0 (25)

ÍNDICE

ÍNDICE.....	ii
1. EQUALJOINTS	1
1.1 Introducción	1
2. DESCRIPCIÓN DE LA ECCS	3
2.1 Proposito y objetivos.....	3
2.2 Miembros	3
2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research	4
2.4 Guía técnica para el uso de los Eurocódigos	4
3. USO DE LA APLICACIÓN	5
3.1 Alcance	5
3.2 Configuración	6
3.3 Catálogo y proveedores.....	6
3.4 Ejemplos e informes – Calculadora	7
3.4.1 Introducción.....	7
3.4.2 Uniones	8
4. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA.....	11
4.1 Uniones viga-pilar con placa frontal extendida no rigidizada	14
4.1.1 Descripción de la configuración de la unión	14
4.1.2 Lista de valores límite para los datos de la precalificación	12
4.1.3 Procedimiento de cálculo.....	13
4.1.4 Elección inicial de datos para la geometría y los materiales de la unión .	13
4.1.5 Procedimiento de ensamblaje y comprobaciones de resistencia	14
4.1.6 Caracterización de los componentes (unión a flexión).....	15
4.1.7 Rigideces de los componentes (unión a flexión)	22
4.1.8 Resistencia de los componentes (unión a cortante)	23
4.2 Uniones viga-pilar con placa frontal extendida rigidizada	25
4.2.1 Descripción de la configuración de la unión	25
4.2.2 Lista de valores límite para los datos de la precalificación	26
4.2.3 Procedimiento de cálculo.....	26
4.2.4 Elección inicial de datos para la geometría y los materiales de la unión .	27
4.2.5 Procedimiento de ensamblaje y comprobaciones de resistencia	28
4.2.6 Caracterización de los componentes (unión a flexión).....	29
4.2.7 Rigideces de los componentes (unión a flexión)	35
4.2.8 Resistencia de los componentes (unión a cortante).....	36
4.3 Uniones acrateladas	38

4.3.1	Descripción de la configuración de la unión	38
4.3.2	Lista de valores límite para los datos de la precalificación	39
4.3.3	Procedimiento de cálculo.....	40
4.3.4	Elección inicial de datos para la geometría y los materiales de la unión .	41
4.3.5	Procedimiento de ensamblaje y comprobaciones de resistencia	42
4.3.6	Caracterización de los componentes.....	45
4.3.7	Clasificación de la rigidez	49
4.3.8	Clasificación de la ductilidad	46
4.4	Uniones dog-bone	49
4.4.1	Descripción de la unión	49
4.4.2	Procedimiento de cálculo.....	47
5.	REFERENCIAS	50

1. EQUALJOINTS

1.1 Introducción

Este Proyecto persigue la valorización y difusión de los resultados alcanzados en el proyecto RFCS EQUALJOINTS+, terminado recientemente, en el que se desarrollan criterios europeos de precalificación sísmica para un conjunto de uniones de acero.

Con el objetivo de explotar totalmente el potencial de dichos criterios de precalificación, se preparan documentos orientados al proyecto (guías de diseño, manuales, herramientas y ejemplos de cálculo) en 12 idiomas diferentes, y se distribuyen entre los agentes del sector de la construcción en acero, incluyendo instituciones académicas, ingenieros y empresas constructoras.

Se desarrolla un software y una aplicación para móviles que permite predecir la respuesta inelástica de las uniones. Además, se organizan una serie de seminarios y workshops en Europa y Estados Unidos con el fin de presentar el material e intercambiar conocimiento.

Las organizaciones que participan en el Proyecto EQUALJOINTS plus son:

Università degli Studi di Napoli Federico II (UNINA)

Corso Umberto I 40 – 80138 Napoli, Italia

www.unina.it

Imperial College (IC)

London SW7 2AZ, UK

www.imperial.ac.uk

Universidade de Coimbra (UC)

Paço das Escolas, Coimbra, 3001 451, Portugal

www.uc.pt

Université de Liège (ULg)

Place du 20-Août, 7, B-4000 Liège, Belgique

www.uliege.be

Universitatea Politehnica Timișoara (UPT)

Piața Victoriei Nr. 2, 300006 Timișoara, jud. Timiș, România

www.upt.ro

European Convention for Constructional Steelwork (ECCS)

Anenue des Ombrages 32, bte 20, 1200 Brussels, Belgique

www.steelconstruct.com

ArcelorMittal Belval & Differdange S.A. (AMBD)

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg

www.arcelormittal.com

Università degli Studi di Salerno (UNISA)

Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084, Italia

www.unisa.it

České vysoké učení technické v Praze (CVUT)

Zikova 1903/4, 166 36 Praha 6, Česká republika
www.cvut.cz

National Technical University of Athens (NTUA)

Zografou Campus 9, Iroon Polytechniou str, 15780 Zografou, Greece
www.ntua.gr

Reinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTHA)

Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany
www.rwth-aachen.de

Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM)

Espace technologique L'orme des merisiers, Immeuble Apollo, 91193 Saint-Aubin, France
www.cticm.com

Technische Universiteit Delft (TUD)

Postbus 5, 2600 AA Delft, Nederland
www.tudelft.nl

Univerza V Ljubljani (UL)

Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana, Slovenija
www.uni-lj.si

Universitet Po Arhitektura Stroitelstvo I Geodezija (UASG)

Blvd. Hristo Smirnenski 1, 1164 Sofia, Bulgaria
www.uacg.bg

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

Calle Jordi Girona 31, Barcelona 08034, España
www.upc.edu

OneSource Consultoria nformática

Urbanização Ferreira Jorge – 1º dto Lote 14, Coimbra 3040 016, Portugal
www.onesource.pt

2. DESCRIPCIÓN DE LA ECCS

2.1 Propósito y objetivos

La [European Convention for Constructional Steelwork \(ECCS\)](#) es una federación internacional de asociaciones nacionales de construcción en acero establecida en 1955.

El propósito de la **ECCS** es promover el uso del acero en el sector de la construcción mediante el desarrollo de normas e información promocional. También contribuye a influir en la toma de decisiones a través de la gestión de comités de trabajo, publicaciones, conferencias y mediante la participación activa en Comités Europeos e Internacionales relacionados con la normalización, la investigación y el desarrollo y la educación.

La ECCS reúne a todas las partes interesadas de la Industria de la Construcción en Acero: productores de acero, fabricantes de acero, accionistas, proveedores del sector de la construcción, proyectistas (arquitectos e ingenieros) y el mundo académico y de la investigación y desarrollo a través de una red internacional de representantes de la construcción, productores de acero y centros técnicos. Su sede se encuentra en Bruselas, Bélgica.

2.2 Miembros

La **ECCS** cuenta con las siguientes categorías de miembros:

- Miembros de pleno derecho, que consisten en asociaciones nacionales europeas activas en el ámbito de la construcción en acero;
- **Miembros internacionales**, que consisten en asociaciones nacionales no europeas u otras organizaciones no europeas activas en el ámbito de la construcción en acero;
- **Miembros de apoyo**, que consisten en asociaciones internacionales que representan los proveedores de materia prima u otras organizaciones relacionadas con el uso del acero estructural y los materiales de construcción;
- **Miembros asociados**, que consisten en organizaciones europeas que operan como instituciones técnicas u organizaciones de promoción independientes con interés en la construcción en acero y sus aplicaciones en el sector de la construcción;
- **Miembros individuales**, que consisten en todo aquel interesado en aspectos relacionados con la construcción en acero y en el apoyo de los objetivos de la asociación;

La afiliación individual está abierta a todos los ingenieros, arquitectos y cualquier persona interesada en los aspectos relacionados con la construcción en acero y en el apoyo de los objetivos de la ECCS. Los Miembros Individuales son parte de una extensa red internacional y pueden beneficiarse de diferentes servicios. Puede hallarse información adicional en www.steelconstruct.com.

Nota: Para suscribirse al boletín de noticias de la ECCS, haga click [aquí](#).

2.3 STEEL CONSTRUCTION: Design & Research

La revista "Steel Construction, Design and Research" es la revista oficial de la ECCS y se publica trimestralmente en cooperación con Ernst & Sohn (compañía Wiley).

Steel Construction reúne en una sola revista todos los diferentes aspectos de la construcción en acero. En línea con la máxima "construction without depletion" (construcción sostenible), combina hábilmente el acero con otras formas de construcción que emplean hormigón, vidrio, tirantes y membranas para formar sistemas integrados de construcción en acero. La revista está dirigida a todos los ingenieros estructurales, arquitectos y demás profesionales que trabajan en el ámbito de la construcción en acero, ya sea en investigación o en proyecto y ejecución.

2.4 Guía técnica para el uso de los Eurocódigos

La ECCS publica también guías para el uso de los Eurocódigos Estructurales. Los **Manuales de Diseño para Eurocódigo de la ECCS** ofrecen información detallada para la aplicación de las partes de Eurocódigo 3 (Estructuras de Acero), Eurocódigo 4 (Estructuras Mixtas de Acero-Hormigón) y Eurocódigo 8 (Diseño Sísmico de Estructuras de Acero y Mixtas) con un enfoque dirigido al proyecto que incluye numerosos ejemplos de diseño.

Los **Manuales de Diseño para Eurocódigo de la ECCS** disponibles o en preparación son los siguientes:

- Design of Steel Structures – Eurocode 3, part 1-1 – 2nd Edition,
- Design of Steel Structures – UK Edition;
- Fire Design of Steel Structures – Eurocode 1, part 1.2 and Eurocode 3, part 1.2 – 2nd Edition,
- Design of Plated Structures – Eurocode 3, part 1-5,
- Fatigue Design of Steel Structures – Eurocode 3, part 1-9 and part 1-10,
- Design of Cold-Formed Steel Structures – Eurocode 3, part 1-3,
- Design of Joints in Steel and Composite Structures – Eurocode 3, part 1.8 and Eurocode 4, part 1-1,
- Design of Joints in Steel Structures – UK Edition
- Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1-1,
- Fire Design of Composite Structures, Eurocode 4, part 1.2,
- Design of Steel Structures for Buildings in Seismic Areas, Eurocode 8, part 1.

La ECCS publica también guías que recogen información técnica de apoyo sobre todos los aspectos relevantes para la construcción en acero. Dicha información puede encontrarse fácilmente en la [Librería Online de la ECCS](#).

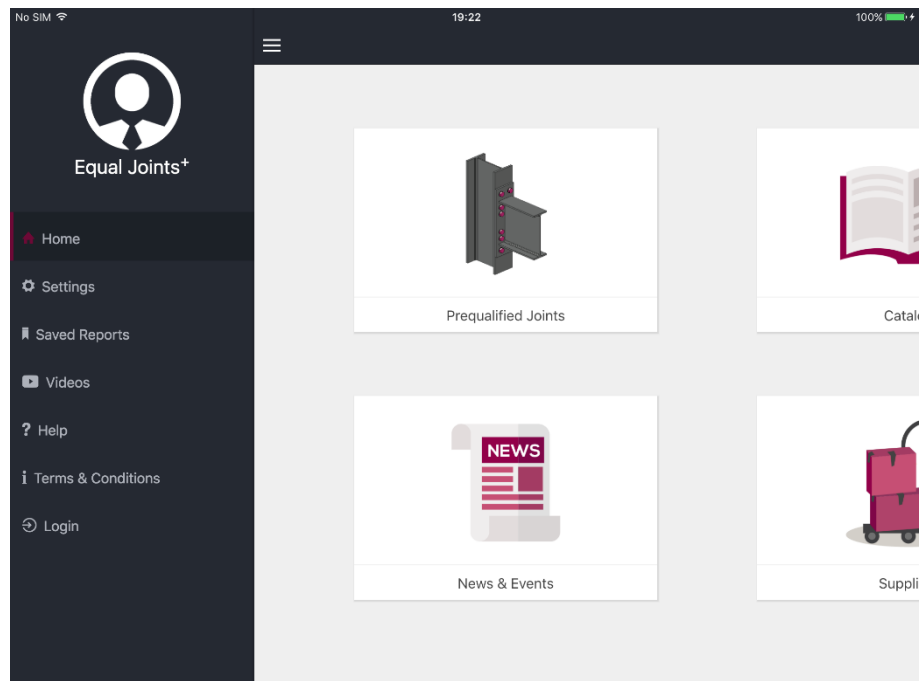
3. USO DE LA APLICACIÓN

3.1 Alcance

La Calculadora EQUALJOINTS proporciona una base de datos de uniones de acero precalificadas para sismo además de calcular la resistencia de las uniones viga-pilar según EC3-1-8.

Considera las siguientes comprobaciones:

- Resistencia a flexión
- Rigidez a flexión
- Resistencia a cortante
- Ductilidad



La base de datos de productos de acero y los proveedores se describen en el Apartado 3.3.

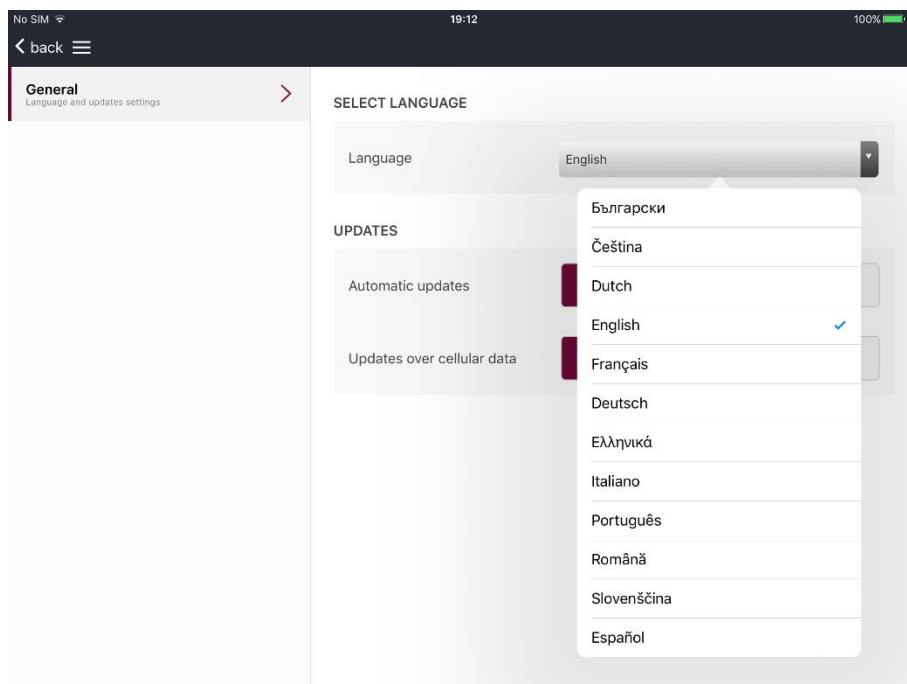
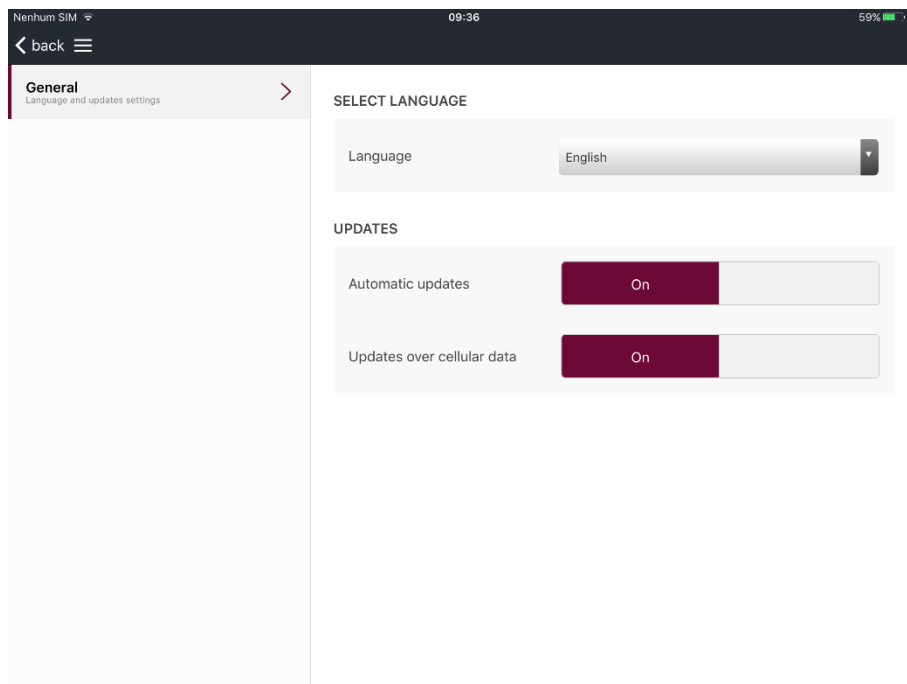
En el Apartado 3.4 se muestran algunos ejemplos y las instrucciones sobre cómo utilizar la aplicación para el cálculo de la resistencia. En el Apartado 4 se presenta la descripción de la información técnica. Se puede encontrar información más detallada de los procedimientos de cálculo en el “Volumen con recomendaciones prenormativas de diseño para uniones de acero calificadas para sismo” [2]. La Calculadora EQUALJOINTS cubre uniones viga-pilar con placa frontal extendida no rigidizada, uniones viga-pilar con placa frontal extendida rigidizada, uniones acarteladas y uniones dog-bone. La aplicación es gratuita.

En el Apartado 3.2 de Configuración, el usuario puede cambiar los valores por defecto por valores más apropiados.

Para sugerencias o comentarios sobre la aplicación, por favor clicar [aquí](#).

3.2 Configuración

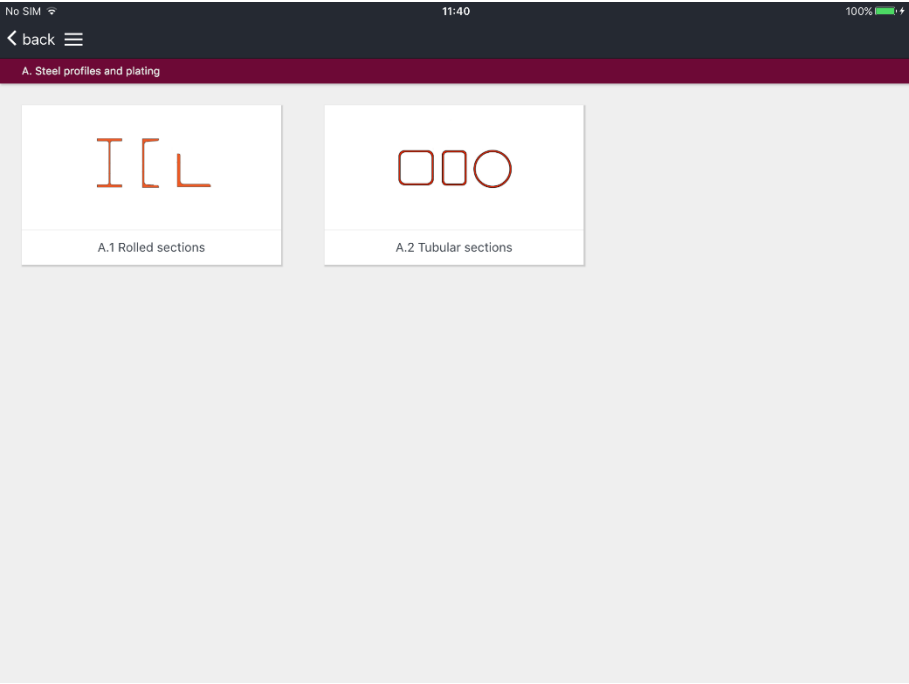
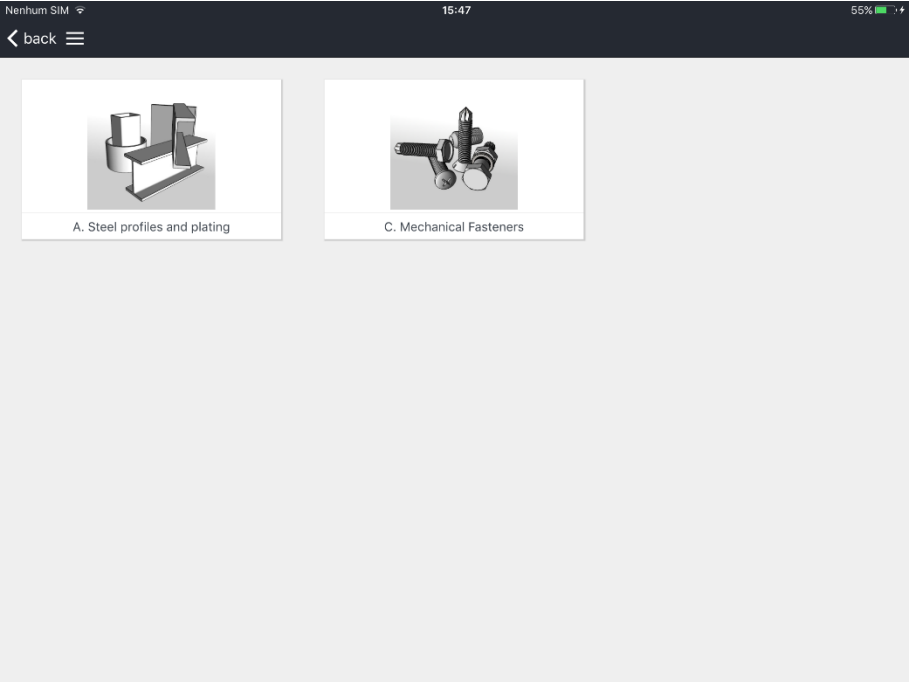
General

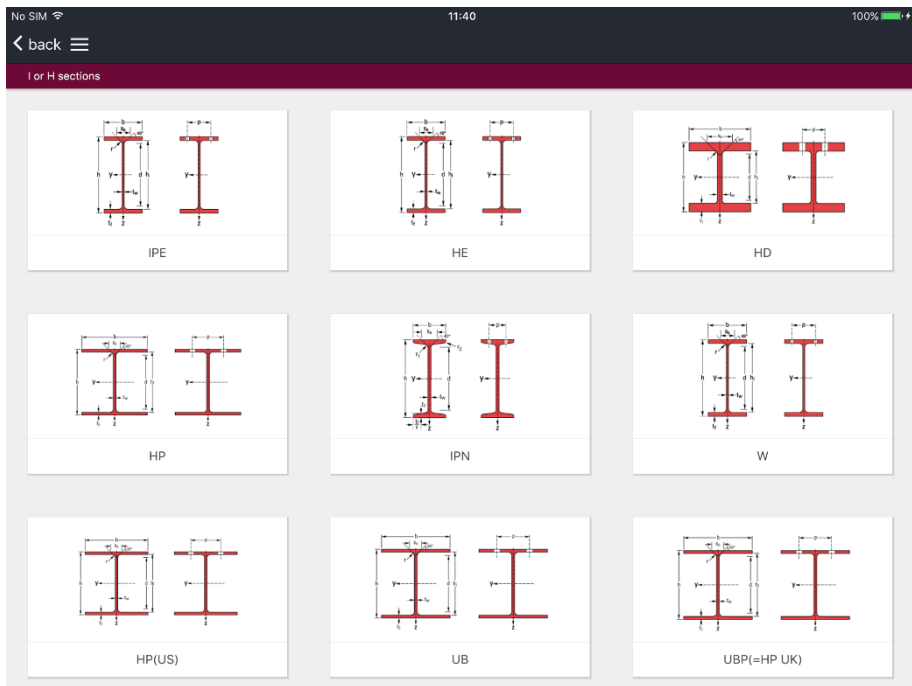
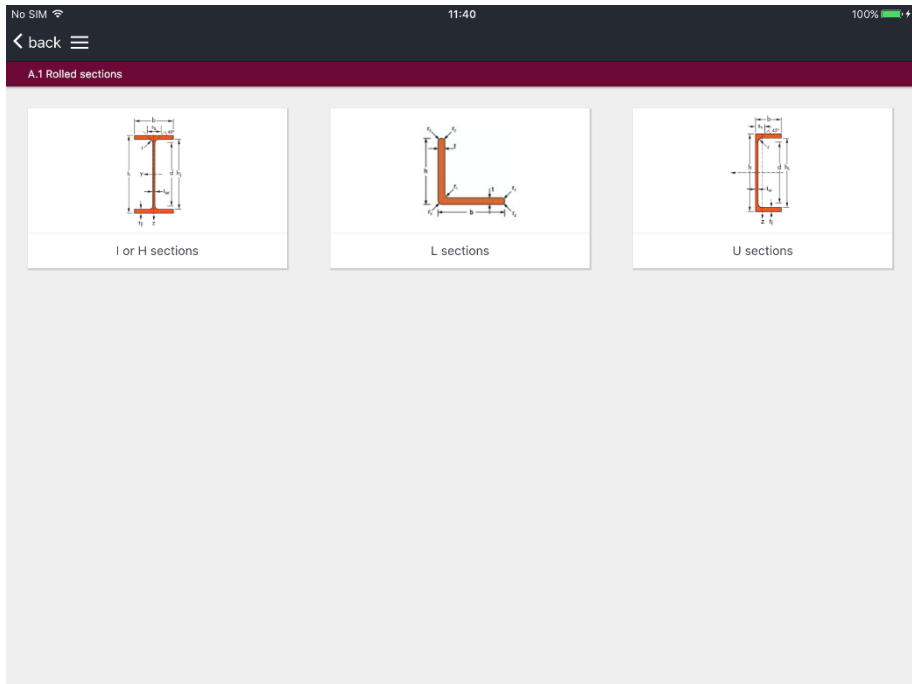


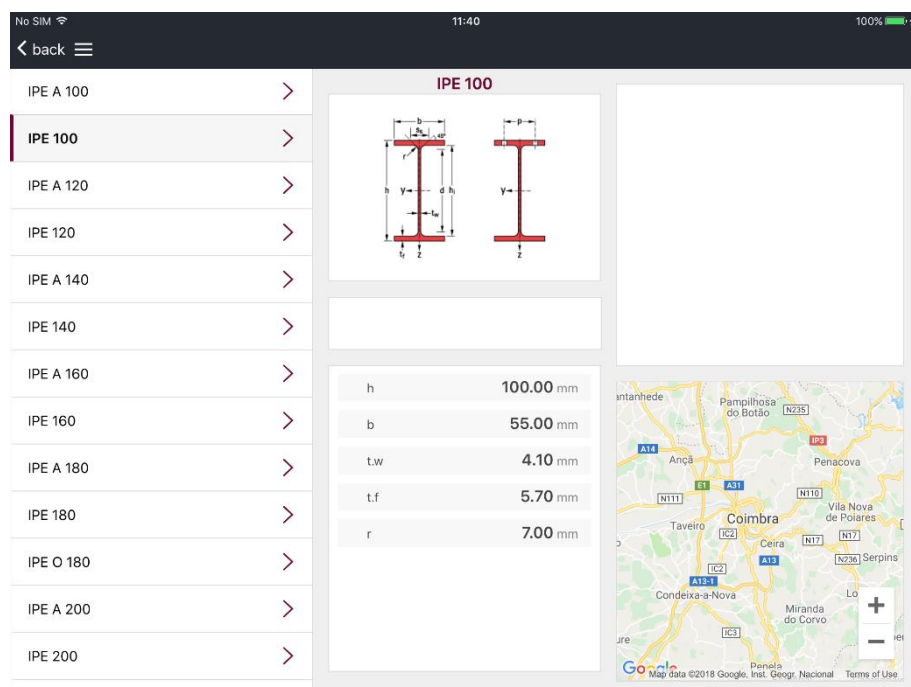
3.3 Catálogo y proveedores

El catálogo se organiza en varias categorías y sub-categorías, hasta que se encuentra el ítem requerido. En caso de que el ítem se encuentre en la sección de la aplicación “Calculadora” -por ejemplo, Secciones en I- el correspondiente diseño de la aplicación permite el cálculo de manera automática.

A continuación, se muestran los pasos a seguir para obtener información sobre la categoría de secciones en I.

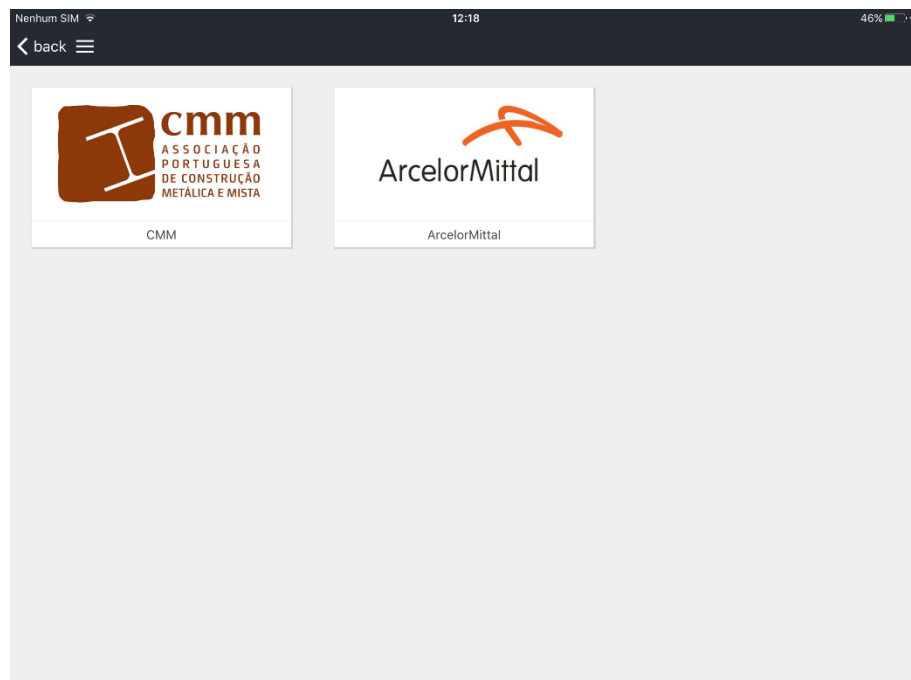






En la ventana del ítem se proporciona información acerca de los proveedores del producto y se redirige automáticamente al usuario a la sección de “Proveedores”.

La sección de proveedores proporciona información acerca del proveedor y las correspondientes delegaciones de los productos utilizados.



3.4 Ejemplos e Informes - Calculadora

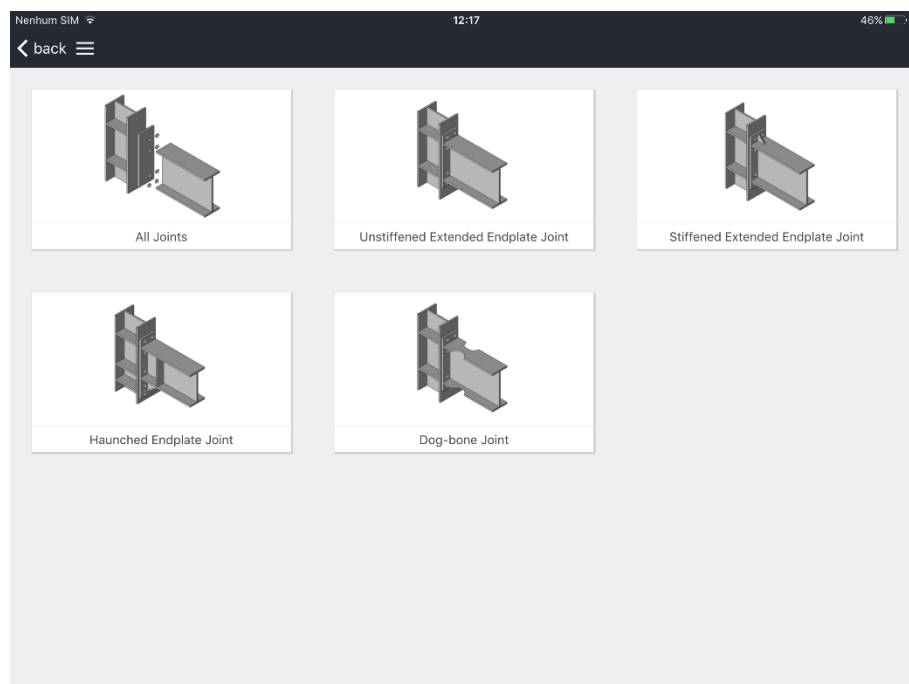
3.4.1 Introducción

Para obtener los resultados de la resistencia se requieren 3 pasos principales

- Elegir la sección transversal
- Introducir los valores de los parámetros requeridos en función del caso a analizar (longitud del elemento y grado de acero)
- Los resultados aparecen en la sección de resultados. Se genera un informe de cálculo, de manera automática, que se puede enviar por e-mail o guardar localmente.

3.4.2 Uniones

Interface



Calculadora

SELECT BEAM

SELECT COLUMN

HE

HE 260 M

HE 280 AA

HE 280 A

HE 280 B*

HE 280 M

HE 300 AA

HE 300 A

HE 300 B

HE 300 M

HE 320 AA

IPE 360 - HE 280 B

with solutions

BEAM PROPERTIES

IPE 360

Designation

G

56.00 kg/m

Dimensions

h

360.00 mm

b

170.00 mm

tw

8.00 mm

COLUMN PROPERTIES

HE 280 B

Node configurations

Exterior Node

BEAM PARAMETERS

Steel Grade

S235

Quality

JR

Fabrication Procedure

Hot Rolled

COLUMN PARAMETERS

Steel Grade

S235

Quality

JR

Fabrication Procedure

Hot Rolled

Resultados

Nenhum SIM

11:33

63%

< back

All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]

	Specimen name	Design criteria	$M_{b,ed}[kNm]$	$M_{cm,ed}[kNm]$	$M_{j,ed}[kNm]$	$S_{L,ed}[kNm/rad]$
☐	E1-TB-E	Equal	629.84	514.63	413.53	94558.43
☐	E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
☐	ES1-TS-E	Equal	565.10	448.82	516.61	95731.94
☐	ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
☐	EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

Please select one or more solutions to analyse

Comparación de resultados

No SIM

19:12

100%

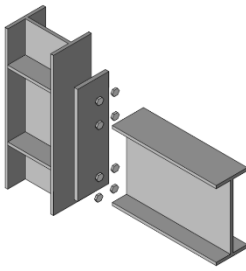
< back

All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]

	Specimen name	Design criteria	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]
☒	E1-TB-E	Partial	361.75	283.90	283.90	58422.90
☒	E1-TB-P	Partial	621.84	627.60	449.27	91732.64
☒	ES1-TS-E	Partial	361.75	277.90	277.90	48110.80
☐	ES1-TS-F	Full	594.65	468.53	574.19	93389.26
☐	EH1-TS-35-F	Full	542.65	527.35	651.62	92437.87

JOINT GEOMETRY

DESIGN PROPERTIES



	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E
Design criteria	Partial	Partial	Partial
$M_{b,Rd}$ [kNm]	361.75	621.84	361.75
$M_{d,con,Rd}$	283.90	627.60	277.90
$M_{j,Rd}$ [kNm]	283.90	449.27	277.90
$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]	58422.90	91732.64	48110.80
$M_{con,Rd}/M_{b,Rd}$	0.79	1.01	0.77
$V_{sp,Rd}$ [kN]	832.06	1360.16	817.56
$V_{sp,Rd}/F_{Rd}$	1.00	0.75	0.90
K_b	13.68	11.85	7.77
$V_{con,Rd}$ [kNm]	1795.20	1686.80	1468.80
$V_{con,Rd}/V_{b,Rd}$	2.50	1.45	2.04

Full report (in English)

Seleccionar informe

Nenhum SIM

11:30

63%

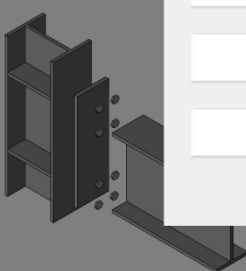
< back

All available solutions for the selected beam and column [IPE 360 - HE 280 B]

	Specimen name	Design criteria	$M_{b,Rd}$ [kNm]	$M_{con,Rd}$ [kNm]	$M_{j,Rd}$ [kNm]	$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]
☒	E1-TB-E					94558.43
☒	E1-TB-P					91732.64
☒	ES1-TS-E					95731.94
☒	ES1-TS-F					93389.26
☐	EH1-TS-35-F					92437.87

JOINT GEOMETRY

DESIGN PROPERTIES



	E1-TB-E	E1-TB-P	ES1-TS-E	ES1-TS-F
Design criteria				Full
$M_{b,Rd}$ [kNm]				594.65
$M_{d,con,Rd}$				468.53
$M_{j,Rd}$ [kNm]				574.19
$S_{pl,ini}$ [kNm/rad]				93389.26
$M_{con,Rd}/M_{b,Rd}$				0.79
$V_{sp,Rd}$ [kN]				1346.50
$V_{sp,Rd}/F_{Rd}$				0.97
K_b	5.86	11.85	7.76	10.00
$V_{con,Rd}$ [kNm]	1417.31	1686.80	1777.98	1218.86
$V_{con,Rd}/V_{b,Rd}$	1.33	1.45	2.14	1.73

Full Report

Select report

Close

E1-TB-E

E1-TB-P

ES1-TS-E

ES1-TS-F

Informe completo

Carrier

2:37 PM

100%

Done

☰

E1-TB-P

Full report – Unstiffened extended end-plate beam-to-column joint

GENERAL DATA

Design Criteria

Partial strength

Joint Typology

Unstiffened extended end-plate joint: E1-TB-P

Description of joint configuration

Beam: IPE 300

Column: IHEB 280

Bolts: M30, 10.9

End-plate (mm): 280x550x15

Stiffeners thickness (mm): 15

Flange weld size (mm): 5

Web weld size (mm): 7

Steel grade: S355

PREQUALIFICATION CHECK

Beam

Depth

h_b (mm): 450 ≤ 600 OK

Span-to-depth ration

l_b (mm): 8000

l_b/h_b (-): 10 ≤ 17.8 ≤ 23 OK

Flange thickness

t_b (mm): 14.6 mm ≤ 19 OK

Material

f_{yk} (MPa): 235 ≤ 355 ≤ 355 OK

Column

Depth

h_c (mm): 340 ≤ 550 OK

Beam/column depth

h_b/h_c (-): 1.32 (limits not available yet)

Flange thickness

t_b (mm): 21.5 mm ≤ 29 OK

Material

f_{yk} (MPa): 235 ≤ 355 ≤ 355 OK

End-plate

Thickness

t_p (mm): 18 ≤ 18 ≤ 25

t_p (mm): 1/2 d_b ≤ 18 ≤ 2/3 d_b

t_p (mm): 18 ≤ 21.5

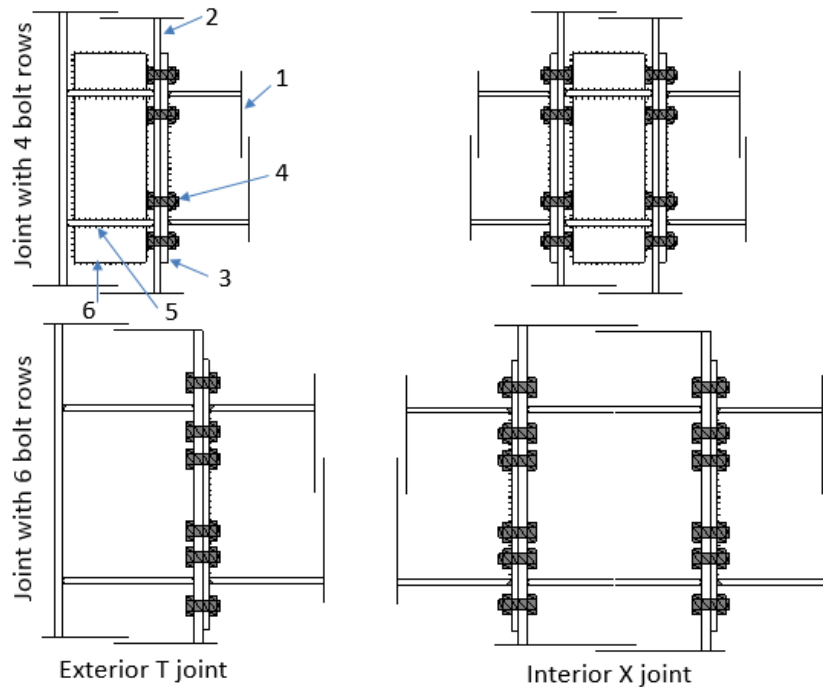
1 / 18

4. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

4.1 Uniones viga-pilar con placa frontal extendida no rigidizada

4.1.1 Descripción de la configuración de la unión

Descripción de las uniones con placa frontal extendida no rigidizada



1: viga

3: placa frontal

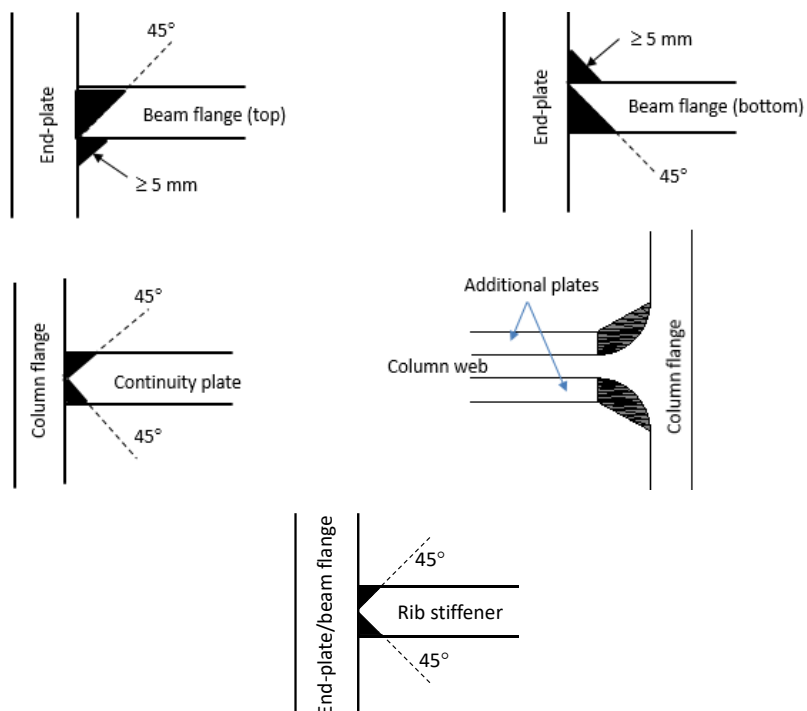
5: placas de continuidad

2: pilar

4: tornillos

6: chapas suplementarias

Detalles de las soldaduras a tope con penetración completa



4.1.2 Lista de valores límite para los datos de la precalificación

Tabla 4.1 - Valores límite para la precalificación

Elementos	Parámetros	Rango de aplicación
Viga	Canto	Máximo = 600mm
	Relación luz-canto	Máxima = 23, Mínima = 10
	Espesor de ala	Máximo = 19mm
	Material	S235 a S355
Pilar	Canto	Máximo = 550mm
	Espesor de ala	Máximo = 31mm
	Material	S235 a S355
Relación canto viga/canto pilar		
Placa frontal	Espesor	18-25mm
	Material	S235 a S355
Chapas de continuidad	Espesor	Igual o mayor que el espesor del ala de la viga conectada
	Material	S235 a S355
Chapas suplementarias	Espesor	Tabla 4.2
	Material	S235 a S355
Tornillos	HV o HR	
	Tamaño	Tabla 4.2
	Grado	10.9
	Número de filas de tornillos	Tabla 4.2
	Arandela	
	Agujeros	
Soldaduras	Placa frontal a las alas de la viga	Soldadura a tope con penetración completa reforzada
	Chapas de continuidad a las alas del pilar	Soldadura a tope con penetración completa
	Chapas suplementarias a las alas del pilar	Soldadura a tope con penetración completa
	Otras soldaduras	Cordones de soldadura en ángulo: espesor de garganta mayor que 0.55 veces el espesor de las placas a unir

4.1.3 Procedimiento de cálculo

Se abordan los tres pasos principales del cálculo del método de los componentes:

- Caracterización de los componentes
- Procedimiento de ensamblaje
- Clasificación de la unión y comprobaciones de cálculo

Procedimiento global

Paso 1: Elección inicial de las geometrías y materiales de la conexión

- Grado del tornillo, tamaño del tornillo y número de filas de tornillos
- Espesor y dimensiones de la placa frontal
- Espesor y dimensiones de las chapas de continuidad
- Espesor y dimensiones de las chapas adicionales (si es el caso)
- La especificación de la soldadura

Paso 2: Caracterización de los componentes

- Resistencias de los componentes (unión a flexión)
- Rigideces de los componentes (unión a flexión)
- Resistencias de los componentes (unión a cortante)

Paso 3: Procedimientos de ensamblaje

- Resistencia de la unión a flexión
- Rigidez de la unión a flexión
- Resistencia de la conexión a cortante
- Grado de ductilidad de la conexión

Paso 4: Clasificación de la unión y comprobaciones de cálculo

- Resistencia a flexión
- Rigidez a flexión
- Resistencia a cortante
- Ductilidad
- Comprobaciones

4.1.4 Elección inicial de datos para la geometría y los materiales de la unión

Tabla 4.2 - Elección inicial de la geometría y los materiales de la unión

Elementos de la conexión	Tamaños de viga		
	Pequeño ($\approx$ IPE360)	Mediano ($\approx$ IPE450)	Grande ($\approx$ IPE600)
Grado del tornillo	10.9		
Tamaño del tornillo	M27	M30	M36
Número de filas de tornillos	4	4	6
Placa frontal	<i>Espesor:</i> $t_{ep}=(1/2\div2/3)d_b$ para uniones de resistencia parcial; $t_{ep}=(2/3\div5/6)d_b$ para uniones de igual resistencia; pero debería ser menor que el espesor de las alas del pilar.		

	<i>Dimensiones:</i> El ancho debería ser igual al ancho del ala del pilar. La parte extendida debería ser suficiente para colocar una fila de tornillos, respetando las reglas dadas en EN1993-1-8 (§3.5).
Chapas suplementarias	Con pilares HEB y vigas IPE, las chapas suplementarias solo se consideran cuando se requiera un panel de alma fuerte. El espesor y las dimensiones de las chapas suplementarias deberían respetarse, siguiendo las reglas dadas en EN1993-1.8 (§ 6.2.6.1).
Chapas de continuidad	
Detalles de soldadura	

Tabla 4.1

Nota: t_{ep} es el espesor de la placa frontal y d_b es el diámetro nominal del tornillo.

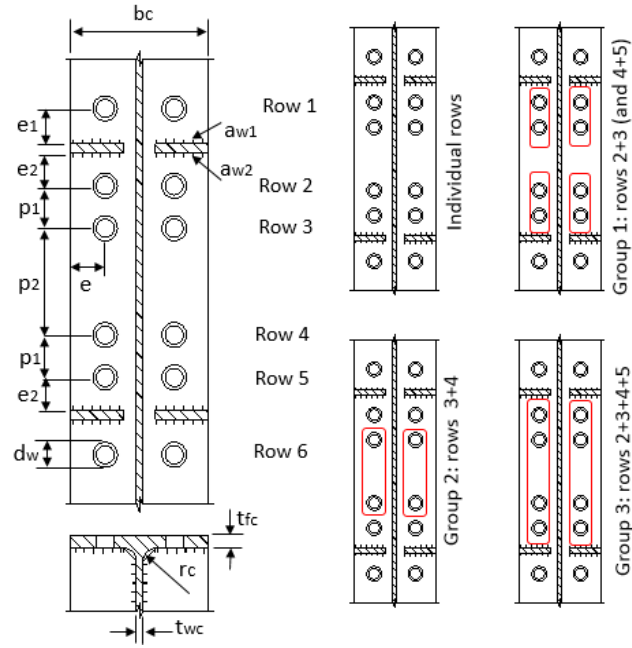
4.1.5 Procedimiento de ensamblaje y comprobaciones de resistencia

Tipo de clasificación	Criterio			Referencias
Resistencia flexión	$M_{con,Rd} < M_{con,Ed}$: conexión de resistencia parcial $M_{con,Rd} \approx M_{con,Ed}$: conexión de igual resistencia $M_{con,Rd} > M_{con,Ed}$: conexión de resistencia total $V_{wp,Rd} < \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panel de alma débil $V_{wp,Rd} \approx \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panel de alma equilibrado $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panel de alma robusto con: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (i = 1 a 5 para uniones con 6 filas de tornillos y i= 1 a 3 para uniones con 4 filas de tornillos) es la resistencia a cortante de la conexión debida a las filas de tornillos en tracción. $F_{fbc,Rd}$ es la resistencia a cortante debida a las alas y el alma de la viga en compresión.			Equaljoints
Clasificación de la rigidez	<i>Clasificación</i> Uniones semirrígidas Uniones rígidas	<i>Pórticos arriostrados</i> $0.5 \leq k_b < 8$ $k_b \geq 8$	<i>Pórticos no arriostrados</i> $0.5 \leq k_b < 25$ $k_b \geq 25$	EC3-1-8 5.2.2
	$k_b = S_j / (EI_b / L_b)$			
Resistencia a cortante	$V_{con,Rd} < V_{b,Rd}$: resistencia parcial a cortante $V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: igual resistencia a cortante $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: resistencia total a cortante			

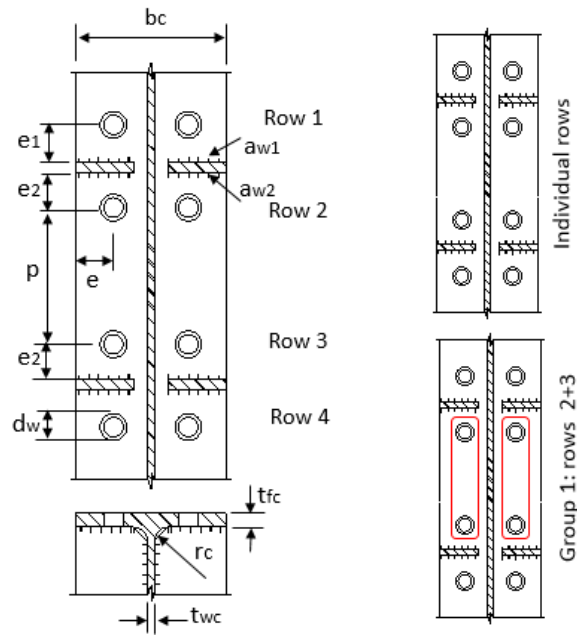
Clasificación de la ductilidad	$\beta_{\max} \leq 1.0$: grado de ductilidad 1 $\beta_{\max} > 1.0$ and $\eta_{\max} \leq 0.95$: grado de ductilidad 2 con: $\beta_{\max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{\max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints
--------------------------------	--	-------------

4.1.6 Caracterización de los componentes (unión a flexión)

Componente	Reglas de detalle	Referencias
Panel de alma del pilar a cortante	$V_{wp,Rd} = \frac{0.9 A_{vc} f_{y,wc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + \frac{4 (0.25 t_{fc}^2 f_{y,fc}) (b_c - t_{wc} - 2r_c)}{d_s}$ - Panel de alma del pilar a cortante con rigidizadores transversales de alma y sin chapas adicionales: $A_{dsv} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc}$ - Panel de alma del pilar a cortante con rigidizadores transversales de alma y chapas adicionales: $A_{vc} = A_c - 2b_c t_{fc} + (t_{wc} + 2r_c) t_{fc} + t_{wc} b_s$	EC3-1-8 6.2.6.1
Sección transversal de la viga en flexión	$M_{b,Rd} = W_{b,p} f_{y,b}$ $W_{b,p}$ es el modulo plástico a flexión de la sección transversal de la viga. $f_{y,b}$ es el límite elástico del material de la viga.	



Casos de 6 filas de tornillos



Casos de 4 filas de tornillos

Para cada fila de tornillos o para un grupo de filas de tornillos, la resistencia se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ con}$$

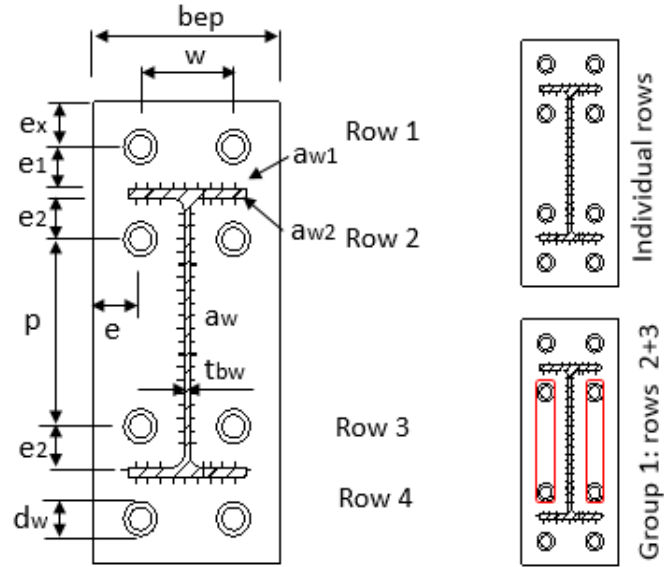
- $$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m + n)}$$
- $$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

en las que:

$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = 0.5(b_c - 2e - t_{wc} - 1.6r_c)$ $n = \min[e, 1.25m]$, con patrones circulares de diseño, puede utilizarse $n=\infty$. $e_w = 0.25d_w$ (siendo d_w el diámetro de la arandela) Longitudes eficaces ❖ Conexión con 6 filas de tornillos <u>Fila de tornillos 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Fila de tornillos 2 (o fila 5):</u> Fila individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ Primera fila del grupo 1 o grupo 3 $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fila de tornillos 3 (o fila 4):</u> Fila individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1, 25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1, 25e$ Última fila del grupo 1: $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ Una fila del grupo 2: $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 0.5p_2 + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p_2 + 0.5\alpha m$ Fila intermedia de un grupo 3: $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ α viene dado en la figura 6.11 en EC3-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$	
--	--

	donde: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para la fila de tornillos 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para la fila de tornillos 2 ó 5}$ ❖ Conexión con 4 filas de tornillos <u>Fila de tornillos 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Fila de tornillos 2:</u> Fila individual: $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ Una fila del grupo 2+3: $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <u>Fila de tornillos 3: similar a la fila de tornillos 2</u> α viene dado en la figura 6.11 en EN-1993-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ donde: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para la fila de tornillos 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para las filas de tornillos 2 ó 3}$	
Placa frontal en flexión	Diagram illustrating the front plate under bending, showing dimensions and bolt rows. The diagram includes labels for dimensions: bep, w, e_x, e_1, e_2, p_1, p_2, a_{w1}, a_{w2}, a_w, e, tbw, and d_w. Bolt rows are labeled Row 1 through Row 6. The diagram also shows three configurations of bolt groups: Individual rows, Group 2: 3+4, and Group 3: 2+3 (and 4+5).	EC3-1-8 6.2.6.5

Casos of 6 filas de tornillos



Casos de 4 filas de tornillos

Para cada fila de tornillos o para un grupo de filas de tornillos, la resistencia se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$F_{pb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}] \text{ con}$$

- $$F_{T,1,Rd} = \frac{(8n - 2e_w) M_{pl,1,Rd}}{2mn - e_w(m + n)}$$
- $$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \sum F_{t,Rd}}{m + n}$$

en las que:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{ep}^2 f_{y,ep} / \gamma_{M0}$$

$$\begin{cases} m = 0.5(b_{ep} - 2e - t_{bw} - 1.6a_w \sqrt{2}) \\ n = \min[e, 1.25m] \end{cases} \text{ para filas de tornillos entre alas de viga}$$

$$\begin{cases} m = e_1 - 0.8a_{w1} \sqrt{2} \\ n = \min[e_x, 1.25m] \end{cases} \text{ para filas de tornillos por fuera de alas de la viga}$$

(con patrones circulares de diseño, puede utilizarse $n=\infty$)

$$e_w = 0.25d_w$$

Longitudes eficaces

❖ *Conexión con 6 filas de tornillos*

Fila de tornillos 1:

	$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, \pi m + w, \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <u>Fila de tornillos 2 (o fila 5):</u> <i>Fila individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Primera fila del grupo 1 (filas 2+3 ó 4+5)</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p_1 + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fila de tornillos 3 (o fila 4):</u> <i>Fila individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, 4m + 1.25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1.25e$ <i>Última fila del grupo 1 (filas 2+3 ó 4+5):</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_1, 2m + 0.625e + 0.5p_1]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_1$ <i>Primera fila (o última fila) del grupo 2 (filas 3+4):</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p_2, 2m + 0.625e + 0.5p_2]$ $l_{eff,2} = 2m + 0.625e + 0.5p_2$ <i>Fila intermedia de un grupo 3 (filas 2+3+4+5):</i> $l_{eff,1} = p_1 + p_2$ $l_{eff,2} = 0.5(p_1 + p_2)$ α viene dado en la figura 6.11 en EN-1993-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ donde: $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para la fila de tornillos 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para las filas de tornillos 2 ó 5}$ ❖ <i>Conexión con 4 filas de tornillos</i> <u>Fila de tornillos 1:</u>	
--	--	--

	$l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m, & \pi m + w, & \pi m + 2e \\ 4m + 1.25e_x, & e + 2m + 0.625e_x, & 0.5b_{ep}, & 0.5w + 2m + 0.625e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min[4m + 1.25e_x, e + 2m + 0.625e_x, 0.5b_{ep}, 0.5w + 2m + 0.625e_x]$ <i>Fila de tornillos 2:</i> <i>Fila individual:</i> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Una fila del grupo 2+3:</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p, 0.5p + 0.5\alpha m]$ $l_{eff,2} = 0.5p + 0.5\alpha m$ <u>Fila de tornillos 3: similar a la fila de tornillos 2</u> α viene dado en la figura 6.11 en EC3-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ $m_2 = e_1 - 0.8a_{w1}\sqrt{2} \text{ para la fila de tornillos 1}$ $m_2 = e_2 - 0.8a_{w2}\sqrt{2} \text{ para las filas de tornillos 2 ó 3}$	
Ala y alma de la viga en compresión	$F_{fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb})$ donde: h es el canto de la viga conectada; $M_{c,Rd}$ es la resistencia de cálculo a flexión de la viga, reducida, si es necesario, para considerar la interacción con el esfuerzo cortante, ver EN1993-1-1. t_{fb} es el espesor del ala de la viga conectada.	EC3-1-8 6.2.6.7
Alma del pilar y chapas de continuidad en compresión	La resistencia del alma del pilar y de las chapas de continuidad puede calcularse mediante la siguiente expresión: $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ donde: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ A_{cp} es el área de las chapas de continuidad (ambos lados); El factor de reducción k_{wc}, que tiene en cuenta la tensión longitudinal en el alma del pilar, viene dado en 6.2.6.2(2) en EC3-1-8; El factor de reducción ω viene dado en la Tabla 6.3 en EC3-1-8; <u>Nota:</u> se desprecia la reducción debida a la abolladura del alma del pilar y de las chapas de continuidad por compresión transversal. Las geometrías (la	EC3-1-8 6.2.6.2

	esbeltez) de las chapas de continuidad para satisfacer esta condición se mostrarán en la Tabla 4.3.1.	
Alma de la viga en tracción	$F_{wb,t,Rd} = b_{eff,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ El ancho eficaz $b_{eff,t,wb}$ del alma de la viga en tracción debería tomarse igual a la longitud eficaz del casquillo en T equivalente, representando la placa frontal en flexión para una fila individual de tornillos o para un grupo de filas de tornillos.	EC3-1-8 6.2.6.8
Alma del pilar en tracción	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ El ancho eficaz $b_{eff,t,wc}$ del alma del pilar en tracción debería tomarse igual a la longitud eficaz del casquillo en T equivalente, representando el ala del pilar en flexión para una fila individual de tornillos o para un grupo de filas de tornillos. El factor de reducción ω viene dado en la Tabla 6.3 en EC3-1-8.	EC3-1-8 6.2.6.3
Tornillos en tracción	La resistencia de una fila de tornillos (dos tornillos) en tracción viene dada por la siguiente expresión: $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ donde: f_{ub} es la resistencia última a tracción del acero del tornillo; A_s es el área resistente a tracción del tornillo.	EC3-1-8 3.6.1

4.1.7 Rigideces de los componentes (unión a flexión)

Componente	Reglas de detalle	Referencias
Panel de alma del pilar a cortante	$k_1 = \frac{0,38 A_{vc}}{\beta z}$ El parámetro de transformación β viene dado en la Tabla 5.4 de EC3-1-8. El brazo mecánico, z, de la conexión viene dado en EC-1-8, 6.3.3.1.	EC3-1-8 6.3.2
Ala del pilar en flexión	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_4 = \frac{0,9 b_{eff,cf} t_{fc}^3}{m^3}$ El ancho eficaz b_{eff} es la longitud eficaz más pequeña de la fila de tornillos (individual o como parte de un grupo de filas de tornillos).	EC3-1-8 6.3.2
Placa frontal en flexión	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_5 = \frac{0,9 b_{eff,ep} t_{ep}^3}{m^3}$ El ancho eficaz b_{eff} es la longitud eficaz más pequeña de la fila de tornillos (individual o como parte de un grupo de filas de tornillos).	EC3-1-8 6.3.2

Alma del pilar en tracción	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_3 = \frac{0.7b_{eff,wc}t_{wc}}{d_c}$ El ancho eficaz b_{eff} es la longitud eficaz más pequeña de la fila de tornillos (individual o como parte de un grupo de filas de tornillos) del ala del pilar en el componente de flexión.	EC3-1-8 6.3.2
Tornillos en tracción	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_{10} = 1.6A_s / L_b$	EC3-1-8 6.3.2

4.1.8 Resistencia de los componentes (unión a cortante)

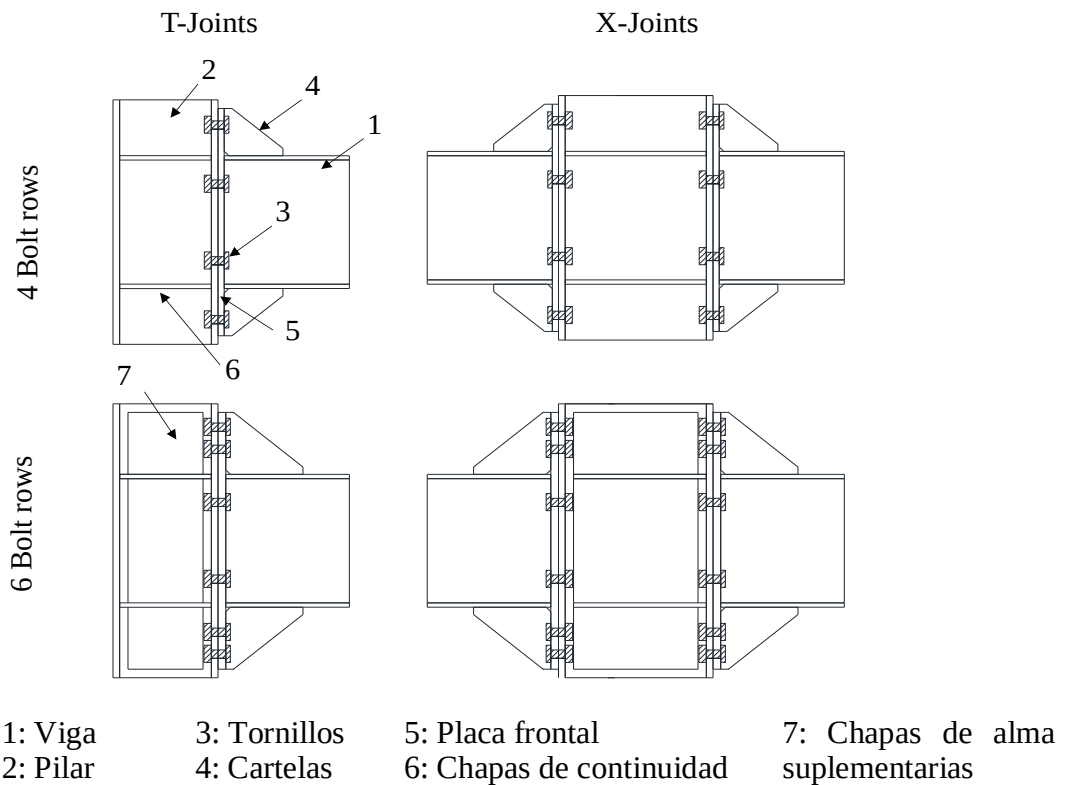
Componente	Reglas de detalle	Referencias														
Alma de la viga a cortante	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ donde: $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w \text{ si } \bar{\lambda}_w \geq 0.83;$ $\chi_w = 1.0 \text{ si } \bar{\lambda}_w < 0.83$ con $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	EC3-1-5 5.3														
Ala del pilar a aplastamiento	Para una fila simple de tornillos (dos tornillos) a cortante: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ donde: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ α_b dependiendo de la dirección del esfuerzo cortante y de la posición de la fila de tornillos: <table><tr><td><i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i></td><td><i>Esfuerzo cortante aumentando</i></td></tr><tr><td>Filas de tornillos 1, 5 y 6 (o (*) filas 1, 3 y 4):</td><td>Filas de tornillos 1, 2 y 6 (o (*) filas 1, 2 y 4):</td></tr><tr><td>$\alpha_b = 1.0$</td><td>$\alpha_b = 1.0$</td></tr><tr><td>Filas de tornillos 2 y 4 (o (*) fila 2):</td><td>Filas de tornillos 3 y 5 (o (*) fila 3)</td></tr><tr><td>$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$</td><td>$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$</td></tr><tr><td>Fila de tornillos 3:</td><td>Fila de tornillos 4:</td></tr><tr><td></td><td>$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table>	<i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i>	<i>Esfuerzo cortante aumentando</i>	Filas de tornillos 1, 5 y 6 (o (*) filas 1, 3 y 4):	Filas de tornillos 1, 2 y 6 (o (*) filas 1, 2 y 4):	$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$	Filas de tornillos 2 y 4 (o (*) fila 2):	Filas de tornillos 3 y 5 (o (*) fila 3)	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$	Fila de tornillos 3:	Fila de tornillos 4:		$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$	EC3-1-8 3.6.1
<i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i>	<i>Esfuerzo cortante aumentando</i>															
Filas de tornillos 1, 5 y 6 (o (*) filas 1, 3 y 4):	Filas de tornillos 1, 2 y 6 (o (*) filas 1, 2 y 4):															
$\alpha_b = 1.0$	$\alpha_b = 1.0$															
Filas de tornillos 2 y 4 (o (*) fila 2):	Filas de tornillos 3 y 5 (o (*) fila 3)															
$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_1 / 3d_0 - 0.25]$															
Fila de tornillos 3:	Fila de tornillos 4:															
	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$															

	$\alpha_b = \min[1.0, \quad p_2 / 3d_0 - 0.25]$
--	---

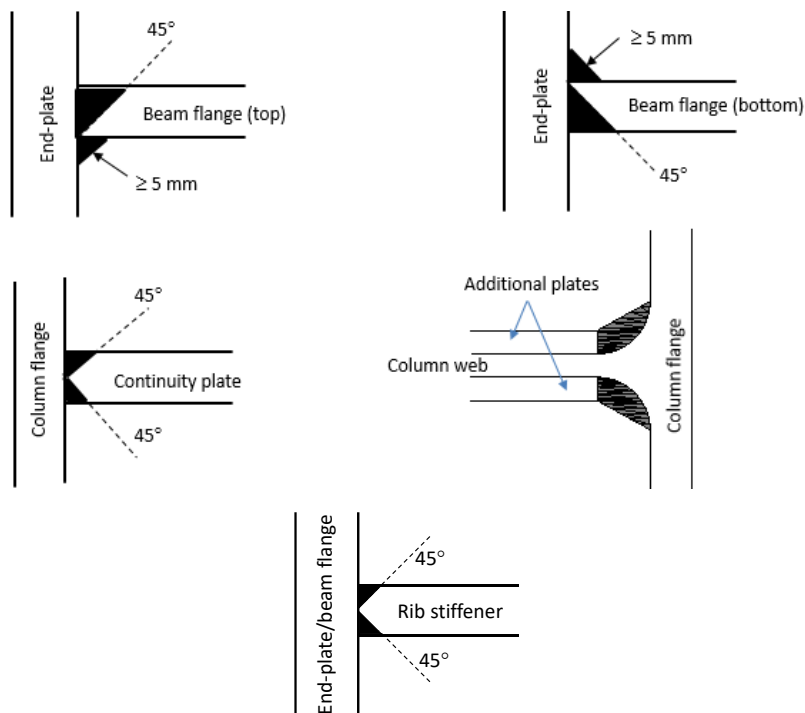
4.2 Uniones viga-pilar con placa frontal extendida rigidizada

4.2.1 Descripción de la configuración de la unión

Descripción de las uniones con placa frontal extendida rigidizada



Detalles de las soldaduras a tope con penetración completa



4.2.2 Lista de valores límite para los datos de la precalificación

Tabla 4.3 - Lista de valores límite para los datos de la precalificación

Elementos	Rango de aplicación
<i>Viga</i>	
Canto	Máximo=600mm
Relación luz-canto	Máxima=23, Mínima=10
Espesor de ala	Máximo=19mm
Material	S235 a S355
<i>Pilar</i>	
Canto	Máximo=550mm
Espesor de ala	Máximo=29mm
Material	S235 a S355
Relación canto viga/canto pilar	0.65-2.15
Placa frontal	18-30mm
Espesor	Tabla 4.4
Material	S235 a S355
<i>Chapas de continuidad</i>	
Espesor	Igual o mayor que el espesor del ala de la viga conectada
Material	S235 a S355
<i>Chapas suplementarias</i>	
Espesor	Tabla 4.4
Material	S235 a S355
<i>Tornillos</i>	
	HV o HR
Tamaño	Tabla 4.4
Grado	10.9
Número de filas de tornillos	Tabla 4.4
Arandelas	Según EN14399-4
Agujeros	Según EN1993-1-8
<i>Soldaduras</i>	
Placa frontal a las alas de la viga	A tope con penetración completa reforzada
Chapas de continuidad a las alas del pilar	A tope con penetración completa
Chapas suplementarias a las alas del pilar	A tope con penetración completa
Otras soldaduras	Cordones de soldadura de ángulo: espesor de garganta mayor que 0.55 veces el espesor de las placas a unir.

4.2.3 Procedimiento de cálculo

Se abordan los tres pasos principales del cálculo del método de los componentes:

- Caracterización de los componentes
- Procedimiento de ensamblaje
- Clasificación de la unión y comprobaciones de cálculo

Procedimiento global

Paso 1: Elección inicial de las geometrías y materiales de la conexión

- Grado del tornillo, tamaño del tornillo y número de filas de tornillos
- Espesor y dimensiones de la placa frontal
- Espesor y dimensiones de las chapas de continuidad
- Espesor y dimensiones de las chapas adicionales (si es el caso)
- La especificación de la soldadura

Paso 2: Caracterización de los componentes

- Resistencias de los componentes (unión a flexión)
- Rigideces de los componentes (unión a flexión)
- Resistencias de los componentes (unión a cortante)

Paso 3: Procedimientos de ensamblaje

- Resistencia de la unión a flexión
- Rigidez de la unión a flexión
- Resistencia de la conexión a cortante
- Grado de ductilidad de la conexión

Paso 4: Clasificación de la unión y comprobaciones de cálculo

- Resistencia a flexión
- Rigidez a flexión
- Resistencia a cortante
- Ductilidad
- Comprobaciones

4.2.4 Elección inicial de datos para la geometría y los materiales de la unión

Tabla 4.4 - Elección inicial de la geometría y los materiales de la unión

Elementos de la conexión	Tamaños de viga		
	Pequeño ($\approx$ IPE360)	Mediano ($\approx$ IPE450)	Grande ($\approx$ IPE600)
Grado del tornillo	10.9		
Tamaño del tornillo	M27	M30	M36
Número de filas de tornillos	4/6	4/6	6
Placa frontal	<i>Espesor:</i> $t_{ep}=(2/3\div5/6)d_b$ para uniones de resistencia total, pudiendo ser ligeramente mayor que el espesor de las alas del pilar; $t_{ep}=(2/3\div5/6)d_b$ para uniones de igual resistencia, pero debería ser menor que el espesor de las alas del pilar. <i>Dimensiones:</i> El ancho debería ser igual o más pequeño que el ancho del ala del pilar. La parte extendida debería ser suficiente para posicionar una o dos filas de tornillos, respetando las reglas dadas en EN1993-1-8 (§3.5).		
Chapas suplementarias	El espesor y las dimensiones de las chapas suplementarias deberían respetar las reglas indicadas en EN1993-1-8 (§ 6.2.6.1); por otra		

	parte, se deberían disponer soldaduras de tapón para garantizar la resistencia a la estabilidad de las chapas suplementarias.
Chapas de continuidad	
Detalles de soldadura	Tabla 4.3
Nota: t_{ep} es el espesor de la placa frontal y d_b es el diámetro nominal del tornillo.	

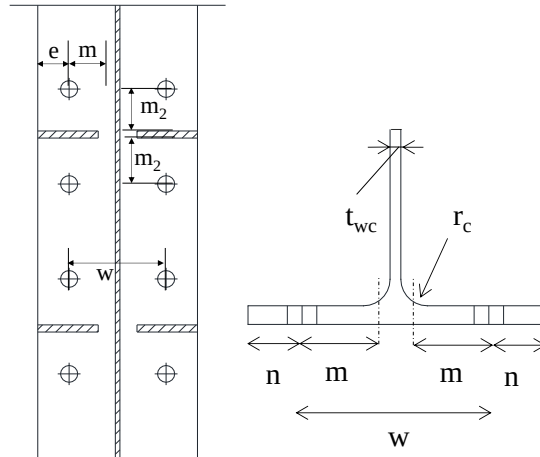
4.2.5 Procedimiento de ensamblaje y comprobaciones de resistencia

Tipo de clasificación	Criterio	Referencias									
Resistencia a flexión	$M_{con,Rd} \approx M_{Ed}$: conexión de igual resistencia $M_{con,Rd} > M_{Ed}$: conexión de resistencia total $V_{wp,Rd} > \min[F_{con,Rd}, F_{fbc,Rd}]$: panel de alma robusto con: $F_{con,Rd} = \sum F_{Rd,ri}$ (i = 1 a 5 para uniones con 6 filas de tornillos y i= 1 a 3 para uniones con 4 filas de tornillos) es la resistencia a cortante de la conexión debida a las filas de tornillos en tracción. $V_{fbc,Rd}$ es la resistencia a cortante debida a las alas y el alma de la viga en compresión.	Equaljoints									
Clasificación de la rigidez	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Clasificación</th><th>Pórticos arriostrados</th><th>Pórticos no arriostrados</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Uniones semirrígidas</td><td>$0.5 \leq k_b < 8$</td><td>$0.5 \leq k_b < 25$</td></tr> <tr> <td>Uniones rígidas</td><td>$k_b \geq 8$</td><td>$k_b \geq 25$</td></tr> </tbody> </table> $k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$	Clasificación	Pórticos arriostrados	Pórticos no arriostrados	Uniones semirrígidas	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$	Uniones rígidas	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$	EC3-1-8 5.2.2
Clasificación	Pórticos arriostrados	Pórticos no arriostrados									
Uniones semirrígidas	$0.5 \leq k_b < 8$	$0.5 \leq k_b < 25$									
Uniones rígidas	$k_b \geq 8$	$k_b \geq 25$									
Resistencia a cortante	$V_{con,Rd} \approx V_{b,Rd}$: igual resistencia a cortante $V_{con,Rd} > V_{b,Rd}$: resistencia total a cortante										
Clasificación de la ductilidad	$\beta_{max} \leq 1.0$: grado de ductilidad 1 $\beta_{max} > 1.0$ and $\eta_{max} \leq 0.95$: grado de ductilidad 2 con: $\beta_{max} > \max[\beta_{r1}, \beta_{r2}]$; $\eta_{max} > \max[\eta_{r1}, \eta_{r2}]$	Equaljoints									

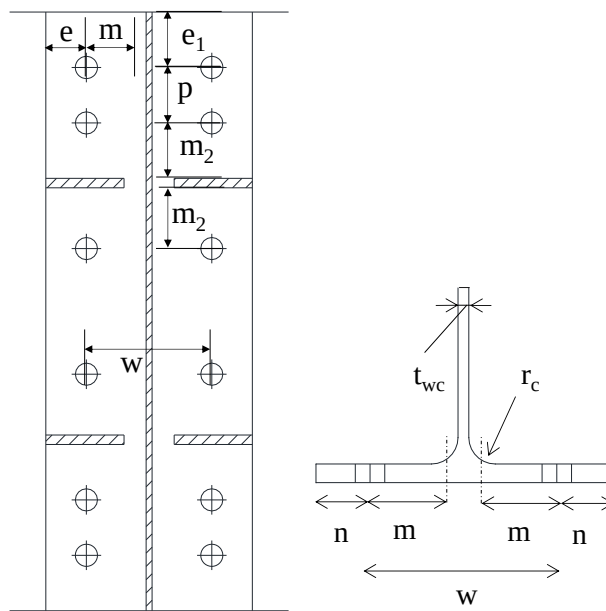
4.2.6 Caracterización de los componentes (unión a flexión)

Componente	Reglas de detalle	Referencias
------------	-------------------	-------------

Casos de 4 filas de tornillos



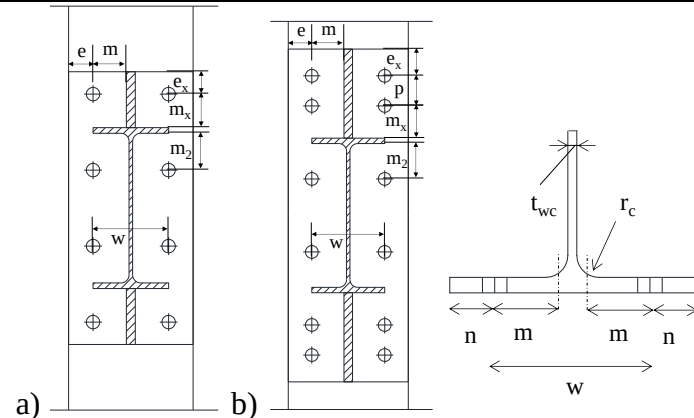
Casos de 6 filas de tornillos



EC3-1-8
6.2.6.4

Componente	Reglas de detalle	Referencias
	Para cada fila de tornillos o para un grupo de filas de tornillos, la resistencia se obtiene mediante la siguiente fórmula: $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \acute{o}$ $F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] **$ con: • $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$ • $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$ • $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ • $F_{T,1-2,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$ en las que: $M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$ $m = (w / 2 - t_{wc} / 2 - 0.8 r_c)$ $n = \min[e, 1.25m]$, con patrones circulares de diseño, puede utilizarse $n=\infty$. $e_w = d_w / 4$ d_w es el diámetro de la arandela, o la distancia entre puntos extremos de la cabeza del tornillo o de la tuerca. *si se desarrollan fuerzas de palanca **si no se desarrollan fuerzas de palanca EC1993-1-8 permite considerar las fuerzas de palanca en cualquier caso para conexiones atornilladas. A la luz de los resultados descritos en el proyecto EQUALJOINTS, esta afirmación no es conservadora y la activación de las fuerzas de palanca debería verificarse para cada caso.	

Componente	Reglas de detalle	Referencias
	Longitudes eficaces ❖ <i>Conexión de 4 filas de tornillos</i> <u>Fila de tornillos 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Fila de tornillos 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α viene dado en la figura 6.11 en EC3-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}; \quad \lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ Entre la primera y la segunda línea de filas de tornillos, no se puede activar ningún grupo ya que se introduce la chapa de continuidad. ❖ <i>Conexión de 6 filas de tornillos</i> <u>Fila de tornillos 1:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m; 4m + 1.25e]$ $l_{eff,2} = 4m + 1.25e$ <u>Primera fila del grupo 1+2</u> $l_{eff,1} = \min[2p; p]$ $l_{eff,nc} = p$ <u>Fila de tornillos 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <u>Segunda fila del grupo 1+2</u> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,1} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fila de tornillos 3:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α viene dado en la figura 6.11 en EC3-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m+e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m+e}$ Entre la primera y la segunda línea de filas de tornillos, el efecto de grupo puede influir en la resistencia de la línea; por el contrario, no se puede activar ningún efecto de grupo con la tercera fila de tornillos ya que se introduce la chapa de continuidad.	Tabla 6.5 (EC3-1-8)



Casos of 4 filas de tornillos (a) y 6 filas de tornillos (b)

Para cada fila de tornillos o para cada grupo de filas de tornillos, la resistencia se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}] * \text{ó}$$

$$F_{cfb,Rd} = \min[F_{T,1-2,Rd}; F_{T,3,Rd}] **$$

con:

- $F_{T,1,Rd} = \frac{4M_{pl,1,Rd}}{m}$
- $F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n\Sigma F_{t,Rd}}{m + n}$
- $F_{T,3,Rd} = \sum \frac{0.9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$
- $F_{T,1,Rd} = \frac{2M_{pl,1,Rd}}{m}$

donde:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,1} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma \ell_{eff,2} t_{fc}^2 f_{y,fc} / \gamma_{M0}$$

$$m = (w / 2 - t_{wc} / 2 - 0.8 r_c)$$

$n = \min[e, 1.25m]$, con patrones circulares de diseño, puede utilizarse $n = \infty$.

$$e_w = d_w / 4$$

d_w es el diámetro de la arandela, o la distancia entre puntos extremos de la cabeza del tornillo o de la tuerca.

*si se desarrollan fuerzas de palanca

** si no se desarrollan fuerzas de palanca

Componente	Reglas de detalle	Referencia s
	<i>Longitudes eficaces</i> ❖ <i>Conexión de 4 filas de tornillos</i> <u>Fila de tornillos 1:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} \alpha m - (2m + 0.625e) + e_x \\ 2m + 0.625e + e_x \\ 4m + 1.25e \end{cases}$ <u>Fila de tornillos 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α viene dado en la figura 6.11 en EN1993-1-8, dependiendo de: $\lambda_1 = \frac{m}{m + e}$ $\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e}$ ❖ <i>Conexión de 6 filas de tornillos</i> <u>Fila de tornillos 1:</u> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} 2\pi m \\ \pi m + 2e_x \\ 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 4m + 1.25e \\ 2m + 0.625e + e_x \end{cases}$ <i>Primera fila del grupo 1+2</i> $l_{eff,1} = \min \begin{cases} \pi m + p \\ 2e_x + p \\ 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ $l_{eff,2} = \min \begin{cases} 2m + 0.625e + 0.5p \\ e_x + 0.5p \end{cases}$ <u>Fila de tornillos 2:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ <i>Segunda fila del grupo 1+2</i> $l_{eff,1} = \min[\pi m + p; 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)]$ $l_{eff,2} = 0.5p + \alpha m - (2m + 0.625e)$ <u>Fila de tornillos 3:</u> $l_{eff,1} = \min[2\pi m, \alpha m]$ $l_{eff,2} = \alpha m$ α viene dado en la figura 6.11 en EC3-1-8.	

Componente	Reglas de detalle	Referencias
Alas de la viga y alma en compresión	$F_{fb,Rd} = M_{c,Rd} f_{y,b} / (h + \xi b - 0.5 t_{fb})$ • h es el canto de la viga conectada; • $M_{c,Rd}$ es la resistencia de cálculo a flexión de la viga considerando la sección transversal de la cartela, reducida, si es necesario, para tener en cuenta la influencia del esfuerzo cortante, ver EN1993-1-1; • t_{fb} es el espesor del ala de la viga conectada; • ξ_b es la posición del centro de compresión; • b es la altura de la cartela.	EC3-1-8 6.2.6.7
Alma del pilar y chapas de continuidad en compresión	La resistencia del alma del pilar y de las chapas de continuidad puede calcularse mediante la siguiente expresión: $F_{wcc,Rd} = \frac{\omega k_{wc} b_{eff,c,cf} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} + \frac{A_{cp} f_{y,cp}}{\gamma_{M0}}$ donde: $b_{eff,c,cf} = t_{fb} + \sqrt{2}(a_{w1} + a_{w2}) + 5(t_{fc} + r_c) + 2t_{ep}$ A_{cp} es el área de las chapas de continuidad (a ambos lados); El factor de reducción k_{wc}, que tiene en cuenta la tensión longitudinal en el alma del pilar, viene dado en 6.2.6.2(2) en EC3-1-8; El factor de reducción ω viene dado en la Tabla 6.3 en EC3-1-8. Cuando se utilicen chapas de continuidad, la reducción debida a abolladura del alma del pilar por compresión transversal puede ser despreciada.	EC3-1-8 6.2.6.2
Alma de la viga en tracción	$F_{wbt,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0}$ El ancho eficaz $b_{eff,t,wb}$ del alma de la viga en tracción debería tomarse igual a la longitud eficaz del casquillo en T equivalente, representando la placa frontal en flexión para una fila individual de tornillos o para un grupo de filas de tornillos.	EC3-1-8 6.2.6.8
Alma del pilar en tracción	$F_{wct,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}}$ El ancho eficaz $b_{eff,t,wc}$ del alma del pilar en tracción debería tomarse igual a la longitud eficaz del casquillo en T equivalente, representando el ala del pilar en flexión para una fila individual de tornillos o para un grupo de filas de tornillos. El factor de reducción ω viene dado en la Tabla 6.3 en EC3-1-8.	EC3-1-8 6.2.6.3

Componente	Reglas de detalle	Referencias
------------	-------------------	-------------

Tornillos en tracción	La resistencia de una fila de tornillos (dos tornillos) en tracción viene dada por la siguiente expresión: $F_{bt,Rd} = 2 \frac{0,9 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ donde: f_{ub} es la resistencia última a tracción del acero del tornillo; A_s es el área resistente a tracción del tornillo.	EC3-1-8 3.6.1
-----------------------	---	------------------

4.2.7 Rigideces de los componentes (unión a flexión)

Componente	Reglas de detalle	Referencias
Panel de alma del pilar a cortante	Para la unión rigidizada, la contribución k_1 es igual a infinito, mientras que si la unión no está rigidizada: $k_1 = \frac{0.38 \cdot A_{vc}}{\beta z}$ donde: β es el parámetro de transformación definido en EN1993-1-8 pr. 5.3(7), y z es el brazo mecánico.	EC3-1-8 6.3.2
Ala del pilar en flexión	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_4 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_{fc}^2}{m^3}$ El ancho eficaz l_{eff} es la longitud eficaz más pequeña de la fila de tornillos (individual o como parte de un grupo de filas de tornillos).	EC3-1-8 6.3.2
Placa frontal en flexión	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_5 = \frac{0.9 \cdot l_{eff} \cdot t_p^2}{m^3}$ El ancho eficaz l_{eff} es la longitud eficaz más pequeña de la fila de tornillos (individual o como parte de un grupo de filas de tornillos).	EC3-1-8 6.3.2
Alma del pilar en tracción	Para una conexión soldada rigidizada, la contribución k_3 es igual a infinito, mientras que si la unión no está rigidizada: $k_3 = \frac{0.7 \cdot b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc}}{d_c}$ El ancho eficaz b_{eff} es la longitud eficaz más pequeña de la fila de tornillos (individual o como parte de un grupo de filas de tornillos) del ala del pilar en el componente de flexión.	EC3-1-8 6.3.2
Tornillos en tracción	Para una fila simple de tornillos en tracción: $k_{10} = \frac{1.6 \cdot A_s}{L_b}$	EC3-1-8 6.3.2

Cartela en el lado de compresión	$k_{RIB} = \frac{A_{eq}}{L_{Strut}} \cdot \cos(\alpha)$ donde (como define Lee): $A_e = \frac{\eta(ab - c^2)}{\sqrt{(a - c)^2 + (b - c)^2}}$ $L_e = (0.6)\sqrt{(a^2 + b^2)}$ α es la inclinación de la biela de la cartela.	Equaljoints
----------------------------------	---	-------------

4.2.8 Resistencia de los componentes (unión a cortante)

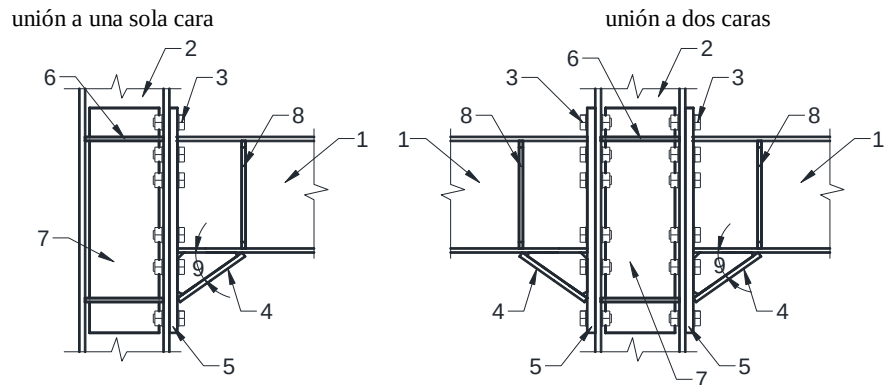
Componente	Reglas de detalle	Referencia s				
Alma de la viga a cortante	$V_{b,RD} = \chi_w A_{vb} f_{y,b} / \sqrt{3} \gamma_{M1}$ donde: $A_{vb} = A_b - 2b_b t_{fb} + (t_{wb} + 2r_b) t_{fb}$ $\chi_w = 0.83 / \bar{\lambda}_w$ si $\bar{\lambda}_w \geq 0.83$; $\chi_w = 1.0$ si $\bar{\lambda}_w < 0.83$ con $\bar{\lambda}_w = 0.3467(h_{wb} / t_{wb}) \sqrt{f_{y,b} / E}$	EC3-1-5 5.3				
Ala del pilar a aplastamiento	Para una fila simple de tornillos (dos tornillos) a cortante: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ donde: para tornillos de borde: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ para tornillos interiores: $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, \quad 2.5]$ α_b dependiendo de la dirección del esfuerzo cortante y de la posición de la fila de tornillos: Conexión con 4 filas de tornillos <table><tr><td><i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i> Filas de tornillos 1, 3 y 4: $\alpha_b = 1.0$ Fila de tornillos 2: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td><td><i>Esfuerzo cortante aumentando</i> Filas de tornillos 1, 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$ Fila de tornillos 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table> Conexión con 6 filas de tornillos <table><tr><td><i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i> Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = 1.0$</td><td><i>Esfuerzo cortante aumentando</i> Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = 1.0$ Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$</td></tr></table>	<i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i> Filas de tornillos 1, 3 y 4: $\alpha_b = 1.0$ Fila de tornillos 2: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Esfuerzo cortante aumentando</i> Filas de tornillos 1, 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$ Fila de tornillos 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i> Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = 1.0$	<i>Esfuerzo cortante aumentando</i> Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = 1.0$ Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	EC3-1-8 3.6.1
<i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i> Filas de tornillos 1, 3 y 4: $\alpha_b = 1.0$ Fila de tornillos 2: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$	<i>Esfuerzo cortante aumentando</i> Filas de tornillos 1, 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$ Fila de tornillos 3: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$					
<i>Esfuerzo cortante disminuyendo</i> Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$ Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = 1.0$	<i>Esfuerzo cortante aumentando</i> Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = 1.0$ Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = \min[1.0, \quad p / 3d_0 - 0.25]$					

Placa frontal a aplastamiento	Para una fila simple de tornillos (dos tornillos) a cortante: $F_{b,Rd} = 2 \frac{k_1 \alpha_b f_u d t_{fc}}{\gamma_{M2}}$ para tornillos de borde: $k_1 = \min[2.8 \frac{e}{d_0} - 1.7, 2.5]$ para tornillos interiores: $k_1 = \min[1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5]$ α_b dependiendo de la dirección del esfuerzo cortante y de la posición de la fila de tornillos: Conexión con 4 filas de tornillos <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Esfuerzo disminuyendo</i></th> <th style="text-align: center;"><i>cortante</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Esfuerzo cortante aumentar</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fila de tornillos 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td> <td></td> <td>Filas de tornillos 1 y 3: $\alpha_b = 1.0$</td> </tr> <tr> <td>Filas de tornillos 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$</td> <td></td> <td>Fila de tornillos 2: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td> </tr> <tr> <td>Fila de tornillos 3: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td> <td></td> <td>Fila de tornillos 4: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td> </tr> </tbody> </table> Conexión con 6 filas de tornillos <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Esfuerzo disminuyendo</i></th> <th style="text-align: center;"><i>cortante</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Esfuerzo cortante aumentar</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fila de tornillos 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td> <td></td> <td>Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td> </tr> <tr> <td>Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$</td> <td></td> <td>Filas de tornillos 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$</td> </tr> <tr> <td>Filas de tornillos 3 y 5: $\alpha_b = 1.0$</td> <td></td> <td>Fila de tornillos 6: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Esfuerzo disminuyendo</i>	<i>cortante</i>	<i>Esfuerzo cortante aumentar</i>	Fila de tornillos 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Filas de tornillos 1 y 3: $\alpha_b = 1.0$	Filas de tornillos 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$		Fila de tornillos 2: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$	Fila de tornillos 3: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Fila de tornillos 4: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$	<i>Esfuerzo disminuyendo</i>	<i>cortante</i>	<i>Esfuerzo cortante aumentar</i>	Fila de tornillos 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$	Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Filas de tornillos 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$	Filas de tornillos 3 y 5: $\alpha_b = 1.0$		Fila de tornillos 6: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$	EC3-1-8 3.6.1
<i>Esfuerzo disminuyendo</i>	<i>cortante</i>	<i>Esfuerzo cortante aumentar</i>																								
Fila de tornillos 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Filas de tornillos 1 y 3: $\alpha_b = 1.0$																								
Filas de tornillos 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$		Fila de tornillos 2: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$																								
Fila de tornillos 3: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Fila de tornillos 4: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$																								
<i>Esfuerzo disminuyendo</i>	<i>cortante</i>	<i>Esfuerzo cortante aumentar</i>																								
Fila de tornillos 1: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$		Filas de tornillos 1, 3 y 5: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$																								
Filas de tornillos 2, 4 y 6: $\alpha_b = \min[1.0, p / 3d_0 - 0.25]$		Filas de tornillos 2 y 4: $\alpha_b = 1.0$																								
Filas de tornillos 3 y 5: $\alpha_b = 1.0$		Fila de tornillos 6: $\alpha_b = \min[1.0, e_x / 3d_0]$																								
Tornillos a cortante	Para una fila simple de tornillos (dos tornillos) a cortante: $F_{b,Rd} = 2 \frac{\alpha_v f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ $\alpha_v = 0.5$ para tornillos 10.9.	EC3-1-8 3.6.1																								

4.3 Uniones acarteladas

4.3.1 Descripción de la configuración de la unión

Descripción de las uniones acarteladas con placa frontal extendida



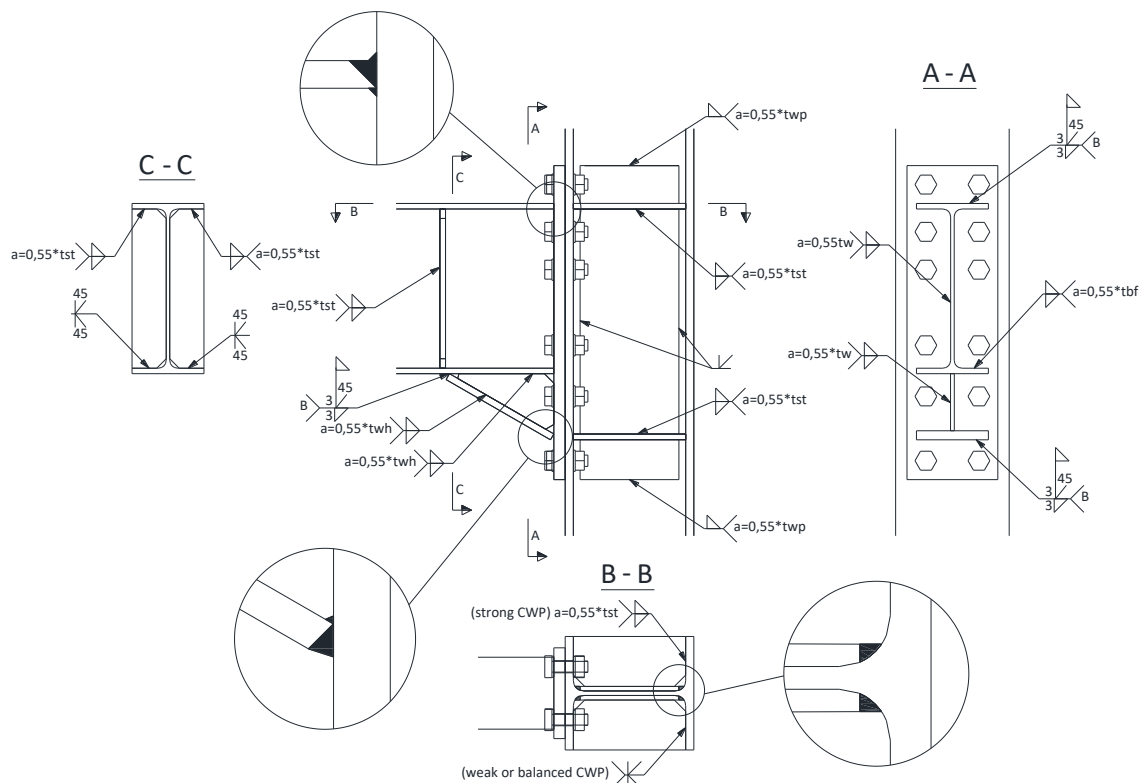
1 - viga
2 - pilar

3 - tornillos
4 - cartela

5 - placa frontal
6 - rigidizador transversal

7 - chapas de alma suplementarias
8 - rigidizador de viga
9 - ángulo de la cartela

Detalles de soldaduras para uniones acarteladas con placa frontal extendida



NOTE:

1. All full-penetration welds shall be quality level B acc. EN ISO 5817 and EN 1090-2:2008.
2. All welds shall be quality level C unless otherwise specified on drawings.

4.3.2 Lista de valores límite para los datos de la precalificación

Tabla 4.5 - Lista de valores límite para los datos de la precalificación

Elementos	Rango de aplicación
<i>Viga</i>	Perfiles laminados en caliente de ala ancha que van desde IPE330 hasta IPE600. La sección transversal deberá ser clase 1 según EN 1993-1-1. Se pueden utilizar vigas armadas con sección transversal similar, siempre que las soldaduras entre el alma y las alas sean soldaduras a tope de penetración completa reforzadas con soldaduras de ángulo.
Canto	330 a 600 mm
Relación luz vano-canto (entre las posiciones supuestas de las rótulas plásticas)	Mínima 7
Espesor de ala	Mínimo: 11 mm Máximo: 21 mm* (extrapolación del 10% con respecto al máximo ensayado)
Material	S235 a S355
<i>Pilar</i>	Perfiles laminados en caliente de ala ancha desde HEB260/HEM260 hasta HEB550/HEM550. La sección transversal deberá ser clase 1 según EN 1993-1-1. Se pueden utilizar pilares armados con sección transversal similar, siempre que las soldaduras entre el alma y las alas sean soldaduras a tope de penetración completa reforzadas con soldaduras de ángulo.
Canto	260 a 550 mm
Espesor de ala	Mínimo: 17.5 mm Máximo: 40 mm
Material	S235 a S355
Relación canto viga/canto pilar	0.60-2.00
Placa frontal	20-40
Espesor	Mínimo: 20 mm Máximo: 40 mm
Anchura	Mínima: ancho del ala de la viga + 30 mm Máxima: ancho del ala del pilar
Material	S235 a S355
Rigidizadores transversales en viga y pilar	De acuerdo con los requisitos de EN1993-1-8 y EN1998-1.
Material	S235 a S355
Chapas de alma suplementarias	De acuerdo con los requisitos de EN 1993-1-8 y EN 1998-1. Se permite considerar el área total de las chapas de alma suplementarias al calcular la resistencia a cortante adicional del panel de alma del pilar.
Altura	Al menos, igual a la altura de la placa frontal.
Material	S235 a S355
Tornillos	Uniones con tornillos de alta resistencia para pretensado, de acuerdo con EN14399-3 (sistema HR) y EN14399-4 (sistema

	HV). Los tornillos deberán estar totalmente pretensados, de acuerdo con EN1090-2.
Tamaño	M24 a M36
Grado	8.8 ó 10.9
Agujeros	De acuerdo con EN1993-1-8
<i>Cartela</i>	
Ángulo	El ángulo de la cartela, medido entre el ala inferior de la viga y el ala de la cartela, puede variar entre 30° y 45°.
<i>Soldaduras</i>	
Entre la placa frontal y el ala superior de la viga y el ala de la cartela	Soldaduras a tope con penetración completa reforzadas
Chapas de continuidad a alas del pilar	Soldaduras a tope con penetración completa
Chapas de alma suplementarias a alas del pilar	Soldaduras a tope con penetración completa
Otras soldaduras	Soldaduras en ángulo a ambos lados con un espesor de garganta superior a 0.55 veces el espesor de las placas a unir.

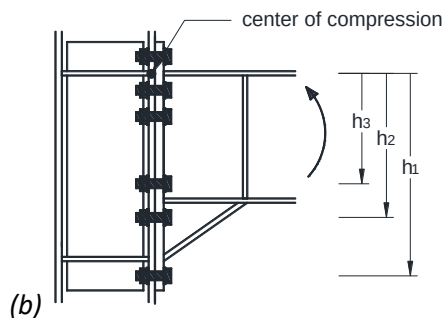
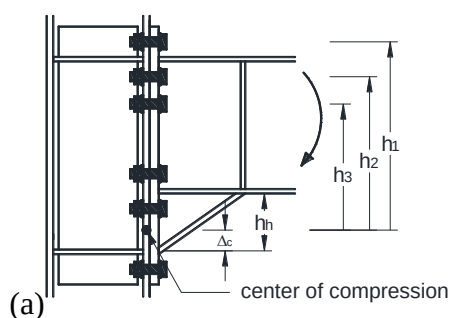
4.3.3 Procedimiento de cálculo

Las simulaciones numéricas realizadas en el proyecto EQUALJOINTS mostraron que, para momento de flexión negativa, el centro de compresión se encuentra a una distancia Δc por encima del ala de la cartela. En base a los resultados disponibles hasta el momento, se puede suponer que el centro de compresión se desplaza a un 50% del canto de la cartela ($\Delta c = 0.45 h_h$, ver Figura). Para el momento de flexión positiva, se adopta la suposición habitual de que el centro de compresión se ubique en el medio del ala comprimida. Por otro lado, las filas de tornillos ubicadas cerca del centro de compresión desarrollan fuerzas de tracción poco significativas, debido a la flexibilidad de la placa frontal y a la limitada ductilidad de las filas de tornillos en el ala traccionada.

En consecuencia, se supuso que sólo las filas de tornillos que están por encima de la mitad del canto de la sección transversal del haz (sin considerar la cartela) son activas ante flexión negativa. Ante flexión positiva, sólo se asumieron activas las filas de tornillos ubicadas más allá de la mitad de la sección transversal de la viga, incluyendo la cartela.

El panel de alma del pilar puede diseñarse para estar equilibrado con la viga, compartiendo las demandas últimas de deformación plástica, o para ser más resistente que la viga.

Centro de compresión y filas activas de tornillos para (a) flexión negativa y (b) flexión positiva



Procedimiento global

Paso 1: Elección inicial de la geometría y materiales de la conexión

- Grado de acero del tornillo, tamaño del tornillo y número de filas de tornillos
- Espesor y dimensiones de la placa frontal
- Espesor y dimensiones de la cartela
- Espesor y dimensiones de los rigidizadores transversales
- Espesor y dimensiones de las chapas de alma suplementarias (si son necesarias)
- La especificación de la soldadura

Paso 2: Caracterización de los componentes

- Resistencias de los componentes (unión a flexión)
- Rigideces de los componentes (unión a flexión)
- Resistencias de los componentes (unión a cortante)

Paso 3: Procedimientos de ensamblaje

- Resistencia de la conexión a flexión
- Resistencia de la conexión a cortante
- Resistencia del panel de alma del pilar
- Rigidez de la unión a flexión

Paso 4: Clasificación de la conexión y comprobación

4.3.4 Elección inicial de datos para la geometría y los materiales de la unión

Tabla 4.6 - Elección inicial de la geometría y los materiales de la unión

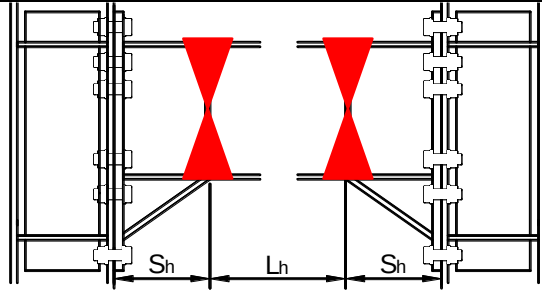
Elementos de la conexión	de	Tamaños de viga		
		Pequeño ($\approx$ IPE360)	Mediano ($\approx$ IPE450)	Grande ($\approx$ IPE600)
Grado del tornillo	10.9			
Tamaño del tornillo		M27	M30	M36
Número de filas de tornillos	de	6	6	6
Placa frontal		<i>Espesor:</i> $t_{ep}=d_b$. <i>Dimensiones:</i> El ancho debería ser mayor que el ancho del ala de la viga (al menos 30 mm para acomodar la soldadura) y más pequeño que el ala		

	del pilar. La parte extendida debería ser suficiente para colocar una fila de tornillos, respetando las reglas dadas en EN 1993-1-8 (§3.5).
Cartela	El ancho de ala de la cartela es igual al ancho de ala de la viga. El espesor del ala de la cartela debería ser mayor que γ_{ov} veces el espesor del ala de la viga. El espesor del alma de la cartela debería ser igual o mayor que el espesor del alma de la viga. Canto de la cartela: • $h_h = 0.4 \cdot h_b$ para un ángulo de la cartela de $30^\circ \leq \alpha < 40^\circ$; • $h_h = 0.5 \cdot h_b$ para un ángulo de la cartela de $40^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$.
Chapas de alma suplementarias	El espesor y las dimensiones de las chapas de alma suplementarias deberían respetar las reglas establecidas en EN1993-1-8 (§ 6.2.6.1); por otra parte, se deberían disponer soldaduras de tapón para garantizar la resistencia a la estabilidad de las chapas suplementarias.
Rigidizadores transversales	Tabla 4.5
Detalles de soldadura	
Nota: t_{en} es el espesor de la placa frontal y d_b es el diámetro nominal del tornillo.	

4.3.5 Procedimiento de ensamblaje y comprobaciones de resistencia

Tipo de clasificación	Criterio			Referencias
Resistencia de la conexión a flexión	Conexión de resistencia total: $M_{con,Rd} \geq M_{con,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h)$ $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$			Equaljoints
Resistencia de la conexión a cortante	$V_{con,Rd} \geq V_{b,Ed}$			Equaljoints
Resistencia del panel del alma del pilar a cortante	Panel de alma robusto: $V_{wp,Rd} \geq V_{wp,Ed}$ con $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$			Equaljoints
Clasificación de la rigidez	Clasificación	Pórticos arriostrados	Pórticos no arriostrados	EC3-1-8 5.2.2
	Uniones semirrígidas Uniones rígidas	$0.5 \leq k_b < 8$ $k_b \geq 8$	$0.5 \leq k_b < 25$ $k_b \geq 25$	
$k_b = S_{j,ini} / (EI_b / L_b)$				

Determinación del momento flector de cálculo en la cara del pilar y del correspondiente esfuerzo cortante.	
--	--



El momento flector de cálculo en la cara del pilar, correspondiente a la formación, al final de la cartela, de una rótula plástica totalmente endurecida por deformación, es:

$$M_{con,Ed} = M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h$$

El esfuerzo cortante de cálculo en la conexión $V_{con,Ed}$ se determina en base a la hipótesis de que se forman rótulas plásticas totalmente endurecidas por deformación en ambos extremos de la viga:

$$V_{con,Ed} \cong V_{b,Ed} = V_{Ed,M} + V_{Ed,G}$$

donde:

$M_{pl,Rd}^* = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov} \cdot W_{pl,beam} \cdot f_{y,beam}$ es el momento plástico esperado en la ubicación de la rótula plástica;

$W_{pl,beam}$ es el modulo plástico de la viga;

$f_{y,beam}$ es el límite elástico mínimo especificado del elemento que plastifica;

γ_{sh} es el factor de endurecimiento por deformación para tener en cuenta la resistencia máxima de la conexión;

γ_{ov} es el factor de sobrerresistencia del material;

$V_{Ed,M}$ es el esfuerzo cortante debido a la formación de las rótulas plásticas;

$V_{Ed,G}$ es el esfuerzo cortante debido a las cargas gravitatorias en la situación de proyecto ante sismo;

s_h es la distancia desde la cara del pilar a la rótula plástica;

L_h es la distancia entre rótulas plásticas.

Nota: Los ensayos experimentales muestran que la rótula plástica se forma a una distancia algo más allá del final de la cartela. Sin embargo, como simplificación, se puede asumir que la rótula plástica se ubica en el final de la cartela. Si es necesario, se puede utilizar una posición más exacta de la misma.

Comprobación de la sección final de la viga, incluyendo la cartela

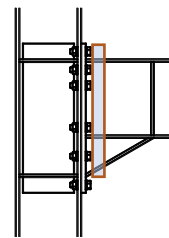
Se comprueba la sección final de la viga, incluyendo la cartela, de acuerdo con EN1993-1-1, frente al momento de cálculo esperado en la cara del pilar:

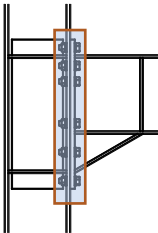
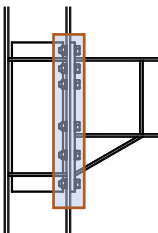
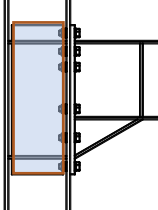
$$\frac{M_{con,Ed}}{M_{bh,Rd}} \leq 1,0$$

donde:

$M_{bh,Rd}$ es el momento plástico resistente de la sección en doble T compuesta por el ala superior de la viga, el ala de la cartela y el alma de la viga-cartela, no considerando el ala inferior de la viga, ver sub-cláusula 6.2.6.7 de EN 1993-1-8;

$M_{con,Ed}$ es el máximo momento de cálculo esperado en la cara del pilar.



Con el fin de tener en cuenta la posible sobrerresistencia del material de la viga con respecto al de la cartela, el espesor del ala de la cartela se incrementa en γ_{ov}.	
<u>Comprobación de la resistencia a flexión de la placa frontal de la conexión.</u> Comprobación de la resistencia de la conexión a flexión, ante momento negativo y momento positivo: $\frac{M_{con,Ed}}{M_{con,Rd}} \leq 1,0$ donde $M_{con,Rd}$ es la resistencia a flexión de la conexión. Para obtener la resistencia a flexión de la conexión se consideran los siguientes componentes: • Ala del pilar en flexión; • Placa frontal en flexión; • Alma de la viga en tracción; • Alma del pilar en tracción; • Alma del pilar en compresión. $M_{con,Rd}$ se determina de acuerdo con EN1993-1-8, con las siguientes modificaciones: • a flexión negativa, solamente se consideran activas las filas de tornillos que están por encima de la mitad del canto de la sección transversal de la viga (sin considerar la cartela). • a flexión positiva, solamente se consideran activas las filas de tornillos ubicadas más allá de la mitad del canto de la sección transversal de la viga incluyendo la cartela. • a flexión negativa, el centro de compresión se desplaza hacia arriba un 50% del canto de la cartela ($\Delta_c = 0.5 h_n$); • no se consideran los siguientes componentes: panel de alma del pilar a cortante, ala y alma de la viga (y de la cartela) en compresión.	
<u>Comprobación de la resistencia a cortante de la conexión</u> $\frac{V_{b,Ed}}{V_{con,Rd}} \leq 1,0$ donde $V_{con,Rd}$ es la resistencia a cortante de la conexión. Para obtener la resistencia a cortante de la conexión se consideran los siguientes componentes: • Alma de la viga a cortante; • Tornillos a aplastamiento en el ala del pilar; • Tornillos a aplastamiento en la placa frontal; • Tornillos a cortante. Solamente deberían considerarse aquellos tornillos que no han sido contemplados para la resistencia a flexión de la conexión.	
<u>Comprobación del panel de alma del pilar</u> El esfuerzo cortante de cálculo en el panel de alma del pilar se determina en base a los momentos flectores y esfuerzos cortantes que solicitan el panel de alma. $V_{wp,Ed} = \alpha \cdot (M_{b,Rd} + V_{b,Ed} \cdot s_h) / z - V_{c,Ed}$ donde	

$V_{wp,Ed}$ es el esfuerzo cortante de cálculo en el panel de alma del pilar; $V_{c,Ed}$ es el esfuerzo cortante en el pilar; z es el brazo mecánico interno. Para un <i>panel de alma de pilar robusto</i>, el esfuerzo cortante de cálculo debería obtenerse considerando el desarrollo de rótulas plásticas totalmente endurecidas por deformación en la viga. $\alpha = \gamma_{sh} \cdot \gamma_{ov}$ La resistencia del panel de alma del pilar se comprueba mediante la siguiente expresión: $\frac{V_{wp,Ed}}{V_{wp,Rd}} \leq 1,0$ $V_{wp,Rd}$ se determina de acuerdo con EN1993-1-8. Aplican las siguientes consideraciones: • Se permite considerar el área total de las chapas de alma suplementarias al calcular la resistencia adicional a cortante del panel de alma del pilar. • La resistencia adicional a cortante $V_{wp,add,Rd}$ debida a las alas del pilar y los rigidizadores transversales puede no considerarse.	
---	--

4.3.6 Caracterización de los componentes

Componente	Reglas de detalle	Referencias
Panel de alma del pilar a cortante	Aplican las reglas de EN1993-1-8, 6.2.6.1, con las siguientes observaciones: • Se permite considerar el área total de las chapas de alma suplementarias al calcular la resistencia adicional a cortante del panel de alma del pilar. • La resistencia adicional a cortante $V_{wp,add,Rd}$ debida a las alas del pilar y los rigidizadores transversales puede no considerarse.	EN1993-1-8 6.2.6.1 6.3.2
Ala del pilar en flexión	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 6.2.6.4 6.3.2
Placa frontal en flexión	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 6.2.6.5 6.3.2
Alma del pilar en compresión	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 6.2.6.2 6.3.2
Alma de la viga en tracción	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 6.2.6.8 6.3.2
Alma del pilar en tracción	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 6.2.6.3 6.3.2

Componente	Reglas de detalle	Referencias
Alma de la viga a cortante	Aplican las reglas de EN1993-1-1.	EN1993-1-1 6.2.6
Tornillos a aplastamiento en el ala del pilar	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 3.6.1
Tornillos a aplastamiento en la placa frontal	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 3.6.1
Tornillos a cortante	Aplican las reglas de EN1993-1-8.	EN1993-1-8 3.6.1

4.3.7 Clasificación de la rigidez

Las uniones viga-pilar acarteladas con placa frontal extendida pueden considerarse como rígidas, siempre que:

- la resistencia del panel de alma del pilar se obtenga empleando la ecuación (6.7) de EN1993-1-8, despreciando la resistencia adicional a cortante $V_{wp,add,Rd}$ debida a las alas del pilar y los rigidizadores transversales;
- se utilice el modelo de línea media para el análisis global estructural;
- los tornillos sean categoría E (totalmente pretensados), de acuerdo con EN1993-1-8.

Las reglas de EN1993-1-8 se pueden utilizar para cuantificar la rigidez de la conexión y del panel de alma del pilar. Si se estima necesario, para el análisis global estructural, pueden emplearse modelos avanzados de la conexión y del panel de alma del pilar.

4.3.8 Clasificación de la ductilidad

Se considera que las uniones acarteladas viga-pilar con placa frontal extendida, calculadas de acuerdo con las disposiciones anteriores, están calificadas para su aplicación en sistemas estructurales de ductilidad alta DCH y de ductilidad media DCM (pórticos resistentes a momento, pórticos duales con arriostramiento concéntrico y pórticos duales con arriostramiento excéntrico).

Ello se basa en el hecho de que todas las conexiones ensayadas satisficieron los siguientes requisitos (ANSI / AISC 341-16):

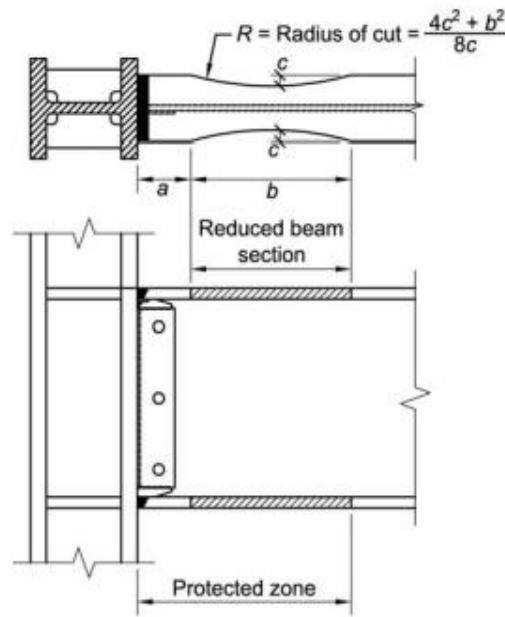
- La conexión fue capaz de acomodar un giro relativo entre plantas de al menos 0.04 rad.
- La resistencia medida a flexión de la conexión, determinada en la cara del pilar, fue igual, al menos, a 0.80Mp de la viga conectada, para un giro relativo entre plantas de 0.04 rad.

Sin embargo, se advierte al usuario que los giros relativos entre plantas correspondientes al 20% de caída del momento máximo fueron menores que 0.04 rad (pero mayores que 0.03 rad) para las cartelas.

4.4 Uniones dog-bone

4.4.1 Descripción de la unión

Configuración y dimensiones de las conexiones de sección reducida de viga



4.4.2 Procedimiento de cálculo

Sobre esta base de partida, el cálculo debe cumplir los requisitos de AISC 341 (Seismic Provisions for Structural Steel Buildings), AISC 358-16 (Prequalified Connections for Seismic Applications) y AISC 360 (Specification for Structural Steel Buildings).

En base a lo anterior, el cálculo sigue el procedimiento siguiente:

1. Comprobar la abolladura local de la viga para compacidad sísmica

$$b_{bf}/(2t_{fb}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$
2. Comprobar la abolladura local del pilar para compacidad sísmica

$$b_{cf}/(2t_{fc}) < \lambda_{ps} = 0.3\sqrt{(E/f_y)}$$
3. Comprobar las limitaciones para la viga de AISC 358 Sección 5.3.1.
 Nótese, sin embargo, que según los ensayos realizados en el proyecto EqualJoints, el tamaño de la viga puede extenderse desde el canto de perfiles W36 al canto de perfiles W44, los cuales mostraron un comportamiento adecuado bajo los requisitos de precalificación.
4. Comprobar las limitaciones para el pilar de AISC 358 Sección 5.3.2.
 Nótese, sin embargo, que según los ensayos realizados en el proyecto EqualJoints, el tamaño del pilar puede extenderse desde el canto de perfiles W36 al canto de perfiles W40, los cuales mostraron un comportamiento adecuado bajo los requisitos de precalificación.
5. Determinar el módulo plástico en el centro de la sección reducida de viga. (AISC 358 Sección 5.8 Paso 2)

$$Z_{RBS} = Z_x - 2 c t_{fb} (h_b - t_{fb})$$

donde:

Z_{RBS} es el módulo plástico en el centro de la sección reducida de viga

$Z_{pl.x}$ es el módulo plástico alrededor del eje x de la sección transversal de la viga completa

t_{fb} es el espesor del ala de la viga

h_b es el canto de la viga

c es la profundidad del corte en el centro de la sección reducida de viga

6. Determinar el máximo momento probable actuando en la sección reducida de viga (AISC 358 Sección 5.8 Paso 3)

$$M_{pr} = M_{RBS} = C_{pr} R_y f_y Z_e$$

donde:

C_{pr} es un factor para tener en cuenta la resistencia máxima pico de la conexión, considerando el endurecimiento por deformación, la restricción local, refuerzo adicional y otras condiciones de la conexión, y se calcula como

$$C_{pr} = \frac{f_y + f_u}{2 f_y} \leq 1.2$$

R_y relación entre el límite elástico esperado y el límite elástico mínimo especificado f_y

7. Calcular el esfuerzo cortante en el centro de la RBS (AISC 358 Sección 5.8 Paso 4)

$$V_p = V_{RBS} = 2 M_{pr} / L_h + V_g$$

8. Calcular el correspondiente esfuerzo cortante en el pilar

$$V_c = N_b V_e L_b / (N_c h_c)$$

9. Calcular el momento máximo probable en la cara del pilar (AISC 358 Sección 5.8 Paso 5)

$$M_f = M_{pr} + V_{RBS} S_h + M_g$$

donde:

$$M_g = \frac{1}{2} W_{ub} S_h^2$$

10. Calcular el momento plástico esperado de la viga (AISC 358 Sección 5.8 Paso 6)

$$M_{pe} = R_y f_y Z_{bx}$$

11. Comprobar que la resistencia a flexión no exceda $\Phi_d M_{pe}$ (AISC 358 Sección 5.8 Paso 7)

$$M_f < \Phi_d M_{pe}$$

12. Calcular y comprobar la fuerza concentrada en el pilar

$$P_b \leq \Phi f_y w_{tw} (5k + l_b)$$

$$\leq \Phi 0.8 t_w^2 [1 + 3 (l_b / d) (t_w / t_f)^{1.5}] (E f_{yw} t_f / t_w)^{1/2}$$

$$\leq \Phi 6.25 f_{yf} t_f^2$$

donde:

$$P_b = M_f b_{fb} t_{fb} / Z_x$$

13. Comprobar la relación entre momentos en pilar y momentos en viga (AISC 341 Sección 9.6)

$$\Sigma M_{pc}^* / \Sigma M_{pb}^* > 1.0$$

donde:

ΣM_{pc}^* es la suma de momentos en el pilar por encima y por debajo de la unión en la intersección de los ejes centrales de la viga y el pilar

$$= \Sigma [Z_c (f_{yc} - P_{uc} / A_g) + V_c d_b / 2]$$

ΣM_{pb}^* es la suma de momentos en las vigas en la intersección de los ejes centrales de las vigas y el pilar

$$= N_b M_{RBS} + \Sigma M_v$$

ΣM_v es el momento adicional debido a la amplificación del esfuerzo cortante desde la localización de la rótula plástica al eje central del pilar

$$= (V_{RBS} + V'_{RBS}) (a + b / 2 + d_c / 2)$$

14. Comprobar la resistencia a cortante de la zona del panel de pilar AISC341 Sección 9.3)

$$0.75 P_c > P_r$$

$$\phi_v R_n > \Sigma M_f / (d_b - t_{fb}) - V_c$$

15. Calcular el espesor requerido de la chapa doble

$$R_u \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ndp}$$

$$t_{dp} \geq (R_u - \phi R_{ncol}) / (0.6 f_y d_c)$$

16. Comprobar el espesor requerido del alma del pilar y de la chapa doble, si existe

$$t \geq (d_z + w_z) / 90$$

17. Comprobar si son necesarias chapas de continuidad (AISC 358 Paso 10)

$$t_{fc} \geq 0.4 [1.8 b_b f_t b_f (F_{yb} R_{yb}) / (F_{yc} R_{yc})] 0.5$$

$$t_{fc} \geq b_{fb} / 6 \text{ ó } 12$$

18. Calcular el espesor requerido de las chapas de continuidad

Comprobación 1: $t_s \geq 0.5 t_{bf}$

Comprobación 2: $P_b \leq \phi R_{ncol} + \phi R_{ncp}$

$$t_s \geq (P_b - \phi R_{ncol}) / (0.9 f_y b_{bf})$$

5. REFERENCIAS

- [1] CEN (2005). “EN 1993-1-8:2005, Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-8: Design of joints”, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

- [2] ECCS (2018). “Volume with pre-normative design recommendations for seismically qualified steel joints”-“Volumen con recomendaciones prenormativas de diseño para uniones de acero calificadas para sismo”, 1st edition.

Disclaimer

This software enables the user to access a database of seismically prequalified steel joints and also calculates the resistance of beam-to-column joints according to EC3-1-8 and EQUALJOINTS project specifications.

No warranty is given to the user of the software. The user agrees to indemnify and hold harmless from any claim and any direct and/or indirect loss or damage, including but not limited to those resulting from an incorrect use and/or a use made for an inadequate or inappropriate purpose.

Copyright

Institute for Sustainability and Innovation in Structural Engineering (ISISE)

Department of Civil Engineering, University of Coimbra

WARNING

This program is protected by copyright law. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any parts of it, may result in severe civil and criminal penalties.