

7. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE	152
7.1. NORMAS GENERALES DE PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE	152
7.1.1. CHAPAS, BANDAS Y FLEJES LAMINADOS EN CALIENTE EN CONTINUO, DE ACERO ALEADO Y NO ALEADO, NO RECUBIERTOS. UNE EN 10051: 1991.....	152
7.1.2. FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE. UNE EN 10048.....	155
7.1.3. CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE, DE ESPESOR MAYOR O IGUAL A 3MM. UNE EN 10029; 1992.	159
7.2. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONFORMADO EN FRÍO	163
7.2.1. BANDAS Y CHAPAS LAMINADAS EN CALIENTE EN CONTINUO DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10111; 1998.	163
7.2.2. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10149-1; 1996.	164
7.2.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. ACEROS EN ESTADO DE LAMINADO TERMOMECAÁNICO. UNE-EN 10149-2; 1996.....	165
7.2.4. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. ACEROS EN ESTADO DE NORMALIZADO O LAMINADO DE NORMALIZACIÓN. UNE-EN 10149-3; 1996.....	167
7.2.5. BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR. UNE 36-090-86.	168
7.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS	171
7.3.1. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO. UNE-EN 10113-1: 1993.	171
7.3.2. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO. ACEROS EN ESTADO NORMALIZADO. UNE-EN 10113-2: 1993.....	172
7.3.3. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO. ACEROS OBTENIDOS POR CONFORMADO TERMOMECAÁNICO. UNE-EN 10113-3: 1993.....	175
7.3.4. ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA. UNE-EN 10155:1993.....	177
7.3.5. ACEROS DE CONSTRUCCIÓN CON RESISTENCIA MEJORADA A LA DEFORMACIÓN PERPENDICULAR A LA SUPERFICIE DEL PRODUCTO. UNE-EN 10164: 1993.	180
7.4. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL.....	181
7.4.1. PRODUCTOS LAMINADOS PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL. ACEROS DE 400/490 N/MM ² DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN. UNE 36-084-80.	181
7.5. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN.....	184
7.5.1. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. UNE-EN 10028-1: 2000.....	184
7.5.2. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS NO ALEADOS Y ALEADOS CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS. UNE-EN 10028-2: 1992.	184
7.5.3. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO. UNE-EN 10028-3: 1992.	189
7.5.4. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECAÁNICAMENTE. UNE-EN 10028-5: 1992.	191



7.5.5.	ACEROS PARA APARATOS A PRESIÓN SIMPLES. CHAPAS, BANDAS Y BARRAS. UNE 36-029; 1992. EN 10207.	193
7.5.6.	BANDAS Y FLEJES PARA BOTELLAS DE GAS SOLDADAS. UNE-EN 10120: 1996.	194

7. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE

7.1. NORMAS GENERALES DE PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE

7.1.1. CHAPAS, BANDAS Y FLEJES LAMINADOS EN CALIENTE EN CONTINUO, DE ACERO ALEADO Y NO ALEADO, NO RECUBIERTOS. UNE EN 10051: 1991.

Aplicable a los productos planos no recubiertos, laminados en caliente y en continuo, de acero no aleado o aleado, incluidos los aceros inoxidable, de anchura máxima hasta 2200mm. También es aplicable a las bandas laminadas en caliente destinadas a relaminar en frío. No se aplica a los flejes laminados en caliente de anchura de laminación inferior a 600mm.

□ MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE CHAPAS Y HOJAS

Espesor: Las medidas y tolerancias de espesor para las chapas y hojas de acero bajo en carbono, laminadas en caliente y en continuo, para conformado en frío, conformes a la Norma Europea EN 10111, se indican en la tabla siguiente:

Tabla 7-1 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Medidas en milímetros

Espesor nominal	Tolerancias para una anchura nominal			
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500 ≤ 1800	> 1800
≤ 2.00	± 0.13	± 0.14	± 0.16	----
> 2.00 ≤ 2.50	± 0.14	± 0.16	± 0.17	± 0.19
> 2.50 ≤ 3.00	± 0.15	± 0.17	± 0.18	± 0.20
> 3.00 ≤ 4.00	± 0.17	± 0.18	± 0.20	± 0.20
> 4.00 ≤ 5.00	± 0.18	± 0.20	± 0.21	± 0.22
> 5.00 ≤ 6.00	± 0.20	± 0.21	± 0.22	± 0.23
> 6.00 ≤ 8.00	± 0.22	± 0.23	± 0.23	± 0.26

Para los aceros con una resistencia normal a la deformación a temperaturas elevadas, se deben aplicar las tolerancias recogidas en tabla siguiente. Estas tolerancias se designan como clase A.

Tabla 7-2 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Tolerancias de espesor para las chapas y hojas con resistencia normal a la deformación a temperaturas elevadas (clase A)

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Tolerancias para una anchura nominal			
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500 ≤ 1800	> 1800
≤ 2.00	± 0.17	± 0.19	± 0.21	----
> 2.00 ≤ 2.50	± 0.18	± 0.21	± 0.23	± 0.25
> 2.50 ≤ 3.00	± 0.20	± 0.22	± 0.24	± 0.26
> 3.00 ≤ 4.00	± 0.22	± 0.24	± 0.26	± 0.27
> 4.00 ≤ 5.00	± 0.24	± 0.26	± 0.28	± 0.29
> 5.00 ≤ 6.00	± 0.26	± 0.28	± 0.29	± 0.31
> 6.00 ≤ 8.00	± 0.29	± 0.30	± 0.31	± 0.35
> 8.00 ≤ 10.00	± 0.32	± 0.33	± 0.34	± 0.40
> 10.00 ≤ 12.50	± 0.35	± 0.36	± 0.37	± 0.43
> 12.50 ≤ 15.00	± 0.37	± 0.38	± 0.40	± 0.46
> 15.00 ≤ 25.00	± 0.40	± 0.42	± 0.45	± 0.50

Para los aceros de alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas, los valores de la tabla anterior se deben incrementar en los tantos por ciento indicados en la siguiente tabla, resultando las clases e incrementos siguientes:

- aceros de clase B: los valores de la tabla de la clase A se incrementan en un 15%.
- aceros de clase C: los valores de la tabla de la clase A se incrementan en un 30%.
- aceros de clase D: los valores de la tabla de la clase A se incrementan en un 40%.

Tabla 7-3 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Incrementos en la tolerancia de espesor para aceros con alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas¹⁾

Clase B		Clase C		Clase D	
Designación	Norma	Designación	Norma	Designación	Norma
E295; E335; E360	EN 10025	L360; L415; L445	EN 10208-2	L480; L550	EN 10208-2
S355	EN 10025	S420; S460	EN 10113-2; -3	S500; S550	EN 10149-2
S355	EN 10155	S420; S460	10149-2; -3	S600; S650	
S355	EN 10149-2; -3	P460	10028-3; -6	S700	
S355	EN 10113-2; -3	S460	EN 10137-2	S500; S550	EN 10137-2
P295; P355	EN 10028-2			S620; S690	
				S890; S960	
				P500; P550	EN 10028-6
				P620; P690	
C35	EN 10083-2	C53	EU 86-70	CT70	EU 96-79
C35E	EN 10083-1	C55	EN 10083-2	1CS75	EU 132-79
C36	EU 86-70	C55E	EN 10083-1	CT80	EU 96-79
C45	EN 10083-2	1CS55	EU 132-79	2CS85	EU 132-79
C45E	EN 10083-1	C60	EN 10083-2	2CS100	EU 132-79
C46	EU 86-70	C60E	EN 10083-1	CT105	EU 96-79
C50	EN 10083-2	1CS60	EU 132-79	CT120	EU 96-79
C50E	EN 10083-1	1CS67	EU 132-79		
16Mo3	EN 10028-2	25CrMo4	EN 10083-1	50CrMo4	EN 10083-1
20MnB5	EN 10083-3	34CrMo4	EN 10083-1	36CrNiMo4	EN 10083-1
30MnB5	EN 10083-3	41CrMo4	EU 86-70	34CrNiMo6	EN 10083-1
38MnB5	EN 10083-3	42CrMo4	EN 10083-1	30CrNiMo8	EN 10083-1
28Mn6	EN 10083-1	17CrNi6-6	prEN 10084	51CrV4	EN 10083-1
27MnCrB5-2	EN 10083-3	20NiCrMo2-2	prEN 10084	Todos los tipos y grados por ejemplo	EU 85-70
33MnCrB5-2	EN 10083-3	18CrNiMo7-6	prEN 10084	39CrMoV13	EU 85-70
39MnCrB6-2	EN 10083-3			31CrMo12	EU 85-70
38Cr2	EN 10083-1			34CrAlMo5	EU 85-70
46Cr2	EN 10083-1			41CrAlMo7	EU 85-70
34Cr4	EN 10083-1			Todos los tipos y grados por ejemplo	EU 89-70
41Cr4	EN 10083-1			50CrV4	EU 89-71
45Cr2	EU 86-70			67SiCr5	EU 132-79
38Cr4	EU 86-70			50CrV4	EU 132-79
16MnCr5	prEN 10084				
13CrMo4-5	EN 10028-2				
10CrMo9-10	EN 10028-2				
Todos los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos	EN 10088-2	Todos los aceros inoxidables austeníticos no aleados con Mo	EN 10088-2	Todos los aceros inoxidables austeníticos aleados con Mo	EN 10088-2

1) En esta tabla no se han incluido todos los tipos de acero recogidos en las normas europeas actuales o en las Euronormas. Otros tipos de acero cuya designación está basada en los mismos valores de las características mecánicas (R_e , R_m , etc), o de la composición química o los tipos y grados intermedios, se clasificarán en la misma clase que los tipos y grados de comparación que figuran en esta tabla.

□ **LONGITUD**

Tabla 7-4 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Medidas y tolerancias de longitud

Medidas en milímetros

Longitud nominal	Tolerancia	
	Inferior	Superior
< 2000	0	+ 10
≥ 2000 < 8000	0	+ 0.05 x longitud nominal
≥ 8000	0	+ 40

□ **ANCHURA**

Tabla 7-5 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Medidas y tolerancias de anchura para chapas y hojas

Medidas en milímetros

Anchura nominal	Tolerancia			
	Bordes brutos		Bordes cizallados ¹⁾	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
≤ 1200	0	+ 20	0	+ 3
> 1200 ≤ 1500	0	+ 20	0	+ 5
> 1500	0	+ 25	0	+ 6

1) Las tolerancias para los bordes cizallados se aplican a productos de espesor nominal ≤ 10mm. Para espesores superiores a 10mm,

las tolerancias deben acordarse al hacer el pedido y la consulta.

□ **PLANICIDAD**

Para las chapas y hojas de acero bajo en carbono laminadas en caliente y en continuo para conformación en frío y para los aceros de resistencia normal a la deformación a temperaturas elevadas, la desviación de planicidad no debe exceder las tolerancias indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 7-6 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Tolerancia de planicidad para aceros de resistencia normal a la deformación a temperaturas elevadas (clase A)

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Anchura nominal	Tolerancia de planicidad	Tolerancia especial de planicidad
≤ 2.00	≤ 1200	18	9
	> 1200 ≤ 1500	20	10
	> 1500	25	13
> 2.00 ≤ 25	≤ 1200	15	8
	> 1200 ≤ 1500	18	9
	> 1500	23	12

Para los aceros de alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas, desviación de planicidad no debe exceder de las tolerancias indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 7-7 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Tolerancia de planicidad, para aceros de alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Anchura nominal	Tolerancia de planicidad para las clases		
		B	C	D
≤ 25	≤ 1200	18	23	Debe acordarse al hacer el pedido y la consulta
	> 1200 ≤ 1500	23	30	
	> 1500	28	38	

□ **FALTA DE ESCUADRADO**

La falta de escuadrado “u” no debe ser superior al 1% de la anchura real de la capa.

□ **RECTITUD DE LOS BORDES (EFECTO SABLE)**

Para chapas de longitud nominal inferior a 5000mm, y de anchura igual o superior a 600mm, el defecto de rectitud no debe ser superior a 20mm por cada 5000mm, en el caso de chapas con bordes brutos, y de 15mm, en el caso de chapas con bordes cizallados.

□ **FORMATO**

Por acuerdo al hacer la consulta y el pedido, la tolerancia sobre la falta de escuadrado y sobre la rectitud pueden reemplazarse por la condición de que en la chapa suministrada pueda inscribirse un rectángulo de las medidas nominales.

□ **MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE BANDAS ANCHAS Y DE FLEJES OBTENIDOS POR CORTE LONGITUDINAL A PARTIR DE BANDAS ANCHAS.**

Los valores especificados para la tolerancia no se aplican a los extremos no despuntados de una bobina en una longitud l, calculada mediante:

$$l \text{ (m)} = 90 / \text{espesor nominal (mm)}$$

l no debe ser superior a 20m.

□ **ESPESOR**

La tolerancia de espesor debe ser la misma que la indicada para chapas y hojas. Para las bandas laminadas en caliente, de la clase A, para relaminar en frío, se deben aplicar los valores máximos para la “corona” indicados en la tabla siguiente y las diferencias de espesor máximas admisibles dentro de una misma bobina indicados en la tabla , si así se han acordado

al hacer la consulta y el pedido. Para las bobinas no cortadas longitudinalmente, se procurará que la corona sea lo más simétrica y constante respecto al eje longitudinal de la bobina como sea posible. El espesor, dentro de una misma bobina, debe variar gradualmente; los cambios no deben ser discontinuos.

Tabla 7-8 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Valores máximos de "corona" de la banda laminada en caliente para relaminar en frío para acero de clase A

Medidas en milímetros

Anchura nominal	Valores de corona admisibles ¹⁾
≤ 1200	0 a 0.10
> 1200 ≤ 1500	0 a 0.13
> 1500 ≤ 1800	0 a 0.16
> 1800 ≤ 2200	0 a 0.20

1) Los valores permisibles para la corona se reducirán en un 20% para los flejes laminados en caliente obtenidos por corte longitudinal de una banda ancha y destinados a laminar en frío.

Tabla 7-9 Chapas y Hojas laminadas en caliente - Diferencia de espesor admisible en una bobina laminada en caliente para relaminar en frío

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Diferencia de espesor admisible para la anchura nominal de banda		
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500 ≤ 2200
≤ 0.8 ≤ 2.0	0.20	0.24	0.28
> 2.0 ≤ 3.0	0.22	0.27	0.33
> 3.0 ≤ 4.0	0.28	0.32	0.40
> 4.0 ≤ 8.0	0.28	0.32	0.40

□ **ANCHURA**

Las tolerancias de anchura de bandas y flejes deben ser las mismas que las de las chapas y hojas.

□ **PLANICIDAD**

Los requisitos de planicidad deben acordarse al hacer la consulta y el pedido. Cualquier requisito acordado deberá tener en cuenta los medios de procesado de que dispone el usuario.

□ **RECTITUD DE LOS BORDES**

Para bandas de anchura igual o superior a 600mm, el defecto de rectitud no debe ser superior a 20mm por cada 5000mm de longitud para las bobinas con bordes brutos de laminación, y de 15mm, para las bobinas con bordes cizallados. Para los flejes de anchura inferior a 600mm, obtenidos por corte longitudinal de una banda ancha, las tolerancias para el defecto de rectitud deben acordarse al hacer la consulta y el pedido.

7.1.2. FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE. UNE EN 10048.

Aplicable a los flejes laminados en caliente no revestidos, de anchura inferior a 600mm, en los tipos de acero indicados a continuación. Esta norma no se aplica a las bandas anchas laminadas en caliente ni a los flejes (de anchura < 600mm) obtenidos por corte longitudinal de bandas anchas laminadas en caliente.

□ **ESPESOR Y ABOMBADO:**

Las medidas y tolerancias de espesor y las medidas y tolerancias de abombado se indican a continuación. Las tolerancias de espesor especificadas sólo son válidas para suministros de más de dos bobinas del mismo tipo de acero y de las mismas dimensiones nominales. Para suministros más pequeños, se debe adoptar un acuerdo especial al hacer el pedido. Las

tolerancias de espesor para las longitudes cortadas son válidas independientemente de las cantidades suministradas.

Tabla 7-10 Fleje de acero laminado en caliente - Medidas y tolerancias de espesor

Espesor nominal t_n	Tolerancias en espesor para anchuras nominales W_n	
	$10 \leq W_n < 100$	$10 \leq W_n < 600$
$0.80 \leq W_n \leq 1.50$	± 0.08	± 0.10
$1.50 \leq W_n < 2.0$	± 0.10	± 0.12
$2.0 \leq W_n < 4.0$	± 0.11	± 0.13
$4.0 \leq W_n < 5.0$	± 0.12	± 0.13
$5.0 \leq W_n < 6.0$	± 0.13	± 0.15
$6.0 \leq W_n < 10.0$	± 0.14	± 0.16
$10.0 \leq W_n < 15.0$	± 0.16	± 0.18

Estas tolerancias normales se denominan de categoría A, y engloban a todos los aceros no recogidos en la siguiente tabla, teniendo en cuenta la restricción enunciada en la nota¹ de esta tabla. Se puede acordar al hacer el pedido que la tolerancia de espesor se aplique todo en más o todo en menos. Para los flejes destinados a relaminación, la diferencia de espesor en una misma bobina no debe sobrepasar:

- 0.14mm para los espesores nominales ≤ 4 mm;
- 0.17mm para los espesores nominales > 4 mm y ≤ 8 mm;
- 0.20mm para los espesores nominales > 8 mm;

Las variaciones de espesor deben ser progresivas y no aparecer bruscamente.

Tabla 7-11 Fleje de acero laminado en caliente - Porcentaje de mayoración de las tolerancias de espesor y abombado para los flejes de acero de alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas¹⁾

Categoría B (mayoración del 10%)		Categoría C (mayoración del 20%)		Categoría D (mayoración del 30%)	
Designación	Norma	Designación	Norma	Designación	Norma
E295; E335; E360	EN 10025	L360; L415; L445	EN 10208-2	L480; L550	EN 10208-2
S355	EN 10025	S420; S460	EN 10113-2; -3	S500; S550	EN 10149-2
S355	EN 10155	S420; S460	10149-2; -3	S600; S650	EN 10149-2
S355	EN 10149-2			S700	EN 10149-2
S355	EN 10149-3	P460	prEN 10028-6	S500; S550	EN 10137-2
S355	EN 10113		10028-3	S620; S690	EN 10137-2
P295; P355	EN 10028-2	S460	EN 10137-2	S890; S960	EN 10137-2
				P500; P550	EN 10028-6
				P620; P690	EN 10028-6
C35	EN 10083-2	C53	EU 86-70	CT70	EU 96-79
C35E	EN 10083-1	C55	EN 10083-2	1CS75	EU 132-79
C36	EU 86-70	C55E	EN 10083-1	CT80	EU 96-79
C45	EN 10083-2	1CS55	EU 132-79	2CS85	EU 132-79
C45E	EN 10083-1	C60	EN 10083-2	2CS100	EU 132-79
C46	EU 86-70	C60E	EN 10083-1	CT105	EU 96-79
C50	EN 10083-2	1CS60	EU 132-79	CT120	EU 96-79
C50E	EN 10083-1	1CS67	EU 132-79		
16Mo3	EN 10028-2	25CrMo4	EN 10083-1	50CrMo4	EN 10083-1
20MnB5	EN 10083-3	34CrMo4	EN 10083-1	36CrNiMo4	EN 10083-1
30MnB5	EN 10083-3	41CrMo4	EU 86-70	34CrNiMo6	EN 10083-1
38MnB5	EN 10083-3	42CrMo4	EN 10083-1	30CrNiMo8	EN 10083-1
28Mn6	EN 10083-1	14CrNi6-6	prEN 10084	51CrV4	EN 10083-1
27MnCrB5-2	EN 10083-3	20NiCrMo2-2	prEN 10084	Todos los tipos y grados por ejemplo	EU 85-70
33MnCrB5-2	EN 10083-3	17CrNiMo7-6	prEN 10084	39CrMoV13	EU 85-70
39MnCrB6-2	EN 10083-3			31CrMo12	EU 85-70
38Cr2	EN 10083-1			34CrAlMo5	EU 85-70
46Cr2	EN 10083-1			41CrAlMo7	EU 85-70
34Cr4	EN 10083-1			Todos los tipos y grados por ejemplo	EU 89-70
41Cr4	EN 10083-1			50CrV4	EU 89-71
45Cr2	EU 86-70			67SiCr5	EU 132-79
38Cr4	EU 86-70			50CrV4	EU 132-79
16MnCr5	prEN 10084				
13CrMo4-5	EN 10028-2				
10CrMo9-10	EN 10028-2				
Todos los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos	EN 10088-2	Todos los aceros inoxidables austeníticos no aleados con Mo	EN 10088-2	Todos los aceros inoxidables austeníticos aleados con Mo	EN 10088-2



1) En esta tabla no se han incluido todos los tipos de acero recogidos en las normas europeas actuales o en las Euronormas. Otros tipos de acero cuya designación está basada en los mismos valores de las características mecánicas (R_e , R_m , etc), o de la composición química o los tipos y grados intermedios, se clasificarán en la misma clase que los tipos y grados de comparación que figuran en esta tabla.



Para los flejes destinados a relaminación, el abombado, es decir, el incremento de espesor del fleje entre dos puntos de medida situados respectivamente a 15mm del borde y en el centro del fleje no debe exceder de los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 7-12 Fleje de acero laminado en caliente - Tolerancias de abombado para flejes destinados a relaminación

Medidas en milímetros

Anchura nominal del fleje W_n	Tolerancias de abombado
$W_n < 250$	0 a 0.07
$250 \leq W_n < 600$	0 a 0.08

El abombado debe ser regular y lo más simétrico posible respecto al eje del fleje.

Las tolerancias de espesor y las de abombado son las tolerancias mencionadas para los flejes de acero de resistencia normal a la deformación a temperaturas elevadas afectadas por un coeficiente de mayoración definido en la siguiente tabla:

Tabla 7-13 Fleje de acero laminado en caliente - Coeficiente de mayoración de las tolerancias de espesor y de abombado de los flejes con alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas

Porcentaje de mayoración de las tolerancias de espesor y abombado respecto a los productos fabricados con acero dulce %	Categoría ¹⁾
10	B
20	C
30	D

1) Las categorías B, C y D se definen en las tablas anteriormente, clasificando todos los tipos de acero amparados por esta Norma Europea en función del valor a considerar por el porcentaje de mayoración de las tolerancias de espesor y abombado.

□ **ANCHURA:**

Las medidas y tolerancias en anchura se indican en la siguiente tabla para los flejes con bordes brutos de laminación y en la tabla a continuación para los flejes con bordes cizallados.

Tabla 7-14 Fleje de acero laminado en caliente - Medidas y tolerancia de anchura para flejes con bordes brutos de laminación

Medidas en milímetros

Anchura nominal W_n	Tolerancias de anchura ¹⁾
$W_n < 40$	0 / + 1.6
$40 \leq W_n < 80$	0 / + 2.0
$80 \leq W_n < 125$	0 / + 2.4
$125 \leq W_n < 250$	0 / + 3.0
$250 \leq W_n < 400$	0 / + 3.6
$400 \leq W_n < 500$	0 / + 4.2
$500 \leq W_n < 600$	0 / + 4.5

1) Se puede acordar al hacer el pedido que la tolerancia de anchura se aplique simétricamente en más o en menos. Sin embargo la tolerancia total debe corresponder a las indicaciones de la tabla.

Tabla 7-15 Fleje de acero laminado en caliente - Medidas y tolerancias para flejes con bordes cizallados

Medidas en milímetros

Anchura nominal W_n	Tolerancias en anchura ^{1) 2)} para espesores nominales de				< 10.0
	≤ 3.0	$> 3.0 \leq 5.0$	$> 5.0 \leq 7.0$	$> 7.0 \leq 10.0$	
$W_n < 80$	0 / + 0.5	0 / + 0.7	0 / + 0.8	0 / + 1.0	Por acuerdo
$80 \leq W_n < 250$	0 / + 0.5	0 / + 0.7	0 / + 0.8	0 / + 1.2	
$250 \leq W_n < 400$	0 / + 0.6	0 / + 0.8	0 / + 1.0	0 / + 1.2	
$400 \leq W_n < 600$	0 / + 0.6	0 / + 0.8	0 / + 1.0	0 / + 1.4	

1) Se puede acordar al hacer el pedido que la tolerancia de anchura se aplique simétricamente en más o en menos. Sin embargo la tolerancia total debe corresponder a las indicaciones de la tabla.
2) Tolerancias más severas pueden ser objeto de acuerdos especiales al hacer el pedido.

Medidas y tolerancias de anchura para flejes de acero de alta resistencia a la deformación a temperaturas elevadas: Las tolerancias de anchura son las mencionadas en las dos tablas anteriores, afectadas de un coeficiente de mayoración, definido en la tabla de coeficientes de mayoración, en función de los niveles de la resistencia a la deformación a temperaturas elevadas. Las variaciones de anchura deben ser progresivas; no deben aparecer bruscamente.

□ **TOLERANCIAS DE LAS LONGITUDES CORTADAS**

Las longitudes cortadas a partir de un fleje se suministran normalmente en longitudes fijas comprendidas entre 1000mm y 12000mm, con las tolerancias indicadas en la siguiente tabla. El tipo de tolerancia elegido debe ser especificado al hacer el pedido. Se admite el suministro de longitudes cortas en la medida que no estén expresamente excluidas por los términos del pedido y que las longitudes suministradas no están por debajo del 50% de las longitudes nominales. En el caso de longitudes cortadas distintas a las especificadas anteriormente, las tolerancias deben ser objeto de acuerdo en el momento de hacer el pedido.

Tabla 7-16 Fleje de acero laminado en caliente - Tolerancias de longitud

Medidas en milímetros	
Tipo de tolerancias	Tolerancias en longitud ¹⁾
Tolerancias normales	+ 50
	0
Tolerancias restringidas	+ (0.005 x L + 10) pero máx. 50 ²⁾
	0
1) Sólo las tolerancias normales son aplicables a las barras cortadas en caliente.	
2) L = Longitud pedida.	

□ **TOLERANCIAS DE FORMA**

Rectitud de los bordes:

Para los productos de espesor < 2mm, las tolerancias de rectitud de los bordes deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Para los productos de espesor ≥ 2mm, las tolerancias de rectitud de los bordes relativas a una longitud de 2500mm deben ser las siguientes:

- 20mm para productos de anchura < 40mm;
- 10mm para productos de anchura ≥ 40mm y < 600mm.

Para otras longitudes diferentes a 2500mm, la tolerancia de rectitud de los bordes se calcula a partir de la fórmula siguiente, redondeando el resultado al milímetro superior.

$$\text{Tolerancia de rectitud de los bordes} = \frac{(\text{longitud no standard})^2 \times (\text{tolerancia de rectitud})}{(\text{longitud standard})}$$

Forma de las bobinas: Las bobinas se deben enrollar apretadas, bien redondeadas y con los bordes alineados lo mejor posible; estos últimos pueden presentar un desplazamiento máximo progresivamente escalonado de 35mm en un mismo sentido.

Falta de escuadría: La falta de escuadría de las longitudes cortadas no debe exceder el 1% de la anchura nominal.

7.1.3. CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE, DE ESPESOR MAYOR O IGUAL A 3MM. UNE EN 10029; 1992.

Se especifica las medidas y tolerancias de las chapas laminadas en caliente de aceros aleados o no aleados, incluidos los aceros inoxidables, de las siguientes características:

- Espesor nominal comprendido entre 3mm y 250mm (ambos inclusive).
- Anchura nominal igual o superior a 600mm.
- Límite elástico mínimo especificado, inferior a 700 N/mm².

Las tolerancias aplicables a los productos de anchura inferior a 600mm obtenidos por corte longitudinal o transversal deberán ser objetos de acuerdo entre el fabricante y el comprador al hacer el pedido.

Esta norma no se aplica a las chapas cortadas circularmente, a las solicitadas según croquis, a las chapas lagrimadas o con resaltos para suelos, a los planos ancho o para otros productos para cuyas tolerancias ya exista una Euronorma o se esté preparando una norma europea.

□ **ESPESOR:**

Las dimensiones y tolerancia en espesor se indican en la tabla siguiente. Las chapas pueden suministrarse con una de las clases de tolerancia en espesor que se describen a continuación:

- Clase A: La desviación en menos, variable según el espesor nominal.
- Clase B: La desviación en menos fija: 0.3mm.
- Clase C: Toda la tolerancia se aplica en más, variable con el espesor.
- Clase D: La tolerancia se reparte simétricamente en función del espesor.

□ **MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN ESPESOR**

Tabla 7-17 Chapas de acero laminadas en caliente ≥ 3 mm – Tolerancias en espesor

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Tolerancia sobre el espesor nominal ¹⁾								Diferencia máxima entre los espesores máximo y mínimo en una chapa					
	Clase A		Clase B		Clase C		Clase D		Anchura nominal de la chapa					
	desviación en menos	desviación en más	desviación en menos	desviación en más	desviación en menos	desviación en más	desviación en menos	desviación en más	≥600 <2000	≥2000 <2500	≥2500 <3000	≥3000 <3500	≥3500 <4000	≥4000
≥ 3 < 5	-0.4	+0.8	-0.3	+0.9	-0	+1.2	-0.6	+0.6	0.8	0.9	0.9	----	----	----
≥ 5 < 8	-0.4	+1.1	-0.3	+1.2	-0	+1.5	-0.75	+0.75	0.9	0.9	1.0	1.0	----	----
≥ 8 < 15	-0.5	+1.2	-0.3	+1.4	-0	+1.7	-0.85	+0.85	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
≥ 15 < 25	-0.6	+1.3	-0.3	+1.6	-0	+1.9	-0.95	+0.95	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
≥ 25 < 40	-0.8	+1.4	-0.3	+1.9	-0	+2.2	-1.1	+1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
≥ 40 < 80	-1.0	+1.8	-0.3	+2.5	-0	+2.8	-1.4	+1.4	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
≥ 80 < 150	-1.0	+2.2	-0.3	+2.9	-0	+3.2	-1.6	+1.6	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
≥ 150 < 250	-1.2	+2.4	-0.3	+3.3	-0	+3.6	-1.8	+1.8	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	----

¹⁾ Estas tolerancias se aplican a zonas no afectadas por el amolado.

Al hacer el pedido, el comprador indicará que clase de tolerancia, A, B, C ó D, precisa. Además, y conjuntamente con las tolerancias sobre el espesor nominal, se aplicará la tolerancia sobre la diferencia entre los espesores máximo y mínimo para una misma chapa para cada una de las clases de tolerancia A, B, C y D.

□ **MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN ANCHURA**

Tabla 7-18 Chapas de acero laminadas en caliente ≥ 3 mm – Tolerancias en anchura

Medidas en milímetros

Anchura nominal		Desviación	
Desde	Hasta	En menos	En más
≥ 600	< 2000	0	+ 20
> 2000	< 3000	0	+ 25
≥ 3000	----	0	+ 30

Si se solicitan chapas “NK”, con bordes brutos, la tolerancia en anchura deberá establecerse por acuerdo entre el fabricante y el comprador al hacer el pedido.

□ **MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN LONGITUD**

Tabla 7-19 Chapas de acero laminadas en caliente ≥ 3 mm – Tolerancias en longitud

Medidas en milímetros

Longitud nominal		Desviación	
Desde	Hasta	En menos	En más
	< 4000	0	+ 20
≥ 4000	< 6000	0	+ 30
≥ 6000	< 8000	0	+ 40
≥ 8000	< 10000	0	+ 50
≥ 10000	< 15000	0	+ 75
≥ 15000	≤ 20000 ¹⁾	0	+ 100



1) Para chapas de longitud superior a 20000mm, la tolerancia deberá establecerse por acuerdo al hacer el pedido.

□ TOLERANCIA DE FORMA:

Flecha al canto y falta de escuadrado: La flecha al canto y la falta de escuadrado están limitadas por la condición de que pueda inscribirse en la chapa suministrada un rectángulo de las medidas solicitadas. Además, por acuerdo establecido al hacer el pedido, la flecha al canto puede limitarse al 0.2% de la longitud real de la chapa y la falta de escuadrado al 1% de su anchura real (G).

Planicidad: La tolerancia normal sobre la planicidad se indica en la siguiente tabla; las restringidas, en la tabla posterior. Salvo especificación expresa en contrario recogida en el pedido, las chapas se suministrarán con las tolerancias normales. Se debe advertir que una manipulación o un almacenamiento incorrecto pueden deteriorar la planicidad del producto.

Los tipos de acero L y H que se indican en las dos tablas siguientes se definen de la siguiente forma:

- Acero tipo L: Chapas de límite elástico mínimo especificado menor o igual a 460 N/mm², no templados y revenidos.
- Acero tipo H: Chapas de límite elástico mínimo especificado > 460 N/mm² y < 700 N/mm² y chapas de todos los grados, templadas y revenidas.

□ TOLERANCIAS NORMALES DE PLANICIDAD, CLASE N

Tabla 7-20 Chapas de acero laminadas en caliente ≥ 3 mm – Tolerancias normales de planicidad

Medidas en milímetros

Anchura nominal		Tipo de acero L		Tipo de acero H	
		Base de medida			
Desde incluido	Hasta excluido	1000	2000	1000	2000
3	5	9	14	12	17
5	8	8	12	11	15
8	15	7	11	10	14
15	25	7	10	10	13
25	40	6	9	9	12
40	250 ¹⁾	5	8	8	11

1) Incluido

Si la distancia entre los puntos de contacto de la regla y la chapa es inferior a 1000mm, pero comprendida entre 300mm y 1000mm, la flecha admisible debe ajustarse a las siguientes condiciones:

- para chapas de acero de tipo “L”: el 1%;
- para chapas de acero de tipo “H”: el 1.5%;

de la distancia de los puntos de contacto, pero sin que sea superior a los valores dados en la tabla.

□ TOLERANCIAS RESTRINGIDAS DE PLANICIDAD, CLASE S

Tabla 7-21 Chapas de acero laminadas en caliente ≥ 3 mm -

Medidas en milímetros

Anchura nominal		Tipo de acero L ¹⁾				Tipo de acero H	
		Anchura de la chapa					
				< 2750		≥ 2750	
		Base de medida					
Desde	Hasta	1000	2000	1000	2000	1000	2000
≥ 3	< 8	4	8	5	10	A convenir en el momento de hacer el pedido	
≥ 8	≤ 250	3	6	3	6		

1) Al hacer el pedido se pueden convenir otras tolerancias más estrechas.

Si la distancia entre los puntos de contacto de la regla y la chapa es inferior a 1000mm, la flecha admisible debe ajustarse a las siguientes condiciones:

- ser, como máximo, el 0.5% de la distancia entre los puntos de contacto.
- no exceder los valores de la tabla.
- no ser superior a 2mm.

□ TOLERANCIA EN MASA:

Se define como “exceso de masa” la diferencia entre la masa real de la chapa suministrada y la masa teórica, expresada en tanto por ciento de la masa teórica. Salvo que la norma del producto indique otro valor de masa específica, la masa teórica se calculará, para los aceros al carbono, con una masa volumétrica de 7.85kg/dm³. Para los aceros inoxidables y los aceros aleados se aplicará el valor indicado en la norma de la calidad que sea aplicable. El límite superior del exceso de masa se indica en la tabla siguiente para cada una de las clases A, B C ó D de la tolerancia de espesor.

Tabla 7-22 Chapas de acero laminadas en caliente ≥ 3 mm - Exceso de masa, clases A, B, C y D.

Espesor nominal mm		Clase de tolerancia	Tolerancias en espesor mm		Exceso de masa % ^{1) 2)}				
Desde incluido	Hasta excluido		en menos	en más	Anchura nominal, mm				
				≥600 <2000	≥2000 <2500	≥2500 <3000	≥3000 <3500	≥3500	
3	5	A	- 0.4	+ 0.8	8.5	9.5	10.5	----	----
		B	- 0.3	+ 0.9	11.0	12.0	13.5	----	----
		C	- 0	+ 1.2	19.0	20.5	21.5	----	----
		D	- 0.6	+ 0.6	3.5	4.5	5.5	----	----
5	8	A	- 0.4	+ 1.1	7.0	7.5	8.5	9.0	----
		B	- 0.3	+ 1.2	9.0	9.5	10.0	11.0	----
		C	- 0	+ 1.5	19.0	20.5	21.5	----	----
		D	- 0.75	+ 0.75	3.5	4.5	5.5	----	----
8	15	A	- 0.5	+ 1.2	6.0	6.0	6.5	7.0	7.5
		B	- 0.3	+ 1.4	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
		C	- 0	+ 1.7	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5
		D	- 0.85	+ 0.85	3.0	3.0	3.5	4.0	4.5
15	25	A	- 0.6	+ 1.3	4.5	4.5	5.0	5.0	5.5
		B	- 0.3	+ 1.6	6.0	6.0	6.5	6.5	7.0
		C	- 0	+ 1.9	7.5	8.0	8.0	8.5	8.5
		D	- 0.95	+ 0.95	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5
25	40	A	- 0.8	+ 1.4	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
		B	- 0.3	+ 1.9	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5
		C	- 0	+ 2.2	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
		D	- 1.1	+ 1.1	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5
40	80	A	- 1.0	+ 1.8	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
		B	- 0.3	+ 2.5	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5
		C	- 0	+ 2.8	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5
		D	- 1.4	+ 1.4	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5
80	150	A	- 1.0	+ 2.2	3.5	3.5	4.0	4.0	4.0
		B	- 0.3	+ 2.9	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
		C	- 0	+ 3.2	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0
		D	- 1.6	+ 1.6	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5
150	250	A	- 1.2	+ 2.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
		B	- 0.3	+ 3.3	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
		C	- 0	+ 3.6	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
		D	- 1.8	+ 1.8	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

1) El exceso de masa, para todas las tolerancias dadas en la tabla, se afectará del coeficiente, dependiendo de la masa del lote, que se indica a continuación (MA = valor especificado para la clase A).
 ≥ 150t: -0.2 x MA
 ≥ 75t < 150t: -0.1 x MA
 ≥ 25t < 75t: valores de la tabla
 ≥ 10t < 25t: +0.2 x MA
 < 10t: +0.4 x MA
 Para chapas suministradas individualmente, se deberá convenir por acuerdo un valor superior a +0.4 x MA.
 2) Para el cálculo de estos valores se ha tenido en cuenta las tolerancias en anchura y en longitud.

Los valores del exceso de masa indicados en la tabla anterior se aplican a suministros de las mismas medidas nominales, del mismo tipo de acero y de masa comprendida entre 25t y 75t. El que la masa sobrepase los valores indicados en la tabla no será objeto de rechazo, salvo que al hacer el pedido se haya convenido otra cosa.

7.2. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONFORMADO EN FRÍO

7.2.1. BANDAS Y CHAPAS LAMINADAS EN CALIENTE EN CONTINUO DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10111; 1998.

□ **TIPOS DE CHAPAS Y BANDAS (EN BOBINAS) LAMINADAS EN CONTINUO EN CALIENTE, DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO.**

Según su ancho real se clasifica en:

- Banda ancha laminada en caliente, si el ancho es superior o igual a 600mm.
- Banda ancha cortada laminada en caliente, si el ancho es inferior a 600mm.

Para cada tipo especifica la composición química y las características mecánicas.

Es aplicable a productos de espesor no inferior a 1.5mm y que no excedan de 8mm.

□ **COMPOSICIÓN QUÍMICA.**

Tabla 7-23 Bandas y Chapas laminadas en caliente de acero bajo en carbono para conformado en frío- Composición química

Designación según		Método de desoxidación	Composición química (máx.) análisis de colada ²⁾			
EN10027-1 e IC10	EN10027-2		%			
			C	Mn	P	S
DD 11	1.0332	a elección del fabricante	0.12	0.60	0.045	0.045
DD 12	1.0398	completamente calmado	0.10	0.45	0.035	0.035
DD 13	1.0335	completamente calmado	0.08	0.40	0.030	0.030
DD 14	1.0389	completamente calmado	0.08	0.35	0.025	0.025

1) Las características mecánicas se refieren sólo a productos laminados en caliente, con o sin skin-pass, no decapados químicamente y aceitados.
2) Salvo que se acuerde lo contrario al hacer el pedido, los elementos fijadores de N, como el de Ti y el B, pueden ser añadidos a la discreción del fabricante.

Tabla 7-24 Bandas y Chapas laminadas en caliente de acero bajo en carbono para conformado en frío - Desviaciones admisibles en el análisis de producto respecto de los límites especificados para el análisis de colada

Elemento	Contenido límite del análisis de colada %	Desviaciones admisibles en el análisis de producto respecto de los límites especificados para el análisis de colada
C	≤ 0.12	+ 0.02
Mn	≤ 0.60	+ 0.05
P	≤ 0.045	+ 0.005
S	≤ 0.045	+ 0.005

□ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.**

En la tabla siguiente se indican las características mecánicas básicas garantizadas para los cuatro tipos. La conformabilidad de los cuatro tipos es creciente en el orden DD 11 a DD 14.

Tabla 7-25 Bandas y Chapas laminadas en caliente de acero bajo en carbono para conformado en frío - Características mecánicas¹⁾

Designación según		Características en tracción ²⁾						Radio de plegado	Garantía de las características mecánicas
EN10027-1 e IC10	EN10027-2	R _{el} N/mm ²		R _m máx. N/mm ²	Alargamiento mínimo %				
		1.5≤e<2	2≤e≤8		L ₀ =80mm		L ₀ =5.65√S ₀		
					1.5≤e<2	2≤e<3	3≤e≤8		
DD 11	1.0332	170-360	170-340	440	23	24	28	1e	1 mes
DD 12	1.0398	170-340	170-320	420	25	26	30	0	6 meses
DD 13	1.0335	170-330	170-310	400	28	29	33	0	6 meses
DD 14	1.0389	170-310	170-290	380	31	32	36	0	6 meses

1) Las características mecánicas se refieren sólo a productos laminados en caliente, con o sin skin-pass, no decapados químicamente y

- aceitados.
- 2) En la medida que la anchura del producto lo permita, las probetas para el ensayo de tracción se deben tomar perpendicularmente al sentido de laminación.

□ ASPECTO SUPERFICIAL

Las chapas deben estar exentas de pliegues, sopladuras, costuras o arañazos que puedan afectar negativamente a su empleo. Están permitidos poros, pequeñas picaduras, pequeñas marcas, pequeños arañazos, marcas de mandril y una ligera coloración. Los defectos no deben ser de extensión tal que puedan ser causa de daños en las herramientas o dificultar la soldadura durante su empleo. El aspecto superficial de las bobinas desenrolladas se juzga como para las chapas. Sin embargo, el porcentaje de defectos superficiales es generalmente mayor que cuando se suministran en chapas. El porcentaje máximo de rechazos admisibles debe ser fijado por acuerdo especial en el momento de hacer el pedido.

□ SOLDABILIDAD

La aptitud a los procesos normales de soldadura está asegurada. Sin embargo, es conveniente indicar en el pedido el procedimiento de soldadura; esto es indispensable en el caso de soldadura con gas. Para la soldadura de los productos no decapados, se debe tener en cuenta la presencia de una capa de calamina.

□ APTITUD PARA EL RECUBRIMIENTO SUPERFICIAL

Estos productos son aptos para el recubrimiento superficial. Sin embargo, el tipo de recubrimiento debe indicarse al fabricante en el momento de hacer el pedido.

Tolerancias dimensionales y de forma. Ver: EN 10051; 1991.

7.2.2. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10149-1; 1996.

Características de los productos planos laminados en caliente de aceros de calidad y aceros especiales aleados, de alto límite elástico, soldables, para conformado en frío. Los aceros con estas características deben estar totalmente calmados. Los aceros deben tener una estructura de grano fino y que contenga elementos fijadores de nitrógeno en cantidad suficiente para fijar el nitrógeno disponible.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los valores de la composición química especificados son los límites o intervalos admisibles, entre los cuales deben ser suministrados los diferentes tipos de acero. Por acuerdo al hacer el pedido, o la consulta, el fabricante debe informar al comprador acerca de los elementos de aleación apropiados al tipo de acero solicitado y que voluntariamente se añaden al material a suministrar. Como la forma de las inclusiones de sulfuros influyen en la aptitud de los productos al conformado en frío, el fabricante por iniciativa propia, puede asimismo influir sobre la forma de dichas inclusiones mediante la adición de ciertos elementos (por ejemplo: Ce, Ca), o seleccionar un contenido muy bajo de azufre. El análisis sobre producto sólo se debe realizar si así se indica al hacer el pedido y la consulta.

Tabla 7-26 Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío- Tolerancias admisibles para el análisis de producto con respecto a los valores límite del análisis de colada

Elemento	Límites específicos para el análisis de colada % (m/m)	Tolerancia admisible para el análisis de producto % (m/m)
C	≤ 0.20	+ 0.02
Mn	≤ 2.10	+ 0.10
Si	≤ 0.60	+ 0.05
P	≤ 0.025	+ 0.005
S	≤ 0.020	+ 0.002
Al _{total}	≤ 0.015	- 0.005
Nb	≤ 0.09	+ 0.01



V	≤ 0.20	+ 0.02
Ti	≤ 0.22	+ 0.01
Mo	≤ 0.50	+ 0.05
B	≤ 0.005	+ 0.001

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Un tratamiento de relajación superior a 580°C o durante más de una hora, puede traer como consecuencia un deterioro de las características mecánicas. Si el comprador tiene previsto someter los productos a un tratamiento de relajación a temperaturas más altas o durante tiempos más prolongados, los valores mínimos de las características mecánicas después de este tratamiento deberían convenirse al hacer el pedido.

❑ CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Soldabilidad: Los aceros especificados deben ser aptos para los procedimientos habituales de soldadura. A medida que aumenta el espesor y la resistencia del producto, aumenta el riesgo de que produzcan grietas en frío en la zona soldada. El agrietamiento en frío puede producirse por la acción combinada de los siguientes factores:

- Cantidad de hidrógeno difundible en el metal de aportación;
- Una estructura frágil de la zona afectada térmicamente;
- Concentraciones importantes de tensiones de tracción en la unión soldada.

Cuando se prescriba la utilización de ciertas recomendaciones, las condiciones de soldeo y los distintos niveles de soldabilidad recomendados, para cada tipo de acero, pueden estar determinados en función del espesor del producto, de la energía aportada a la soldadura, de los requisitos del proyecto, de la eficiencia de los electrodos, del proceso de soldeo y de las características del metal de aportación.

Conformado en frío:

- Aptitud al rebordeado. Los productos deben ser aptos para el rebordeado sin fisuración.
- Perfilado en frío. Por acuerdo al hacer el pedido o la consulta, las chapas y bandas deben ser aptas para la fabricación de perfiles por laminación en frío.

Tolerancias de medidas y de formas: EN 10029; 1992, EN 10048; 1996, EN 10051; 1991, EURONORMA 91 (1981)

7.2.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. ACEROS EN ESTADO DE LAMINADO TERMOMECAÁNICO. UNE-EN 10149-2; 1996.

Características de los productos planos de acero soldable, laminado en caliente y alto límite elástico para conformado en frío. Los aceros definidos son para productos planos laminados en caliente comprendidos en la gama de espesores:

- 1.5mm a 20mm, para los aceros con un límite elástico comprendido entre 315 N/mm² y 460 N/mm² incluido , y
- 1.5mm a 16mm, para los aceros con un límite elástico comprendido entre 500 N/mm² y 700 N/mm² incluido.

Tabla 7-27 Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío - Composición química del análisis de colada para aceros laminados termomecánicamente

Designación del acero		C	Mn	Si	P	S	Al _{total}	Nb	V	Ti	Mo	B
Simbólica	Numérica	% máx.	% máx.	% máx.	% máx.	% máx. ²⁾	% mín.	% máx. ¹⁾	% máx. ¹⁾	% máx. ¹⁾	% máx.	% máx.
S315MC	1.0972	0.12	1.30	0.50	0.025	0.020	0.015	0.09	0.20	0.15	----	----
S355MC	1.0976	0.12	1.50	0.50	0.025	0.020	0.015	0.09	0.20	0.15	----	----
S420MC	1.0980	0.12	1.60	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.15	----	----
S460MC	1.0982	0.12	1.60	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.15	----	----
S500MC	1.0984	0.12	1.70	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.15	----	----
S550MC	1.0986	0.12	1.80	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.15	----	----
S600MC	1.8969	0.12	1.90	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.22	0.50	0.005
S650MC	1.8976	0.12	2.00	0.60	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.22	0.50	0.005



S700MC	1.8974	0.12	2.10	0.60	0.025	0.015	0.015	0.09	0.20	0.22	0.50	0.005
1)	La suma de Nb+V+Ti debe ser como máximo del 0.22%.											
2)	Si así se acuerda al hacer el pedido o la consulta, el contenido de azufre debe ser como máximo del 0.010% (análisis de colada).											

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 7-28 Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío - Características mecánicas de los aceros laminados termomecánicamente

Designación del acero		Límite elástico mínimo R_{eH} N/mm ² 1)	Resistencia a la tracción R_m N/mm ² 1)	Alargamiento de rotura A % 1)		Doblado a 180° con un diámetro mínimo de mandril de 2)
				Espesor nominal en mm		
Simbólica	Numérica			< 3	≥ 3	
				$L_0 = 80\text{mm}$	$L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$	
S315MC	1.0972	315	390-510	20	24	0 t ³⁾
S355MC	1.0976	355	430-550	19	23	0.5 t
S420MC	1.0980	420	480-620	16	19	0.05 t
S460MC	1.0982	460	520-670	14	17	1 t
S500MC	1.0984	500	550-700	12	14	1 t
S550MC	1.0986	555	600-760	12	14	1.5 t
S600MC	1.8969	600	650-820	11	13	1.5 t
S650MC	1.8976	650 ⁴⁾	700-880	10	12	2 t
S700MC	1.8974	700 ⁴⁾	750-950	10	12	2 t

1) Los valores para el ensayo de tracción se aplican a probetas longitudinales.
 2) Los valores para el ensayo de doblado se aplican a probetas transversales.
 3) t = espesor de la probeta para el ensayo de doblado, en milímetros.
 4) Para espesores > 8mm el límite elástico mínimo puede disminuir en 20 N/mm².

Conformado en frío:

Tabla 7-29 Productos planos laminados en caliente termomecánicamente de alto límite elástico para conformado en frío - Valores mínimos del radio interior de plegado para la conformación en frío

Designación del acero		Radio interior de plegado mínimo recomendado para espesores nominales (t) en mm ¹⁾		
Simbólica	Numérica	t ≤ 3	3 < t ≤ 6	t > 6
S315MC	1.0972	0.25 t	0.5 t	1.0 t
S355MC	1.0976	0.25 t	0.5 t	1.0 t
S420MC	1.0980	0.5 t	1.0 t	1.5 t
S460MC	1.0982	0.5 t	1.0 t	1.5 t
S500MC	1.0984	1.0 t	1.5 t	2.0 t
S550MC	1.0986	1.0 t	1.5 t	2.0 t
S600MC	1.8969	1.0 t	1.5 t	2.0 t
S650MC	1.8976	1.5 t	2.0 t	2.5 t
S700MC	1.8974	1.5 t	2.0 t	2.5 t

1) Los valores son de aplicación para ángulos de doblado ≤ 90°.

Aptitud al rebordeado: Los productos deben ser aptos para el rebordeado sin fisuración.
Otros requisitos: Si así se ha especificado al hacer el pedido, o la consulta, los tipos de acero S315, S355 y S420 deben ser aptos para la galvanización por inmersión en caliente y deben cumplir los requisitos aplicables a la calidad del producto.

Tolerancias de medidas y de formas. EN 10029; 1992, EN10048; 1996, EN 10051; 1991, EURONORMA 91 (1981)

7.2.4. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. ACEROS EN ESTADO DE NORMALIZADO O LAMINADO DE NORMALIZACIÓN. UNE-EN 10149-3; 1996.

Características de los productos planos de acero soldable, laminado en caliente y alto límite elástico para conformado en frío. Los aceros definidos son para productos planos laminados en caliente comprendidos en la gama de espesores ≥ 1.5mm y ≤ 20mm.

La composición química determinada por un análisis de colada debe ser conforme a los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 7-30 Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío - Composición química del análisis de colada para aceros en estado de normalizado o laminado de normalización

Designación del acero		C	Mn	Si	P	S	Al ^{total}	Nb	V	Ti
Simbólica	Númérica	% máx.	% máx.	% máx.	% máx.	% máx. ¹⁾	% mín. ²⁾	% máx. ³⁾	% máx. ³⁾	% máx. ³⁾
S260NC	1.0971	0.16	1.20	0.50	0.025	0.020	0.015	0.09	0.10	0.15
S315NC	1.0973	0.16	1.40	0.50	0.025	0.020	0.015	0.09	0.10	0.15
S355NC	1.0977	0.18	1.60	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.10	0.15
S420NC	1.0981	0.20	1.60	0.50	0.025	0.015	0.015	0.09	0.10	0.15

1) Si así se acuerda al hacer el pedido o la consulta, el contenido de azufre debe ser como máximo del 0.010% (análisis de colada).
 2) Si están presentes suficientes elementos fijadores de N, no se aplica el contenido mínimo de Al total.
 3) La suma de Nb + V + Ti debe ser como máximo del 0.22%.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 7-31 Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío - Características mecánicas de los aceros en estado de normalizado o laminado de normalización

Designación del acero		Límite elástico mínimo R _{eH} ^{2 1)} N/mm ²	Resistencia a la tracción R _m N/mm ² 1)	Alargamiento de rotura A % ¹⁾		Doblado a 180° con un diámetro mínimo de mandril de 2)
Simbólica	Númérica			Espesor nominal en mm		
				< 3	≥ 3	
				L ₀ = 80mm	L ₀ = 5,65 √S ₀	
S260NC	1.0971	260	370-490	24	30	0 t
S315NC	1.0973	315	430-550	22	27	0.5 t
S355NC	1.0977	355	470-610	20	25	0.5 t
S420NC	1.0981	420	530-670	18	23	0.5 t

1) Los valores para el ensayo de tracción se aplican a probetas longitudinales para productos de anchura < 600mm y a probetas transversales para productos de anchura ≥ 600mm.
 2) Los valores para el ensayo de doblado se aplican a probetas transversales.
 3) t = espesor de la probeta para el ensayo de doblado, en milímetros.

Conformado en frío:

Tabla 7-32 Productos planos laminados en caliente normalizado de alto límite elástico para conformado en frío - Valores mínimos del radio interior de plegado para la conformación en frío

Designación del acero		Radio interior de plegado mínimo recomendado para espesores nominales (t) en mm ¹⁾		
Simbólica	Númérica	t ≤ 3	3 < t ≤ 6	t > 6
S260NC	1.0971	0.25 t	0.5 t	1.0 t
S315NC	1.0973	0.25 t	0.5 t	1.0 t
S355NC	1.0977	0.25 t	0.5 t	1.0 t
S420NC	1.0981	0.5 t	1.0 t	1.5 t

1) Los valores son de aplicación para ángulos de doblado ≤ 90°.

Aptitud al rebordeado: Los productos deben ser aptos para el rebordeado sin fisuración.
Otros requisitos: Si así se ha especificado al hacer el pedido, o la consulta, los tipos de acero S315, S355 y S420 deben ser aptos para la galvanización por inmersión en caliente y deben cumplir los requisitos aplicables a la calidad del producto.

Tolerancias de medidas y de formas: EN 10029; 1992, EN 10048; 1996, EN 10051; 1991, EURONORMA 91 (1981)

7.2.5. BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR. UNE 36-090-86.

Se especifican las características de las bandas de acero laminadas en caliente definidas por su composición química, generalmente de espesores comprendidos entre 1.5mm y 5mm, suministradas en bobinas y destinadas a:

- relaminar en frío;
- la fabricación de tubo y perfil hueco soldados, sin exigencias de características mecánicas;

- la conformación en frío de perfiles abiertos, sin exigencias de características mecánicas.

□ **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Tabla 7-33 Bobinas de acero al carbono, laminadas en caliente para transformar - Composición química sobre colada

Designación		Estado de oxidación	C % máx.	Mn % máx.	S % máx.	P % máx.	N ₂ % máx.
Simbólica	Numérica						
15Q20	F-7301	----	0.15	0.50	0.040	0.040	----
12Q20	F-7302	¹⁾	0.12	0.50	0.040	0.040	0.010
10Q18	F-7305	¹⁾	0.10	0.45	0.035	0.035	0.009
8Q16	F-7307	¹⁾	0.08	0.40	0.030	0.025	0.008
6Q16	F-7309	K	0.06	0.40	0.025	0.020	----

1) Salvo acuerdo en contrario, estos aceros pueden ser efervescentes o calmados a elección del fabricante.

Tabla 7-34 Bobinas de acero al carbono, laminadas en caliente para transformar - Análisis sobre producto

Designación		C % máx.	Mn % máx.	S % máx.	P % máx.	N ₂ % máx.
Simbólica	Numérica					
15Q20	F-7301	0.17	0.53	0.045	0.045	----
12Q20	F-7302	0.15	0.53	0.045	0.045	0.012
10Q18	F-7305	0.12	0.48	0.040	0.040	0.011
8Q16	F-7307	0.10	0.43	0.035	0.030	0.010
6Q16	F-7309	0.07	0.43	0.030	0.025	----

□ **ASPECTO SUPERFICIAL**

El aspecto superficial alude al grado de perfección por referencia a la cantidad, magnitud y proporción de los defectos que pueden tolerarse en la banda en función de su aplicación.

- Nivel I: Es aquél cuyas imperfecciones, propias de una laminación normal en caliente, no impiden su uso para aquellos trabajos en que se precise una conformación en frío suave, sin exigencias de una calidad superficial determinada.
- Nivel II: Es aquél que, aun cuando pueden presentar algún defecto, permite su aplicación directa en trabajos de conformación o, después de decapado y reducción por laminación en frío, obtener superficies aptas para pintado o recubrimiento normal, sin exigencias de superficie especial, con un buen acabado superficial.
- Nivel III: Es aquél que decapado, con o sin reducción por laminación en frío, permite obtener un producto que, previo correcto tratamiento, es capaz de recibir recubrimientos especiales, electrolíticos, pinturas especiales o similares en que se requiere una superficie de alta calidad.

Cuando las bobinas se entreguen sin decapar, la presencia de una delgada capa de óxido adherente de coloración variable, no será objeto de rechazo.

□ **APTITUD AL SOLDEO**

Debe garantizarse la aptitud de las bandas y flejes al soldeo por procedimientos normales y homologados. En el caso de productos sin decapar debe tenerse en cuenta la presencia de la capa de cascarilla.

□ **TOLERANCIAS**

Espesor: La medición del espesor se podrá hacer en cualquier punto del producto situado a no menos de 40mm de los bordes longitudinales.

Tabla 7-35 Bobinas de acero al carbono, laminadas en caliente para transformar - Tolerancia en espesor

Medidas en milímetros

Espesor nominal		Anchura			
Desde (incluido)	Hasta (excluido)	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500 ≤ 1800	> 1800
----	2.00	± 0.17	± 0.19	± 0.21	----
2.00	2.50	± 0.18	± 0.21	± 0.23	± 0.25
2.50	3.00	± 0.20	± 0.22	± 0.24	± 0.26
3.00	4.00	± 0.22	± 0.24	± 0.26	± 0.27

4.00	5.00	± 0.24	± 0.26	± 0.28	± 0.29
5.00	----	± 0.26	± 0.28	± 0.29	± 0.31

Longitud: La longitud del producto que en sus extremos pueda no estar dentro de la tolerancia, no será superior a la longitud dada por la fórmula:

$$l \text{ (en mm)} = 90 / \text{espesor (en mm)}$$

sin sobrepasar los 20m para bandas y los 6m para flejes.

Anchura: La tolerancia en anchura se indica en la siguiente tabla:

Tabla 7-36 Bobinas de acero al carbono, laminadas en caliente para transformar - Tolerancia en anchura

Medidas en milímetros

Anchura nominal		Desviación en más ¹⁾	
Desde (excluido)	Hasta (incluido)	Bordes brutos	Bordes cortados
----	1200	20	4
1200	1500	25	6
1500	----	25	10

1) No se admite desviación en menos.

Planicidad: La tolerancia de planicidad es la distancia máxima admisible entre la banda y la superficie plana horizontal sobre la que se apoya libremente, midiendo la flecha entre la concavidad y la superficie plana de referencia. En la siguiente tabla, la tolerancia en planicidad se expresa como un porcentaje de la distancia entre dos puntos de apoyo consecutivos de la banda con la superficie plana.

Tabla 7-37 Bobinas de acero al carbono, laminadas en caliente para transformar - Tolerancia de planicidad

Medidas en milímetros

Espesor nominal mm	Anchura nominal		Tolerancia
	Desde (excluido)	Hasta (incluido)	
hasta 2 (incluido)	----	1200	1.5
	1200	1500	2.0
	1500	----	2.5
superior a 2 hasta 5	----	1200	1.0
	1200	1500	1.5
	1500	----	2.0

Curvado: Se define como curvado o efecto de sable a la existencia de una flecha entre un borde longitudinal y una base de medida rectilínea apoyada sobre el producto y contenida en el mismo plano de la banda. El curvado se mide sobre el lado cóncavo y sobre una base de medida apoyada en cualquier zona del producto. La base de medida será de 5000mm y, en cualquier zona de la banda, la flecha al canto no será superior a 25mm para bobinas con bordes brutos y de 15mm para bobinas con bordes cizallados. La tolerancia aplicable a bobinas de fleje deberá ser objeto de acuerdo.

Corona: La diferencia del espesor en el centro de la banda y la media de los espesores medidos a 40mm de los bordes de una sección recta transversal estará indicada en la tabla:

Tabla 7-38 Bobinas de acero al carbono, laminadas en caliente para transformar - Valores admisibles de corona

Medidas en milímetros

Anchura		Corona	
Desde (excluido)	Hasta (incluido)	mínimo	máximo
----	1200	0.03	0.09
1200	1500	0.03	0.11
1500	----	0.03	0.13

La banda presentará un perfil convexo, uniforme, cuya comprobación, en caso de litigio o contrastación se efectuará a 15m de los extremos de la banda. Este requisito sólo es aplicable a las bobinas destinadas a relaminar.

Cuña: La diferencia entre los espesores medidos a 40mm de los bordes de una sección transversal no será superior a 0.05mm para bandas de anchura inferior a 1200mm, ni a 0.06mm para los de anchura igual o superior. En caso de litigio o contratación, los espesores

se medirán el menos a 15m de los extremos. Este requisito sólo es aplicable a las bobinas destinadas a relaminar.

Telescopicidad de la bobina: Las caras laterales de la bobina serán sensiblemente planas. Los cantos no presentarán una desviación progresiva superior a 50mm sobre cada cara, debiendo cumplir, además la condición de que si la longitud que sobresale es superior a 20mm, la amplitud de número de espiras afectadas por la telescopicidad no debe ser inferior a dos veces el valor real de la longitud que sobresale ($b \geq 2a$)

7.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS

7.3.1. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO. UNE-EN 10113-1: 1993.

Características de los productos planos laminados en caliente, en aceros de calidad y especiales, de grano fino y soldables. Los aceros definidos están especialmente destinados a la utilización en componentes de estructuras soldadas con fuertes solicitaciones, tales como puentes, esclusas, tanques de almacenamiento, tanques de agua, etc. a temperatura ambiente, incluidas a bajas temperaturas. Los aceros presentarán una estructura de grano fino, conteniendo elementos fijadores del nitrógeno en la cantidad suficiente para fijar el nitrógeno disponible.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los valores de la composición química especificados representan los límites o los intervalos admisibles que deben ser respetados para los distintos tipos en los productos suministrados. Puede acordarse al hacer el pedido, o la consulta, un valor máximo del carbono equivalente, determinado por la siguiente fórmula:

$$CEV = C + (Mn/6) + ((Cr + Mo + V) / 5) + ((Ni + Cu) / 15)$$

Las desviaciones admisibles en el análisis sobre producto, respecto a los límites especificados para el análisis de colada, se indican en la tabla siguiente:

Tabla 7-39 Aceros soldables de grano fino para construcciones metálicas - Desviaciones permitidas en el análisis sobre producto respecto a los límites para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo para el análisis de colada %	Desviación admisible para el análisis sobre producto respecto a los límites para el análisis de colada %
C	≤ 0.20	+ 0.02
Si	≤ 0.60	+ 0.05
Mn	≤ 1.70	- 0.05 + 0.10
P	≤ 0.035	+ 0.005
S	≤ 0.030	+ 0.005
Nb	≤ 0.05	+ 0.010
V	≤ 0.20	+ 0.02
Ti	≤ 0.05	+ 0.01
Cr	≤ 0.30	+ 0.05
Ni	≤ 0.80	+ 0.05
Mo	≤ 0.20	+ 0.03
Cu	≤ 0.35 > 0.35 ≤ 0.70	+ 0.04 + 0.07
N	≤ 0.025	+ 0.002
A _{total}	≤ 0.02	- 0.005

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Un tratamiento de relajación superior a 580°C o durante más de una hora, puede traer como consecuencia un deterioro de las características mecánicas. Si el comprador tiene previsto

someter los productos a un tratamiento de relajación a temperaturas más altas o durante tiempos más prolongados, los valores mínimos de las características mecánicas después de este tratamiento deberían convenirse al hacer el pedido.

□ **CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS**

Soldabilidad: Los aceros especificados deberán ser aptos para el soldeo por los procedimientos habituales. A medida que aumenta el espesor y la resistencia del producto, aumenta el riesgo de que produzcan grietas en frío en la zona soldada. El agrietamiento en frío puede producirse por la acción combinada de los siguientes factores:

- Cantidad de hidrógeno difundible en el metal de aportación;
- Una estructura frágil de la zona afectada térmicamente;
- Concentraciones importantes de tensiones de tracción en la unión soldada.

Cuando se prescriba la utilización de ciertas recomendaciones, las condiciones de soldeo y los distintos niveles de soldabilidad recomendados, para cada tipo de acero, pueden estar determinados en función del espesor del producto, de la energía aportada a la soldadura, de los requisitos del proyecto, de la eficiencia de los electrodos, del proceso de soldeo y de las características del metal de aportación.

Tolerancias dimensionales y de forma: EN 10029;1992., EN 10051;1991., EURONORMA 48: 1984., EURONORMA 58: 1978., EURONORMA 91: 1981.

7.3.2. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO. ACEROS EN ESTADO NORMALIZADO. UNE-EN 10113-2: 1993.

Características de los productos planos de acero para construcción, soldable y de grano fino, en estado normalizado, con espesores ≤ 1500mm para los tipos S275, S355 y S420 y con espesores ≤ 100mm para el tipo S460.

Tabla 7-40 Aceros soldables de grano fino para construcciones metálicas - Composición química referida al análisis de colada de los aceros normalizados

Designación del acero		C % máx.	Si % máx.	Mn %	P % máx.	S % máx ¹⁾	Nb % máx.	V % máx.	Al _{total} % mín ²⁾	Ti %	Cr %	Ni %	Mo %	Cu %	N %
Simbólica	Numérica	máx.													
S275N	1.0490	0.18	0.40	0.50-	0.035	0.030	0.05	0.05	0.02	0.03	0.30	0.30	0.10	0.35	0.015
S275NL	1.0491	0.16		1.40	0.030	0.025									
S355N	1.0545	0.20	0.50	0.90-	0.035	0.030	0.05	0.12	0.02	0.03	0.30	0.50	0.10	0.35	0.015
S355NL	1.0546	0.18		1.65	0.030	0.025									
S420N	1.8902	0.20	0.60	1.00-	0.035	0.030	0.05	0.20	0.02	0.03	0.30	0.80	0.10	0.70 ³⁾	0.025
S420NL	1.8912			1.70	0.030	0.025									
S460N	1.8901	0.20	0.60	1.00-	0.035	0.030	0.05	0.20	0.02	0.03	0.30	0.80	0.10	0.70 ³⁾	0.025
S460NL	1.8903			1.70	0.030	0.025									

1) Para aplicaciones ferroviarias, se puede acordar un máximo de cobre (Cu) de 0.007% para todos los productos de espesor ≤ 16mm.
 2) Si existen suficientes elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica la limitación Al total.
 3) Si el contenido en cobre es superior a 0.35%, el contenido en níquel debe ser inferior a la mitad del contenido en cobre.

Tabla 7-41 Aceros soldables de grano fino normalizados para construcciones metálicas - Desviaciones permitidas en el análisis sobre producto

Elemento	Contenido máximo para el análisis de colada %	Desviación admisible para el análisis sobre producto respecto a los límites para el análisis de colada (%)
C	≤ 0.20	+ 0.02
Si	≤ 0.60	+ 0.05
Mn	≤ 1.70	- 0.05 + 0.10
P	≤ 0.035	+ 0.005
S	≤ 0.030	+ 0.005
Nb	≤ 0.05	+ 0.010
V	≤ 0.20	+ 0.02
Ti	≤ 0.05	+ 0.01
Cr	≤ 0.30	+ 0.05

Ni	≤ 0.80	+ 0.05
Mo	≤ 0.20	+ 0.03
Cu	≤ 0.35 > 0.35 ≤ 0.70	+ 0.04 + 0.07
<u>N</u>	≤ 0.025	+ 0.002
<u>A_{total}</u>	≤ 0.02	- 0.005

Tabla 7-42 Aceros soldables de grano fino para construcciones metálicas - CEV* máximo para los aceros normalizados (por acuerdo en el pedido)

Designación		CEV máximo para un espesor nominal del producto, en mm		
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150
S275N	1.0490	0.40	0.40	0.42
S275NL	1.0491			
S355N	1.0545	0.43	0.45	0.45
S355NL	1.0546			
S420N	1.8902	0.48	0.50	0.52
S420NL	1.8912			
S460N ¹⁾	1.8901	----	----	----
S460NL ¹⁾	1.8903	----	----	----

1) Al hacer el pedido, se puede convenir, en lugar del carbono equivalente, las limitaciones siguientes: V+Ti+Nb ≤ 0.22% y Mo+Cr ≤ 0.30%. * Valor del carbono equivalente

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 7-43 Aceros soldables de grano fino para construcciones metálicas - Características mecánicas a la temperatura ambiente del acero en estado normalizado

Designación		Características técnicas ¹⁾								
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	Resistencia a la tracción R _m para un espesor nominal de producto en mm		Límite superior de cedencia R _{0.2H} para un espesor nominal de producto, en milímetros					Alargamiento de rotura ²⁾ (L ₀ = 5.65√S ₀) %mín.	
		≤ 100	> 100 ≤ 150	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100		> 100 ≤ 150
		N/mm ²		N/mm ² mín.						
S275N	1.0490	370-510	350-480	275	265	255	245	235	225	24
S275NL	1.0491									
S355N	1.0545	470-630	450-600	355	345	335	325	315	295	22
S355NL	1.0546									
S420N	1.8902	520-680	500-660	420	400	390	370	360	340	19
S420NL	1.8912									
S460N	1.8901	550-720	----	460	440	430	410	400	----	17
S460NL	1.8903									

1) Los productos de espesor > 100mm del tipo S460 y de espesor > 150mm de los tipos S275, S355 y S420, los valores de las características mecánicas deben establecerse por acuerdo al hacer el pedido. 2) Para espesores de producto ≤ 3mm, para los que se utilizarán probetas de longitud entre puntos de L₀ = 80mm, los valores de alargamiento deberán ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Tabla 7-44 Aceros soldables de grano fino para construcciones metálicas - Valores mínimos de energía de rotura en el ensayo de flexión por choque con probetas longitudinales con entalla en V para los aceros normalizados

Designación		Valores mínimos de energía de rotura en J ¹⁾ a temperaturas de ensayo en °C						
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	+ 20	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50
S275N	1.0490	55	47	43	40	----	----	----
S355N	1.0545							
S420N	1.8902							
S460N	1.8901							
S275NL	1.0491	63	55	51	47	40	31	27
S355NL	1.0546							
S420NL	1.8912							
S460NL	1.8903							

1) Para productos del tipo S460 y de espesor > 100mm y de los tipos S275, S355 y S420, de espesor > 150mm, los valores de la energía de rotura deben acordarse al hacer el pedido.

Tabla 7-45 Aceros soldables de grano fino para construcciones metálicas - Valores mínimos de energía de rotura en el ensayo de flexión por choque con probetas transversales con entalla en V para los aceros normalizados, cuando dicho tipo de probeta ha sido objeto de acuerdo en la petición de oferta y en el pedido.

Designación		Valores mínimos de energía de rotura en J ¹⁾ a temperaturas de ensayo en °C						
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	+ 20	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50
S275N	1.0490	31	27	24	20	----	----	----
S355N	1.0545							
S420N	1.8902							
S460N	1.8901							



S275NL	1.0491	40	34	30	27	23	20	16
S355NL	1.0546							
S420NL	1.8912							
S460NL	1.8903							
1) Para productos del tipo S460 y de espesor > 100mm y de los tipos S275, S355 y S420, de espesor > 150mm, los valores de la energía de rotura deben acordarse al hacer el pedido.								

7.3.3. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO. ACEROS OBTENIDOS POR CONFORMADO TERMOMECAÁNICO. UNE-EN 10113-3: 1993.

Características de los productos planos de espesor nominal ≤ 63mm de acero para construcción, soldable y de grano fino, obtenidos por conformado termomecánico.

Tabla 7-46 Aceros soldables de grano fino termomecánicos para construcciones metálicas- Composición química referida al análisis de colada

Designación del acero		C % máx.	Si % máx.	Mn %	P % máx.	S % máx ¹⁾	Nb % máx.	V % máx.	Al _{total} % mín ²⁾	Ti %	Ni %	Mo %	N %
Simbólica	Númerica	máx.											
S275M	1.8818	0.13	0.50	1.50	0.035	0.030	0.05	0.08	0.02	0.05	0.30	0.20	0.015
S275ML	1.8819				0.030	0.025							
S355M	1.8823	0.14	0.50	1.60	0.035	0.030	0.05	0.10	0.02	0.05	0.30	0.20	0.015
S355ML	1.8834				0.030	0.025							
S420M	1.8825	0.16	0.50	1.70	0.035	0.030	0.05	0.12	0.02	0.05	0.30	0.20	0.020
S420ML	1.8836				0.030	0.025							
S460M	1.8827	0.16	0.60	1.70	0.035	0.030	0.05	0.12	0.02	0.05	0.45	0.20	0.025
S460ML	1.8838				0.030	0.025							

1) Para aplicaciones ferroviarias, se puede acordar un máximo de azufre (S) de 0.007% para todos los productos de espesor ≤ 16mm.
 2) Si existen suficientes elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica la limitación Al total.
 3) La suma total de Cr, Cu, y Mo no debe ser superior al 0.60%.

Tabla 7-47 Aceros soldables de grano fino termomecánicos para construcciones metálicas - Desviaciones permitidas en el análisis sobre producto

Elemento	Contenido máximo para el análisis de colada %	Desviación admisible para el análisis sobre producto respecto a los límites para el análisis de colada %
C	≤ 0.20	+ 0.02
Si	≤ 0.60	+ 0.05
Mn	≤ 1.70	- 0.05 + 0.10
P	≤ 0.035	+ 0.005
S	≤ 0.030	+ 0.005
Nb	≤ 0.05	+ 0.010
V	≤ 0.20	+ 0.02
Ti	≤ 0.05	+ 0.01
Cr	≤ 0.30	+ 0.05
Ni	≤ 0.80	+ 0.05
Mo	≤ 0.20	+ 0.03
Cu	≤ 0.35 > 0.35 ≤ 0.70	+ 0.04 + 0.07
N	≤ 0.025	+ 0.002
Al _{total}	≤ 0.02	- 0.005

Tabla 7-48 Aceros soldables de grano fino termomecánicos para construcciones metálicas - CEV* máximo para los aceros M (por acuerdo en el pedido)

Designación		CEV máximo para un espesor nominal del producto, en mm			
Según la Norma EN 10027-1 y ECIS 10	Según la Norma EN 10027-2	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ¹⁾ ≤ 150
S275M	1.8818	0.34	0.34	0.35	0.38
S275ML	1.8819				
S355M	1.8823	0.39	0.39	0.40	0.45
S355ML	1.8834				
S420M	1.8825	0.43	0.45	----	----
S420ML	1.8836				
S460M	1.8827	0.45	0.46	----	----
S460L	1.8838				

2) Al hacer el pedido, se puede convenir, en lugar del carbono equivalente, las limitaciones siguientes: V+Ti+Nb ≤ 0.22% y Mo+Cr ≤ 0.30%.
 * Valor del carbono equivalente

Como consecuencia del menor contenido en carbono y de los valores de carbono equivalente, el material, en las condiciones de suministro "M", tiene mejores características de soldabilidad.

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 7-49 Aceros soldables de grano fino termomecánicos para construcciones metálicas - Características mecánicas a la temperatura ambiente del acero en estado M.

Designación		Características técnicas ¹⁾				
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	Resistencia a la tracción R _m N/mm ²	Límite superior de cedencia R _{eH} para un espesor nominal de producto, en milímetros			Alargamiento de rotura ²⁾ (L ₀ = 5.65√S ₀) %mín.
			≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	
			N/mm ² mín.			
S275M	1.8818	360 a 510	275	265	255	24
S275ML	1.8819					
S355M	1.8823	450 a 610	355	345	335	22
S355ML	1.8834					
S420M	1.8825	500 a 660	420	400	390	19
S420ML	1.8836					
S460M	1.8827	530 a 720	460	440	430	17
S460L	1.8838					

1) Para los productos planos de espesor > 63mm, los valores que han de obtenerse deberán ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.
2) Para espesores de producto < 3mm, para los que se utilizarán probetas de longitud entre puntos de L₀ = 80mm, los valores de alargamiento deberán ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Tabla 7-50 Aceros soldables de grano fino termomecánicos para construcciones metálicas - Valores mínimos de energía de rotura en el ensayo de flexión por choque con probetas longitudinales con entalla en V para los aceros M

Designación		Valores mínimos de energía de rotura en J ¹⁾ a temperaturas de ensayo en °C						
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	+ 20	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50
		S275M	1.8818	55	47	43	40	----
S355M	1.8823							
S420M	1.8825							
S460M	1.8827							
S275ML	1.8819	63	55	51	47	40	31	27
S355ML	1.8834							
S420ML	1.8836							
S460ML	1.8838							

1) Para los productos planos de espesor > 63mm, los valores que han de obtenerse deben ser objeto de acuerdo

Tabla 7-51 Aceros soldables de grano fino termomecánicos para construcciones metálicas - Valores mínimos de energía de rotura en el ensayo de flexión por choque con probetas transversales con entalla en V para los aceros M, cuando dicho tipo de probeta ha sido objeto de acuerdo en la petición de oferta y en el pedido.

Designación		Valores mínimos de energía de rotura en J ¹⁾ a temperaturas de ensayo en °C						
Según la Norma EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según la Norma EN 10027-2	+ 20	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50
		S275M	1.8818	31	27	24	20	----
S355M	1.8823							
S420M	1.8825							
S460M	1.8827							
S275ML	1.8819	40	34	30	37	23	20	16
S355ML	1.8834							
S420ML	1.8836							
S460ML	1.8838							

1) Para los productos planos de espesor > 63mm, los valores que han de obtenerse deben ser objeto de acuerdo

Tolerancias dimensionales y de forma: EN 10029;1992., EN 10051;1991., EURONORMA 48: 1984., EURONORMA 58: 1978., EURONORMA 91: 1981.

7.3.4. ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA. UNE-EN 10155:1993.

Se especifican las características de los productos largos y de los productos planos laminados en caliente con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica (acero especial aleado según la Norma En 10020). Los aceros definidos están pensados para su utilización en estructuras soldadas, roblonadas o atornilladas, cuya temperatura de servicio sea la ambiente y deben tener una resistencia mejorada a la corrosión atmosférica. Estos aceros no están destinados para ser tratados térmicamente, salvo los productos suministrados en estado N. Está admitido el recocido de eliminación de tensiones. Los productos suministrados en estado N pueden someterse a operaciones de conformado en caliente y a un tratamiento de normalizado después de la entrega.

□ **MEDIDA Y TOLERANCIAS**

Tabla 7-52 Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión - Limitaciones para los distintos tipos de acero según el espesor

Designación		Productos planos		Productos largos	
		Espesor nominal mm		Perfiles Formas	Barras
				Espesor nominal o diámetro mm	
Según EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según EN 10027-2	≤ 12	≤ 100	≤ 40	≤ 100
S235JOW	1.8958		X	X	X
S235J2W	1.8961		X	X	X
S355JOWP	1.8945	X		X	
S355J2WP	1.8946	X		X	
S355JOW	1.8959		X	X	X
S355J2G1W	1.8963		X	X	X
S355J2G2W	1.8965		X	X	X
S355K2G1W	1.8966		X	X	X
S355K2G2W	1.8967		X	X	X

□ **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Tabla 7-53 Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión - Composición química del análisis de colada

Designación		Método de desoxidación	C % máx	Si % máx	Mn %	P %	S % máx	N % máx	Adición de elementos fijadores del nitrógeno ¹⁾	Cr %	Cu %	Otros
Según EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según EN 10027-2											
S235JOW	1.8958	FN	0.13	0.40	0.20-0.60	máx 0.040	0.040	0.009 ^{2) 5)}	----	0.40-0.80	0.25-0.55	3)
S235J2W	1.8961	FF					0.035	----	sí			
S355JOWP	1.8945	FN	0.12	0.75	máx 1.0	0.06-0.15	0.040	0.009 ⁵⁾	----	0.30-1.25	0.25-0.55	3)
S355J2WP	1.8946	FF					0.035	----	sí			
S355JOW	1.8959	FN	0.16	0.50	0.50-1.50	máx0.040	0.040	0.009 ^{2) 5)}	----	0.40-0.80	0.25-0.55	3) 4)
S355J2G1W	1.8963	FF				máx0.035	0.035	----	sí			
S355J2G2W	1.8965	FF				máx0.035	0.035	----	sí			
S355K2G1W	1.8966	FF				máx0.035	0.035	----	sí			
S355K2G2W	1.8967	FF				máx0.035	0.035	----	sí			

1) Los aceros deben contener, al menos, uno de los siguientes elementos Al_{total} ≥ 0.020%, Nb: 0.015 – 0.060%, V: 0.02 – 0.12%, Ti: 0.02 – 0.10%. Si se combinan estos elementos, al menos el contenido de uno de ellos deberá ser igual o superior al valor mínimo indicado.

2) Se tolera sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0.001% de aumento en nitrógeno, el contenido en fósforo se reduzca en 0.005% sobre el valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido de nitrógeno, en el análisis de colada, no debe ser superior a 0.012%.

3) Los aceros pueden contener hasta un máximo de 0.65% de níquel (Ni).

4) Los aceros pueden contener hasta un máximo de 0.30% de molibdeno (Mo) y un máximo de 0.15% de zirconio (Zr).

5) No se aplica el valor máximo de nitrógeno si la composición química muestra un contenido mínimo de Al total de 0.020% o si están presentes elementos fijadores de N en cantidad suficiente. Se mencionarán los elementos fijadores de N en el documento de inspección.

Las desviaciones admisibles en el análisis de producto, respecto a los valores límites especificados para el análisis de colada, se indican en la siguiente tabla. El análisis sobre producto sólo se realizará si así se indica al hacer el pedido. En las consultas o pedidos puede acordarse para el tipo S355 el valor máximo del carbono equivalente de 0.52% y para el tipo S235 el de 0.44% para todos los espesores y será determinado por análisis de colada, según la fórmula:

$$CEV = C + (Mn/6) + ((Cr + Mo + V)/5) + ((Ni + Cu)/15)$$

Cuando se acuerde un valor máximo del carbono equivalente, los contenidos de los elementos que figuran en la fórmula anterior deben incluirse en el documento de inspección.

Tabla 7-54 Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión - Desviaciones admisibles entre el análisis sobre producto y los valores límites especificados, para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo para el análisis de colada %	Desviación admisible en el análisis de producto respecto a los límites especificados para el análisis de colada ¹⁾ %
C	≤ 0.16	+ 0.03
Si	≤ 0.75	+ 0.05
Mn	≤ 0.60	± 0.05
	> 0.60	± 0.10
P	≤ 0.040	+ 0.005
	> 0.040	± 0.01
S	≤ 0.040	+ 0.005
N	≤ 0.012	+ 0.001
Cr	≤ 0.80	± 0.05
	> 0.80	± 0.10
Cu	≤ 0.55	± 0.05
Ni	≤ 0.65	+ 0.05
Mo	≤ 0.30	+ 0.05
Zr	≤ 0.15	+ 0.02
Nb	≤ 0.060	± 0.005
V	≤ 0.15	+ 0.02
		- 0.01
Ti	≤ 0.10	+ 0.02
		- 0.01

1) El signo ± significa que, para una misma colada, las desviaciones pueden producirse, bien por encima del límite superior, o bien por debajo del límite inferior de los valores límite especificados en la tabla de composición química, pero no ambas desviaciones al mismo tiempo.

❑ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

Para los productos solicitados y suministrados en estado de normalizado o de conformado de normalización, las características mecánicas deberán cumplir con los valores de las siguientes tablas tanto en el estado de suministro como después del tratamiento de normalización realizado después del suministro.

Un tratamiento de relajación de tensiones a temperatura superior a 580°C más de 1 h, puede traer como consecuencia un deterioro de las características mecánicas. Si el comprador tiene previsto someter los productos a un tratamiento de relajación a temperaturas más altas o durante tiempos más prolongados, los valores mínimos de las características mecánicas después de este tratamiento deben convenirse al hacer el pedido.

Para los productos planos, el espesor que debe considerarse es el espesor nominal.

Para los productos largos de sección irregular es el espesor nominal de la zona de la pieza de la que se toman las muestras.

Si los productos planos de los grados J2, J2G1 y K2G1 se suministran en estado bruto de laminación para ser normalizados por el comprador, las muestras deben ensayarse en estado de normalizado. Los valores obtenidos sobre estas probetas deben cumplir con lo indicado en esta Norma Europea.

Los resultados obtenidos con estos ensayos no son representativos del material en el estado de suministro, pero indican el nivel de las características que pueden alcanzarse con un correcto tratamiento.

Tabla 7-55 Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión - Características mecánicas de los productos planos y largos ¹⁾

Designación		Límite elástico mínimo R _{eH} ¹⁾ N/mm ²					Resistencia a la tracción R _m ¹⁾		Orientación de la probeta ¹⁾	Alargamiento mínimo en la rotura ¹⁾												
Según EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según EN 10027-2	Espesor nominal mm					Espesor nominal mm			L ₀ = 80mm Espesor nominal mm			L ₀ = 5.65 √S ₀ Espesor nominal mm									
		≤16	>16 ≤40	>16 ≤40	>16 ≤40	>16 ≤40	<3	≥3 ≤100		>1.5 ≤2	>2 ≤2.5	>2.5 ≤3	≥3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100							
S235JOW	1.8958	235	225	215	215	215	360-510	340-470	l	19	20	21	26	25	24							
S235J2W	1.8961									t	17	18	19	24	23	22						
S355JOWP	1.8945	355	345 ²⁾	----	----	----	510-680	490-630	l	16	17	18	22	----	----							
S355J2WP	1.8946									t	14	15	16	20	----	----						
S355JOW	1.8959	355	345	335	325	315	510-680	490-630	l	16	17	18	22	21	20							
S355J2G1W	1.8963									t	14	15	16	20	19	18						
S355J2G2W	1.8965																					
S355K2G1W	1.8966																					
S355K2G2W	1.8967																					

1) Los valores dados en la tabla se aplican a probetas longitudinales "l" del ensayo de tracción. Para chapas, bandas y planos anchos de anchura ≥ 600mm se utilizarán probetas transversales "t". 2) Este valor sólo es aplicable a formas, perfiles y barras.

Tabla 7-56 Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión - Características mecánicas – energía absorbida, KV, en el ensayo de flexión por choque en productos planos y largos

Designación		Temperatura °C	Energía mínima absorbida
Según EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según EN 10027-2		
S235JOW	1.8958	0	27
S235J2W	1.8961	-20	27
S355JOWP ¹⁾	1.8945	0	27
S355J2WP ¹⁾	1.8946	-20	27
S355JOW	1.8959	0	27
S355J2G1W	1.8963	-20	27
S355J2G2W	1.8965	-20	27
S355K2G1W	1.8966	-20	40
S355K2G2W	1.8967	-20	40

1) Los valores de la flexión por choque sólo se comprobarán si así se ha indicado expresamente en el pedido.

❑ CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Soldabilidad: Los aceros definidos en esta norma no tienen una aptitud ilimitada a los distintos procedimientos de soldeo, puesto que su comportamiento durante y después del soldeo depende, no sólo del material, sino también de las medidas y de la forma, así como de las condiciones de fabricación y de servicio de los elementos de construcción. La soldabilidad es creciente para cada grado del JO al K2.

Conformación en caliente: Los productos pedidos y suministrados en estado normalizado o de conformado de normalización cumplirán con las exigencias de las tablas anteriores, si el conformado en caliente se realiza después del suministro.

Aptitud al plegado: Si así se ha convenido al hacer el pedido, las chapas, bandas, flejes y planos anchos de espesor nominal ≤ 20mm deberán ser aptos para el plegado, sin que se produzca agrietamiento, sobre el radio mínimo de plegado que se indica en la siguiente tabla.

Tabla 7-57 Aceros para construcción metálica con resistencia mejorada a la corrosión - Valores mínimos del radio de plegado en la conformación en frío de productos planos

Designación		Dirección de plegado ¹⁾	Radio de plegado interior mínimo recomendado para espesores nominales mm												
Según EN 10027-1 y ECISS IC 10	Según EN 10027-2		>1.5 ≤2.5	>2.5 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5 ≤6	>6 ≤7	>7 ≤8	>8 ≤10	>10 ≤12	>12 ≤14	>14 ≤16	>16 ≤18	>18 ≤20
S235JOW	1.8958	t	2.5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
S235J2W	1.8961	l	2.5	3	6	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45
S355JOW	1.8959	t	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	45	50
S355J2G1W	1.8963														
S355J2G2W	1.8965														
S355K2G1W	1.8966														
S355K2G2W	1.8967														
		l	4	5	8	10	12	16	20	25	32	36	40	50	63

1) t: perpendicular a la dirección de laminación; l: paralela a la dirección de laminación.

□ ACABADO SUPERFICIAL

Bandas: El acabado superficial no deberá afectar a un empleo adecuado del grado de acero, siempre que se aplique un correcto proceso de fabricación.

Chapas, planos anchos y perfiles: Se aplicará la Norma EN 10163 partes 1 a 3 en lo que respecta a discontinuidades superficiales permisibles y a la reparación de defectos superficiales, por amolado, por soldeo o por ambos.

□ ANEXO. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE LA UTILIZACIÓN DE LOS ACEROS DE RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA.

El efecto inhibitor a la corrosión de la capa auto protectora de óxidos depende de la naturaleza de los componentes de dicha capa así como de la distribución y de la concentración de los elementos de aleación. La resistencia a corrosión atmosférica depende de que en las condiciones ambientales se produzca un ciclo de períodos secos y húmedos, para la formación de una capa de óxido auto-protector en la superficie del metal. La protección depende de las condiciones ambientales y de aquellas que dominan en la zona en la que se encuentra la estructura.

El proyecto de construcción debe integrar la posibilidad de formación y de regeneración sin problemas de la capa autoprotectora de óxido. El proyectista tiene la responsabilidad de tener en cuenta en los cálculos la corrosión de los aceros no protegidos y, en la medida de lo posible, compensarlos aumentando el espesor de los productos.

Se recomienda prever una protección superficial clásica cuando exista en el ambiente un contenido elevado de ciertas sustancias químicas particulares; esta protección es absolutamente indispensable cuando la estructura va a estar en contacto con el agua durante largos períodos, permanentemente expuesta a la humedad o en una atmósfera marina. Se debe decapar los productos antes de pintarlos. En condiciones análogas, la susceptibilidad de los aceros con resistencia mejorada a la corrosión es menor que la de los aceros de construcción tradicionales.

Deben ventilarse adecuadamente las superficies no expuestas a los elementos, pero que pueden estar sometidos a fenómenos de condensación. En caso contrario es necesaria una protección superficial adecuada. La dependencia de estos factores de las condiciones climáticas prevalecen en el más amplio sentido y los detalles de construcción no permiten establecer una fórmula general válida para todos los casos del proceso de corrosión. El utilizador debe pues consultar con el fabricante del acero sobre las posibilidades de utilización de un producto en una aplicación concreta.

7.3.5. ACEROS DE CONSTRUCCIÓN CON RESISTENCIA MEJORADA A LA DEFORMACIÓN PERPENDICULAR A LA SUPERFICIE DEL PRODUCTO. UNE-EN 10164: 1993.

Características en el sentido del espesor para chapas, bandas y flejes, planos anchos y perfiles. Puede utilizarse como complemento de todas las normas relativas a chapas, bandas y flejes, anchos planos y perfiles de aceros calmados, con exclusión de los aceros inoxidables. Es aplicable a los productos de espesor comprendido entre 15mm y 250mm, ambos inclusive, de aceros con valor mínimo especificado de límite elástico aparente superior R_{eH} , o límite convencional de elasticidad $R_{p0,2} \leq 500 \text{ N/mm}^2$ para los que se requieran unas características mejoradas en la dirección del espesor. La aplicación de esta norma a otros espesores o a otros tipos de acero debe ser objeto de acuerdo al hacer el pedido. Las chapas, flejes, plano anchos y perfiles de acero de fabricación normal tienen unas características de deformación en dirección perpendicular a la superficie (en el sentido del espesor) diferentes a las que se alcanzan en el plano superficial. Esta anisotropía puede dar lugar a problemas en las construcciones soldadas, en especial, a un desgarro laminar. Es posible mejorar estas características en la dirección del espesor con medidas suplementarias en la fabricación del acero. Las características en la dirección del espesor se evalúan por valores especificados de la estricción obtenidos en un ensayo de tracción en la dirección del espesor. No existe ninguna relación directa entre estos valores y la integridad de las estructuras, pues el riesgo de

desgarro laminar depende también, de forma fundamental, del tipo de estructura, del proyecto y del procedimiento de soldeo. Los valores mínimos de estricción indicados no son, por sí solos, una garantía de seguridad con respecto al desgarro laminar. Sin embargo, la estricción es un buen índice general de la resistencia al desgarro laminar, el riesgo de desgarro laminar disminuye cuando aumenta el valor de la estricción obtenido en el ensayo de tracción en la dirección del espesor.

□ ESTRICCIÓN

En la tabla siguiente se indican los valores mínimos de la estricción para los distintos grados especificados. El comprador debe seleccionar uno de estos grados al hacer el pedido.

Tabla 7-58 Aceros de construcción con resistencia mejorada a la deformación perpendicular- Grados y valores mínimos de estricción

Grado	Estricción, en %	
	Valor mínimo medio de tres ensayos	Valor mínimo individual
Z15	15	10
Z25	25	15
Z35	35	25

La estricción está definida (Z) en la norma EN 10002-1:1990 como: $((S_0 - S_u) / S_0) 100$; donde: S_0 es el área de la sección inicial de la parte calibrada de la longitud paralela;

S_u es el área mínima de la sección después de la rotura.

En el caso de chapas, bandas, flejes y planos anchos, los valores mínimos de la estricción se aplican a la totalidad del producto.

7.4. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL

7.4.1. PRODUCTOS LAMINADOS PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL. ACEROS DE 400/490 N/MM² DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN. UNE 36-084-80.

Es aplicable a los productos de espesor inferior a 50mm fabricados con acero de resistencia a la tracción comprendida entre 400 / 490 N/mm² destinados a:

- la construcción de cascos de buques sometidos a la certificación de las sociedades de clasificación de los buques.
- la construcción de otros elementos del buque u otras partes de la estructura no sujetas a dicha Certificación.

Previo acuerdo entre las partes, puede aplicarse a chapas de espesor superior a 50mm fijándose en este caso los valores de las características que deben obtenerse. Quedan excluidos los productos fabricados con acero de alto límite elástico y los destinados a la fabricación de calderas marinas.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y QUÍMICAS

Composición química: Los límites máximos según los análisis efectuados sobre lingotillo:

Tabla 7-59 Productos laminados en caliente para construcción naval - Composición química (análisis de colada)

Designación del acero		Estado de oxidación ²⁾	% C máx.	% Mn	% Si	% P máx.	% S máx.	% Al (soluble en ácido) ⁵⁾	C + (1/6)Mn máx.
Simbólica	Numérica								
Naval A ¹⁾	F 6501	NE ³⁾	----	e>12.5mm Mn≥2.5C	----	0.040	0.040	----	----
Naval B	F 6502	NE	0.21	0.80 mín. ⁴⁾	0.50 máx.	0.040	0.040	----	0.40
Naval C	F 6503	KG	0.21	0.60 / 1.40	0.15 / 0.30	0.040	0.040	0.015 mín.	0.40
Naval D ¹⁾	F 6504	NE	0.21	0.60 / 1.40	0.35 máx.	0.040	0.040	----	0.40
Naval E ¹⁾	F 6505	KG	0.18	0.70 / 1.50	0.10 / 0.35	0.040	0.040	0.015mín.	0.40

1) Se recomienda el uso preferente de estos grados de acero. 2) NE = No efervescente. KG = Calmado con práctica de grano fino. 3) Para ciertas aplicaciones específicas, por acuerdo previo se admite acero efervescente (E) para chapas de espesor igual o inferior a 12.5mm. 4) Si el contenido en Si es igual o superior a 0.15% se admitirá un contenido en Mn de 0.60% mínimo. 5) En los ensayos de rutina se admite la determinación del contenido total en cuyo caso el contenido en Al será superior a 0.020%.



Tabla 7-60 Productos laminados en caliente para construcción naval - Características mecánicas (espesor inferior a 50mm)

Designación del acero		Estado de suministro	R _e mín. N/mm ² 2)	R _m N/mm ² 2)	Tracción							
Simbólica	Numérica				% A							
					L ₀ =5.65√S ₀	L ₀ = 200mm e (mm)						
		hasta 5	5.1-10	10.1-15	15.1-20	20.1-25	25.1-35	Superior a 35				
Naval A ¹⁾	F 6501	----	235	400/490	22	15	16	17	18	19	20	21
Naval B	F 6502	----	235	400/490	22	15	16	17	18	19	20	21
Naval C	F 6503	e>33mm Normalizado 1)	235	400/490	22	15	16	17	18	19	20	21
Naval D ¹⁾	F 6504	----	235	400/490	22	15	16	17	18	19	20	21
Naval E ¹⁾	F 6505	Normalizado	235	400/490	22	15	16	17	18	19	20	21

1) Puede suprimirse el normalizado si se realiza un ensayo de resiliencia.
 2) N/mm² = 0.102 kgf/mm².
 3) Este ensayo solo realiza si así se especifica expresamente en el pedido.
 4) a = espesor de la probeta.

Tabla 7-61 Productos laminados en caliente para construcción naval - Características mecánicas (espesor inferior a 50mm)

Designación del acero		Doblado ³⁾		Resiliencia			Tamaño de grano Mc Quaid Ehn
Simbólica	Numérica	Angulo doblado	Diámetro mandril ⁴⁾	Orientación probeta	Temperatura °C	KV J	
Naval A ¹⁾	F 6501	180°	3 a	----	----	----	----
Naval B	F 6502	180°	3 a	----	----	----	----
Naval C	F 6503	180°	3 a	x - y ¹⁾	0	47	5 ó más fino
Naval D ¹⁾	F 6504	180°	3 a	x - y	0	47	----
Naval E ¹⁾	F 6505	180°	3 a	x - y	- 10	61	5 ó más fino

1) Puede suprimirse el normalizado si se realiza un ensayo de resiliencia.
 2) N/mm² = 0.102 kgf/mm².
 3) Este ensayo solo realiza si así se especifica expresamente en el pedido.
 4) a = espesor de la probeta.

El espesor a que se hace referencia en la anterior tabla es el espesor nominal de las chapas, o, en perfiles, el espesor nominal de la zona donde se toma la muestra para la preparación de las probetas. El límite elástico R_e, especificado se refiere bien al límite elástico aparente superior R_{eH}, bien al límite elástico convencional bajo carga R_{10.5} y se cumple la especificación si el valor determinado alcanza el valor especificado en la tabla anterior. En los casos en que no se presente el fenómeno de cedencia, se determinará el límite elástico convencional R_{p0.2} y se considera que se cumple la especificación si los valores obtenidos no son inferiores a los indicados en la tabla. Los valores de resiliencia indicados en la anterior tabla se refieren a los obtenidos en probetas de 10mm de lado con entalla en V para productos de espesor no inferior a 12mm. Por convenio en el pedido podrá realizarse el ensayo de resiliencia en productos de menor espesor, previo acuerdo sobre la probeta a emplear y los valores de energía que se deben alcanzar.

□ **CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS**

Aptitud al doblado: Se garantiza la aptitud en el ensayo de doblado en las condiciones preescritas en la tabla anterior; sin embargo, el ensayo sólo se realizará si así se solicita expresamente en el pedido.

Soldabilidad: Los aceros son soldables en las condiciones especificadas por las Sociedades de Clasificación.

□ **MEDIDAS Y TOLERANCIAS**

Las medidas y tolerancias de los productos se ajustarán a las Normas UNE o Normas Europeas de los productos correspondientes. Para chapas, las tolerancias dimensionales y de masa serán las indicadas en la Norma UNE 36-559 (EN 10029). Para el espesor se aplicará el Tipo I y para la planicidad las tolerancias de la mencionada Norma UNE 36-559 (EN 10029).

7.5. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN

7.5.1. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. UNE-EN 10028-1: 2000.

□ MEDIDAS Y TOLERANCIAS

Las dimensiones nominales y las tolerancias dimensionales admisibles de los productos deben ser objeto de acuerdo en el momento de hacer la consulta y el pedido, sobre la base de las normas dimensionales siguientes:

- Para las chapas de acero laminadas en caliente, en no-continuo, se debe aplicar la Norma Europea EN 10029.
Salvo acuerdo en contrario, en el momento de hacer la oferta y el pedido, la tolerancia en espesor de las chapas corresponde a la clase B de la Norma Europea EN 10029.
- Para bobinas laminadas en continuo y las chapas cortadas a partir de bobinas (ancho de laminación $\geq 600\text{mm}$), y los flejes cortados de bobinas laminadas en caliente para anchuras inferiores a 600mm, se debe aplicar la Norma Europea EN 10051.
- Para los flejes laminados en caliente (anchuras de laminación inferiores a 600mm), se debe aplicar la Norma Europea EN 10048.
- Para las chapas y las bandas laminadas en frío, las bobinas y las bobinas cortadas a partir de bobinas (anchura igual o superior a 600mm) de aceros inoxidables, se debe aplicar la Norma Europea EN 10259, y para las bobinas y para los flejes cortados a partir de bobinas, laminadas en frío, de anchura inferior a 600mm, de aceros inoxidables, se debe aplicar la Norma Europea EN 10258.

Las Normas Europeas EN 10258 y EN 10259 contienen las opciones que ofrecen las posibilidades dimensionales de mayor anchura.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Análisis de colada: El análisis de colada realizado por el fabricante de acero se debe aplicar y satisfacer los requisitos de las partes específicas de la Norma EN 10028.

Análisis de producto: Las desviaciones admisibles del análisis de producto, respecto de los valores límite indicados para el análisis de colada, se especifican en las partes correspondientes de la Norma Europea EN 10028.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Los valores dados en las partes específicas de la Norma Europea EN 10028 se refieren al espesor nominal (espesores del pedido) de los productos y al estado de suministro habitual. Cuando sea apropiado, se pueden establecer acuerdos, en el momento de hacer la oferta y el pedido, sobre los valores de las características mecánicas que han de obtenerse después de un tratamiento térmico adicional. Para los productos (excepto los de acero inoxidable) de espesor igual o superior a 15mm, se puede acordar, en el momento de hacer la oferta y el pedido, la aplicación de los requisitos especificados en la Norma Europea EN 10164 para las clases de calidad Z15, Z25 ó Z35, caracterizados por una estricción mínima en el sentido del espesor.

7.5.2. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS NO ALEADOS Y ALEADOS CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS. UNE-EN 10028-2: 1992.

□ MEDIDAS Y TOLERANCIAS

Véase la Norma EN 10028-1.

❑ **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Tabla 7-62 Productos planos de acero para aplicaciones a presión con propiedades a altas temperaturas- Composición química (análisis de colada)

Tipo de acero		Clase ¹⁾	% por masa ²⁾													
Designación			C	Si máx	Mn	P máx	S máx	Al _{ges}	Cr	Cu ³⁾ máx	Mo	Nb máx	Ni máx	Ti máx	V máx	Cr+Cu+Mo+Ni max
Simbólica	Numér.															
P235GH	1.0345	UQ	máx 0.16	0.35	0.40-1.20	0.030	0.025	mín 0.020	máx0.30	0.30	máx0.08	0.010	0.30	0.03	0.02	0.7
P235GH	1.0425	UQ	máx 0.20	0.40	0.50-1.40	0.030	0.025	mín 0.020	máx0.30	0.30	máx0.08	0.010	0.30	0.03	0.02	0.7
P235GH	1.0481	UQ	0.08-0.20	0.40	0.90-1.50	0.030	0.025	mín 0.020	máx0.30	0.30	máx0.08	0.010	0.30	0.03	0.02	0.7
P235GH	1.0473	UQ	0.10-0.22	0.60	1.00-1.70	0.030	0.025	mín 0.020	máx0.30	0.30	máx0.08	0.010	0.30	0.03	0.02	0.7
16Mo3	1.5415	LE	0.12-0.20	0.35	0.40-0.90	0.030	0.025	4)	máx0.30	0.30	0.25-0.35	----	----	----	----	----
13CrMo4-5	1.7335	LE	0.08-0.18	0.35	0.40-1.00	0.030	0.025	4)	0.70-1.15 ⁵⁾	0.30	0.40-0.60	----	----	----	----	----
10CrMo9-10	1.7380	LE	0.08 ⁶⁾ -0.14 ⁷⁾	0.50	0.40-0.80	0.030	0.025	4)	2.00-2.50	0.30	0.90-1.10	----	----	----	----	----
11CrMo9-10	1.7383	LE	0.08 ⁶⁾ -0.15	0.50	0.40-0.80	0.030	0.025	4)	2.00-2.50	0.30	0.90-1.10	----	----	----	----	----

- 1) Q = acero de calidad no aleado; LE = acero aleado especial.
- 2) Los elementos que no figuran en esta tabla no se adicionarán al acero salvo acuerdo previo, excepto que sean necesarios para acabar de colar. Se tomarán las medidas precisas para prevenir la incorporación, a partir de las materias primas utilizadas en la fabricación (chatarras), de todos los elementos susceptibles de afectar a las características mecánicas y al rendimiento del proceso y en las aplicaciones del acero.
- 3) Al hacer el pedido se puede acordar un menor contenido en Cu y un valor máximo de Sn, por ejemplo por razones de conformabilidad.
- 4) El contenido de aluminio debe ser determinado en la colada y se incluirá en el certificado.
- 5) En el caso de exigencias especiales relativas a la presión de hidrógeno, se puede acordar al hacer el pedido, un contenido mínimo de Cr del 0.80%.
- 6) Para productos de espesor menor de 10mm, se puede acordar al hacer el pedido, un contenido mínimo de C del 0.06%.
- 7) Para productos de espesor mayor de de 150mm, se puede acordar al hacer el pedido, un contenido máximo de C del 0.17%.

Tabla 7-63 Productos planos de acero para aplicaciones a presión con propiedades a altas temperaturas - Desviaciones admisibles para la composición química en el análisis sobre producto respecto a los valores del análisis de colada

Elemento	Valores del análisis de colada según la tabla de composición química % en masa	Desviación admisible ¹⁾ en el análisis sobre producto respecto a los valores del análisis de colada como figuran en la tabla de composición química % en masa
C	≤ 0.22	± 0.02
Si	≤ 0.35	+ 0.05
	> 0.35 a ≤ 0.60	+ 0.06
Mn	≤ 1.00	± 0.05
	> 1.00 a ≤ 1.70	± 0.10
P	≤ 0.030	+ 0.005
S	≤ 0.025	+ 0.005
Al	≥ 0.020	- 0.005
Cr	≤ 1.00	± 0.05
	> 1.00 a ≤ 2.50	± 0.10
Mo	≤ 0.35	± 0.03
	> 0.35 a ≤ 1.10	± 0.04
Cu	≤ 0.30	+ 0.05
Nb	≤ 0.010	+ 0.005
Ni	≤ 0.30	+ 0.05
Ti	≤ 0.03	+ 0.01
V	≤ 0.02	+ 0.01

1) En el caso que se efectúen varios análisis sobre producto en una misma colada y se encuentren para un mismo elemento, contenidos situados fuera de los límites de composición admisibles, sólo se permitirán desviaciones bien por encima del límite superior, bien por debajo del límite inferior, pero no ambas desviaciones a la vez.

Para los tipos de acero P235GH, P265GH, P295GH y P355GH se puede acordar en el pedido un valor máximo para el carbono equivalente.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 7-64 Productos planos de acero para aplicaciones a presión con propiedades a altas temperaturas - Propiedades mecánicas (aplicables a muestra transversales)

Tipos de acero Designación		Condiciones normales de suministro ¹⁾	Espesor del producto mm		Límite elástico ²⁾ R _{eH} N/mm ² mín.	Carga de rotura R _m N/mm ²	Alargamiento después de fractura L ₀ = 5.65√S ₀ A % mín.	Energía en el ensayo de flexión por choque KV (probeta con entalle en V)	
Simbólica	Númerica		mm por encima	hasta				Tª del ensayo	Valor medio de las tres probetas mín.
P235GH	1.0345	N	16	16	235	360 a 480	25 ⁴⁾	0	27
			16	40	225				
			40	60	215				
			60	100	200				
			100	150	185	350 a 480	24		
			150						
P235GH	1.0425	N	16	16	265	410 a 530	23 ⁵⁾	0	27
			16	40	255				
			40	60	245				
			60	100	215				
			100	150	200	400 a 530	22		
			150						
P235GH	1.0481	N	16	16	295	460 a 580	22	0	27
			16	40	290				
			40	60	285				
			60	100	260				
			100	150	235	440 a 570	21		
			150						
P235GH	1.0473	N	16	16	355	510 a 650	21	0	27
			16	40	345				
			40	60	335				
			60	100	315				
			100	150	295	490 a 630	20		
			150						
16Mo3	1.5415	N ⁶⁾	16	16	275	440 a 590	24	+ 20	31 ⁷⁾
			16	40	270				
			40	60	260				
			60	100	240	430 a 580	22		
			100	150	220	420 a 570	19		
			150						
13CrMo4-5	1.7335	N + T	16	16	300	450 a 600	20	+ 20	31 ⁸⁾
			16	60	295				
		N + T o QA o QL	60	100	275	440 a 590	19		
			100	150	255				
		QL	150						
10CrMo9-10	1.7380	N + T	16	16	310	480 a 630	18	+ 20	31
			16	40	300				
			40	60	290				
		N + T o QA o QL	60	100	270	470 a 620	17		
100	150		250	460 a 610					
		QL	150						
11CrMo9-10	1.7383	N + T o QA o QL	60	60	310	520 a 670	18	+ 20	31 ⁸⁾
			60	100					
		QL	100					27 ⁷⁾	

- 1) N = estado normalizado; QA = templado al aire; QL = templado en líquido; T = revenido.
- 2) Hasta que se consiga una armonización sobre el criterio de límite elástico, la determinación de R_{p0.2} puede reemplazar al R_{eH}. En este caso, los valores a aplicar serán 10N/mm² por debajo del valor mínimo.
- 3) Por acuerdo.
- 4) Si para productos de espesor comprendido entre 2mm y 3mm, el alargamiento después de la fractura ha sido determinado en probetas del ensayo de tracción con una longitud L₀ = 80mm y un ancho de 20mm, se aplicará un valor mínimo de 19% para los productos de espesor entre 2mm y 2.5mm y de 20% para los productos de espesor entre 2.5 y 3mm.
- 5) Si para productos de espesor comprendido entre 2mm y 3mm, el alargamiento después de la fractura ha sido determinado en probetas del ensayo de tracción con una longitud L₀ = 80mm y un ancho de 20mm, se aplicará un valor mínimo de 17% para los productos de espesor entre 2mm y 2.5mm y de 18% para los productos de espesor entre 2.5 y 3mm.
- 6) Este acero también se puede suministrar con la condición N + T, según la conveniencia del fabricante.
- 7) Si se ha acordado un ensayo a 0°C, el valor mínimo a aplicar será de 24J.
- 8) Si se ha acordado un ensayo a 0°C, el valor mínimo a aplicar será de 27J.

Tabla 7-65 Productos planos de acero para aplicaciones a presión con propiedades a altas temperaturas - Límite elástico convencional al 0.2% en N/mm² a temperatura elevada ¹⁾

Tipos de acero Designación		Espesor del producto mm		Límite elástico convencional de R _{p0.2} ^t al 0.2% mín. en N/mm ² a la temperatura °C de:									
Simbólica	Numérica	mm por encima	hasta	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345	60	60	206	190	180	170	150	130	1120	110	----	----
		60	100	191	175	165	160	140	125	115	105	----	----
		100	150	176	160	155	150	130	115	110	100	----	----
P265GH	1.0425	60	60	234	215	205	195	175	155	140	130	----	----
		60	100	207	195	185	175	160	145	135	125	----	----
		100	150	192	180	175	165	155	135	130	120	----	----
P295GH	1.0481	60	60	272	250	235	225	205	185	170	155	----	----
		60	100	249	230	220	210	195	180	165	145	----	----
		100	150	226	210	200	195	185	170	155	135	----	----
P355GH	1.0473	60	60	318	290	270	255	235	215	200	180	----	----
		60	100	298	270	255	240	220	200	190	165	----	----
		100	150	278	250	240	230	210	195	175	155	----	----
16Mo3	1.5415	60	60	----	----	----	215	200	170	160	150	145	140
		60	100	----	----	----	200	185	165	155	145	140	135
		100	150	----	----	----	190	175	155	145	140	135	130
13CrMo4-5	1.7335	60	60	----	----	----	230	220	205	190	180	170	165
		60	100	----	----	----	220	210	195	185	175	165	160
		100	150	----	----	----	210	200	185	175	170	160	155
10CrMo9-10	1.7380	60	60	----	----	----	245	230	220	210	200	190	180
		60	100	----	----	----	225	220	210	195	185	175	165
		100	150	----	----	----	215	205	195	185	175	165	155
11CrMo9-10	1.7383	100	100	----	----	----	----	255	235	225	215	205	195

1) Los valores del límite elástico convencional al 0.2% que figuran en esta tabla no se han calculado por los métodos recogidos en la Norma ISO 2605-1.

En el siguiente anexo se incluyen, para información de los utilizadores, valores de referencia de la resistencia a fluencia a temperaturas elevadas. Los valores indicados en la siguiente tabla tienen carácter informativo. Sin embargo, son obligatorios en los cálculos si son mencionados en la reglamentación. Las indicaciones relativas a los valores de alargamiento al 1% o de resistencia a la fluencia hasta las temperaturas indicadas en la tabla no significan que los aceros puedan mantenerse en servicio a dichas temperaturas. El criterio rige la solicitud total en servicio y, en general, las condiciones de oxidación.

Tabla 7-66 Productos planos de acero para aplicaciones a presión con propiedades a altas temperaturas - Datos provisionales de referencia de los valores de resistencia a la fluencia a temperatura elevada ¹⁾

Tipo de acero Designación		Temperatura	Carga unitaria que da un alargamiento de fluencia del 1% después de ²⁾		Resistencia a la fluencia a temperatura elevada después de ³⁾		
Simbólica	Numérica		10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	200000h N/mm ²
P235GH	1.0345	380	164	118	229	165	145
P265GH	1.0425	390	150	106	211	148	129
		400	136	95	191	132	115
		410	124	84	174	118	101
		420	113	73	158	103	89
		430	101	65	142	91	78
		440	91	57	127	79	67
		450	80	49	113	69	57
		460	72	42	100	59	48
		470	62	35	86	50	40
		480	53	30	75	42	33

1) Los valores que figuran en esta tabla son valores medios de una gama de dispersión obtenida hasta ahora y que deben comprobarse periódicamente con resultados de nuevos ensayos y, si procede, corregirse. Según los documentos actualmente disponible sobre ensayos de fluencia a temperatura elevada, se puede suponer que para las temperaturas y los tipos de acero considerados, el límite inferior de dispersión se sitúa en un 20% por debajo de los valores medios indicados.
 2) Carga unitaria, tensión que produce un alargamiento de 1% después de 10000H ó de 100000h.
 3) Carga unitaria que produce la rotura al cabo de 10000, 100000 ó 200000h.

Tabla 7.66. Productos planos de acero para aplicaciones a presión con propiedades a altas temperaturas - Datos provisionales de referencia de los valores de resistencia a la fluencia a temperatura elevada ¹⁾

Tipo de acero Designación		Temperatura	Carga unitaria que da un alargamiento de fluencia del 1% después de ²⁾		Resistencia a la fluencia a temperatura elevada después de ³⁾		
			10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	200000h N/mm ²
Simbólica	Numérica						
P295GH P355GH	1.0481 1.0473	380	195	153	291	227	206
		390	182	137	266	203	181
		400	167	118	243	179	157
		410	150	105	221	157	135
		420	135	92	200	136	115
		430	120	80	180	117	97
		440	107	69	161	100	82
		450	93	59	143	85	70
		460	83	51	126	73	60
		470	71	44	110	63	52
		480	63	38	96	55	4
		490	55	33	84	47	37
		500	49	29	74	41	30
16Mo3	1.5415	450	216	167	298	239	217
		460	199	146	273	208	188
		470	182	126	247	178	159
		480	166	107	222	148	130
		490	149	89	196	123	105
		500	132	73	171	101	84
		510	115	59	147	81	69
		520	99	46	125	66	55
		530	84	36	102	53	45
13CrMo4-5	1.7335	450	245	191	370	285	260
		460	228	172	348	251	226
		470	210	152	328	220	195
		480	193	133	304	190	167
		490	173	116	273	163	139
		500	157	98	239	137	115
		510	139	83	209	116	96
		520	122	70	179	94	76
		530	106	57	154	78	62
		540	90	46	129	61	50
		550	76	36	109	49	39
		560	64	30	91	40	32
		570	53	24	76	33	26
10Cr-Mo9-10	1.7380	450	240	166	306	221	201
		460	219	155	286	205	186
		470	200	145	264	188	169
		480	180	130	241	170	152
		490	163	116	219	152	136
		500	147	103	196	135	120
		510	132	90	176	118	105
		520	119	78	156	103	91
		530	107	68	138	90	79
		540	94	58	122	78	68
		550	83	49	108	68	58
		560	73	41	96	58	50
		570	65	35	85	51	43
		580	57	30	75	44	37
		590	50	26	68	38	32
600	44	22	61	34	28		
11CrMo9-10	1.7383	450				221	
		460				205	
		470				188	
		480				170	
		490				152	
		500				135	
		510				118	
520				103			

- 1) Los valores que figuran en esta tabla son valores medios de una gama de dispersión obtenida hasta ahora y que deben comprobarse periódicamente con resultados de nuevos ensayos y, si procede, corregirse. Según los documentos actualmente disponible sobre ensayos de fluencia a temperatura elevada, se puede suponer que para las temperaturas y los tipos de acero considerados, el límite inferior de dispersión se sitúa en un 20% por debajo de los valores medios indicados.
- 2) Carga unitaria, tensión que produce un alargamiento de 1% después de 10000H ó de 100000h.
- 3) Carga unitaria que produce la rotura al cabo de 10000, 100000 ó 200000h.

7.5.3. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO. UNE-EN 10028-3: 1992.

Se especifican las características de los productos planos de acero de grano fino para el soldeo y que se utilizarán para aplicaciones a presión. Se entiende por “aceros de grano fino” los que tienen un tamaño de grano ferrítico igual a 6 o más fino, determinado mediante ensayos definidos en la Euronorma 103. También son aplicables las características de la Norma EN 10028-1.

❑ **MEDIDAS Y TOLERANCIAS**

Véase la Norma EN 10028-1.

❑ **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Tabla 7-67 Aceros soldables de grano fino en estado normalizado para aplicaciones a presión - Composición química (análisis de colada)

Tipo de acero			% por masa ²⁾															
Designación		Clase ¹⁾	C	Si máx	Mn	P máx	S máx	Al mín.	Cr máx.	Cu ³⁾ máx	Mo máx.	N máx.	Nb máx	Ni máx	Ti máx	V máx	Nb+Ti+V max	
Simból.	Numér.																	
P275N	1.0486	UQ	0.18	0.40	0.50 a	0.030	0.025	0.020 ₂₎	0.30 ₃₎	0.30 ₃₎	0.08 ₃₎	0.020	0.05	0.50	0.03	0.05	0.05	
P275NH	1.0487	UQ			1.40													
P275NL1	1.0488	UQ			0.50 a													
P275NL2	1.1104	UE	0.16		1.50	0.025	0.015											
P355N	1.0562	UQ	0.20	0.50	0.90 a	0.030	0.025	0.020 ₂₎	0.30 ₃₎	0.3 ₃₎	0.08 ₃₎	0.020	0.05	0.50	0.03	0.10	0.12	
P355NH	1.0565	UQ																1.70
P355NL1	1.0566	UQ																0.030
P355NL2	1.1106	UE	0.18		1.70	0.025	0.015											
P460N	1.8905	LE	0.20	0.60	1.00 a	0.030	0.025	0.020 ₂₎	0.30	0.70 ₄₎	0.10	0.025	0.05	0.50	0.03	0.20	0.22	
P460NH	1.8935	LE																
P460NL1	1.8915	LE																0.030
P460NL2	1.8918	LE																0.025

- 1) UQ = acero no aleado de calidad; UE = acero especial no aleado; LE = acero especial aleado.
- 2) Si el nitrógeno es adicionalmente fijado por niobio, titanio o vanadio, no se aplicará el contenido mínimo de aluminio en la especificación.
- 3) La suma de los porcentajes en masa de cromo, cobre y molibdeno no deberá ser superior al 0.45%.
- 4) Si el porcentaje en masa de cobre es superior al 0.30%, el porcentaje en masa del níquel será al menos la mitad del porcentaje en masa del cobre.

Tabla 7-68 Aceros soldables de grano fino en estado normalizado para aplicaciones a presión - Desviaciones admisibles para la composición química en el análisis sobre producto respecto a los valores del análisis de colada

Elemento	Valores del análisis de colada según la tabla de composición química % en masa	Desviación admisible ¹⁾ en el análisis sobre producto respecto a los valores del análisis de colada como figuran en la tabla de composición química % en masa
C	≤ 0.20	+ 0.02
Si	≤ 0.60	+ 0.05
Mn	≤ 0.170	+ 0.10 - 0.05
P	≤ 0.030	+ 0.005
S	≤ 0.015	+ 0.003
	> 0.015 a ≤ 0.025	- 0.005
Al	≥ 0.002	+ 0.005
Cr	≤ 0.30	+ 0.05
Cu	≤ 0.30	+ 0.05
	> 0.30 ≤ 0.70	+ 0.07
Mo	≤ 0.10	+ 0.03
N	≤ 0.025	+ 0.002
Nb	≤ 0.05	+ 0.01
Ni	≤ 0.80	+ 0.05
Ti	≤ 0.03	+ 0.01
V	≤ 0.20	+ 0.02

1) En el caso que se efectúen varios análisis sobre producto en una misma colada y se encuentren para un mismo elemento, contenidos situados fuera de los límites de composición admisibles, sólo se permitirán desviaciones bien por encima del límite superior, bien por debajo del límite inferior, pero no ambas desviaciones simultáneamente.

Tabla 7-69 Aceros soldables de grano fino en estado normalizado para aplicaciones a presión - Valor máximo de carbono equivalente (si se acuerda al hacer el pedido)

Tipo de acero		Máximo carbono equivalente para espesor nominal en mm		
Designación		≤ 63	> 63 a ≤ 100	> 100 a ≤ 150
Simbólica	Númerica			
P275N	1.0486	0.40	0.40	0.42
P275NH	1.0487			
P275NL1	1.0488			
P275NL2	1.1104			
P355N	1.0562	0.43	0.45	0.45
P355NH	1.0565			
P355NL1	1.0566			
P355NL2	1.1106			
P460N	1.8905	----	----	----
P460NH	1.8935			
P460NL1	1.8915			
P460NL2	1.8918			

1) Carbono equivalente: $CEV = C + (Mn/6) + ((Cr+Mo+V)/5) + ((Ni+Cu)/15)$.
 2) Si se acuerda al hacer el pedido, se aplicará el siguiente requisito en vez del carbono equivalente:
 $V+Nb+Ti \leq 0.22\%$; $Mo+Cr \leq 0.30\%$.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Se aplicarán los valores indicados en las tres tablas siguientes. Hay que señalar que los valores para el carbono equivalente están relacionados con las características mecánicas especificadas para cada estado de suministro.

Tabla 7-70 Aceros soldables de grano fino en estado normalizado para aplicaciones a presión - Características mecánicas en el ensayo de tracción a temperatura ambiente

Tipo de acero		Estado normal de suministro	Límite elástico $R_{eH}^{1)}$ mínimo, en N/mm^2 para un espesor del producto en mm							Resistencia a la tracción R_m en N/mm^2 para un espesor de producto en mm				Alargamiento A mínimo después de rotura, en % ($L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$) para producto de espesor en mm		
Designación			≤16	>16 ≤35	>35 ≤50	>50 ≤70	>70 ≤100	>100 ≤150	>150	≤70	>70 ≤100	>100 ≤150	>150	≤70	>70 ≤150	>150
Simb.	Núm.															
P275N	1.0486	Normalizado	275	275	265	255	235	225	2)	390-510	370-490	350-470	2)	24	23	2)
P275NH	1.0487															
P275NL1	1.0488															
P275NL2	1.1104															
P355N	1.0562	Normalizado	355	355	345	325	315	295	2)	490-630	470-610	450-590	2)	22	21	2)
P355NH	1.0565															
P355NL1	1.0566															
P355NL2	1.1106															
P460N	1.8905	Normalizado	460	450	440	420	400	380	2)	570-720 ⁴⁾	540-710	520-690	2)	17	16	2)
P460NH	1.8935															
P460NL1	1.8915															
P460NL2	1.8918															

1) Hasta que se consiga una armonización sobre el criterio del límite elástico, la determinación del $R_{p0.2}$ puede reemplazar al R_{eH} . En este caso, el $R_{p0.2}$ será $10N/mm^2$ inferior al R_{eH} para valores menores de $355N/mm^2$ y $15N/mm^2$ para valores de R_{eH} mayores de $355N/mm^2$.
 2) Por acuerdo.
 3) Para espesores $\leq 16mm$, se admite un valor máximo de $730N/mm^2$.
 4) Para espesores $\leq 16mm$, se admite un valor máximo de $730N/mm^2$.

Para los aceros de la serie tenaz a bajas temperaturas y de la serie de tenacidad especial, se puede convenir al hacer el pedido que se cumplan los valores mínimos del límite convencional al 0.2% recogidos en la siguiente tabla para la serie resistente a la fluencia a altas temperaturas.

Tabla 7-71 Aceros soldables de grano fino en estado normalizado para aplicaciones a presión - Valores mínimos de la energía absorbida en el ensayo de flexión por choque KV (aplicable a probetas con entalla en V)

Tipo de acero	Estado de suministro	Espesor del producto	Valor mínimo de la energía de rotura en J determinado sobre probeta longitudinal transversal a la temperatura de ensayo en °C									
			- 50	- 40	- 20	0	+ 20	- 50	- 40	- 20	0	+ 20
P...N P...NH P...NL1	Normalizado	5 a 150 ¹⁾	----	----	40	47	55	----	----	20	27	31
P...NL2			27	34	47	55	63	16	20	27	34	40
			30	40	65	90	100	27	30	40	60	70

1) Para espesores de productos hasta 10mm.

Tabla 7-72 Aceros soldables de grano fino en estado normalizado para aplicaciones a presión - Límite elástico convencional al 0.2% temperatura elevada ¹⁾

Tipos de acero Designación		Espesor del producto mm	Límite elástico convencional de $R_{p0.2}$ al 0.2% mín. en N/mm ² a la temperatura °C de:							
Simbólica	Númerica		50	100	150	200	250	300	350	400
P275NH	1.0487	≤ 35	264	245	226	196	177	147	127	108
		> 35 a ≤ 70	247	235	216					
		> 7 a ≤	229	216	196	176	157	127	108	88
		> 100 a ≤ 150	214	196	176	157	137	108	88	69
P355NH	1.0565	≤ 35	336	304	284	245	226	216	196	167
		> 35 a ≤ 70	313	294	275					
		> 7 a ≤	300	275	255	235	216	196	177	147
		> 100 a ≤ 150	280	255	235	216	196	177	157	127
P460NH	1.8935	≤ 35	----	402	373	333	314	294	265	235
		> 35 a ≤ 70	----	392	363					
		> 7 a ≤	----	373	343	324	294	275	245	216
		> 100 a ≤ 150	----	353	324	304	275	255	226	196

1) Los valores del límite elástico convencional al 0.2% que figuran en esta tabla no se han calculado por los métodos recogidos en la Norma ISO 2605-1.

7.5.4. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE. UNE-EN 10028-5: 1992.

Se especifican las características de los productos planos para recipientes a presión fabricados con los aceros laminados termomecánicamente. Estos aceros no son aptos para conformado en caliente. Por el momento no hay datos que permitan normalizar las características de estos aceros a temperaturas elevadas. Si se pretende utilizarlos a estas temperaturas, las condiciones correspondientes deben ser objeto de acuerdo específico entre las partes.

□ MEDIDAS Y TOLERANCIAS

Véase la Norma EN 10028-1.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 7-73 Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente para aplicaciones a presión- Composición química (análisis de colada)

Tipo de acero Designación		C	Si	Mn	P	S	Al _{tot} ²⁾	Mo ⁴⁾	N	Nb ⁵⁾	Ni	Ti ⁵⁾	V ⁵⁾	Otros
Simbólica	Númerica	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	mín.	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	
P355M	1.8821	0.14	0.50	1.60	0.025	0.020	0.020 ³⁾	0.20	0.015	0.05	0.50	0.05	0.10	4)
P355ML1	1.8832				0.020	0.015								
P355ML2	1.8833													
P420M	1.8824	0.16	0.50	1.70	0.025	0.020	0.020 ³⁾	0.20	0.020	0.05	0.50	0.05	0.10	4)
P420ML1	1.8835				0.020	0.015								
P420ML2	1.8828													
P460M	1.8826	0.16	0.60	1.70	0.025	0.020	0.020 ³⁾	0.20	0.020	0.05	0.50	0.05	0.10	4)
P460ML1	1.8837				0.020	0.015								
P460ML2	1.8831													

1) Los elementos que no figuran en esta tabla no se añadirán al acero salvo acuerdo previo, excepto que sean necesarios para acabar de colar. Se tomarán las medidas precisas para prevenir la incorporación, a partir de las materias primas utilizadas en la fabricación (chatarras), de todos los elementos susceptibles de afectar a las características mecánicas y al rendimiento del proceso y en las aplicaciones del acero.
 2) Se debe determinar el contenido de Al en la colada e indicarlo en el certificado de ensayo.
 3) El valor mínimo para el Al_{tot} no se aplican si están presentes contenidos adecuados de otros elementos fijadores de nitrógeno.
 4) (Cr+Cu+Mo) ≤ 0.60%.
 5) El total de V+Nb+Ti no debe exceder del 0.15%.

Tabla 7-74 Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente para aplicaciones a presión - Desviaciones admisibles para la composición química en el análisis sobre producto respecto a los valores del análisis de colada

Elemento	Valores especificados para el análisis de colada según la tabla de composición química % en masa	Desviación admisible en el análisis sobre producto respecto a los valores del análisis de colada como figuran en la tabla de composición química % en masa
C	≤ 0.16	+ 0.02
Si	≤ 0.60	+ 0.06
Mn	≤ 1.70	+ 0.10
P	≤ 0.025	+0.005
S	≤ 0.015	+ 0.003
	≤ 0.020	+ 0.005
Al	≥ 0.020	- 0.005
N	≤ 0.020	+ 0.002
Mo	≤ 0.20	+ 0.03
Nb	≤ 0.05	+ 0.01
Ni	≤ 0.50	+ 0.05
Ti	≤ 0.05	+ 0.01
V	≤ 0.10	+ 0.01
Cr+Cu+Mo	≤ 0.60	+ 0.10
V+Nb+Ti	≤ 0.15	+ 0.03

Tabla 7-75 Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente para aplicaciones a presión - Valor máximo de carbono equivalente en el análisis de colada

Tipo y grado de acero	Carbono equivalente CEV ¹⁾ %máx.		
	Para espesores de producto especificado, en mm		
	t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63
P355M / ML1 / ML2	0.39	0.39	0.40
P420M / ML1 / ML2	0.43	0.45	0.46
P460M / ML1 / ML2	0.45	0.46	0.47

1) Carbono equivalente: CEV = C+(Mn/6)+((Cr+Mo+V)/5)+((Ni+Cu)/15).

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 7-76 Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente para aplicaciones a presión - Características mecánicas a temperatura ambiente

Tipo de acero		Límite elástico R _{eH} ¹⁾ mínimo, en N/mm ² para un espesor del producto especificado en mm			Resistencia a la tracción R _m N/mm ²	Alargamiento de rotura (L ₀ = 5.65√S ₀) A % mín.
Designación		t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63		
Simbó.	Numér.	N/mm ² mín.				
P355M	1.8821	355		345	450 a 610	22
P355ML1	1.8832					
P355NL2	1.8833					
P420M	1.8824	420	400	390	500 a 660	19
P420ML1	1.8835					
P420ML2	1.8828					
P460M	1.8826	460	440	430	530 a 720	17
P460ML1	1.8837					
P460ML2	1.8831					

1) Debe determinar el límite elástico superior (R_{eH}), o si este no es pronunciado, el límite al 0.2% de profundidad (R_{p0.2})

Tabla 7-77 Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente para aplicaciones a presión - Energía de rotura absorbida en flexión por choque (válida para probetas transversales con entalla en V)

Tipo de acero de las series siguientes	Valor mínimo de la energía de rotura en J a una temperatura de ensayo en °C de				
	- 50	- 40	- 20	0	+ 20
P....M			27	40	60
P....ML1		27	40	60	
P....ML2	27	40	60	80	

7.5.5. ACEROS PARA APARATOS A PRESIÓN SIMPLES. CHAPAS, BANDAS Y BARRAS. UNE 36-029; 1992. EN 10207.

Productos planos y barras de acero que deben satisfacer las especificaciones de las partes a presión en los recipientes a presión simples definidos en la Directiva 87/404 de la CEE.

□ MEDIDAS Y TOLERANCIAS

Las medidas nominales y las tolerancias admisibles de los productos deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido, tomando como base las siguientes Normas dimensionales:

- Para productos planos laminados en caliente de espesor igual o superior a 3mm, se aplicarán las tolerancias en espesor de clase B definidas en la Norma Europea EN 10029.
- Para:
 - las bandas (en bobinas), laminadas en continuo, de anchura de laminación igual o superior a 600mm;
 - los flejes laminados en caliente, obtenidos por corte longitudinal a anchuras inferiores a 600mm de bandas más anchas;
 - las bandas suministradas en forma de "chapas cortadas", laminadas en caliente y de espesor inferior a 3mm, se aplicará la Norma EN 10051.
- Para flejes laminados en caliente, (anchura de laminación inferior a 600mm, se aplicará la EN 10048)

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química, establecida por un análisis de colada, estará conforme con lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla 7-78 Aceros para aparatos a presión simples, chapas, bandas y barras - Composición química (análisis de colada) y clasificación de los aceros

Designación del acero		Clasificación ¹⁾	% C máx.	% Si máx.	% Mn	% P máx.	% S máx.	% Al _{total} mín. ²⁾
Simbólica	Númerica							
P235S	1.0112	UQ	0.16	0.35	0.40 a 1.20	0.035	0.030	0.020
P265S	1.0130	UQ	0.20	0.40	0.50 a 1.50	0.035	0.030	0.020
P275SL	1.1100	US	0.16	0.40	0.50 a 1.50	0.035	0.025	0.020

1) UQ = acero no aleado de calidad; US = acero no aleado especial.
 2) Si se añaden otros elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica el mínimo de aluminio total. Los contenidos en estos elementos deben figurar en el documento de inspección.

Tabla 7-79 Aceros para aparatos a presión simples chapas, bandas y barras - Desviaciones admisibles de los resultados del análisis sobre producto respecto a los valores límite inferiores o superiores especificados en la tabla de composición química para el análisis de colada

Elemento	Valor límite especificado en la tabla de composición química para el análisis de colada % en masa	Desviación admisible ¹⁾ para el análisis sobre producto respecto al valor límite para el análisis de colada especificado en la tabla de composición química % en masa
C	≤ 0.20	+ 0.02
Si	≤ 0.40	+ 0.05
Mn	≤ 1.00	± 0.05
	1.00 a ≤ 1.50	± 0.10
P	≤ 0.035	+ 0.005
S	≤ 0.030	+ 0.005
Al	≤ 0.020	- 0.005

1) Si para una misma colada, se realizan varios análisis sobre producto y si, para un mismo elemento, se obtienen valores fuera del intervalo admitido para la composición química definida para el análisis de colada, estas desviaciones sólo pueden autorizarse por encima del máximo o por debajo del mínimo, pero en ningún caso en ambos sentidos a la vez para una misma colada.

Tabla 7-80 Aceros para aparatos a presión simples chapas, bandas y barras - Características mecánicas

Designación del acero/ Simból. Numér.		R _e mín. ¹⁾ para un espesor nominal, en mm de			R _m ¹⁾ N/mm ²	KV _{long} ¹⁾		A _{long} mín. ¹⁾²⁾				
		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 60		a °C	mín. J	L ₀ = 80mm		L ₀ = 5.65 √S ₀		
		N/mm ²					Para un espesor nominal en mm de					
							> 2 ≤ 2.5	> 2.5 < 3	≥ 3 ≤ 40	> 40 ≤ 60	%	
P235S	1.0112	235	225	215	360 a 480	- 20	28	20	21	26	25	
P265S	1.0130	265	255	245	410 a 530	- 20	28	17	18	22	22	
P275SL	1.1100	275	265	255	390 a 510	- 50	28	19	20	24	24	

1) R_e = Límite elástico; R_m = resistencia a la tracción; A_{long} mín. = Alargamiento de rotura (valores mínimos) para probetas de tracción longitudinales; L₀ = Longitud inicial entre puntos; S₀ = área de la sección inicial de la parte calibrada; KV_{long} = energía mínima de rotura de flexión por choque obtenida con una probeta Charpy en V longitudinal.

2) Si para productos planos cuya anchura de laminación sea igual o superior a 600mm, se ensayan probetas transversales, los valores mínimos de alargamiento de rotura son dos unidades inferiores a los valores especificados en la tabla de probetas longitudinales.

Tabla 7-81 Aceros para aparatos a presión simples chapas, bandas y barras - Límite elástico convencional al 0.2% a alta temperatura

Designación del acero Simbólica Numérica		Espesor del producto en mm	Límite elástico convencional al 0.2% a:				
			100 °C	150 °C	200 °C	250 °C	300 °C
			N/mm ² mín.				
P235S	1.0112	≤ 60	171	162	153	135	117
P265S	1.0130	≤ 60	194	185	176	158	140
P275SL	1.1100	≤ 40	221	203	176	159	132
		> 40 ≤ 60	212	194	176	159	132

□ **BANDAS Y FLEJES PARA BOTELLAS DE GAS SOLDADAS. UNE-EN 10120: 1996.**

Se especifican los requisitos para las chapas y bandas laminadas en caliente de espesor inferior a 5mm fabricadas con los aceros que se indican a continuación y destinadas a la fabricación de botellas de gas soldadas.

• **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Tabla 7-82 Bandas y flejes para botellas de gas soldadas - Composición química del análisis de colada en %¹⁾

Designación del acero		C máx.	Si máx.	Mn mín.	P máx.	S máx.	Al _{total} ²⁾ mín.	N ³⁾ máx.	Nb máx.	Ti máx.
P245NB	1.0111	0.16	0.25	0.30	0.025	0.015	0.020	0.009	0.050	0.03
P265NB	1.0423	0.19	0.25	0.40	0.025	0.015	0.020	0.009	0.050	0.03
P310NB	1.0437	0.20	0.50	0.70	0.025	0.015	0.020	0.009	0.050	0.03
P355NB	1.0557	0.20	0.50	0.70	0.025	0.015	0.020	0.009	0.050	0.03

1) Los elementos no mencionados, con excepción de los destinados a la elaboración final de la colada, no deberán añadirse intencionadamente sin acuerdo del comprador. Deberán adoptarse todas las precauciones razonables para evitar que las chatarras y otras materias primas, empleadas en la fabricación del acero, introduzcan elementos que puedan afectar a la templabilidad, a las características mecánicas o a la utilización del producto.

2) El contenido en Al se puede reemplazar en parte por un contenido ≤ 0.050% de Nb y/o ≤ 0.03% de Ti. En tal caso, el contenido exacto de estos elementos debe mencionarse en el documento de control.

3) Si la relación Al_{total} / N ≥ 2.2 o si se han efectuado las adiciones de Nb y Ti, el contenido de nitrógeno puede ser ≤ 0.012%.

Tabla 7-83 Bandas y flejes para botellas de gas soldadas - Desviaciones admisibles en el análisis sobre producto respecto de los límites de composición del análisis de colada

Elemento	Valores límites en el análisis de colada %	Desviaciones admisibles en el análisis de producto %
C	≤ 0.20	+ 0.02
Si	≤ 0.50	+ 0.05
Mn	≥ 0.30	- 0.05
P	≤ 0.025	+ 0.005
S	≤ 0.015	+ 0.003
Al _{total}	≥ 0.020	- 0.005
N	≤ 0.009	+ 0.002
Nb	≤ 0.050	+ 0.010
Ti	≤ 0.03	+ 0.01



• **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

Las características mecánicas deben ser conformes a los valores indicados en la siguiente tabla, que son aplicables a muestras en estado de normalizado o de laminado de normalización.

Tabla 7-84 Bandas y flejes para botellas de gas soldadas - Características mecánicas e indicaciones relativas al tratamiento térmico

Designación del acero		Límite elástico superior R_{eH} N/mm ² mín.	Resistencia a la tracción R_m N/mm ²	Alargamiento de rotura A para un espesor t de producto en mm		Temperatura de normalización (a título informativo) ¹⁾ °C
Simbólica	Numérica			t < 3 (L ₀ = 80mm) % mín.	3 ≤ t ≤ 5 (L ₀ = 5.65√S ₀) % mín.	
P245NB	1.0111	245	360 a 450	26	34	900 a 940
P265NB	1.0423	265	410 a 500	24	32	890 a 930
P310NB	1.0437	310	460 a 550	21	28	890 a 930
P355NB	1.0557	355	510 a 620	19	24	880 a 920

1) Las temperaturas de normalización indicadas aquí, sólo son obligatorias si las probetas de referencia se deben someter a ensayo.

• **SOLDABILIDAD**

Los aceros conformes a esta Norma Europea son soldables por los procedimientos habituales de soldeo por fusión.

• **TOLERANCIAS**

Las tolerancias de masa y dimensiones deben ser conformes a la Norma Europea EN 10051.

Condición superficial

Dependiendo de lo acordado en el momento de hacer la consulta y el pedido, la chapa o la banda se pueden suministrar bien en el estado de laminado o bien decapados por un procedimiento químico o mecánico o aceitados. Los defectos externos que no comprometan la aplicación prevista no deben ser causa de rechazo. Sólo el material afectado puede ser rechazado sobre la base de defectos externos.

Índice de Tablas:

Productos planos laminados en caliente

TABLA 7-1 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - MEDIDAS EN MILÍMETROS....	152
TABLA 7-2 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - TOLERANCIAS DE ESPESOR PARA LAS CHAPAS Y HOJAS CON RESISTENCIA NORMAL A LA DEFORMACIÓN A TEMPERATURAS ELEVADAS (CLASE A)	152
TABLA 7-3 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - INCREMENTOS EN LA TOLERANCIA DE ESPESOR PARA ACEROS CON ALTA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN A TEMPERATURAS ELEVADAS ¹⁾	153
TABLA 7-4 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE LONGITUD	153
TABLA 7-5 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE ANCHURA PARA CHAPAS Y HOJAS	153
TABLA 7-6 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - TOLERANCIA DE PLANICIDAD PARA ACEROS DE RESISTENCIA NORMAL A LA DEFORMACIÓN A TEMPERATURAS ELEVADAS (CLASE A).....	154
TABLA 7-7 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - TOLERANCIA DE PLANICIDAD, PARA ACEROS DE ALTA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN A TEMPERATURAS ELEVADAS	154
TABLA 7-8 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - VALORES MÁXIMOS DE “CORONA” DE LA BANDA LAMINADA EN CALIENTE PARA RELAMINAR EN FRÍO PARA ACERO DE CLASE A	155
TABLA 7-9 CHAPAS Y HOJAS LAMINADAS EN CALIENTE - DIFERENCIA DE ESPESOR ADMISIBLE EN UNA BOBINA LAMINADA EN CALIENTE PARA RELAMINAR EN FRÍO	155
TABLA 7-10 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - MEDIDAS Y TOLERANCIAS DE ESPESOR.....	156
TABLA 7-11 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - PORCENTAJE DE MAYORACIÓN DE LAS TOLERANCIAS DE ESPESOR Y ABOMBADO PARA LOS FLEJES DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN A TEMPERATURAS ELEVADAS ¹⁾	156
TABLA 7-12 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIAS DE ABOMBADO PARA FLEJES DESTINADOS A RELAMINACIÓN.....	158
TABLA 7-13 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - COEFICIENTE DE MAYORACIÓN DE LAS TOLERANCIAS DE ESPESOR Y DE ABOMBADO DE LOS FLEJES CON ALTA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN A TEMPERATURAS ELEVADAS	158
TABLA 7-14 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - MEDIDAS Y TOLERANCIA DE ANCHURA PARA FLEJES CON BORDES BRUTOS DE LAMINACIÓN.....	158
TABLA 7-15 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - MEDIDAS Y TOLERANCIAS PARA FLEJES CON BORDES CIZALLADOS	158
TABLA 7-16 FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIAS DE LONGITUD	159
TABLA 7-17 CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE ≥ 3 MM – TOLERANCIAS EN ESPESOR.....	160
TABLA 7-18 CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE ≥ 3 MM – TOLERANCIAS EN ANCHURA	160
TABLA 7-19 CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE ≥ 3 MM – TOLERANCIAS EN LONGITUD	160
TABLA 7-20 CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE ≥ 3 MM – TOLERANCIAS NORMALES DE PLANICIDAD	161
TABLA 7-21 CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE ≥ 3 MM -	161
TABLA 7-22 CHAPAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE ≥ 3 MM - EXCESO DE MASA, CLASES A, B, C Y D.	162
TABLA 7-23 BANDAS Y CHAPAS LAMINADAS EN CALIENTE DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO- COMPOSICIÓN QUÍMICA	163

TABLA 7-24 BANDAS Y CHAPAS LAMINADAS EN CALIENTE DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO - DESVIACIONES ADMISIBLES EN EL ANÁLISIS DE PRODUCTO RESPECTO DE LOS LÍMITES ESPECIFICADOS PARA EL ANÁLISIS DE COLADA.....	163
TABLA 7-25 BANDAS Y CHAPAS LAMINADAS EN CALIENTE DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS ¹⁾	163
TABLA 7-26 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO- TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA EL ANÁLISIS DE PRODUCTO CON RESPECTO A LOS VALORES LÍMITE DEL ANÁLISIS DE COLADA.....	164
TABLA 7-27 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO - COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ANÁLISIS DE COLADA PARA ACEROS LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE	165
TABLA 7-28 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS ACEROS LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE	167
TABLA 7-29 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE TERMOMECANICAMENTE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO - VALORES MÍNIMOS DEL RADIO INTERIOR DE PLEGADO PARA LA CONFORMACIÓN EN FRÍO.....	167
TABLA 7-30 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO - COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ANÁLISIS DE COLADA PARA ACEROS EN ESTADO DE NORMALIZADO O LAMINADO DE NORMALIZACIÓN	168
TABLA 7-31 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS ACEROS EN ESTADO DE NORMALIZADO O LAMINADO DE NORMALIZACIÓN	168
TABLA 7-32 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN CALIENTE NORMALIZADO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO - VALORES MÍNIMOS DEL RADIO INTERIOR DE PLEGADO PARA LA CONFORMACIÓN EN FRÍO	168
TABLA 7-33 BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR- COMPOSICIÓN QUÍMICA SOBRE COLADA.....	169
TABLA 7-34 BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR - ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO	169
TABLA 7-35 BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR - TOLERANCIA EN ESPESOR	169
TABLA 7-36 BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR - TOLERANCIA EN ANCHURA	170
TABLA 7-37 BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR - TOLERANCIA DE PLANICIDAD.....	170
TABLA 7-38 BOBINAS DE ACERO AL CARBONO, LAMINADAS EN CALIENTE PARA TRANSFORMAR - VALORES ADMISIBLES DE CORONA.....	170
TABLA 7-39 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - DESVIACIONES PERMITIDAS EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO A LOS LÍMITES PARA EL ANÁLISIS DE COLADA.....	171
TABLA 7-40 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - COMPOSICIÓN QUÍMICA REFERIDA AL ANÁLISIS DE COLADA DE LOS ACEROS NORMALIZADOS	172
TABLA 7-41 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO NORMALIZADOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - DESVIACIONES PERMITIDAS EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO.....	172
TABLA 7-42 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - CEV* MÁXIMO PARA LOS ACEROS NORMALIZADOS (POR ACUERDO EN EL PEDIDO)	173
TABLA 7-43 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS A LA TEMPERATURA AMBIENTE DEL ACERO EN ESTADO NORMALIZADO.....	173
TABLA 7-44 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - VALORES MÍNIMOS DE ENERGÍA DE ROTURA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE CON PROBETAS LONGITUDINALES CON ENTALLA EN V PARA LOS ACEROS NORMALIZADOS	173

TABLA 7-45 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - VALORES MÍNIMOS DE ENERGÍA DE ROTURA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE CON PROBETAS TRANSVERSALES CON ENTALLA EN V PARA LOS ACEROS NORMALIZADOS, CUANDO DICHO TIPO DE PROBETA HA SIDO OBJETO DE ACUERDO EN LA PETICIÓN DE OFERTA Y EN EL PEDIDO.....	173
TABLA 7-46 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO TERMOMECÁNICOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS- COMPOSICIÓN QUÍMICA REFERIDA AL ANÁLISIS DE COLADA	175
TABLA 7-47 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO TERMOMECÁNICOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - DESVIACIONES PERMITIDAS EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO.....	175
TABLA 7-48 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO TERMOMECÁNICOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - CEV* MÁXIMO PARA LOS ACEROS M (POR ACUERDO EN EL PEDIDO).....	175
TABLA 7-49 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO TERMOMECÁNICOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS A LA TEMPERATURA AMBIENTE DEL ACERO EN ESTADO M.	176
TABLA 7-50 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO TERMOMECÁNICOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - VALORES MÍNIMOS DE ENERGÍA DE ROTURA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE CON PROBETAS LONGITUDINALES CON ENTALLA EN V PARA LOS ACEROS M	176
TABLA 7-51 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO TERMOMECÁNICOS PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - VALORES MÍNIMOS DE ENERGÍA DE ROTURA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE CON PROBETAS TRANSVERSALES CON ENTALLA EN V PARA LOS ACEROS M, CUANDO DICHO TIPO DE PROBETA HA SIDO OBJETO DE ACUERDO EN LA PETICIÓN DE OFERTA Y EN EL PEDIDO.....	176
TABLA 7-52 ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN- LIMITACIONES PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE ACERO SEGÚN EL ESPESOR.....	177
TABLA 7-53 ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN - COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ANÁLISIS DE COLADA	177
TABLA 7-54 ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN - DESVIACIONES ADMISIBLES ENTRE EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO Y LOS VALORES LÍMITES ESPECIFICADOS, PARA EL ANÁLISIS DE COLADA	178
TABLA 7-55 ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS PRODUCTOS PLANOS Y LARGOS ¹⁾	179
TABLA 7-56 ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS – ENERGÍA ABSORBIDA, KV, EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE EN PRODUCTOS PLANOS Y LARGOS	179
TABLA 7-57 ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN - VALORES MÍNIMOS DEL RADIO DE PLEGADO EN LA CONFORMACIÓN EN FRÍO DE PRODUCTOS PLANOS	179
TABLA 7-58 ACEROS DE CONSTRUCCIÓN CON RESISTENCIA MEJORADA A LA DEFORMACIÓN PERPENDICULAR- GRADOS Y VALORES MÍNIMOS DE ESTRICCIÓN	181
TABLA 7-59 PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL - COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA).....	181
TABLA 7-60 PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (ESPESOR INFERIOR A 50MM)	183
TABLA 7-61 PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (ESPESOR INFERIOR A 50MM)	183
TABLA 7-62 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS- COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA)	185
TABLA 7-63 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS - DESVIACIONES ADMISIBLES PARA LA	

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO A LOS VALORES DEL ANÁLISIS DE COLADA	185
TABLA 7-64 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS - PROPIEDADES MECÁNICAS (APLICABLES A MUESTRA TRANSVERSALES).....	186
TABLA 7-65 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS - LÍMITE ELÁSTICO CONVENCIONAL AL 0.2% EN N/MM ² A TEMPERATURA ELEVADA ¹⁾	187
TABLA 7-66 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN CON PROPIEDADES A ALTAS TEMPERATURAS - DATOS PROVISIONALES DE REFERENCIA DE LOS VALORES DE RESISTENCIA A LA FLUENCIA A TEMPERATURA ELEVADA ¹⁾	187
TABLA 7-67 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO PARA APLICACIONES A PRESIÓN - COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA)	189
TABLA 7-68 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO PARA APLICACIONES A PRESIÓN - DESVIACIONES ADMISIBLES PARA LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO A LOS VALORES DEL ANÁLISIS DE COLADA	189
TABLA 7-69 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO PARA APLICACIONES A PRESIÓN - VALOR MÁXIMO DE CARBONO EQUIVALENTE (SI SE ACUERDA AL HACER EL PEDIDO)	190
TABLA 7-70 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO PARA APLICACIONES A PRESIÓN - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN A TEMPERATURA AMBIENTE.....	190
TABLA 7-71 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO PARA APLICACIONES A PRESIÓN - VALORES MÍNIMOS DE LA ENERGÍA ABSORBIDA EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE KV (APLICABLE A PROBETAS CON ENTALLA EN V).....	190
TABLA 7-72 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO PARA APLICACIONES A PRESIÓN - LÍMITE ELÁSTICO CONVENCIONAL AL 0.2% TEMPERATURA ELEVADA ¹⁾	191
TABLA 7-73 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN- COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA)	191
TABLA 7-74 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN - DESVIACIONES ADMISIBLES PARA LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO A LOS VALORES DEL ANÁLISIS DE COLADA.....	192
TABLA 7-75 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN - VALOR MÁXIMO DE CARBONO EQUIVALENTE EN EL ANÁLISIS DE COLADA.....	192
TABLA 7-76 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS A TEMPERATURA AMBIENTE.....	192
TABLA 7-77 ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECANICAMENTE PARA APLICACIONES A PRESIÓN - ENERGÍA DE ROTURA ABSORBIDA EN FLEXIÓN POR CHOQUE (VÁLIDA PARA PROBETAS TRANSVERSALES CON ENTALLA EN V).....	192
TABLA 7-78 ACEROS PARA APARATOS A PRESIÓN SIMPLES, CHAPAS, BANDAS Y BARRAS - COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA) Y CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS	193
TABLA 7-79 ACEROS PARA APARATOS A PRESIÓN SIMPLES CHAPAS, BANDAS Y BARRAS - DESVIACIONES ADMISIBLES DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO A LOS VALORES LÍMITE INFERIORES O SUPERIORES ESPECIFICADOS EN LA TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA EL ANÁLISIS DE COLADA.....	193
TABLA 7-80 ACEROS PARA APARATOS A PRESIÓN SIMPLES CHAPAS, BANDAS Y BARRAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	194
TABLA 7-81 ACEROS PARA APARATOS A PRESIÓN SIMPLES CHAPAS, BANDAS Y BARRAS - LÍMITE ELÁSTICO CONVENCIONAL AL 0.2% A ALTA TEMPERATURA	194



TABLA 7-82 BANDAS Y FLEJES PARA BOTELLAS DE GAS SOLDADAS - COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ANÁLISIS DE COLADA EN % ¹⁾ 194

TABLA 7-83 BANDAS Y FLEJES PARA BOTELLAS DE GAS SOLDADAS - DESVIACIONES ADMISIBLES EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO DE LOS LÍMITES DE COMPOSICIÓN DEL ANÁLISIS DE COLADA 194

TABLA 7-84 BANDAS Y FLEJES PARA BOTELLAS DE GAS SOLDADAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS E INDICACIONES RELATIVAS AL TRATAMIENTO TÉRMICO 196