

## EL ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN

1. GENERALIDADES
2. DESIGNACIÓN DE LOS ACEROS
3. ACEROS PARA LA CONSTRUCCIÓN

### 1. GENERALIDADES

ACERO es el nombre que se da a las aleaciones de hierro (Fe) y carbono (C), en las que el conjunto de ambos minerales no sobrepasa el 5%. El acero también contiene otros minerales en menor proporción, como fósforo (P), azufre (S) y nitrógeno (N). Los aceros aleados contienen además otros elementos como manganeso (Mn), silicio (Si), cromo (Cr), níquel (Ni) y molibdeno (Mo).

Se considera que una aleación de hierro es acero si contiene menos de un 2% de carbono. El contenido de carbono tiene un efecto fundamental en las propiedades del acero. A medida que crece el contenido de carbono, aumenta la dureza y la resistencia del acero, pero también aumenta su fragilidad y disminuye la ductilidad. A menor contenido de carbono, el acero presenta mejor soldabilidad. El acero es un material dúctil, maleable, forjable y soldable.

Clasificación de los aceros en función del contenido de carbono:

- Acero no aleado, el contenido de carbono es inferior al 0,2%
- Acero de baja aleación, contiene carbono en cantidad superior al 0,2% y una cantidad total de otros elementos no superior al 5%.
- Acero de alta aleación, contiene una cantidad total de otros elementos superior al 5%. En este grupo se encuentran los aceros inoxidables, que contienen un mínimo del 10,5% de cromo y un máximo del 1,2% de carbono.

### 2. DESIGNACIÓN DE LOS ACEROS

- **Designación numérica:**

La norma UNE EN 10027-2 establece las reglas para la designación numérica de los aceros. Un mismo número corresponde a un solo tipo y grado de acero y recíprocamente, a cada tipo y grado de acero le corresponde un único número.

<b>1</b>	<b>XX</b>	<b>XX (XX)</b>
número de orden (entre paréntesis, ampliación futura)		
número del grupo de acero, según su uso – ver tabla 1 de norma UNE EN 10027-2, para aceros de construcción varía del 50 al 89		

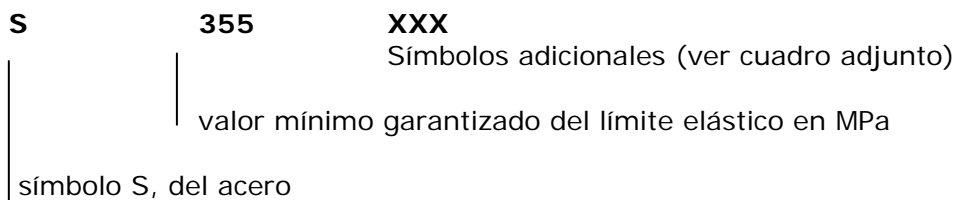
1 indica que el material es acero

Se tiene así el denominado “número del acero”.

- **Designación simbólica:**

La norma UNE EN 10027-1 establece las reglas para la designación simbólica de los aceros mediante símbolos numéricos y letras que expresan ciertas características básicas, por ejemplo, mecánicas, químicas, físicas, de aplicación, necesarias para establecer una designación abreviada de los aceros.

Así a los aceros para construcción metálica se les designa con una **S** (*steel*, acero en inglés) seguida de un número que indica el valor mínimo especificado del límite elástico en MPa (1 MPa= 1 N/mm<sup>2</sup>), para el menor intervalo de espesor.



Los símbolos adicionales se dividen en grupo 1 y grupo 2. Si los símbolos del grupo 1 son insuficientes para describir completamente el acero, se pueden añadir símbolos adicionales del grupo 2. Los símbolos del grupo 2 sólo deben utilizarse conjuntamente con los del grupo 1 y colocarse detrás de ellos.

### Símbolos adicionales para los aceros de construcción

Símbolos adicionales para los aceros de construcción				
GRUPO 1			GRUPO 2	
Características de flexión por choque en Julios (J)		Temperatura de ensayo	C= Conformado especial en frío D= Galvanización en caliente E= Esmaltado F= Forjado H= Perfil hueco L= Baja temperatura M= Laminación termomecánica N= Normalizado o laminado de normalización P= Tablestacas Q= Templado y revenido S= Construcción naval T= Tubos W= Resistentes a la corrosión atmosférica	
27J	40J	60J		°C
JR	KR	LR		20
J0	K0	L0		0
J2	K2	L2		-20
J3	K3	L3		-30
J4	K4	L4		-40
J5	K5	L5		-50
J6	K6	L6		-60
A= Endurecimiento por precipitación M= Laminación termomecánica N= Normalizado o laminado de normalización Q= Templado y revenido G= Otras características  Nota: los símbolos A, M, N y Q se aplican a los aceros de grano fino				

El uso de los distintos grados del acero es el siguiente:

- Grado JR: aplicación en construcción ordinaria
- Grado J0: aplicación en construcción con altas exigencias de soldabilidad
- Grado J2: aplicación en construcción con especiales exigencias de resistencia, resiliencia y soldabilidad

### 3. ACEROS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los aceros para la construcción se clasifican de acuerdo al proceso de fabricación y están regulados en Euronormas:

- 3.1. Productos de acero laminados en caliente, están definidos en la norma UNE EN 10025.
- 3.2. Productos huecos para la construcción, acabados en caliente (UNE EN 10210) y conformados en frío (UNE EN 10219).
- 3.3. Perfiles abiertos para la construcción laminados en frío y perfilados (UNE EN 10162)
- 3.4. Productos planos de acero recubiertos en continuo de materias orgánicas (prelacados), UNE EN 10169 y la norma UNE EN 10326.

Las siguientes **características** son comunes a todos los aceros:

- Módulo de Elasticidad <b>E</b>	210.000 N/mm <sup>2</sup>
- Módulo de Elasticidad Transversal <b>G</b>	81.000 N/mm <sup>2</sup>
- Coeficiente de Poisson <b>v</b>	0,3
- Coeficiente de dilatación térmica <b>α</b>	1,2x10 <sup>-5</sup> (°C) <sup>-1</sup>
- Densidad <b>ρ</b>	7.850 kg/m <sup>3</sup>

3.1. **Productos de acero laminados en caliente**, están definidos en la norma UNE EN 10025.

3.1.1. La norma UNE EN 10025-2 se refiere a ***Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas en general***

En el proceso de laminación en caliente el acero se calienta hasta temperaturas de 1200 a 1300°C. Posteriormente se pasa por trenes de rodillos que dan la forma adecuada al acero. La laminación en caliente mejora las propiedades mecánicas del acero.

**Clasificación de los aceros:** la norma establece tres tipos de acero para construcción, además de otros para la industria mecánica. Se designan como S235, S275, S355 y S450. Los grados son JR, J0, J2 (subgrados J2G3 y J2G4), K2 (subgrados K2G3 y K2G4). Los aceros de estos grados son aptos para el soldeo. La soldabilidad es creciente desde el grado JR al K2.

Los aceros no aleados son los de uso más extendido en edificación y obras públicas, es general.

**Composición química:** las siguientes tablas de la UNE EN 10025-2 recogen la composición química de los distintos aceros en el análisis de colada y en el análisis de producto, respectivamente.

## Composición química. Análisis de colada de productos planos y de productos largos<sup>1)</sup>

Designación según		Método de desoxidación <sup>2)</sup>	% C máx para un espesor nominal del producto en mm			Mn % máx	Si % máx	P % máx 4	S % máx 4	N % máx 5	Cu % máx 6	Otros % máx 7
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		≤16	>16 ≤40	>40 <sup>3)</sup>							
S 235 JR	1.0038	FN	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,035	0,035	0,012	0,55	-
S 235 JO	1.0114	FN	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,030	0,030	0,012	0,55	-
S 235 J2	1.0117	FF	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,025	0,025		0,55	-
S 275 JR	1.0044	FN	0,21	0,21	0,22	1,50	-	0,035	0,035	0,012	0,55	-
S 275 JO	1.0143	FN	0,18	0,18	0,18 <sup>8)</sup>	1,50	-	0,030	0,030	0,012	0,55	-
S 275 J2	1.0145	FF	0,18	0,18	0,18 <sup>8)</sup>	1,50	-	0,025	0,025	-	0,55	-
S 355 JR	1.0045	FN	0,24	0,24	0,24	1,60	0,55	0,035	0,035	0,012	0,55	-
S 355 JO	1.0553	FN	0,20 <sup>9)</sup>	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,030	0,030	0,012	0,55	-
S 355 J2	1.0577	FF	0,20 <sup>9)</sup>	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55	-
S 355 K2	1.0596	FF	0,20 <sup>9)</sup>	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,60	0,55	0,025	0,025	-	0,55	-
S 450 JO <sup>11)</sup>	1.0590	FF	0,20	0,20 <sup>10)</sup>	0,22	1,70	0,55	0,030	0,030	0,025	0,55	12)

- 1) Ver apartado 7.2 de la norma UNE EN 10025-2
- 2) Grado de desoxidación:  
FN: No se admite acero efervescente.  
FF: Acero calmado.
- 3) Para los perfiles y barras con un espesor nominal > 100 mm: el contenido en carbono se establecerá por acuerdo. Ver opción 26
- 4) Para los productos largos, el contenido en P y en S puede ser un 0,005% mayor.  
Para los productos largos, el contenido máximo de S se puede incrementar, por acuerdo previo, en un 0,015 % con el fin de mejorar su conformación, si se trata el acero con el fin de modificar la morfología de los sulfuros y la composición química muestra un contenido mínimo de Ca del 0,0020 %. Ver opción 27
- 5) El contenido máximo en nitrógeno no se aplica si en la colada existe aluminio (contenido Al total >0,020%) o alternativamente un mínimo de 0,015% de ácido soluble de Al u otros elementos fijadores del nitrógeno en cantidad suficiente. Se deben citar estos elementos en el documento de inspección.
- 6) Contenidos de Cu por encima de 0,40% pueden producir fragilidad durante el conformado en caliente.
- 7) Si se añaden otros elementos, deberán mencionarse en el documento de inspección.
- 8) Para espesores nominales > 150 mm el contenido máximo de C será del 0,20%.
- 9) En los grados adecuados para la conformación en frío (ver 7.4.2.2.3) el contenido máximo de C será del 0,22%.
- 10) Para espesores nominales > 30 mm el contenido máximo de C será del 0,22%.
- 11) Aplicable sólo a productos largos
- 12) El acero puede contener como máximo un 0,05% de Nb, 0,13% max. de V y 0,05% max. de Ti

## Composición química. Análisis sobre producto de acuerdo con las tablas 2<sup>1)</sup>

Designación según		Método de desoxidación <sup>2)</sup>	% C máx Para un espesor nominal del producto en mm			Mn % máx	Si % máx	P % máx 4)	S % máx 4)	N % máx 5)	Cu % máx 6)	Otro % máx 7)
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		≤16	>16 ≤40	>40 <sup>3)</sup>							
S 235 JR	1.0038	FN	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,045	0,045	0,014	0,60	-
S 235 JO	1.0114	FN	0,19	0,19	0,19	1,50	-	0,040	0,040	0,014	0,60	-
S 235 J2	1.0117	FF	0,19	0,19	0,19	1,50	-	0,035	0,035	-	0,60	-
S 275 JR	1.0044	FN	0,24	0,24	0,25	1,60	-	0,045	0,045	0,014	0,60	-
S 275 JO	1.0143	FN	0,21	0,21	0,21 <sup>8)</sup>	1,60	-	0,040	0,040	0,014	0,60	-
S 275 J2	1.0145	FF	0,21	0,21	0,21 <sup>8)</sup>	1,60	-	0,035	0,035	-	0,60	-
S 355 JR	1.0045	FN	0,27	0,27	0,27	1,70	0,60	0,045	0,045	0,014	0,60	-
S 355 JO	1.0553	FN	0,23 <sup>9)</sup>	0,23 <sup>10)</sup>	0,24	1,70	0,60	0,040	0,040	0,014	0,60	-
S 355 J2	1.0577	FF	0,23 <sup>9)</sup>	0,23 <sup>10)</sup>	0,24	1,70	0,60	0,035	0,035	-	0,60	-
S 355 K2	1.0596	FF	0,23 <sup>9)</sup>	0,23 <sup>10)</sup>	0,24	1,70	0,60	0,035	0,035	-	0,60	-
S 450 JO <sup>11)</sup>	1.0590	FF	0,23	0,23 <sup>10)</sup>	0,24	1,80	0,60	0,040	0,040	0,027	0,60	12)

- 1) Ver 7.2 de la norma
- 2) Grado de desoxidación:  
FN: No se admite acero efervescente.  
FF: Acero calmado.
- 3) Para los perfiles y barras con un espesor nominal > 100 mm: el contenido en carbono se establecerá por acuerdo. Ver opción 26.
- 4) Para los productos largos, el contenido en P y en S puede ser un 0,005% mayor.  
Para los productos largos, el contenido máximo de S se puede incrementar, por acuerdo previo, en un 0,015 % con el fin de mejorar su conformación, si se trata el acero con el fin de modificar la morfología de los sulfuros y la composición química muestra un contenido mínimo de Ca del 0,0020 %. Ver opción 27
- 5) El contenido máximo en nitrógeno no se aplica si en la colada existe aluminio (contenido Al total >0,020%) o alternativamente un mínimo de 0,013% de ácido soluble de Al u otros elementos fijadores del nitrógeno en cantidad suficiente. Se deben citar estos elementos en el documento de inspección.
- 6) Contenidos de Cu por encima de 0,45% pueden producir fragilidad durante el conformado en caliente.
- 7) Si se añaden otros elementos, deberán mencionarse en el documento de inspección.
- 8) Para espesores nominales > 150 mm el contenido máximo de C será del 0,22%.
- 9) En los grados adecuados para la conformación en frío (ver 7.4.2.2.3) el contenido máximo de C será del 0,24%.
- 10) Para espesores nominales > 30 mm el contenido máximo de C será del 0,24%.
- 11) Aplicable sólo a productos largos
- 12) El acero puede contener como máximo un 0,06% de Nb, 0,15% max. de V y 0,06% max. de Ti

Una de las características más importantes en los aceros utilizados en la construcción es la **soldabilidad**. Solamente se requiere la adopción de precauciones en el caso de uniones entre chapas de gran espesor, de espesores muy desiguales, o en condiciones difíciles de ejecución. Para aceros distintos a los aquí relacionados, la soldabilidad se puede evaluar mediante el parámetro Carbono Equivalente –  $C_{EV}$ , que se define como:

$$C_{EV} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

este valor no debe ser superior a 0,41 para los aceros S235 y S275 ó 0,47 para los aceros S355. La siguiente tabla de la UNE 10025-2 indica los valores máximos en carbono equivalente para estos aceros.

### Contenido máximo en carbono equivalente (CEV) basado en el análisis de colada <sup>a</sup>

Designación según		Estado de desoxidación <sup>b</sup>	CEV máximo para espesor nominal del producto en mm				
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		≤ 30	> 30 ≤ 40	> 40 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400
S 235 JR	1.0038	FN	0,35	0,35	0,38	0,40	-
S 235 JO	1.0114	FN	0,35	0,35	0,38	0,40	-
S 235 J2	1.0117	FF	0,35	0,35	0,38	0,40	0,40
S 275 JR	1.0044	FN	0,40	0,40	0,42	0,44	-
S 275 JO	1.0143	FN	0,40	0,40	0,42	0,44	-
S 275 J2	1.0145	FF	0,40	0,40	0,42	0,44	0,44
S 355 JR	1.0045	FN	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	-
S 355 JO	1.0553	FN	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	-
S 355 J2	1.0577	FF	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	0,49
S 355 K2	1.0596	FF	0,45	0,47	0,47	0,49 <sup>c</sup>	0,49
S 450 JO <sup>d</sup>	1.0590	FF	0,47	0,49	0,49	-	-

a Para aumentar opcionalmente el número de elementos que influyen en el CEV ver 7.2.4 y 7.2.5.

b FN: No se admite acero efervescente; FF: Acero totalmente calmado.

c Para productos largos el máximo CEV será 0,54%

d Aplicable sólo a productos largos

**Propiedades mecánicas:** son las recogidas en la UNE 10025-2.

En caso de emplearse aceros diferentes de los indicados, deberá comprobarse que tienen **ductilidad** suficiente:

- La relación entre la tensión de rotura y la del límite elástico no será inferior a 1,2



- El alargamiento en rotura de una probeta de sección inicial  $S_0$ , medido sobre una longitud  $5,65 \cdot \sqrt{S_0}$  será superior al 15%
- La deformación correspondiente a la tensión de rotura debe superar al menos un 20% a la correspondiente al límite elástico

Respecto a la **fragilidad**, ésta se mide mediante ensayo de resistencia al impacto, expresado en julios. La tabla de la UNE EN 10025-2 recoge los valores para cada tipo de acero.

## Propiedades mecánicas a temperatura ambiente de los productos planos y largos (1 de 2)

Designación según		Límite elástico, mínimo, $R_{eH}^a$ , en MPa <sup>b</sup>									Resistencia a tracción $R_m^a$ , en MPa <sup>b</sup>				
		Espesor nominal, en milímetros									Espesor nominal en milímetros				
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	> 250 ≤ 400 <sup>c</sup>	≤ 3	> 3 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 ≤ 400 <sup>c</sup>
S 235 JR	1.0038	235	225	215	215	215	195	185	175	-	360 a 510	360 a 510	350 a 500	340 a 490	-
S 235 JO	1.0114	235	225	215	215	215	195	185	175	-	360 a 510	360 a 510	350 a 500	340 a 490	-
S 235 J2	1.0117	235	225	215	215	215	195	185	175	165	360 a 510	360 a 510	350 a 500	340 a 490	330 a 480
S 275 JR	1.0044	275	265	255	245	235	225	215	205	-	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	-
S 275 JO	1.0143	275	265	255	245	235	225	215	205	-	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	-
S 275 J2	1.0145	275	265	255	245	235	225	215	205	195	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	380 a 540
S 355 JR	1.0045	355	345	335	325	315	295	285	275	-	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	-
S 355 JO	1.0553	355	345	335	325	315	295	285	275	-	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	-
S 355 J2	1.0577	355	345	335	325	315	295	285	275	265	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	450 a 600
S 355 K2	1.0596	355	345	335	325	315	295	285	275	265	510 a 680	470 a 630	450 a 600	450 a 600	450 a 600
S 450 JO <sup>d</sup>	1.0590	450	430	410	390	380	380	-	-	-	-	550 a 720	530 a 700	-	-

a Para chapas, bandas y planos de anchura > 600 mm, los valores se aplican a la dirección transversal "t". Para los demás productos los valores se aplican a la dirección paralela "l" a la de laminación.

b 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

c Los valores son aplicables a los productos planos.

d Aplicable a productos largos solamente



## Propiedades mecánicas a temperatura ambiente para productos planos y de los productos largos (2 de 2)

Designación según		Posición de las probetas en el ensayo <sup>a</sup>	Porcentaje mínimo de alargamiento tras la factura % <sup>a</sup>										
			L <sub>0</sub> = 80 mm Espesor nominal en mm					L <sub>0</sub> = 5,65√S <sub>0</sub> Espesor nominal en mm					
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		≤ 1,0	> 1,0 ≤ 1,5	> 1,5 ≤ 2,0	> 2,0 ≤ 2,5	> 2,5 ≤ 3,0	> 3,0 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 250	> 250 <sup>c</sup> ≤ 400 sólo para los grados J2 y K2
S 235 JR	1.0038	l	17	18	19	20	21	26	25	24	22	21	-
S 235 JO	1.0114												-
S 235 J2	1.0117	t	15	16	17	18	19	24	23	22	22	21	21 (l y t)
S 275 JR	1.0044	l	15	16	17	18	19	23	22	21	19	18	-
S 275 JO	1.0143												-
S 275 J2	1.0145	t	13	14	15	16	17	21	20	19	19	18	18 (l y t)
S 355 JR	1.0045	l	14	15	16	17	18	22	21	20	18	17	-
S 355 JO	1.0553												-
S 355 J2	1.0577												17 (l y t)
S 355 K2	1.0596	t	12	13	14	15	16	20	19	18	18	17	17 (l y t)
S 450 JO <sup>d</sup>	1.0590	l	-	-	-	-	-	17	17	17	17	-	-

a Para chapas, bandas y planos de anchura > 600 mm, los valores se aplican a la dirección transversal "t". Para los demás productos los valores se aplican a la dirección paralela "l" a la de laminación.

b Los valores son aplicables a los productos planos.

c Aplicable a productos largos solamente

## Propiedades mecánicas. Resistencia al impacto KV longitudinal para productos planos y productos largos <sup>a</sup>

Designación según		Temperatura ° C	Energía mínima (J) Espesor nominal en mm		
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		≤150 <sub>a b</sub>	>150 ≤250 <sub>b</sub>	>250 ≤400 <sub>c</sub>
S 235 JR	1.0038	20	27	27	-
S 235 JO	1.0114	0	27	27	-
S 235 J2	1.0117	-20	27	27	27
S 275 JR	1.0044	20	27	27	-
S 275 JO	1.0143	0	27	27	-
S 275 J2	1.0145	-20	27	27	27
S 355 JR	1.0045	20	27	27	-
S 355 JO	1.0553	0	27	27	-
S 355 J2	1.0577	-20	27	27	27
S 355 K2	1.0596	-20	40 <sup>d</sup>	33	33
S 450 J0 <sup>e</sup>	1.0590	0	27	-	-

- a Para espesores nominales ≤ 12 mm ver 7.3.2.1 de EN 10025-1: 2004.
- b Para perfiles con un espesor nominal > 100 mm los valores deben ser acordados. Ver opción 28
- c Los valores son aplicables a los productos planos.
- d Este valor se corresponde con 27J a -30° C (ver Eurocódigo 3)
- e Aplicable sólo a productos largos

### SUCESIVAS DENOMINACIONES DE LOS ACEROS NO ALEADOS DE USO GENERAL

UNE 36-080-64 MV 102 (1964)	UNE 36-080-73 (1973)	UNE 36-080-78 (1978)	UNE 36-080-85 (1985)	UNE 36-080-90 EN 10025 (1990) Eurocódigo 3	EN 10027-1 (1992) UNE EN 10025 (1994)	NBE EA 95 (1995)	Límite elástico de cálculo N/mm <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensión de rotura de cálculo N/mm <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )
A 37a A 37b A 37c A 37d -	A 37a A 37b A 37c A 37d -	- A 360-B A 360-C A 360-D -	- AE 235-B AE 235-C AE 235-D -	- Fe 360-B Fe 360-C Fe 360-D -	- S 235-JR S 235-JO S 235-J2G3 S 235 J2G4	A 37a A 37b A 37c A 37d -	235 (2400)	360 (3700)
A 42a A 42b A 42c A 42d	A 42a A 42b A 42c A 42d	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	A 42a A 42b A 42c A 42d	255 (2600)	410 (4200)
- - - - -	A 44a A 44b A 44c A 44d -	- A 430-B A 430-C A-430-D -	- AE 275-B AE 275-C AE 275-D -	- Fe 430-B Fe 430-C Fe 430-D1 Fe 430-D2	- S 275-JR S 275-JO S 275-J2G3 S 275-J2G4	- - - - -	275 (2800)	430 (4400)
- - A 52d - - -	A 52b A 52c A 52d - - -	A 510-B A-510-C A-510-D - - -	AE 355-B AE 355-C AE 355-D - AE 355-DD -	Fe 510-B Fe 510-C Fe 510-D1 Fe 510-D2 Fe 510-DD1 Fe 510-DD2	S 355-JR S 355-JO S 355-J2G3 S 355-J2G4 S 355-K2G3 S 355-K2G4	A 52b A 52c A 52d - - -	355 (3600)	510 (5200)

**3.1.2. La norma UNE EN 10025-3 se refiere a *Productos laminados en caliente, para construcciones metálicas. Aceros soldables y de grano fino suministrados en estado normalizado o laminado de normalización.***

Los aceros de grano fino son aceros aleados. En estos aceros no sólo son importantes las propiedades de resistencia a la tracción y tenacidad, sino también una buena soldabilidad obtenida a partir de un reducido nivel de carbono equivalente. Además, se caracterizan por una elevada tenacidad a bajas temperaturas.

Mediante el proceso de normalizado se afina y homogeniza la estructura del acero calentándolo a unos 950° C y dejándolo enfriar lentamente, obteniendo de este proceso aceros de mayor dureza. Además conduce a un estado del material equivalente al que se obtendría después de un tratamiento de normalización.

Los grados y calidades y composición química de estos aceros se recogen en tablas a continuación, así como el carbono equivalente y sus propiedades mecánicas, todas ellas de la UNE EN 10025-3. Sus aplicaciones son en elementos altamente solicitados de construcciones soldadas tales como molinos eólicos y aplicaciones en calderería, a temperatura ambiente y a bajas temperaturas.

**Composición química del análisis de la colada para los aceros normalizados**

Designación según		C % máx	Si % máx	Mn %	P % máx a	S % máx a, b	Nb % máx	V % máx	Al <sub>total</sub> Mín c	Ti % máx	Cr % máx	Ni % máx	Mo % máx	Cu % máx d	N % máx
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2														
S275N	1.0490	0,18	0,40	0,05 - 1,5	0,030	0,025	0,05	0,05	0,02	0,05	0,30	0,30	0,10	0,55	0,015
S275NL	1.0491	0,16			0,025	0,020									
S355N	1.0545	0,20	0,50	0,9 - 1,65	0,030	0,025	0,05	0,12	0,02	0,05	0,30	0,50	0,10	0,55	0,015
S355NL	1.0546	0,18			0,025	0,020									
S420N	1.8902	0,20	0,60	1,00 - 1,7	0,030	0,025	0,05	0,20	0,02	0,05	0,30	0,80	0,10	0,55	0,025
S420NL	1.8912				0,025	0,020									
S460N <sup>e</sup>	1.8901 <sup>e</sup>	0,20	0,60	1,00 - 1,7	0,030	0,025	0,05	0,20	0,02	0,05	0,30	0,80	0,10	0,55	0,025
S460NL <sup>e</sup>	1.8903 <sup>e</sup>				0,025	0,020									

- a Para productos largos, el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior
- b Para aplicaciones ferroviarias, se puede acordar un contenido máximo de azufre de 0,010% en el pedido. Ver opción 32
- c Si existen suficientes elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica la limitación del Al total.
- d Contenidos de Cu por encima de 0,40% pueden producir fragilidad durante el conformado en caliente.
- e  $V + Nb + Ti \leq 0,22\%$  y  $Mo + Cr \leq 0,30\%$

Los tipos de acero S275 y S355 especificados en esta norma se deben clasificar como aceros de calidad no aleados y los tipos S420 y S460, como aceros especiales aleados.

## Composición química del análisis del producto para los aceros normalizados

Designación según		C % máx	Si % máx	Mn %	P % máx a	S % máx a, b	Nb % máx	V % máx	Al <sub>total</sub> Mín c	Ti % máx	Cr % máx	Ni % máx	Mo % máx	Cu % máx d	N % máx
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2														
S275N	1.0490	0,20	0,45	0,45 - 1,60	0,035	0,030	0,06	0,07	0,15	0,06	0,35	0,35	0,13	0,60	0,017
S275NL	1.0491	0,18			0,030	0,025									
S355N	1.0545	0,22	0,55	0,85 - 1,75	0,035	0,030	0,06	0,14	0,15	0,06	0,35	0,55	0,13	0,60	0,017
S355NL	1.0546	0,20			0,030	0,025									
S420N	1.8902	0,22	0,65	0,95 - 1,80	0,035	0,030	0,06	0,22	0,15	0,06	0,35	0,85	0,13	0,60	0,027
S420NL	1.8912				0,030	0,025									
S460N <sup>e</sup>	1.8901 <sup>e</sup>	0,22	0,65	0,95 - 1,80	0,035	0,030	0,06	0,22	0,15	0,06	0,35	0,85	0,13	0,60	0,027
S460NL <sup>e</sup>	1.8903 <sup>e</sup>				0,030	0,025									

- a Para productos largos, el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior
- b Para aplicaciones ferroviarias, se puede acordar un contenido máximo de azufre de 0,012% en el pedido.  
Ver opción 32
- c Si existen suficientes elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica la limitación del Al total.
- d Contenidos de Cu por encima de 0,45% pueden producir fragilidad durante el conformado en caliente.
- e  $V + Nb + Ti \leq 0,26\%$  y  $Mo + Cr \leq 0,38\%$

## CEV máximo del acero normalizado basado en el análisis de colada

Designación según		CEV máximo en % para los productos de espesor nominal, en mm		
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2	≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 250
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	1.8901	0,53	0,54	0,55
S460NL	1.8903			

### Propiedades mecánicas a temperatura ambiente para aceros normalizados

Designación según		Límite elástico de cedencia $R_{eH}^a$ , en MPa para un espesor nominal del producto, en mm								Resistencia a la tracción $R_m^a$ , en MPa para un espesor nominal de producto, en mm			Porcentaje de alargamiento mínimo Tras la fractura, en % $L_o = 5,65\sqrt{S_o}$ Espesor nominal en mm					
		EN 10027-1 y CR 10260	EN 10027-2	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250	≤ 100	> 100 ≤ 200	> 200 ≤ 250	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80
S275N S275NL	1.0490 1.0491	275	265	255	245	235	225	215	205	370 a 510	350 a 480	350 a 480	24	24	24	23	23	23
S355N S355NL	1.0545 1.0546	355	345	335	325	315	295	285	275	470 a 630	450 a 600	450 a 600	22	22	22	21	21	21
S420N S420NL	1.8902 1.8912	420	400	390	370	360	340	330	320	520 a 680	500 a 650	500 a 650	19	19	19	18	18	18
S460N S460NL	1.8901 1.8903	460	440	430	410	400	380	370	-	540 a 720	530 a 710	-	17	17	17	17	17	-

a Para chapas, bandas y planos de anchura  $\geq 600$  mm, aplica a la dirección perpendicular "t" a la de laminación. Para cualquier otro producto los valores aplican para la dirección paralela "l", a la de laminación.

b 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

**Valores mínimos de la energía de rotura por flexión por choque sobre probetas longitudinales con entalladura en V para acero en estado normalizado**

Designación según		Valores mínimos de energía de rotura, en J, a la temperatura de ensayo, °C						
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2	- 20	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50
S275N S355N S420N S460N	1.0490 1.0545 1.8902 1.8901	55	47	43	40 <sup>a</sup>	-	-	-
S275NL S355NL S420NL S460NL	1.0491 1.0546 1.8912 1.8903	63	55	51	47	40	31	27

a Este valor corresponde a 27J a -30°C (ver Eurocódigo 3)

**Valores mínimos de la energía de rotura por flexión por choque sobre probetas transversales con entalladura en V para acero en estado normalizado, cuando el ensayo por choque sobre probetas transversales haya sido acordado en el momento de hacer el pedido**

Designación según		Valores mínimos de energía de rotura, en J, a la temperatura de ensayo, °C						
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2	- 20	0	- 10	- 20	- 30	- 40	- 50
S275N S355N S420N S460N	1.0490 1.0545 1.8902 1.8901	31	27	24	20	-	-	-
S275NL S355NL S420NL S460NL	1.0491 1.0546 1.8912 1.8903	40	34	30	27	23	20	16

Vemos que el grado de estos aceros se designa por N cuando se suministran con un valor mínimo especificado de energía de flexión por choque a temperaturas superiores o iguales a -20°C; y NL a temperaturas superiores o iguales a -50°C

### Lista de antiguas designaciones y correspondencias

Designación según UNE EN 10025-3		Equivalencia entre antiguas designaciones					
		EU-113-72	Alemania DIN	Francia NF A 36-201	Reino Unido BS 4360	Italia UNI	Suecia SS 14
S275N	1.0490	Fe E 275 KG N	StE285	-	-	Fe E 275 KG N	-
S355N	1.0545	Fe E 355 KG N	StE355	E 355 R	-	Fe E 355 KG N	2134-01
S420N	1.8902	Fe E 420 KG N	StE420	E 420 R	-	-	-
S460N	1.8901	Fe E 460 KG N	StE460	E 460 R	-	Fe E 460 KG N	-
S275NL	1.0491	Fe E 275 KT N	TStE285	-	43EE	Fe E 275 KT N	-
S355NL	1.0546	Fe E 355 KT N	TStE355	E 355 FP	50EE	Fe E 355 KT N	2135-01
S420NL	1.8912	Fe E 420 KT N	TStE420	E 420 FP	-	-	-
S460NL	1.8903	Fe E 460 KT N	TStE460	E 460 FP	55EE	Fe E 460 KT N	-

**3.1.3.** La norma UNE EN 10025-4 se refiere a ***Productos laminados en caliente, para construcciones metálicas. Aceros soldables y de grano fino con laminación termomecánica.***

Se refiere la norma a los requisitos de los productos largos y planos laminados en caliente, de aceros estructurales soldables de grano fino con laminación termomecánica. Son aceros aleados. En estos aceros no sólo son importantes las propiedades de resistencia a la tracción y tenacidad, sino también su buena soldabilidad obtenida a partir de un reducido nivel de carbono equivalente.

La laminación termomecánica es un proceso en el que la deformación final se realiza en un intervalo determinado de temperatura que conduce a un estado del material cuyas características no se pueden obtener exclusivamente mediante un tratamiento térmico. Los aceros de laminado termomecánico presentan mejor tenacidad a bajas temperaturas que los normalizados, gracias a un menor contenido en carbono equivalente.

Su uso en construcción es casi nulo. Se utiliza en calderería.

Los grados y calidades y composición química de estos aceros y sus propiedades mecánicas se recogen en las siguientes tablas de la UNE EN 10025-4.



## Composición química del análisis de colada de los aceros laminados termomecánicamente.

Designación según		C % máx	Si % máx	Mn %	P % máx a	S % máx a, b	Nb % máx	V % máx	Al <sub>total</sub> % mín c	Ti % máx	Cr % máx	Ni % máx	Mo % máx	Cu % máx d	N % máx
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2														
S275M	1.8818	0,13 e	0,50	1,50	0,030	0,025	0,05	0,08	0,02	0,05	0,30	0,30	0,10	0,55	0,015
S275ML	1.8819				0,025	0,020									
S355M	1.8923	0,14 e	0,50	1,60	0,030	0,025	0,05	0,10	0,02	0,05	0,30	0,50	0,10	0,55	0,015
S355ML	1.8834				0,025	0,020									
S420M	1.8825	0,16 f	0,50	1,70	0,030	0,025	0,05	0,12	0,02	0,05	0,30	0,80	0,20	0,55	0,025
S420ML	1.8836				0,025	0,020									
S460M	1.8827	0,16 f	0,60	1,70	0,030	0,025	0,05	0,12	0,02	0,05	0,30	0,80	0,20	0,55	0,025
S460ML	1.8838				0,025	0,020									

- a Para productos largos, el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior
- b Para aplicaciones ferroviarias, se puede acordar un contenido máximo de azufre de 0,010% en el pedido.  
Ver opción 32
- c Si existen suficientes elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica la limitación del Al total.
- d Contenidos de Cu por encima de 0,40% pueden producir fragilidad durante el conformado en caliente.
- e Para los productos largos, se adoptará un contenido máximo de C de 0,15% en los aceros S 275 y del 0,16% en los aceros S 355.
- f Para los productos largos de los aceros S420 y S460 se adoptará un contenido máximo de C del 0,18%

### Propiedades mecánicas a la temperatura ambiente de los aceros laminados termomecánicamente

Designación según UNE EN 10027-1 y CR 10260		Límite elástico de cedencia $R_{eH}$ <sup>a</sup> en MPa <sup>b</sup>						Resistencia a la tracción $R_m$ , <sup>a</sup> en MPa <sup>b</sup>					Porcentaje mínimo de alargamiento de rotura <sup>c</sup> % $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$
		Para un espesor nominal de producto en mm						Para un espesor nominal de producto en mm					
		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 120 <sub>d</sub>	≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 120 <sub>d</sub>	
S275M S275ML	1.8818 1.8819	275	265	255	245	245	240	370 - 530	360 - 520	350 - 510	350 - 510	350 - 510	24
S355M S355ML	1.8823 1.8834	355	345	335	325	325	320	470 - 630	450 - 610	440 - 600	440 - 600	430 - 590	22
S420M S420ML	1.8825 1.8836	420	400	390	380	370	365	520 - 680	500 - 660	480 - 640	470 - 630	460 - 620	19
S460M S460ML	1.8827 1.8838	460	440	430	410	400	385	540 - 720	530 - 710	510 - 690	500 - 680	490 - 660	17

a Para chapas, bandas y planos de anchura  $\geq 600$  mm, se utilizarán probetas transversales "t". Para cualquier otro producto los valores dados en la tabla se aplican a probetas longitudinales "l", del ensayo de tracción.

b 1 Mpa = 1 N/mm<sup>2</sup>

c Para espesores de producto < 3 mm, para los que se utilizarán probetas de longitud entre puntos  $L_0 = 80$  mm, los valores del alargamiento deberán ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

d Para productos largos, es aplicable hasta espesores de 150 mm inclusive.

**3.1.4.** La norma UNE EN 10025-5 se refiere a **Productos laminados en caliente, para construcciones metálicas. Aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica**

Son aceros a los que se añaden ciertos elementos de aleación, tales como fósforo, cobre, cromo, níquel, molibdeno, etc., para aumentar su resistencia a la corrosión atmosférica, formando una capa de óxidos que protege el metal base subyacente a la influencia de las condiciones atmosféricas. Esta norma especifica las características de los productos largos y planos laminados en caliente con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica (aceros especiales aleados).

La resistencia a la corrosión depende de que en las condiciones ambientales se produzca un ciclo de períodos secos y húmedos, para la formación de una capa de óxido autoprotector en la superficie del metal. La protección depende de las condiciones ambientales. El proyecto de la 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. En la designación simbólica se añade la letra **W** que distingue los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica.

Los grados y calidades y composición química de estos aceros y sus propiedades mecánicas se recogen en las siguientes tablas, todas ellas de la UNE EN 10025-5.

**Composición química del análisis de colada de los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica**

Designación según		Método de desoxidación <sup>a</sup>	C % máx	Si % máx	Mn %	P % b	S % máx b	N % máx	Adición de elementos fijadores de nitrógeno <sup>c</sup>	Cr %	Cu %	Otros
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2											
S235JOW	1.8958	FN					0,035	0,009 <sup>d g</sup>	-			
S235J2W	1.8961	FF	0,13	0,40	0,2-0,6	máx 0,035	0,030	-	sí	0,4-0,8	0,25-0,55	e
S355JOWP	1.8945	FN							-			
S355J2WP	1.8946	FF	0,12	0,75	máx 1,0	0,06-0,15	0,030	0,009 <sup>g</sup>	sí	0,30-1,25	0,25-0,55	e
S355JOW	1.8959	FN							-			
S355J2W	1.8965	FF	0,16	0,50	0,50-1,5	máx 0,035 máx 0,030	0,030	-	sí	0,40-0,80	0,25-0,55	e, f
S355K2W	1.8967	FF				máx 0,030	0,030	-	sí			

a Grado de desoxidación: FN: No se admite acero efervescente. FF: Acero calmado.

b Para productos largos el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior

c Los aceros deben contener, al menos, uno de los siguientes elementos: Al total > 0,020%, Nb: 0,0105 - 0,060%, V: 0,02 - 0,12%, Ti: 0,02 - 0,10%. Si se combinan estos elementos, al menos uno de ellos deberá estar presente con el valor mínimo indicado.

- d Se tolera sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0,001% de aumento de N, el contenido máximo de P se reduzca en 0,005% respecto al valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido de N, en el análisis de colada, no debe ser superior a 0,012%.
- e Los aceros pueden contener hasta un máximo de 0,65% de Ni.
- f Los aceros pueden contener hasta un máximo de 0,30 de Mo y un máximo de 0,15% de Zr.
- g 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 otros elementos fijadores de N en cantidad suficiente. Se mencionarán los elementos fijadores de nitrógeno en el documento de inspección.

### Composición química del producto de los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica

Designación según		Método de desoxidación <sup>a</sup>	C % máx	Si % máx	Mn %	P %	S % máx	N % máx	Adición de elementos fijadores de nitrógeno <sup>c</sup>	Cr %	Cu %	Otros
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2											
S235JOW	1.8958	FN	0,16	0,45	0,15-0,7	máx 0,040	0,040	0,010 <sup>d g</sup>	-	0,35-0,85	0,20-0,6	e
S235J2W	1.8961	FF										
S355JOWP	1.8945	FN	0,15	0,80	máx 1,1	0,05-0,16	0,040	0,010 <sup>g</sup>	-	0,25-1,35	0,20-0,6	e
S355J2WP	1.8946	FF										
S355JOW	1.8959	FN	0,19	0,55	0,45-1,60	máx 0,040	0,040	0,010 <sup>d g</sup>	-	0,35-0,85	0,20-0,6	e f
S355J2W	1.8965	FF										
S355K2W	1.8967	FF										

- a Grado de desoxidación: FN: No se admite acero efervescente. FF: Acero calmado.
- b Para productos largos el contenido en P y S puede ser un 0,005% superior
- c Los aceros deben contener, al menos, uno de los siguientes elementos: Al total > 0,020%, Nb: 0,01 - 0,065%, V: 0,01 - 0,14%, Ti: 0,01 - 0,12%. Si se combinan estos elementos, al menos el contenido de uno ellos deberá estar presente con el valor mínimo indicado.
- d Se tolera sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0,001% de aumento de N, el contenido de P se reduzca en 0,005% respecto al valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido de N, en el análisis de colada, no debe ser superior a 0,013%.
- e Los aceros pueden contener hasta un máximo de 0,70% de Ni.
- f Los aceros pueden contener hasta un máximo de 0,35 de Mo y un máximo de 0,17% de Zr.
- g 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 otros elementos fijadores de N en cantidad suficiente. Se mencionarán los elementos fijadores de nitrógeno en el documento de inspección.

**Propiedades mecánicas a temperatura ambiente de productos planos y productos largos de los aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica<sup>a</sup>**

Designación según  UNE EN 10027-1 y CR 10260		Límite elástico mínimo $R_{eH}$ <sup>a</sup>						Resistencia a la tracción $R_{m}$ <sup>a</sup>			Posición de las probetas <sup>a</sup>	Alargamiento mínimo en la rotura <sup>a</sup> %						
		MPa <sup>b</sup>						MPa <sup>b</sup>				L <sub>0</sub> = 80 mm Espesor nominal mm			L <sub>0</sub> = 5,65√S <sub>0</sub> Espesor nominal mm			
		Espesor nominal mm						Espesor nominal mm				> 1,5 ≤ 2	> 2 ≤ 2,5	> 2,5 < 3	≥ 3 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 100	> 100 ≤ 150
S235JOW	1.8958										l	19	20	21	26	25	24	22
S235J2W	1.8961	235	225	215	215	215	195	360 - 510	360 - 510	350 - 500	t	17	18	19	24	23	22	22
S355JOWP	1.8945										l	16	17	18	22 <sub>c</sub>	-	-	-
S355J2WP	1.8946	355	345 <sup>c</sup>	-	-	-	-	510 - 680	470 - 630 <sub>c</sub>	-	t	14	15	16	20	-	-	-
S355JOW	1.8959										l	16	17	18	22	21	20	18
S355J2W	1.8965	355	345	335	325	315	295	510 - 680	470 - 630	450 - 600	t	14	15	16	20	19	18	18
S355K2W	1.8967																	

a Los valores dados en la tabla se aplican a probetas longitudinales "l" del ensayo de tracción. Para chapas, bandas y planos anchos de anchura  $\geq 600$  mm se utilizarán probetas transversales "t"

b 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

c Para productos planos es aplicable para espesores superiores a 12 mm. Para productos largos, es aplicable para espesores mayores de 40 mm.

**Propiedades mecánicas – resistencia al impacto longitudinal KV para productos planos y productos largos de aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica <sup>a</sup>**

Designación según		Temperatura °C	Energía mínima absoluta <sup>a</sup> J
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2		
S235JOW S235J2W	1.8958 1.8961	0 - 20	27 27
S355JOWP <sup>b</sup> S355J2WP <sup>b</sup>	1.8945 1.8946	0 -20	27 27
S355JOW S355J2W S355K2W	1.8959 1.8965 1.8967	0 -20 -20	27 27 40 <sup>c</sup>

- a Si el espesor nominal es  $\leq 12$  mm, ver 7.3.2.1 de UNE EN 10025-1  
b Los valores de la flexión por choque sólo se comprobarán si así se ha indicado expresamente en el pedido.  
c Este valor se corresponde con 27J a -30° C (ver Eurocódigo 3)

**3.2.1. La norma UNE EN 10210 se refiere a *Productos huecos para la construcción, acabados en caliente, de acero no aleado y de grano fino***

Esta norma europea especifica las características de los perfiles huecos acabados en caliente, de forma circular, cuadrada, rectangular o elíptica, conformados en caliente, con o sin tratamiento térmico ulterior, o conformados en frío con un tratamiento térmico ulterior para obtener un estado metalúrgico similar al de los productos conformados en caliente. Los aceros de grano fino suelen suministrarse en estado normalizado.

Los aceros para la fabricación de los perfiles huecos se clasifican como aceros no aleados de base, y aceros no aleados de calidad de grano fino y aceros aleados especiales de grano fino.

Designación de acuerdo con la UNE EN 10210-1:

<b>S</b>	<b>355</b>	<b>JX (o NL)</b>	<b>H</b> Perfil hueco
		<b>JO</b> Características de energía de rotura (27 julios mínimo a 0° C; -20° C – <b>J2</b> ; temp.ambiente- <b>JR</b> ). <b>N</b> acero normalizado de grano fino <b>L</b> energía de rotura a -50° C (27 jul min) <b>M</b> en estado laminado termomecánico	
		valor mínimo garantizado del límite elástico aparente en MPa para espesores no superiores a 16 mm el símbolo S, del acero (steel) de construcción	

Para los aceros no aleados se establecen tres grados: JR, J0 y J2

Para los aceros de grano fino, la N designa el estado normalizado y la L para los grados con valores mínimos de energía de rotura en el ensayo de flexión por choque a temperatura de -50° C

Los grados y calidades y composición química de los **aceros no aleados** y sus propiedades mecánicas se recogen en las tablas siguientes, de la UNE EN 10210-1.

### Composición química. Análisis de colada para espesores de producto $\leq 120$ mm

Designación		Método de desoxidación <sup>a</sup>	% máximo en peso						
Simbólica	Numérica		C		Si	Mn	P	S	N <sup>b c</sup>
			Espesor nominal						
			$\leq 40$	$> 40 \leq 120$					
S235JRH	1.0039	FN	0.17	0.20	-	1.40	0.040	0.040	0.009
S275JOH	1.0149	FN	0.20	0.22	-	1.50	0.035	0.035	0.009
S275J2H	1.0138	FF	0.20	0.22	-	1.50	0.030	0.030	-
S355JOH	1.0547	FN	0.22	0.22	0.55	1.60	0.035	0.035	0.009
S355J2H	1.0576	FF	0.22	0.22	0.55	1.60	0.030	0.030	-
S355K2H	1.0512	FF	0.22	0.22	0.55	1.60	0.030	0.030	-

- a Grado de desoxidación:
- FN: No se admite acero efervescente.
  - FF: Acero calmado.
- b Se tolera sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0,001% de aumento de N, el contenido de P se reduzca en 0,005% respecto al valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido de N, en el análisis de colada, no debe ser superior a 0,012%.
- c No se aplica el valor máximo de nitrógeno si la composición química muestra un contenido mínimo de Al total de 0,020% con un valor mínimo del ratio Al/N de 2:1 o si están presentes otros elementos fijadores de N en cantidad suficiente. Se mencionarán los elementos fijadores de nitrógeno en el documento de inspección.

### Propiedades mecánicas de acero estructural no aleado en secciones huecas

Designación		Límite elástico de cedencia $R_{eH}$ en Mpa Espesor nominal de producto en mm						Resistencia a la tracción $R_m$ , en Mpa Espesor nominal de producto en mm			Porcentaje mínimo del alargamiento de rotura $A^{a,b}$ % Espesor nominal de producto en mm				Energía mínima de impacto KV <sup>d</sup> en J Temperatura de ensayo		
Simbólica	Numérica	≤ 16	>16 ≤ 40	>40 ≤ 63	>63 ≤ 80	>80 ≤ 100	> 100 ≤ 120	≤ 3	> 3 ≤ 100	> 100 ≤ 120	≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 100 ≤ 120	-20 °C	0 °C	20 °C
S235JRH <sup>c</sup>	1.0039	235	225	215	215	215	195	360 - 510	360 - 510	350 - 500	26	25	24	22	-	-	27
S275JOH <sup>c</sup>	1.0149	275	265	255	245	235	225	430 - 580	410 - 560	400 - 540	23	22	21	19	-	27	-
S275J2H	1.0138														27	-	-
S355JOH	1.0547	355	345	335	325	315	295	510 - 680	470 - 630	450 - 600	22	21	20	18	-	27	-
S355J2H <sup>c</sup>	1.0576														27	-	-
S355K2H	1.0512														40 <sup>e</sup>	-	-

a Valores para probetas longitudinales. Para transversales los valores son un 2% inferiores

b Para espesores < 3 mm, ver 9.2.2

c Los valores de la flexión por choque se realiza solamente cuando se especifique la opción 1.3

d Para los valores de la flexión por choque en elementos de sección reducida ver 6.6.2

e Este valor se corresponde con 27J a -30° C (ver Eurocódigo 3)

1 Mpa = 1 N/mm<sup>2</sup>



Los grados y calidades y composición química de los **aceros de grano fino** y sus propiedades mecánicas se recogen en las siguientes tablas de la UNE EN 10210-1.

### Composición química. Análisis de colada para espesores de producto $\leq 65$ mm

Designación		Método de desoxidación <sup>a</sup>	Subgrupo <sup>b</sup>	% en peso													
Simbólica	Numérica			C máx	Si máx	Mn	P máx	S máx	Nb máx	V máx	Al <sub>total</sub> mín <sup>c</sup>	Ti máx	Cr máx	Ni máx	Mo máx	Cu máx <sup>d</sup>	N máx
S275NH	1.0493	GF	QS	0,20	0,40	0,50 1,40	0,035	0,030	0,05	0,08	0,02	0,03	0,30	0,30	0,10	0,35	0,015
S275NLH	1.0497						0,030	0,025									
S355NH	1.0539	GF	QS	0,20	0,50	0,90 1,65	0,035	0,030	0,05	0,12	0,02	0,03	0,30	0,50	0,10	0,55	0,020
S355NLH	1.0549			0,18			0,030	0,025									
S420NH	1.8750	GF	SS	0,22	0,60	1,00 1,70	0,035	0,030	0,05	0,20	0,02	0,03	0,30	0,80	0,10	0,70	0,025
S420NLH	1.8751						0,030	0,025									
S460NH	1.8953	GF	SS	0,22	0,60	1,00 1,70	0,035	0,030	0,05	0,20	0,02	0,03	0,30	0,80	0,10	0,70	0,025
S460NLH	1.8956						0,030	0,025									

a Grado de desoxidación:

GF: Acero calmado con elementos fijadores de N en cantidad suficiente para fijar el N disponible, y con estructura de grano fino.

b QS: Acero de calidad. SS: Acero especial

c Si existen suficientes elementos fijadores de nitrógeno, no se aplica la limitación del Al total.

d Si el contenido de Cu es superior al 0,30% entonces el contenido de Ni será al menos la mitad del de Cu

### Propiedades mecánicas de acero estructural de grano fino en secciones huecas

Designación		Límite elástico de cedencia R <sub>eH</sub> (Mpa) Espesor nominal de producto (mm)			Resistencia a la tracción R <sub>m</sub> , en MPa Espesor nominal de producto $\leq 65$ mm	Porcentaje mínimo del alargamiento de rotura A % Espesor nominal de producto $\leq 65$ mm		Energía mínima de impacto KV <sup>a</sup> en J Temperatura de ensayo	
Simbólica	Numérica	$\leq 16$	$> 16$ $\leq 40$	$> 40$ $\leq 65$		Longitudinal	Transversal	-50 °C	-20 °C
S275NH	1.0493	275	265	255	370 - 510	24	22	-	40 <sup>b</sup>
S275NLH	1.0497							27	-
S355NH	1.0539	355	345	335	470 - 630	22	20	-	40 <sup>b</sup>
S355NLH	1.0549							27	-
S420NH	1.8750	420	400	390	520 - 680	19	17	-	40 <sup>b</sup>
S420NLH	1.8751							27	-
S460NH	1.8953	460	440	430	540 - 720	17	15	-	40 <sup>b</sup>
S460NLH	1.8956							27	-

a Para los valores de la flexión por choque en elementos de sección reducida ver 6.6.2

b Este valor se corresponde con 27J a -30° C (ver EN 1993-1-1)

1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

**3.2.2.** La norma UNE EN 10219 se refiere a ***Productos huecos para la construcción, conformados en frío, de acero no aleado y de grano fino***

Esta norma europea especifica las características de los perfiles huecos estructurales soldados conformados en frío, de sección circular, cuadrada, rectangular o elíptica, y es aplicable a los perfiles huecos estructurales conformados en frío sin tratamiento térmico posterior.

Los requisitos técnicos especificados son aplicables a los aceros de calidad no aleados, a los aceros de grado fino de calidad no aleados y a los aceros especiales de grano fino aleados.

Conformado en frío es el procedimiento donde el conformado principal se efectúa a temperatura ambiente. El uso de los productos huecos conformados en frío para usos estructurales es menos frecuente que el de los acabados en caliente, por la concentración de tensiones debido al plegado en las esquinas y las concentradas en la línea de soldadura longitudinal.

Los grados, calidades, composición química y propiedades mecánicas de los aceros no aleados y de los aceros de grano fino, conformados en frío son similares a los que figuran en el apartado anterior 3.2.1. referidos a los aceros acabados en caliente.

**3.3.** La norma UNE EN 10162 se refiere a ***Perfiles de acero conformados en frío y perfilados.***

Esta norma aplica a los perfiles de acero laminados en frío producidos en máquinas perfiladoras. Son productos de formas diversas en los que la sección transversal es constante en toda su longitud. Las secciones transversales tienen forma muy diversas, y entre ellas de L, U, C, Z y  $\Omega$ .

Tipos de acero: los perfiles laminados en frío deben fabricarse a partir de productos planos de acero laminados en frío o en caliente conforme, entre otras, a las siguientes normas: UNE EN 10025, EN 10327 (antes UNE EN 10142) y EN 10326 (antes UNE EN 10147)

**Conformado en frío de productos planos laminados en caliente en aceros de construcción no aleados**

Designación de los tipos de acero conforme a la Norma Europea EN 10025-2	
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2
S235JRC	1.0122
S235JOC	1.0115
S235J2C	1.0119
S275JRC	1.0128
S275JOC	1.0140
S275J2C	1.0142
S355JOC	1.0554
S355J2C	1.0579
S355K2C	1.0594

**Conformado en frío de productos planos en aceros de construcción galvanizados en caliente en continuo**

Designación de los tipos de aceros conforme a la Norma Europea EN 10326 (antes UNE EN 10147)	
UNE EN 10027-1 y CR 10260	UNE EN 10027-2
S250GD+Z	1.0242
S280GD+Z	1.0244
S320GD+Z	1.0250
S350GD+Z	1.0529
S220GD+Z	1.0241

**Conformado en frío de productos planos en aceros bajos en carbono galvanizados en caliente en continuo**

Designación de los tipos de acero conforme a la Norma Europea EN 10327 (antes UNE EN 10142)	
Recubrimiento de Zinc, en mm	
Z100, ZF100	
Z140, ZF140	
Z200	
Z225	
Z275	
Z350	
Z450	
Z600	

### 3.4. Productos planos de acero recubiertos en continuo de materias orgánicas (prelacados), según norma UNE EN 10169

El recubrimiento en continuo (prelacado) es un método por el que se aplica, mediante un procedimiento continuo, un material de recubrimiento (orgánico) sobre una banda metálica laminada. Este procedimiento incluye la limpieza y un pretratamiento químico de la superficie metálica además de uno de los dos procesos siguientes:

- La aplicación, sencilla o múltiple, por una o por ambas caras, de pinturas (líquidas) o de recubrimientos en polvo que a continuación se polimerizan
- La laminación con una lámina plástica

Propiedades mecánicas y composición química: se resumen en la siguiente tabla de la UNE EN 10326

#### Tipos de acero y propiedades mecánicas (para ensayos con probetas longitudinales)

Denominación	Composición química % en peso max.					Propiedades mecánicas		
	% C	% Si	% Mn	% P	% S	Límite elástico mínimo $R_{eH}$ MPa <sup>a</sup>	Resistencia a la tracción $R_{mm}$ <sup>b</sup> MPa <sup>a</sup>	Alargamiento a la rotura (%) <sup>c</sup>
S220GD	0,20	0,60	1,70	0,10	0,045	220	300	20
S250GD						250	330	19
S280GD						280	360	18
S230GD						320	390	17
S350GD						350	420	16
S550GD						550	560	-

<sup>a</sup> 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>

<sup>b</sup> Para todos los grados excepto el S550GD, puede esperarse un rango de 140 MPa para resistencia a tracción

<sup>c</sup> para productos de espesores  $\leq 0,70$  mm (incluido revestimiento) los valores mínimos del alargamiento se reducirán en 2 unidades

En la norma UNE EN 10326, figuran los revestimientos de las chapas y bandas de acero revestidas en continuo por inmersión en caliente.

Tipo de acero		Símbolos para el tipo de recubrimiento por inmersión en caliente disponible <sup>(2)</sup>
Simbólica <sup>(1)</sup>	Numérica	
H180YD	1.0921	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H180BD	1.0354	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H220YD	1.0923	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H220PD	1.0358	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H220BD	1.0353	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H260YD	1.0926	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H260PD	1.0431	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS

H260BD	1.0433	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H260LAD	1.0929	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H300PD	1.0443	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H300BD	1.0445	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H300LAD	1.0932	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H340LAD	1.0933	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H380LAD	1.0934	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS
H420LAD	1.0935	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS

- (1) **H** productos planos laminados en frío de alto límite elástico para conformado en frío; **B** endurecidos al horno; **P** refosforados; **Y** libres de intersticios; **LA** acero de baja aleación (microaleado); **D** destinados al recubrimiento por inmersión en caliente.
- (2) **Z, ZF** Recubrimiento de cinc por inmersión en caliente: Aplicación de un recubrimiento de cinc por inmersión de los productos planos en un baño de cinc fundido (contenido de al menos 99% de cinc).  
**ZA** Recubrimiento de cinc-aluminio por inmersión en caliente: Aplicación de un recubrimiento de aluminio-cinc por inmersión de los productos preparados en un baño de cinc fundido (con un 5% de aluminio aproximadamente y pequeñas cantidades de otras aleaciones)  
**AZ** Recubrimiento de aluminio-cinc por inmersión en caliente: Aplicación de un recubrimiento de cinc por inmersión de los productos preparados en un baño fundido compuesto por un 55% de aluminio, un 1.6% de silicio y el resto de cinc.  
**AS** Recubrimiento de aluminio-silicio por inmersión en caliente: Aplicación de un recubrimiento de aluminio-silicio por inmersión de los productos preparados en un baño fundido compuesto por un 8-11% de silicio y el resto de aluminio.