

Enfriador de Liquido- 50 Hz

Fecha 13/04/2010
 Cliente CIRCE
 Referencia 165 kW con aire a 30°C

Modo de operación	Glycol/Water	Tipo de equipo	Alfablue Junior	Modelo	DGS634C
Tipo de calculo	Design				
Capacidad requerida	165.00 kW				
		Altitud (a.s.l.)		0 m	
Dimensiones					
Longitud	4335 mm	Peso Estándar		351 kg	
Altura	1034 mm				
Fondo	750 mm				
Packing	Crate	Shipping Volume		4.4 m³	
Datos térmicos					
Temperatura del aire	30.0 °C				
Fluido	Prop.glycol 35.0 %	Fluid temperature in/out		50.0 °C / 40.0 °C	
Caudal del fluido	15.1 m³/h	Fluid pressure drop		28.7 kPa	
Punto congelación	-17.3 °C				
Datos ventilador					
Caudal de aire:	40820 m³/h	Número de ventiladores		4	
		Diámetro del ventilador		630.0 mm	
Velocidad de rotación	1330 rpm	Voltaje		400V	
Total Nominal Power	5000 W	Potencia instalada		3ph	
Corriente nominal total ⁽²⁾	9.9 A	Connection		D	
Total FLC (-30°C)	11.9 A				
Sound Pressure Level (10.0 m) ⁽¹⁾		52 dB(A)			
Sound Power Level		84 dB(A)			
Datos batería					
Material del tubo	Copper	Material aletas		Aluminium	
Separación de aletas	2.1 mm	Número de circuitos		52	
Superficie	312.3 m²	Volumen interno		45.7 litros	
Conexiones	2"1/2 - 2"1/2	ConnectionSide		Same	
Bastidor y Carcasa					
Material de la carcasa	Galvanized steel				

NOTAS

⁽¹⁾ Usando el metodo de la superficie envuelta de acuerdo con la norma EN 13487

⁽²⁾ Corriente nominal para Taire=20°C. Puede haber variaciones, debido a diferente tensión o Taire



Opciones

Feet	No
Amortiguadores	No

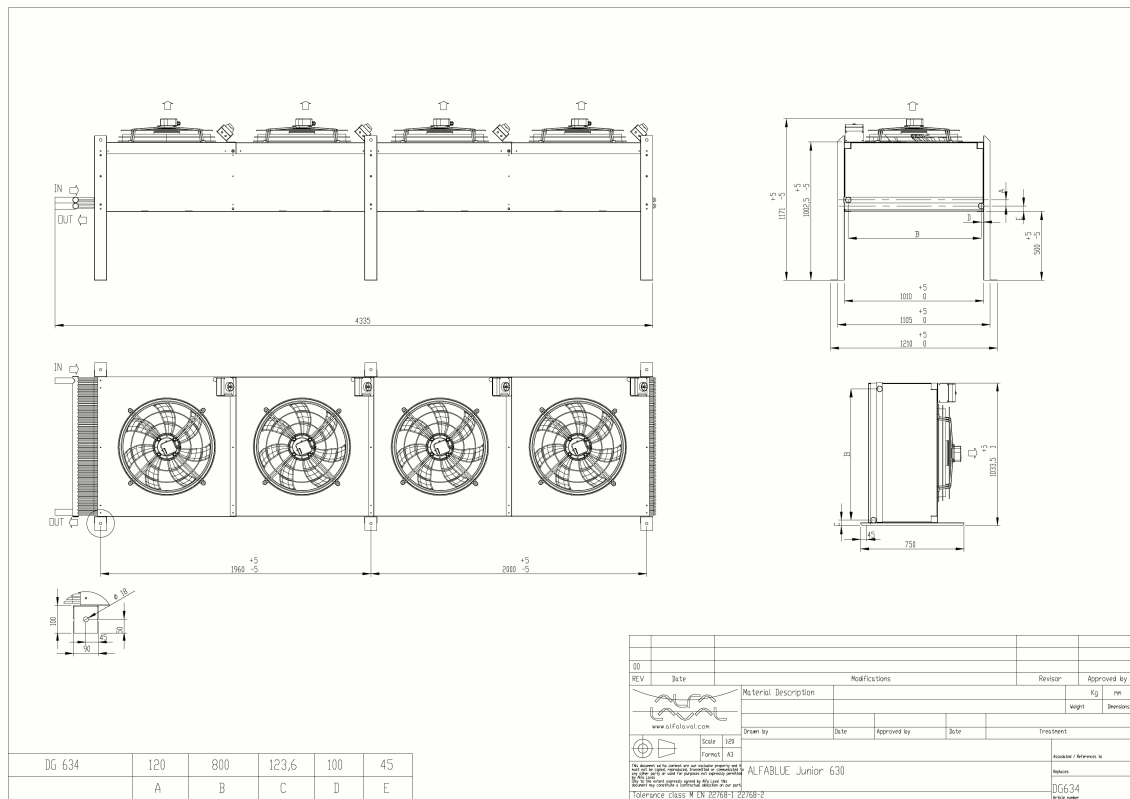
Electrical

Conexión	D		
Interruptor on/off	No	Caja de bornas	No

Summary

Tipo	Código
Descripción 1	DGS634CD52 CR
Descripción 2	AL 2.1 CU

Program version	5.34	Data update	2010-02-02





Enfriador de Liquido- 50 Hz

Fecha 03/05/2010
 Cliente CIRCE
 Referencia 175 kW con aire a 30°C

Modo de operación	Glycol/Water	Tipo de equipo	Alfablue Junior	Modelo	DGS504BT
Tipo de calculo	Design				
Capacidad requerida	175.00 kW				
		Altitud (a.s.l.)		0 m	
Dimensiones					
Longitud	3805 mm	Peso Estándar		234 kg	
Altura	828 mm				
Fondo	428 mm				
Packing	Crate	Shipping Volume		3.1 m³	
Datos térmicos					
Temperatura del aire	30.0 °C				
Fluido	Prop.glycol 35.0 %	Fluid temperature in/out		65.0 °C / 50.0 °C	
Caudal del fluido	10.7 m³/h	Fluid pressure drop		35.5 kPa	
Punto congelación	-17.3 °C				
Datos ventilador					
Caudal de aire:	28660 m³/h	Número de ventiladores		4	
		Diámetro del ventilador		500.0 mm	
Velocidad de rotación	1390 rpm	Voltaje		400V	
Total Nominal Power	2880 W	Potencia instalada		3ph	
Corriente nominal total(²)	5.6 A	Connection		D	
Total FLC (-30°C)	6.8 A				
Sound Pressure Level (10.0 m) (¹)		49 dB(A)			
Sound Power Level		81 dB(A)			
Datos batería					
Material del tubo	Copper	Material aletas		Aluminium	
Separación de aletas	2.1 mm	Número de circuitos		30	
Superficie	168.7 m²	Volumen interno		24.7 litros	
Conexiones	2" - 2"	ConnectionSide		Same	
Bastidor y Carcasa					
Material de la carcasa	Galvanized steel				

NOTAS

⁽¹⁾ Usando el metodo de la superficie envuelta de acuerdo con la norma EN 13487

⁽²⁾ Corriente nominal para Taire=20°C. Puede haber variaciones, debido a diferente tensión o Taire



Opciones

Feet	No
Amortiguadores	No

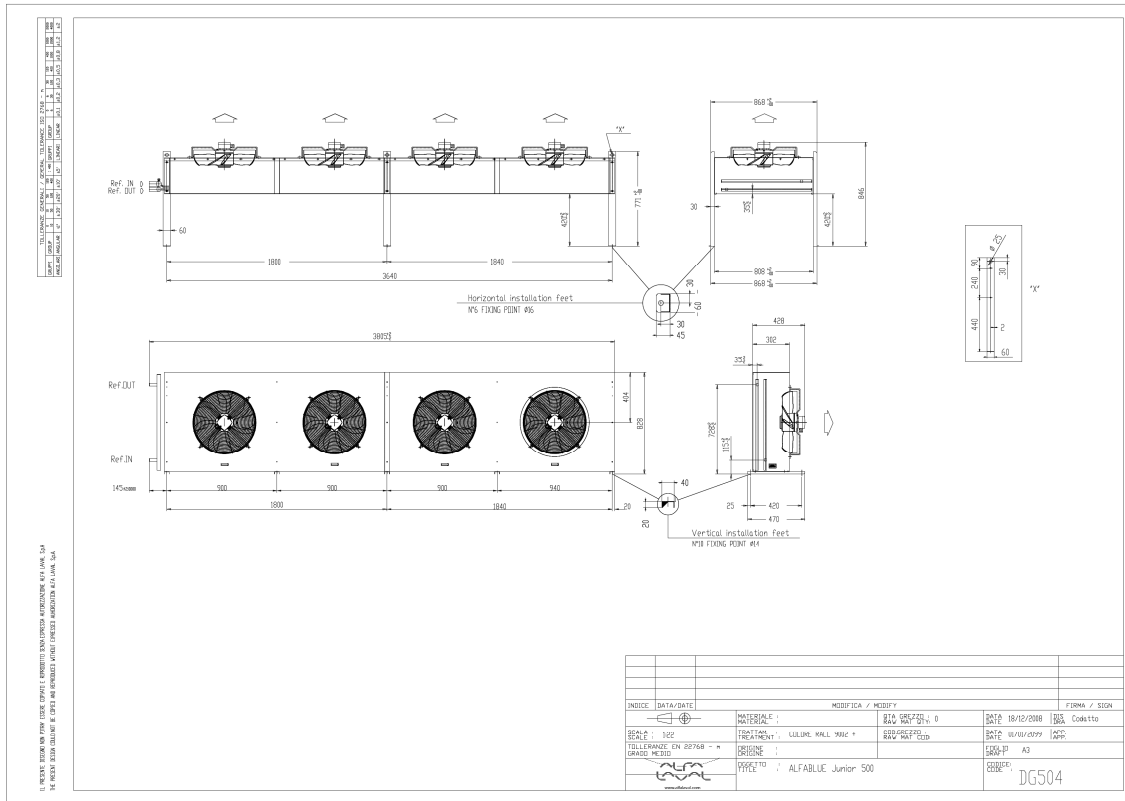
Electrical

Conexión	D		
Interruptor on/off	No	Caja de bornas	No

Summary

Tipo	Codigo
Descripción 1	DGS504BD30 CR
Descripción 2	AL 2.1 CU

Program version	5.35	Data update	2010-04-14



En portada Energía solar

AL SOL QUE MÁS CALIENTA

El abaratamiento de materiales y la simplificación de los trámites han abierto la puerta al ciudadano en el aprovechamiento de la luz solar. El objetivo es lograr una ciudad capaz de producir su propia energía

El sol regala a Aragón cada año 3.000 veces más energía de la que consume, pero durante décadas hemos dejado pasar de largo sus rayos. La energía solar ha sido tradicionalmente denostada por su baja eficacia y el elevado precio de sus materiales y solo recientemente se ha convertido en un desafío arquitectónico y una oportunidad económica. "Aragón tiene una situación muy buena para aprovechar la energía solar, ya sea en naves industriales o tejados particulares. La tecnología es cada vez mejor y más barata", resu-

me Ángel Bayod, jefe del proyecto fotovoltaico del Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos de la Universidad de Zaragoza (CIRCE). "Las ciudades están cambiando y se encuentran en una encrucijada: seguir consumiendo energía procedente de puntos lejanos o convertirse en centros generadores de recursos energéticos. En lugar de tener centrales térmicas, hidroeléctricas, molinos o huertos solares fuera de ella, ¿por qué no aprovechar los espacios comunes para generar energía?", se pregun-

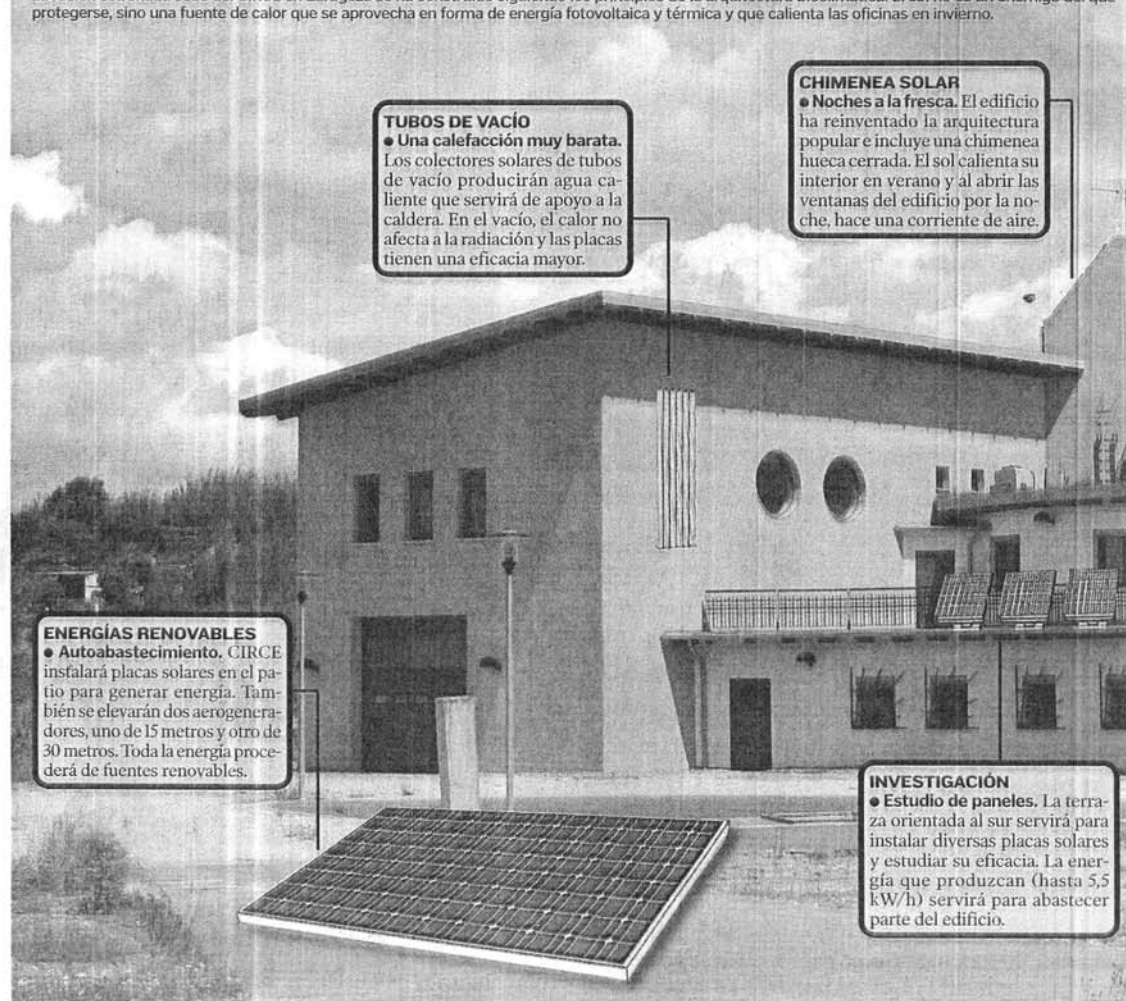
ta Bayod, que propone establecer zonas para la instalación de molinos y parques solares, una solución ecológica en la que también pueden participar los particulares.

Países como Alemania se han situado a la cabeza en la producción de energía procedente de paneles fotovoltaicos gracias a la implicación de todos sus ciudadanos. La ciudad de Friburgo, al sur del país, es un laboratorio de ideas para la instalación de paneles: aprovechando las pantallas acústicas de las autopistas, paredes y tejados de los edificios o incluso como toldos

Texto
DAVID NAVARRO

Un edificio que exprime hasta el último rayo*

La recién estrenada sede del CIRCE en Zaragoza se ha construido siguiendo los principios de la arquitectura bioclimática. El sol no es un enemigo del que protegerse, sino una fuente de calor que se aprovecha en forma de energía fotovoltaica y térmica y que calienta las oficinas en invierno.



TUBOS DE VACÍO

● Una calefacción muy barata. Los colectores solares de tubos de vacío producirán agua caliente que servirá de apoyo a la caldera. En el vacío, el calor no afecta a la radiación y las placas tienen una eficacia mayor.

CHIMENEA SOLAR

● Noches a la fresca. El edificio ha reinventado la arquitectura popular e incluye una chimenea hueca cerrada. El sol calienta su interior en verano y al abrir las ventanas del edificio por la noche, hace una corriente de aire.

ENERGÍAS RENOVABLES

● Autoabastecimiento. CIRCE instalará placas solares en el patio para generar energía. También se elevarán dos aerogeneradores, uno de 15 metros y otro de 30 metros. Toda la energía procederá de fuentes renovables.

INVESTIGACIÓN

● Estudio de paneles. La terraza orientada al sur servirá para instalar diversas placas solares y estudiar su eficacia. La energía que produzcan (hasta 5,5 kW/h) servirá para abastecer parte del edificio.

El sol aporta a Aragón hasta 3.000 veces más energía de la que consumimos

La planta fotovoltaica de Opel en Figueruelas genera electricidad para 4.600 hogares

Los paneles solares pueden servir de pantalla acústica o como toldo en verano

para hacer sombra en verano. "Esta tendencia también llegará a España y pronto casi todos los edificios públicos de las ciudades aprovecharán los tejados para la producción de energía. En la actualidad la legislación ya obliga a instalar placas solares térmicas en las nuevas construcciones, cuya energía se utiliza en los sistemas de calefacción. Añadir paneles fotovoltaicos será cuestión de tiempo", avanza Bayod.

UNA REALIDAD EN ARAGÓN

Aragón ya ha comenzado a aprovechar las cubiertas para generar energía. Edificios públicos de Zaragoza como el Seminario y el nuevo cuartel de la Policía Local han instalado placas solares; los depósitos de agua de Casablanca, en Zaragoza, con dos megavatios (MW) de potencia, generan la energía que consumen 3.000 personas. Del mismo modo, el sector privado in-

UN EDIFICIO ECOLÓGICO

● **Sin emisiones.** La nueva sede del CIRCE es un edificio de 'emisiones cero': se utilizan materiales ecológicos fabricados en el entorno, se evita el PVC y el hormigón y se alimentará con energías renovables.

A LA SOMBRA

● **Imaginación.** Los arquitectos han orientado las ventanas para aprovechar el sol del invierno y evitar el del verano. Los amplios aleros hacen de toldo en el estío y no impiden pasar los rayos en los meses más fríos.

vierte en placas solares sobre tejado: la factoría de Opel, en Zaragoza, ha instalado una de las mayores cubiertas del mundo, que genera una potencia de 10 MW y aporta energía a 4.600 hogares. La instalación de paneles en naves y edificios particulares no solo reporta beneficios medioambientales, sino también económicos. Un ejemplo es la instalación solar de los tejados del parque tecnológico Walqa, en Huesca, que genera 120.000 euros de beneficios anuales.

LOS BENEFICIOS

Cada kilovatio (kW) que se genera de manera renovable está subvencionado por el Ministerio de Industria, con una prima que actualmente está fijada en 0,32 euros por kW. Esta prima es el cebo que ha atraído en los últimos años a los inversores, que han instalado en Aragón 119 MW, que generan 200 gigavatios (GW) a la hora cada año.

Actualmente, el cupo para instalar energía solar en suelo está casi cubierto y la oportunidad económica está en los tejados de edificios y naves industriales particulares. "La tecnología cada vez es más barata y eficiente. Con una inversión de 6.000 euros, una familia particular puede amortizar la instalación en pocos años y beneficiarse de la expansión de esta energía -propone Bayod-. Aunque es mejor mirar los beneficios ecológicos y no los económicos, porque las primas son cada vez más ajustadas y se prevé que sigan bajando en el futuro".

Bayod aventura que "la tendencia es a que la inversión sea cada vez menos costosa y se popularice la instalación de paneles fotovoltaicos en la ciudad". Según el ingeniero, "en 2050 gran parte de la energía que consumamos procederá del sol y otro gran porcentaje será de otras fuentes renovables. La era de los combustibles fósiles ya ha llegado a su fin".

*Información facilitada por Alfonso Aranda, director de la División Energética del CIRCE e Ignacio Zabalza, responsable de la eficiencia energética del edificio.

CUBIERTAS VEGETALES

● **Calientes en invierno, frescos en verano.** Las plantas crecen en las terrazas y sirven de protección al sol del verano. En invierno, la capa de tierra y los vegetales conservan el calor en el interior del edificio.

CALOR EN INVIERNO

● **Un invernadero.** Las oficinas están orientadas al sur, donde reciben el sol del invierno. Un cerramiento de cristal y madera acumula el calor en la fachada y calienta las habitaciones de la primera planta.

TUBOS A LA VISTA

● **Práctico.** Los cables de luz y telecomunicaciones no han sido empotrados. Si hay que arreglar o cambiar algo, no es necesario picar la pared. La calefacción es geotérmica y aprovecha el calor de la tierra.

MATERIALES ARAGONESES

● **Más ecológico.** Traer materiales de fuera es costoso y contamina el medio ambiente. La sede del Circe tiene piedra de calatorao y madera aragonesa. Mesas y puertas son de aglomerado prensado.

Manual para novatos

● **¿Qué trámites he de seguir?** El primer paso es acudir a la compañía eléctrica para pedir la autorización administrativa. Después, hay que apuntarse en el registro de instalaciones fotovoltaicas del Ministerio de Industria. Todas las propuestas se analizan para ver si cumplen los requisitos.

● **¿Me dará permiso Urbanismo?** Los ayuntamientos han aliviado mucho los trámites. Solo hay que pedir licencia y presentar un documento que explique el proyecto técnico y cómo será llevado a cabo. Este documento suelen facilitarlo las empresas instaladoras. Hay que pagar como tasa un 5% del coste de instalación de la obra.

● **¿Cuántas placas he de colocar?** Se aconseja producir al menos los mismos kW que consumimos. De media, una persona necesita al día 1 kWh y una familia 3 kWh. Para obtenerlos se necesita una superficie de 6m² en el primer caso y 12m² si se trata de una familia.

● **¿A cuánto asciende la inversión?** Los precios pueden variar, pero 6m² suelen costar 3.000 euros y 12m² alrededor de 6.000.

● **¿Cuánto tardaré en amortizarla?** El decreto actual paga a 0,32 euros el kWh. Si 6m² generan 1.350 kWh al año, ingresaremos unos 430 euros anuales. En unos 8 años, la instalación puede estar amortizada.



AlfaBlue Junior AG(H)

Air-cooled condensers – commercial range

General information & application

In addition to the well-proven AlfaBlue condenser line, the new generation of AlfaBlue Junior commercial condensers is a competitive condenser line of robust construction and high rigidity, that has every feature you need.

AlfaBlue Junior offers excellent performance especially at low air flow rates, allowing easy installation on site and an outstanding integration with other components. Highly efficient fan motors combine excellent sound characteristics and low energy consumption.

AlfaBlue Junior condensers may be used in commercial refrigeration and A/C installations.

Refrigerants	all H(C)FC
Capacities (SC2)	6.5 up to 260 kW

Coil

An innovative coil design based on 5/16" copper tubes and corrugated aluminium fins provides excellent heat transfer at minimal refrigerant charge. Standard fin spacing is 2.1 mm.

Casing

The coil frame is made from AlMn₃ for protection against vibration and thermal expansion. Casing material is galvanized steel sheet, pre-painted with an epoxy finish (RAL9002). Separated fan sections.

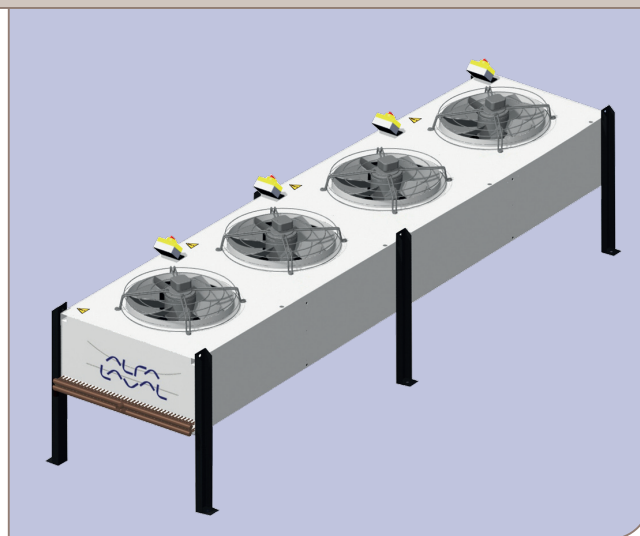
Fan motors

High efficiency fans with innovative polymeric fan blades and low power consumption. Available in three fan diameters (400, 500 & 630 mm), different power supplies (230V, 400V, 50/60Hz) and four noise levels.

Protection class IP 54 according to DIN 40050. Integrated thermo contacts provide reliable protection against thermal overload (terminals in the box). Motors may be wired to one or more common terminal boxes.

AlfaBlue Junior AGH

A special range of High Pressure condensers is available with circuiting design optimized for refrigerant R410A. This AGH range has been specifically developed for AC applications and may be tailor made for OEM use.



AlfaBlue Junior

Options

- EC motors (500 & 630 mm fans only)
- Non-standard power supply
- Fan motor switches
- Terminal box for electric power connection
- Fan speed control (230/1 and 400/3)
- Pre-coated aluminium fins
- Special fin spacing (2.5 and 3.2mm)
- Vibration dampers

Certifications

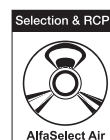
All condenser models are "Eurovent Certify All" certified. The Alfa Laval quality system is in accordance with ISO 9001. All products are manufactured according to CE and PED rules.

Test

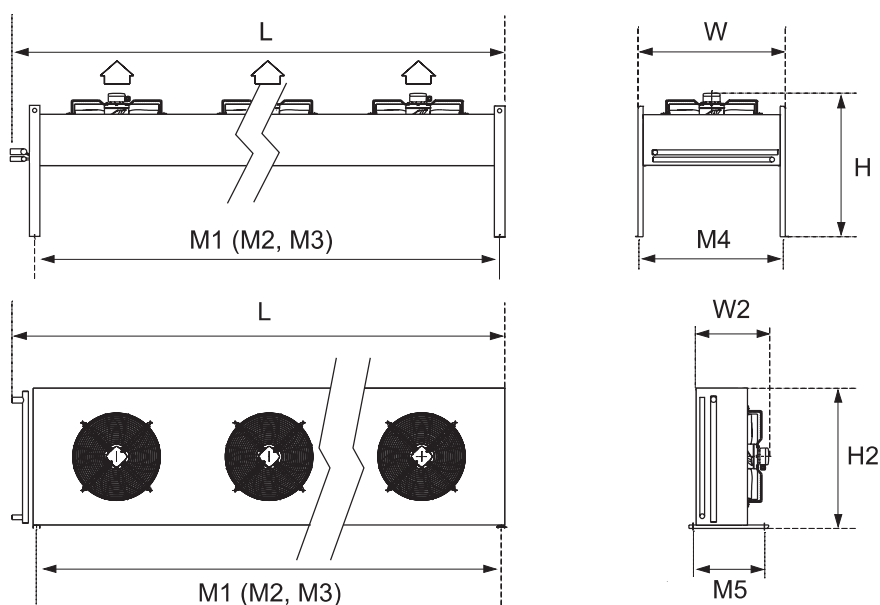
Each heat exchanger undergoes a pressure and leak test with dry air at 35 barg (AGH: 49 barg). It is then supplied with a nitrogen pre-charge.

Selection

Please use our AlfaSelect Air selection software for condenser selection and RCPL pricing.



Dimensions												Weight & Connections					
type	fans	L	H	W	H2	W2	M1	M2	M3	M4	M5	Coil size A		Coil size B		Coil size C	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	mm	kg	mm	kg	mm
AG*401	1	780	712	596	555	362	630	-	-	591	215	26	16-14	31	16-14	-	-
AG*402	2	1380	712	596	555	362	1230	-	-	591	215	51	22-18	57	22-18	-	-
AG*403	3	1980	712	596	555	362	1830	-	-	591	215	79	22-18	85	28-22	-	-
AG*501	1	1105	846	868	828	428	940	-	-	868	420	121	22-20	126	22-20	132	22-20
AG*502	2	2005	846	868	828	428	1840	-	-	868	420	227	28-22	236	28-22	245	28-22
AG*503	3	2905	846	868	828	428	2740	-	-	868	420	329	35-28	346	35-28	360	35-28
AG*504	4	3805	846	868	828	428	1800	1840	-	868	420	-	-	464	42-35	483	42-35
AG*631	1	1335	1171	1210	1034	750	960	-	-	1105	660	83	22-18	89	28-22	95	28-22
AG*632	2	2335	1171	1210	1034	750	1960	-	-	1105	660	156	28-22	168	35-28	180	35-28
AG*633	3	3335	1171	1210	1034	750	2960	-	-	1105	660	229	35-28	247	42-35	265	54-42
AG*634	4	4335	1171	1210	1034	750	1960	2000	-	1105	660	302	54-42	326	54-42	350	54-42
AG*635	5	5335	1171	1210	1034	750	1960	1000	2000	1105	660	383	64-54	417	76-64	451	76-64
AG*636	6	6335	1171	1210	1034	750	1960	2000	2000	1105	660	456	76-64	498	76-64	540	76-64



NOTE: weights for AG*6 are given for sound execution S (Standard).
Weights for executions L, Q & R are 92% of the given values.

Code description

AG H S 50 2 B - D - 230/50/1 - options

- Options
- power supply
- Fan connection (D=delta, Y=star)
- Coil size (A, B or C)
- Number of fans (1, 2, 3, 4, 5 or 6)
- Fan diameter (40=400, 50=500 mm, 63=630 mm)
- Sound level: S=standard, L=low, Q=quiet, R=residential (ø 630 only)
- High pressure range for R-410A
- AlfaBlue Junior condenser

Benefits

- Reduced refrigerant charge
- Excellent sound characteristics, suitable for residential applications
- Reliable performance, Eurovent certified
- Easy installation & maintenance.
- Energy efficient - low total cost of ownership.
- Damage-proof packing in sturdy cardboard box on pallet. Bigger units in a crate and wrapped with plastic foil.
- Two-year product guarantee.

ERC00258EN 0907

Alfa Laval reserves the right to change specification without prior notification.

How to contact Alfa Laval

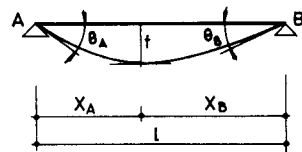
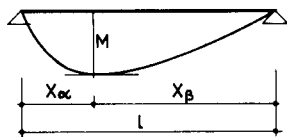
Up-to-date Alfa Laval contact details for all countries are always available on our website at www.alfalaval.com



VIGA APOYADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos en valor absoluto.

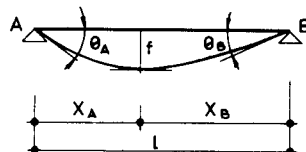
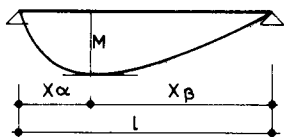


SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
	$M = \frac{F a b}{l}$	$R_A = \frac{F \cdot b}{l}$ $R_B = \frac{F \cdot a}{l}$	$a < b, x_B = \left[\frac{b(l+a)}{3} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{F \cdot a}{3! EI} \left[\frac{b(l+a)}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $a > b, x_A = \left[\frac{a(l+b)}{3} \right]^{\frac{1}{2}}, f = \frac{F \cdot b}{3! EI} \left[\frac{a(l+b)}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $\theta_A = \frac{F a b (l+b)}{6! EI}, \theta_B = \frac{F a b (l+a)}{6! EI}$
	$M = \frac{F l}{4}$	$R_A = R_B = \frac{F}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{F l^3}{48 EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{F l^2}{16 EI}$
	$M = F a$	$R_A = R_B = F$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{F a}{24 EI} (3l^2 - 4a^2)$ $\theta_A = \theta_B = \frac{F a (l-a)}{2 EI}$
	$M = \frac{F l}{2}$	$R_A = R_B = \frac{3F}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, f = \frac{19}{384} \cdot \frac{F}{EI} l^3$ $\theta_A = \theta_B = \frac{5 F l^2}{32 EI}$

VIGA APOYADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos en valor absoluto

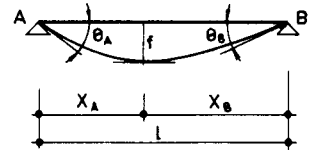
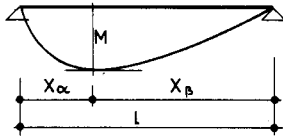


SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
$n = \frac{l}{a}$	$n = 2k, \quad M = \frac{n}{8} \cdot Fl$ $n = 2k+1, \quad M = \frac{n^2-1}{8n} \cdot Fl$	$R_A = R_B = \frac{n-1}{2} F$	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \begin{cases} n=2k, \quad f = \frac{5n^2-4}{384n} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \\ n=2k+1, \quad f = \frac{(5n^2+1)(n^2-1)}{384n^3} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \end{cases}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{n^2-1}{24n} \cdot \frac{Fl^2}{EI}$
$n = \frac{l}{a}$	$n = 2k, \quad M = \frac{n}{8} \cdot Fl$ $n = 2k+1, \quad M = \frac{n^2+1}{8n} \cdot Fl$	$R_A = R_B = \frac{n}{2} F$	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \begin{cases} n=2k, \quad f = \frac{-n^4+6n^2+2n^2+4n-4}{384n^2} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \\ n=2k+1, \quad f = \frac{5n^4+2n^2+1}{384n^3} \cdot \frac{Fl^3}{EI} \end{cases}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{2n^2+1}{48n} \cdot \frac{Fl^2}{EI}$
	$M = \frac{1}{8} q l^2$	$R_A = R_B = \frac{q l}{2}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2}, \quad f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q l^4}{EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{q l^3}{24 EI}$
	$x_\alpha = \frac{a(l+b)}{2l}, \quad M = \frac{q a^2 (l+b)^2}{8 l^2}$	$R_A = \frac{q a (l+b)}{2 l}$ $R_B = \frac{q a^2}{2 l}$	$a < 0'4531 \cdot l, \quad x_B = \left[\frac{2l^2-a^2}{6} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad f = \frac{q a^2}{6} \left[\frac{2l^2-a^2}{6} \right]^{\frac{3}{2}}$ $a > 0'4531 \cdot l, \quad x_B = \frac{58'575 \cdot l - 8'575 \cdot a}{100}$ $f = \frac{q l^4}{10^3 EI} (13'5734 \frac{a}{l} - 0'5526)$ $\theta_A = \frac{q a^2 l}{24 EI} (2 - \frac{a}{l})^2, \quad \theta_B = \frac{q a^2 l}{24 EI} (2 - \frac{a^2}{l^2})$

VIGA APOYADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

q y segmentos en
valor absoluto

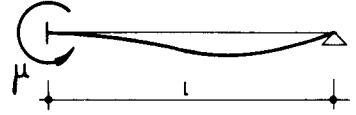


SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
	$M = \frac{qc(l-c)}{2}$ 	$R_A = R_B = qc$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \quad f = \frac{qc l^3}{24EI} \left[1 - \frac{c^2}{l^2} \left(2 - \frac{c}{l} \right) \right]$ $\theta_A = \theta_B = \frac{qc l^2}{24EI} \left(3 - 4 \frac{c^2}{l^2} \right)$
	$x_\alpha = a+c - \frac{2ac}{l} \quad M = 2qac \left(\frac{b-c}{l} + \frac{a}{l^2} \right)$ 	$R_A = \frac{2qc(l-a)}{l}$ $R_B = \frac{2qc(l-b)}{l}$ 	$\theta_A = \frac{qbc l}{3EI} \left(1 - \frac{b^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} \right) \quad \theta_B = \frac{qac l}{3EI} \left(1 - \frac{a^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} \right)$
	$M = \frac{ql^2}{12}$ 	$R_A = R_B = \frac{ql}{4}$ 	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \quad f = \frac{ql^4}{120EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{5ql^3}{196EI}$
	$x_\alpha = \frac{l}{\sqrt{3}} \quad M = \frac{ql^2}{9\sqrt{3}}$ 	$R_A = \frac{ql}{6}$ $R_B = \frac{ql}{3}$ 	$x_A = 0.5193 l \quad f = \frac{6.522}{10^3} \frac{ql^4}{EI}$ $\theta_A = \frac{7ql^3}{360EI} \quad \theta_B = \frac{ql^3}{45EI}$

VIGA APOYADA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu = \frac{F a b (l + b)}{2 l^2}$	$R_A = \frac{F b}{2 l} \left(3 - \frac{b^2}{l^2} \right)$ $R_B = \frac{F a^2}{2 l^2} \left(3 - \frac{a}{l} \right)$	
	$\mu = \frac{3}{16} F l$	$R_A = \frac{11}{16} F$ $R_B = \frac{5}{16} F$	
	$\mu = \frac{3 F a (l - a)}{2 l}$	$R_A = \frac{F}{2} \left[2 + 3 \frac{a}{l} \left(1 - \frac{a}{l} \right) \right]$ $R_B = \frac{F}{2} \left[2 - 3 \frac{a}{l} \left(1 - \frac{a}{l} \right) \right]$	
	$\mu = \frac{15}{32} F l$	$R_A = \frac{63}{32} F$ $R_B = \frac{33}{32} F$	

VIGA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.

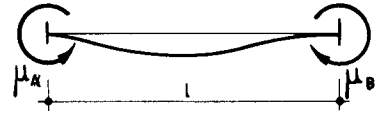


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
Diagram of a beam of length l with a point load F acting downwards at a distance a from the left support and b from the right support.	$\mu_A = \frac{F a b^2}{l^2}$ $\mu_B = -\frac{F a^2 b}{l^2}$	$R_A = F \frac{b^2}{l^2} (3 - 2 \frac{b}{l})$ $R_B = F \frac{a^2}{l^2} (3 - 2 \frac{a}{l})$	Bending moment diagram for a point load F. The diagram shows a linear variation of moment from μ_A at the left support to μ_B at the right support, with a sharp change at the point of application of the load F. The distance b is indicated on the right side.
Diagram of a beam of length l with a point load F acting downwards at the center, which is at a distance of $\frac{l}{2}$ from both supports.	$\mu_A = \frac{F l}{8}$ $\mu_B = -\frac{F l}{8}$	$R_A = \frac{F}{2}$ $R_B = \frac{F}{2}$	Bending moment diagram for a point load F at the center. The diagram shows a linear variation of moment from μ_A at the left support to μ_B at the right support, with a sharp change at the center. The distance $\frac{l}{2}$ is indicated on the right side.
Diagram of a beam of length l with two point loads F acting downwards. Each load is at a distance a from the nearest support, making the distance between the loads $l - 2a$.	$\mu_A = \frac{F a (l - a)}{l}$ $\mu_B = -\frac{F a (l - a)}{l}$	$R_A = F$ $R_B = F$	Bending moment diagram for two point loads F. The diagram shows a linear variation of moment from μ_A at the left support to μ_B at the right support, with sharp changes at the points of application of the loads. The distance a is indicated on the right side.
Diagram of a beam of length l with three point loads F acting downwards. Each load is at a distance a from the nearest support, making the distance between the loads $l - 3a$.	$\mu_A = \frac{5 F l}{16}$ $\mu_B = -\frac{5 F l}{16}$	$R_A = \frac{3}{2} F$ $R_B = \frac{3}{2} F$	Bending moment diagram for three point loads F. The diagram shows a linear variation of moment from μ_A at the left support to μ_B at the right support, with sharp changes at the points of application of the loads. The distance a is indicated on the right side.

VIGA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.

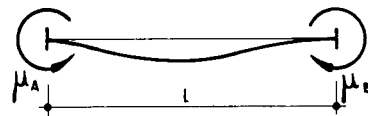


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
nº de fuerzas = $n-1$	$\mu_A = \frac{Fl(n^2-1)}{12n}$ $\mu_B = -\frac{Fl(n^2-1)}{12n}$	$R_A = \frac{n-1}{2}F$ $R_B = \frac{n-1}{2}F$	
nº de fuerzas = n	$\mu_A = \frac{Fl(2n^2+1)}{24n}$ $\mu_B = -\frac{Fl(2n^2+1)}{24n}$	$R_A = \frac{n}{2}F$ $R_B = \frac{n}{2}F$	
	$\mu_A = \frac{ql^2}{12}$ $\mu_B = -\frac{ql^2}{12}$	$R_A = \frac{ql}{2}$ $R_B = \frac{ql}{2}$	
	$\mu_A = \frac{qa^2}{12} \left[6 - \frac{a}{l} \left(8 - 3 \frac{a}{l} \right) \right]$ $\mu_B = -\frac{qa^2}{12l} \left(4 - 3 \frac{a}{l} \right)$	$R_A = \frac{qa}{2} \left[2 - \frac{a^2}{l^2} \left(2 - \frac{a}{l} \right) \right]$ $R_B = \frac{qa^3}{2l^2} \left(2 - \frac{a}{l} \right)$	

VIGA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.

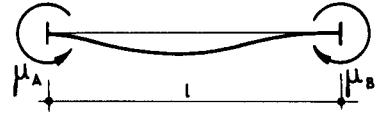


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu_A = \frac{qc}{12l} (3l^2 - 4c^2)$ $\mu_B = -\frac{qc}{12l} (3l^2 - 4c^2)$	$R_A = qc$ $R_B = qc$	
	$\mu_A = 2qc \left(a \frac{b^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} \frac{3b-l}{3} \right)$ $\mu_B = -2qc \left(b \frac{a^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} \frac{3a-l}{3} \right)$	$R_A = 2qc \left[1 - 3 \frac{a^2}{l^2} \frac{c^2}{l^2} + 2 \frac{a}{l} \left(\frac{a^2}{l^2} \frac{c^2}{l^2} \right) \right]$ $R_B = 2qc \left[3 \frac{a^2}{l^2} + \frac{c^2}{l^2} - 2 \frac{a}{l} \left(\frac{a^2}{l^2} \frac{c^2}{l^2} \right) \right]$	
	$\mu_A = \frac{5}{96} ql^2$ $\mu_B = -\frac{5}{96} ql^2$	$R_A = \frac{ql}{4}$ $R_B = \frac{ql}{4}$	
	$\mu_A = \frac{ql^2}{30}$ $\mu_B = -\frac{ql^2}{20}$	$R_A = \frac{3}{20} ql$ $R_B = \frac{7}{20} ql$	

VIGA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto.

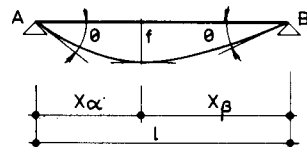
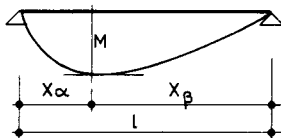


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu_A = \frac{qa^2}{30} \left[10 - \frac{a}{l} (15 - 6 \frac{a}{l}) \right]$ $\mu_B = -\frac{qa^3}{20l} (5 - 4 \frac{a}{l})$	$R_A = \frac{qa}{20} \left[10 - \frac{a^2}{l^2} (15 - 8 \frac{a}{l}) \right]$ $R_B = \frac{qa^3}{20l^2} (15 - 8 \frac{a}{l})$	
	$\mu_A = \frac{qb^3}{60l} (5 - 3 \frac{b}{l})$ $\mu_B = -\frac{qb^2}{60} \left[3 \frac{b^2}{l^2} + 10 \frac{a}{l} \right]$	$R_A = \frac{qb^3}{20l^2} (5 - 2 \frac{b}{l})$ $R_B = \frac{qb}{20} \left[10 - \frac{b^2}{l^2} (5 - 2 \frac{b}{l}) \right]$	
carga parabólica	$\mu_A = \frac{ql^2}{15}$ $\mu_B = -\frac{ql^2}{15}$	$R_A = \frac{ql}{3}$ $R_B = \frac{ql}{3}$	
	$\mu_A = m \frac{b}{l} (2 - 3 \frac{b}{l})$ $\mu_B = m \frac{a}{l} (2 - 3 \frac{a}{l})$	$R_A = m \frac{6ab}{l^3}$ $R_B = -m \frac{6ab}{l^3}$	

VIGA APOYADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

q y segmentos en
valor absoluto

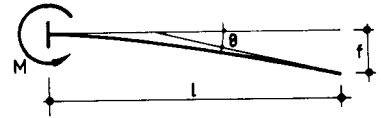


SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCIONES EN APOYOS	FLECHAS MAXIMAS ANGULOS DE GIRO EXTREMOS
	$x_R = a \left[\frac{3L-2a}{3L} \right]^{\frac{1}{2}} \quad M = \frac{q a^2}{3} \left[\frac{3L-2a}{3L} \right]^{\frac{3}{2}}$	$R_A = \frac{q a (3L-2a)}{6l}$ $R_B = \frac{q a^2}{3l}$	$a < 0.4607l \quad x_A = \left[\frac{5l^2-3a^2}{15} \right]^{\frac{1}{2}} \quad f = \frac{q a^2}{9EI} \left[\frac{5l^2-3a^2}{15} \right]^{\frac{3}{2}}$ $a > 0.4607l \quad x_A = (1.593 \frac{a}{l} - 0.0737) l$ $f = \frac{q l^4}{10^3 EI} (4.117 + 2.405 \frac{a}{l})$ $\theta_A = \frac{(12a^2-45al+40l^2) q a^2}{360 EI l} \quad \theta_B = \frac{(5l^2-3a^2) q a^2}{90 EI l}$
	$x_p = b(1 - \sqrt{\frac{b}{3l}}) \quad M = \frac{q b^2}{6} \left[\frac{a}{l} + 2 \left(\frac{b}{3l} \right)^{\frac{3}{2}} \right]$	$R_A = \frac{q b^2}{6l}$ $R_B = \frac{q b (3l-b)}{6l}$	$b < 0.4396l \quad x_A = \left[\frac{10l^2-3b^2}{30} \right]^{\frac{1}{2}} \quad f = \frac{q b^2}{18EI} \left[\frac{10l^2-3b^2}{30} \right]^{\frac{3}{2}}$ $b > 0.4396l \quad x_A = (1.2527 - 0.7334 \frac{b}{l}) l$ $f = \frac{q l^4}{10^3 EI} (8.267 \frac{b}{l} - 1.745)$ $\theta_A = \frac{(10l^2-3b^2) q b^2}{360 EI l} \quad \theta_B = \frac{(20l^2-15bl+3b^2) q b^2}{360 EI l}$
c. parabólica 	$M = \frac{5}{48} q l^2$	$R_A = R_B = \frac{q l}{3}$	$x_A = x_B = \frac{l}{2} \quad f = \frac{61 q l^4}{5760 EI}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{q l^3}{30 EI}$
	$a < b \quad M = \frac{m b}{l}$ $a > b \quad M = \frac{m a}{l}$	$R_A = -R_B = \frac{m}{l}$	$a < b \quad x_A = l \left[\frac{l^2-3a^2}{3} \right]^{\frac{1}{2}} \quad f = \frac{m}{3EI} \left[\frac{l^2-3a^2}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $b < a \quad x_B = l \left[\frac{l^2-3b^2}{3} \right]^{\frac{1}{2}} \quad f = \frac{m}{3EI} \left[\frac{l^2-3b^2}{3} \right]^{\frac{3}{2}}$ $\theta_A = \frac{m(l^2-3b^2)}{6EI l} \quad \theta_B = \frac{m(l^2-3a^2)}{6EI l}$

VIGA EN VOLADIZO

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F.q.y segmentos, en
valor absoluto

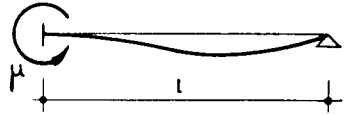


SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCION EN APOYO	FLECHA MAXIMA ANGULO DE GIRO EXTREMO
	$M = 2qca$ 	$R = 2qc$ 	$f = \frac{qca^2}{3EI} \left[l \left(3 + \frac{c^2}{a^2} \right) - a \left(1 + \frac{c^2}{a^2} \right) \right]$ $\theta = \frac{q}{6EI} \left[a^3 - 15c^3 + 3ac(a+c) \right]$
	$M = \frac{1}{6}ql^2$ 	$R = \frac{1}{2}ql$ 	$f = \frac{ql^4}{30EI}$ $\theta = \frac{ql^3}{24EI}$
	$M = \frac{1}{6}ql^2$ 	$R = \frac{1}{2}ql$ 	$f = \frac{qa^3}{120EI} (5l - a)$ $\theta = \frac{qa^3}{24EI}$
	$M = m$ 	$R = 0$ 	$f = \frac{ma}{2EI} (2l - a)$ $\theta = \frac{ma}{EI}$

VIGA APOYADA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPÓTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto

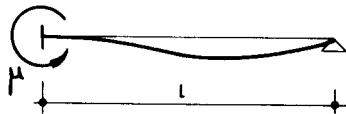


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu = \frac{q b^2}{8 l^2} (2 l^2 - b^2)$	$R_A = \frac{q b^2}{8 l} \left(6 - \frac{b^2}{l^2} \right)$ $R_B = \frac{q b}{8} \left[8 - \frac{b}{l} \left(6 - \frac{b^2}{l^2} \right) \right]$	
	$\mu = \frac{q c}{8 l} (3 l^2 - 4 c^2)$	$R_A = \frac{q c}{8} \left(11 - 4 \frac{c^2}{l^2} \right)$ $R_B = \frac{q c}{8} \left(5 + 4 \frac{c^2}{l^2} \right)$	
	$\mu = \frac{q b c}{l^2} \left[a (l + b) - c^2 \right]$	$R_A = q c \left[2 - 3 \frac{a^2}{l^2} - \frac{c^2}{l^2} + \frac{a}{l} \left(\frac{a^2}{l^2} + \frac{c^2}{l^2} \right) \right]$ $R_B = q c \left[3 \frac{a^2}{l^2} + \frac{c^2}{l^2} - \frac{a}{l} \left(\frac{a^2}{l^2} + \frac{c^2}{l^2} \right) \right]$	
	$\mu = \frac{5}{64} q l^2$	$R_A = \frac{21}{64} q l$ $R_B = \frac{11}{64} q l$	

VIGA APOYADA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto

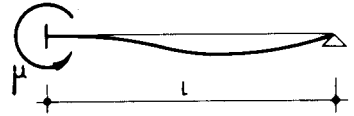


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu = \frac{7}{120} q l^2$	$R_A = \frac{9}{40} q l$ $R_B = \frac{11}{40} q l$	
	$\mu = \frac{q l^2}{15}$	$R_A = \frac{2}{5} q l$ $R_B = \frac{q l}{10}$	
	$\mu = \frac{q a^2}{120} \left[40 - 3 \frac{a}{l} (15 - 4 \frac{a}{l}) \right]$	$R_A = \frac{q a}{40} \left[20 - \frac{a^2}{l^2} (15 - 4 \frac{a}{l}) \right]$ $R_B = \frac{q a^3}{40 l^2} (15 - 4 \frac{a}{l})$	
	$\mu = \frac{q b^2}{30} (5 - 3 \frac{b^2}{l^2})$	$R_A = \frac{q b^2}{10 l} (5 - \frac{b^2}{l^2})$ $R_B = \frac{q b}{10} \left[5 - \frac{b}{l} (5 - \frac{b^2}{l^2}) \right]$	

VIGA APOYADA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto

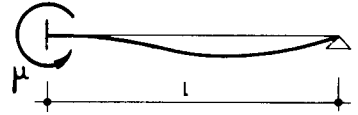


SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu = \frac{q b^2}{120} (10 - 3 \frac{b^2}{l^2})$	$R_A = \frac{q b^2}{40 l} (10 - \frac{b^2}{l^2})$ $R_B = \frac{q b}{40} \left[20 - \frac{b}{l} (10 - \frac{b^2}{l^2}) \right]$	
	$\mu = \frac{q a^2}{120} \left[20 - 3 \frac{a}{l} (5 - \frac{a}{l}) \right]$	$R_A = \frac{q a}{40} \left[20 - \frac{a^2}{l^2} (5 - \frac{a}{l}) \right]$ $R_B = \frac{q a^3}{40 l^2} (5 - \frac{a}{l})$	
c. parabólica	$\mu = \frac{q l^2}{10}$	$R_A = \frac{13}{30} q l$ $R_B = \frac{7}{30} q l$	
	$\mu = \frac{m}{2} (1 - 3 \frac{b^2}{l^2})$	$R_A = \frac{3}{2} \frac{m a}{l^2} (2 - \frac{a}{l})$ $R_B = -\frac{3}{2} \frac{m a}{l^2} (2 - \frac{a}{l})$	

VIGA APOYADA EMPOTRADA

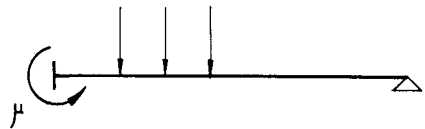
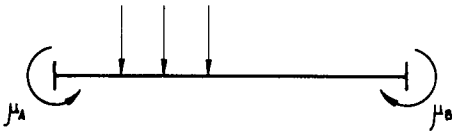
DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F , q y segmentos, en
valor absoluto



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
	$\mu = \frac{m}{2}$	$R_A = \frac{3}{2} \frac{m}{l}$ $R_B = -\frac{3}{2} \frac{m}{l}$	

CALCULO DEL MOMENTO DE EMPOTRAMIENTO DE UNA VIGA APOYADA-EMPOTRADA EN FUNCION DE LOS MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO.

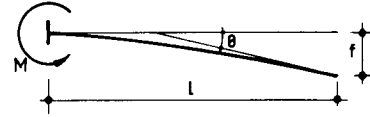


$$\mu = \mu_A - \beta_B \cdot \mu_B$$

$$\mu = \mu_A - \frac{1}{2} \mu_B$$

VIGA EN VOLADIZO

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA



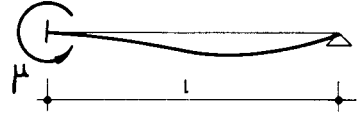
F,q y segmentos en
valor absoluto

SOLICITACION	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES MOMENTO MAXIMO	DIAGRAMA DE ESFUERZOS CORTANTES REACCION EN APOYO	FLECHA MAXIMA ANGULO DE GIRO EXTREMO
	$M = F \cdot a$	$R = F$	$f = F \cdot a^2 \frac{3L - a}{6EI}$ $\theta = \frac{F \cdot a^2}{2EI}$
	$M = F \cdot L$	$R = F$	$f = \frac{F \cdot L^3}{3EI}$ $\theta = \frac{F \cdot L^2}{2EI}$
	$M = \frac{1}{2} q \cdot L^2$	$R = q \cdot L$	$f = \frac{q \cdot L^4}{8EI}$ $\theta = \frac{q \cdot L^3}{6EI}$
	$M = \frac{1}{2} q \cdot a^2$	$R = q \cdot a$	$f = q \cdot a^3 \frac{4L - a}{24EI}$ $\theta = \frac{q \cdot a^3}{6EI}$

VIGA APOYADA EMPOTRADA

DISTINTAS HIPOTESIS DE CARGA

F, q y segmentos, en
valor absoluto



SOLICITACION	MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO PERFECTO	REACCIONES EN LOS APOYOS	DIAGRAMA DE MOMENTOS FLECTORES
n° de fuerzas = $n-1$	$\mu = \frac{n^2-1}{8n} Fl$	$R_A = \frac{(n-1)(5n+1)}{8n} F$ $R_B = \frac{(n-1)(3n-1)}{8n} F$	
n° de fuerzas = n	$\mu = \frac{2n^2+1}{16n} Fl$	$R_A = \frac{10n^2+1}{16n} F$ $R_B = \frac{6n^2-1}{16n} F$	
	$\mu = \frac{1}{8} ql^2$	$R_A = \frac{5}{8} ql$ $R_B = \frac{3}{8} ql$	
	$\mu = \frac{qa^2(l+b)^2}{8l^2}$	$R_A = \frac{qa}{8} \left(5 - \frac{b^2}{l^2}\right) \left(1 + \frac{b}{l}\right)$ $R_B = \frac{qa}{8l^2} \left(4 - \frac{a}{l}\right)$	

Sistema de Anclajes Mecánicos



Pernos de Expansión de Cuña

Características

- :: Cuña para expansión envolvente, de una sola pieza.
- :: Extremo roscado biselado perimetralmente, para evitar dañar la rosca al ser golpeado durante su instalación, y facilitar el inicio del enroscado de la tuerca.
- :: Estos anclajes tienen rosca en toda su extensión para mayor versatilidad de aplicaciones.
- :: Instalación sencilla y rápida a través de la pieza a fijar.

Material

- :: Acero al carbón
- :: Acero Inoxidable

Acabado

- :: Los anclajes de acero al carbón tienen protección galvánica mediante electrozincado.

Instalación

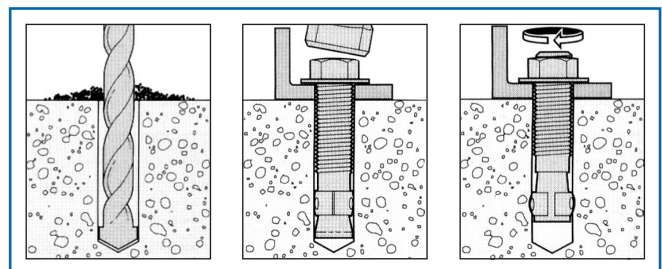
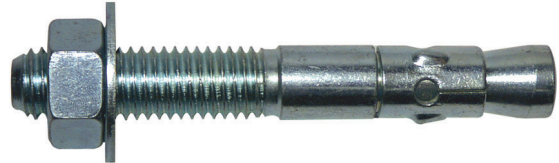
- :: El diámetro de los orificios en la placa base del elemento por anclarse debe medir 1,6 mm (1/16") más que el diámetro nominal de los respectivos pernos de anclaje de 1/4" a 5/8"; y 3,2 mm (1/8") más para todos los otros diámetros.

- :: No usar llave de impacto para instalar el Anclaje de Cuña.

- :: **¡Atención!**: Las perforaciones en el material base sobredimensionadas en diámetro, dificultarán la instalación del anclaje y reducirán su capacidad de carga.

:: Instalación:

- Perforar en el material base con broca con punta de carburo de tungsteno del mismo diámetro que el diámetro nominal del anclaje a instalarlo a la profundidad de empotramiento especificada, más unos 12 mm, para dejar espacio para que el polvo que genere la instalación no impida alcanzar la profundidad buscada. Como alternativa, perforar a la profundidad especificada y limpiar la perforación soplando aire comprimido. Las instalaciones sobre cabeza no requieren soplar con aire comprimido.
- Ensamblar el anclaje con su tuerca y arandela de modo que la parte superior de la tuerca quede a ras con la parte superior del anclaje. Colocar el anclaje en el dispositivo por anclarse e introducirlo en el orificio del material base y ajustarlo hasta que la arandela y la tuerca queden a ras con la parte superior del dispositivo por anclarse.
- Ajustar el apriete hasta el torque de instalación requerido.



Programa de Productos

Perno Expansión de Cuña	
Código	Descripción
AMPECU025021400	PERNO EXP. 1/4 x 2-1/4
AMPECU025031400	PERNO EXP. 1/4 x 3-1/4
AMPECU037030000	PERNO EXP. 3/8 x 3
AMPECU037033400	PERNO EXP. 3/8 x 3-3/4
AMPECU037050000	PERNO EXP. 3/8 x 5
AMPECU050023400	PERNO EXP. 1/2 x 2-3/4
AMPECU050033400	PERNO EXP. 1/2 x 3-3/4
AMPECU050041200	PERNO EXP. 1/2 x 4-1/2
AMPECU050051200	PERNO EXP. 1/2 x 5-1/2
AMPECU050070000	PERNO EXP. 1/2 x 7
AMPECU062041200	PERNO EXP. 5/8 x 4-1/2
AMPECU062060000	PERNO EXP. 5/8 x 6
AMPECU062081200	PERNO EXP. 5/8 x 8-1/2
AMPECU075043400	PERNO EXP. 3/4 x 4-3/4
AMPECU075051200	PERNO EXP. 3/4 x 5-1/2
AMPECU075070000	PERNO EXP. 3/4 x 7
AMPECU075100000	PERNO EXP. 3/4 x 10
AMPECU100060000	PERNO EXP. 1 x 6
AMPECU100090000	PERNO EXP. 1 x 9
AMPECU100120000	PERNO EXP. 1 x 12
Perno Expansión de Cuña de Acero Inoxidable	
Código	Descripción
AMPESS025031400	PERNO EXP. SS304 1/4 x 3-1/4
AMPESS037033400	PERNO EXP. SS304 3/8 x 3-3/4
AMPESS037050000	PERNO EXP. SS304 3/8 x 5
AMPESS050041200	PERNO EXP. SS304 1/2 x 4-1/2
AMPESS050051200	PERNO EXP. SS304 1/2 x 5 1/2
AMPESS062041200	PERNO EXP. SS304 5/8 x 4-1/2



Tabla de Especificaciones

Perno de Expansión de Cuña

Marcas de identificación de la longitud en la cabeza de los
Pernos Expansión de Cuña **GB®Ingefix**

Marca	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Desde	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Hasta pero sin incluir	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	9 1/2	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Especificaciones

			Cargas Últimas de Tracción y Corte en Hormigón Normal					
Diámetro de Anclaje Plg	Torque Instalación Lbs*Pie (Nm)	Profundidad Empotramiento Plg (mm)	f'c= H 14		f'c= H 28		f'c= H 42	
			Tracción en Kg	Corte en Kg	Tracción en Kg	Corte en Kg	Tracción en Kg	Corte en Kg
1/4	8 (10.8)	1-1/8 (28.6)	508	603	767	603	819	603
		1-15/16 (49.2)	905	724	1.422	724	1.422	724
		2-1/8 (54.0)	974	724	1.422	724	1.422	724
3/8	25 (33.9)	1-1/2 (38.1)	724	1.000	965	1.129	1.224	1.362
		3 (76.2)	1.500	1.724	2.560	1.784	2.637	1.939
		4 (101.6)	2.068	1.724	2.560	1.784	2.637	1.939
1/2	55 (74.6)	2-1/4 (57.2)	2.008	2.051	2.198	2.051	3.034	3.034
		4-1/8 (104.8)	2.008	3.120	4.154	3.120	4.662	3.516
		6 (152.4)	2.301	3.120	4.154	3.120	4.662	3.516
5/8	90 (122.0)	2-3/4 (69.9)	2.835	3.068	3.094	3.068	4.188	4.144
		5-1/8 (130.2)	2.835	4.137	6.429	5.128	7.058	5.395
		7-1/2 (190.5)	3.042	4.137	6.472	5.128	7.058	5.395
3/4	175 (237.3)	3-1/4 (82.6)	3.068	4.361	4.671	5.912	5.731	6.886
		6-5/8 (168.3)	4.731	8.756	7.627	10.230	8.730	10.230
		10 (254.0)	4.731	8.756	7.705	10.230	10.161	10.230
7/8	250 (339.0)	3-3/4 (95.3)	4.102	5.671	6.352	7.145	7.507	8.256
		6-1/4 (158.8)	6.317	8.997	9.023	12.410	10.497	12.410
		8 (203.2)	6.317	8.997	9.023	12.410	10.497	12.410
1	300 (406.7)	4-1/2 (114.3)	6.007	6.929	8.696	9.833	9.127	10.549
		7-3/8 (187.3)	6.291	12.359	10.333	16.349	14.332	16.409
		9-1/2 (241.3)	8.058	12.359	11.436	16.349	14.332	16.409

Para Cargas Recomendables de Trabajo se sugiere aplicar un Factor de Seguridad de 4. Por tanto, dividir la Carga Última por 4.

Pernos de Expansión de Camisa

Características

Los anclajes tienen una camisa preensamblada, expandible. Son utilizables en todo tipo de materiales base macizos o huecos. Estos anclajes están disponibles con cabeza hexagonal, cabeza acopladora para varilla, cabeza avellanada y cabeza redonda, esto es, para una variedad de usos.

Material

:: Acero al Carbón :: Acero inoxidable

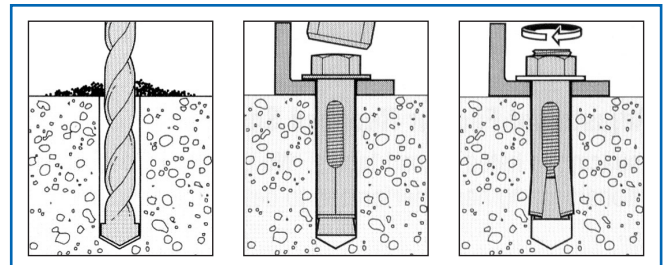
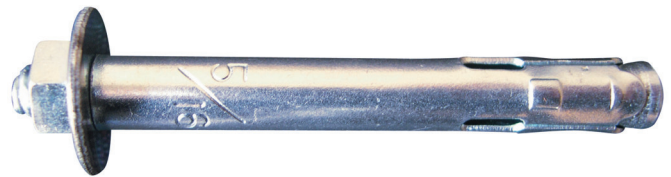
Acabado

:: Acero al carbón con protección galvánica por electrozincado.

Instalación

:: **¡Atención!** Las perforaciones en el material base con diámetro sobredimensionado, reduce o impide la traba mecánica del Anclaje en el material base y reduce su capacidad de carga.

- Para instalaciones en bloque y ladrillos, el taladro percutor debe colocarse en la modalidad de «Sólo Rotación».
- Perforar en el material base con una broca con punta de carburo de tungsteno del mismo diámetro que el diámetro nominal del anclaje a instalarse, y a la profundidad de empotramiento especificada, más unos 12 mm, para dejar espacio para que el polvo generado no bloquee avanzar hasta la profundidad buscada. Como alternativa, perforar a la profundidad especificada y limpiar la perforación soprándola con aire comprimido. Las instalaciones sobre cabeza no requieren soplar con aire comprimido.
- Colocar el anclaje en la placa base o dispositivo por fijarse, e introducirlo en la perforación en el material base. Ajustarlo hasta que la arandela y la tuerca queden a ras con la parte superior de la placa base.
- Ajustar al torque de instalación requerido.



Programa de Productos

Perno Expansión con Camisa	
Código	Descripción
AMPECA031021200	PERNO EXP. CAMISA 5/16 x 2-1/2
AMPECA037030000	PERNO EXP. CAMISA 3/8 x 3
AMPECA050040000	PERNO EXP. CAMISA 1/2 x 4
AMPECA062060000	PERNO EXP. CAMISA 5/8 x 6

Especificaciones

Cargas Últimas de Tracción y Corte en Hormigón									
Diámetro anclaje Plg	Torque Instalación Lbs*Pie (Nm)	Profundidad Empotramiento Plg (mm)	f'c = H 14		f'c = H 28		f'c = H 42		
			Tracción Kg	Corte Kg	Tracción Kg	Corte Kg	Tracción Kg	Corte Kg	
1/4	3.5 (4.7)	1-1/8 (28.6)	544	735	726	735	953	735	
5/16	8 (10.8)	1-1/4 (31.8)	635	925	871	1.007	1.179	1.089	
3/8	14 (19.0)	1-1/2 (38.1)	735	1.161	1.016	1.270	1.406	1.379	
1/2	20 (27.1)	1-7/8 (47.6)	1007	1.814	1.424	2.041	1.996	2.268	
5/8	48 (65.1)	2 (50.8)	1397	2.921	1.996	3.284	2.776	3.665	
3/4	90 (122.0)	2-1/4 (57.2)	1905	4.627	2.749	5.262	4.037	5.942	

Para Cargas Recomendables de Trabajo se sugiere aplicar un Factor de Seguridad de 4. Por tanto, dividir la Carga Última por 4.

Cáncamo Tie-Wire

Características

Cáncamo de expansión que se adapta a distintos tipos de materiales, tienen una camisa expandible preensamblada para usarse en todo tipo de material base macizos o huecos.

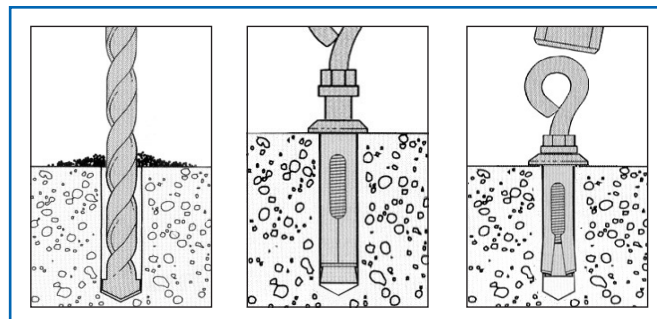
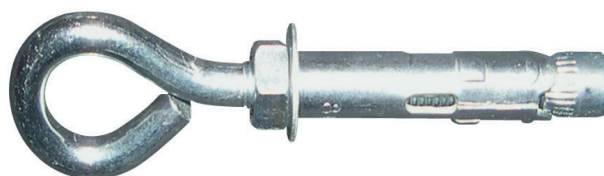
Material

Acero al carbón
Acero inoxidable

Instalación

:: **¡Atención!**: Los orificios sobredimensionados en el material base reducen o eliminan el enclavamiento mecánico de la rosca en el material base y reduce la capacidad de carga del anclaje.

- Taladrar un orificio en el material base con una broca con punta de carburo de tungsteno del mismo diámetro que el diámetro nominal del anclaje por instalarse. Para instalaciones en bloques y/ o ladrillos, el taladro percutor debe colocarse en la modalidad de «Sólo Rotación». Taladrar el orificio en el material base con una broca con punta de carburo de tungsteno del mismo diámetro que el diámetro nominal del anclaje a instalarse y a la profundidad de empotramiento especificada, más 13mm (1/2") para dejar espacio para que el polvo tenga cabida y permita que el Anclaje alcance la profundidad buscada. Alternativamente, taladrar el orificio a la profundidad especificada y limpiarlo soplando aire comprimido. Las instalaciones suspendidas no requieren soplar con aire comprimido.
- Colocar el anclaje en el dispositivo por anclarse e introducirlo en el orificio del material base y ajustarlo hasta que la arandela y la tuerca queden a ras con la parte superior dispositivo por anclarse.
- Ajustar al torque de instalación requerido.



Programa de Productos

Taco de Expansión Tire-Wire	
Código	Descripción
AMCAOJ08X040000	CANCAMO OJETE 8 x 40

Especificaciones

Cargas Últimas de Tracción y Corte en Hormigón								
Diámetro andaje Plg	Torque Instalación Lbs*Pie (Nm)	Profundidad Empotramiento Plg (mm)	f'c = H 14		f'c = H 28		f'c = H 42	
			Tracción Kg	Corte Kg	Tracción Kg	Corte Kg	Tracción Kg	Corte Kg
8	8 (10.8)	1-1/4 (31.8)	635	925	871	1.007	1.179	1.089

Para Cargas Recomendables de Trabajo se sugiere aplicar un Factor de Seguridad de 4. Por tanto, dividir la Carga Última por 4.
La carga que resiste el ojo del cáncamo antes de comenzar a abrirse es de 120 Kg.

Tacos de Expansión Metálicos

Rosca Interna

Características

:: El **"TACO EXPANSIÓN METÁLICO"** es un Anclaje de expansión con rosca interna. Actúa por deformación controlada de su pared extrema por medio de un cono preensamblado. Es un Anclaje adecuado para montajes a ras en bases de material macizo. El Anclaje se fija empujando el cono interno hasta el fondo del anclaje con un accesorio denominado Expandidor o Punzonador.

Material

- :: Acero al carbón.
- :: Acero Inoxidable.

Acabado

- :: Acero al carbón electrozincado.

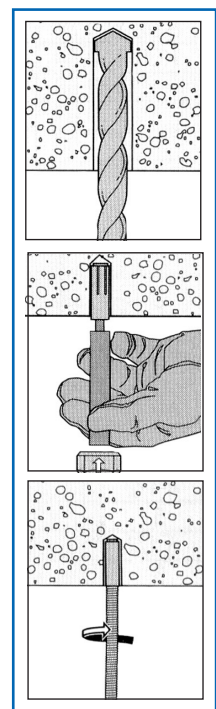
Instalación

:: Perforar en el material base con una broca con punta de carburo de tungsteno del diámetro correspondiente al diámetro nominal del anclaje a instalarse y a la profundidad de empotramiento especificada, más unos 12 mm, para dejar espacio para que el polvo que se asiente durante en proceso de instalación. Como alternativa, perforar a la profundidad especificada y limpiar la perforación soplando aire comprimido. En instalaciones sobre cabeza puede obviarse la operación de soplado.

:: **¡Atención!**: Los orificios en el material base con diámetro sobredimensionado, dificultarán la instalación del anclaje y reducirán su capacidad de carga.

- Introducir el anclaje en la perforación. Empújelo con golpes suaves de martillo hasta que quede a ras con la superficie.

- Usando la herramienta de fijación denominada Punzonador o Expandidor, empujar el cono expansor hacia el fondo del anclaje hasta que el hombro del Expandidor haga contacto con la parte superior del anclaje.



Programa de Productos

Tacos Expansión Metálicos

Código	Descripción
AMTEME025000000	TACO EXP. MET. DIA 1/4
AMTEME031000000	TACO EXP. MET. DIA 5/16
AMTEME037000000	TACO EXP. MET. DIA 3/8
AMTEME050000000	TACO EXP. MET. DIA 1/2
AMTEME062000000	TACO EXP. MET. DIA 5/8
AMTEME075000000	TACO EXP. MET. DIA 3/4

Tacos Expansión Inoxidable

Código	Descripción
AMTESS025000000	TACO EXP. INOX. DIA 1/4 SS316
AMTESS037000000	TACO EXP. INOX. DIA 3/8 SS316
AMTESS050000000	TACO EXP. INOX. DIA 1/2 SS316

Especificaciones

Cargas Últimas de Tracción y Corte en Hormigón

L	Diámetro andaje Plg	Diámetro Perforación Plg	Profundidad Empotramiento Plg (mm)	Tracción Kg			Corte Kg
				f'c = H 14	f'c = H 28	f'c = H 42	
1"	1/4	3/8	1 (25.4)	724	1.017	1.284	465
1 1/2	3/8	1/2	1-5/8 (41.3)	1.284	1.637	2.689	1.362
1 15/16	1/2	5/8	2 (50.8)	1.422	2.517	3.577	1.974
2 1/2	5/8	7/8	2-1/2 (63.5)	2.370	3.723	4.749	3.206
3 1/8	3/4	1	3-3/16 (81.0)	3.568	4.085	5.283	4.516

Para Cargas Recomendables de Trabajo se sugiere aplicar un Factor de Seguridad de 4.
Por tanto, dividir la Carga Última por 4.

Calculador de Distancias entre Anclajes y Al Borde

$$a^\circ = 40^{(1)}$$

$$P \text{ (mm)} = 120^{(2)}$$

$$L \text{ (mm)} = ?$$

$$\tan A = P / (L/2)$$

$$L/2 = P / \tan a^\circ = 143 \text{ (mm)} = D@B$$

$$L = 286$$

$$D@A_{\text{Posible}} = 290^{(3)}$$

$$\text{Factor de Afectación} = 1,00^{(4)}$$

Esto significa que si el Anclaje tiene una capacidad - ver Tablas según viñetas al pie de Tracción de 1.000 Kg. dada esta condición de cercanía, no deberá cargarse con más de 1.000 x

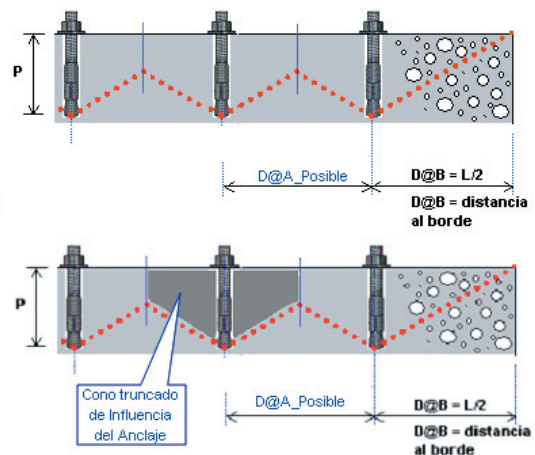
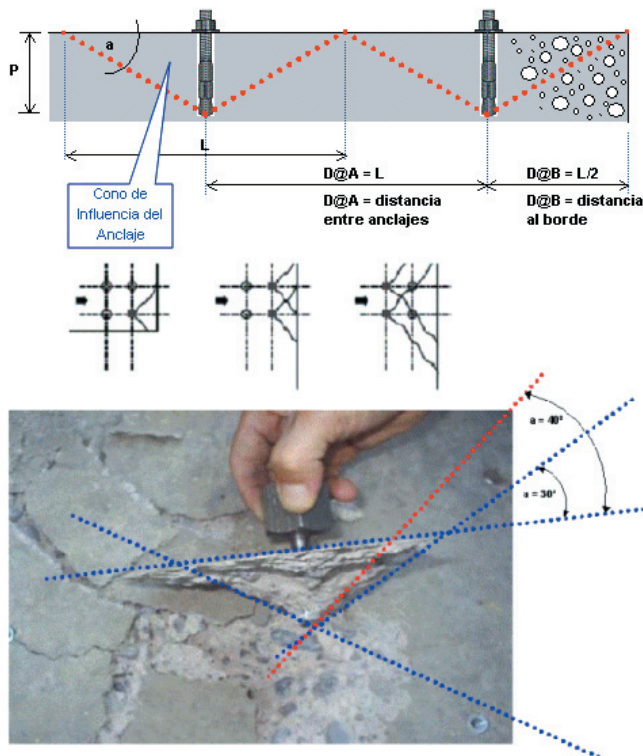
Factor de Afectación Indicado

(1) Indique Ángulo esperado para la Base del Cono de Influencia

(2) Indique Profundidad de Empotramiento

(3) Indique la Distancia Posible entre Anclajes

(4) Este resultado es el **Factor de Afectación** por el que se deberá **multiplicar la Carga Esperada**, - ver Tablas de Resistencias, según Tipo de Anclaje, en Viñetas al pie, - para alcanzarla sin interferencia entre los conos de influencia.



Tarugos de Expansión

Tarugo Clavo, Nail-It y Zamac

Características

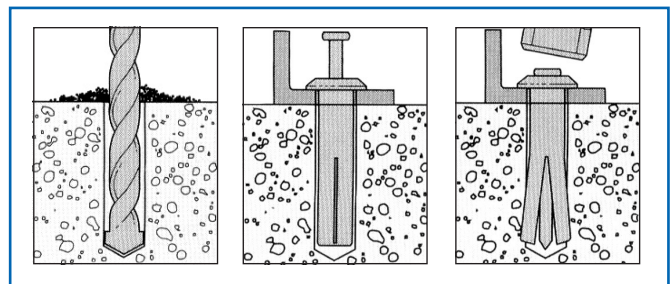
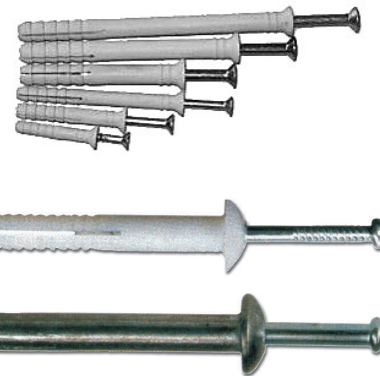
- :: Los anclajes Tarugos-Clavos, Nail-It y Zamac son de bajo costo para aplicaciones livianas.
- :: Fáciles para instalar: bastan algunos golpes de martillo para conseguir una fijación fuerte.
- :: Soportan carga estática.
- :: Anclajes de Nylon: El cuerpo de nylon actúa como aislante en aplicaciones eléctricas.
- :: Anclajes Zamac de Zinc: La estructura del cuerpo y la cabeza lo hacen inalterable.

Material

- :: Nail-It: cuerpo de Nylon con vástago de acero laminado.
- :: Zamac: cuerpo aleación de Zinc moldeado a presión con vástago de acero.
- :: Tarugos-Clavos: con camisa plástica y elemento de acero roscado que permite su remoción.

Instalación

- :: Taladrar un orificio en el material base con una broca con punta de carburo del mismo diámetro nominal del anclaje a instalarse y a la profundidad de empotramiento especificada, más unos 12 mm, para dejar espacio para que el polvo que genere la instalación no impida alcanzar la profundidad buscada.
- :: Como alternativa, perforar a la profundidad especificada y limpiar la perforación soplando aire comprimido. Las instalaciones sobre cabeza no requieren soplar con aire comprimido.
- :: Introducir el anclaje en el material base atravesando el dispositivo por anclarse.
- :: Martillar el anclaje hasta que quede a ras con el dispositivo por anclarse; luego martillar el pasador guía hasta que quede a ras con la parte de encima de la cabeza.
- :: **¡Atención!** Los orificios sobredimensionados en el material base dificultarán el enclavamiento del anclaje y reducirán su capacidad de carga.



Programa de Productos

Tarugos Clavos	
Código	Descripción
AMTACL05X030000	TARUGO CLAVO M5 x 30
AMTACL05X050000	TARUGO CLAVO M5 x 50
AMTACL06X040000	TARUGO CLAVO M6 x 40
AMTACL06X060000	TARUGO CLAVO M6 x 60
AMTACL06X080000	TARUGO CLAVO M6 x 80
AMTACL08X060000	TARUGO CLAVO M8 x 60
AMTACL08X080000	TARUGO CLAVO M8 x 80
AMTACL08X100000	TARUGO CLAVO M8 x 100

Programa de Productos

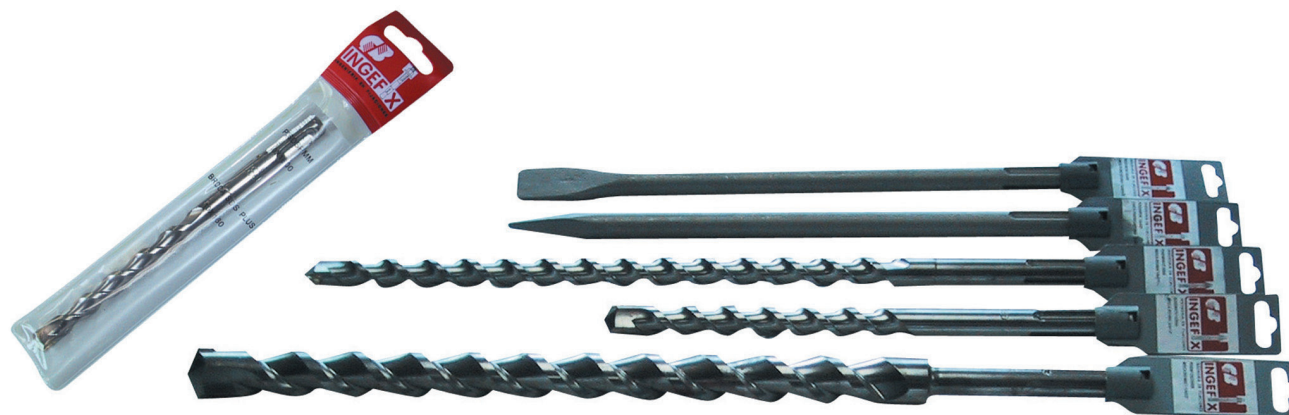
Tarugos Nail-It	
Código	Descripción
AMTANA025112000	TARUGO NAIL.IT 1/4 x 1-1/2
AMTENA025200000	TARUGO NAIL.IT 1/4 x 2

Programa de Productos

Tacos Expansión Metálicos	
Código	Descripción
AMTAME025112000	TARUGO CLAVO MET. 1/4 x 1-1/2



Brocas y Cinceles SDS Plus, SDS Max



Características

- :: Insertos de carburo de tungsteno soldados al vacío.
- :: Helicoides optimizados para remover el polvo y acelerar el proceso de perforación, reducir el calor y el desgaste de las brocas.
- :: La mínima tolerancia del diámetro permite taladrar orificios de alta precisión.

Cinceles con enganche SDS MAX

Descripción

CINCEL PUNTERO GBI SDS MAX 18X400

CINCEL PLANO GBI SDS MAX 18X400X25

Enganche SDS PLUS en mm

Dia	Descripción
5	BROCA GBI SDS PLUS 5 x 160
6	BROCA GBI SDS PLUS 6 x 160 BROCA GBI SDS PLUS 6 x 210
8	BROCA GBI SDS PLUS 8 x 160 BROCA GBI SDS PLUS 8 x 210 BROCA GBI SDS PLUS 8 x 260
10	BROCA GBI SDS PLUS 10 x 160 BROCA GBI SDS PLUS 10 x 260
12	BROCA GBI SDS PLUS 12 x 160 BROCA GBI SDS PLUS 12 x 210 BROCA GBI SDS PLUS 12 x 260 BROCA GBI SDS PLUS 12 x 400
14	BROCA GBI SDS PLUS 14 x 300
18	BROCA GBI SDS PLUS 18 x 300

Enganche SDS PLUS en pulgadas

Dia	Descripción
1/4	BROCA GBI SDS PLUS 1/4 x 6-1/4"
3/8	BROCA GBI SDS PLUS 3/8 x 6-1/4" BROCA GBI SDS PLUS 3/8 x 14"
1/2	BROCA GBI SDS PLUS 1/2 x 8" BROCA GBI SDS PLUS 1/2 x 12-1/2"
5/8	BROCA GBI SDS PLUS 5/8 x 8-1/2" BROCA GBI SDS PLUS 5/8 x 12"
3/4	BROCA GBI SDS PLUS 3/4 x 8" BROCA GBI SDS PLUS 3/4 x 12"
7/8	BROCA GBI SDS PLUS 7/8 x 8" BROCA GBI SDS PLUS 7/8 x 12"
1	BROCA GBI SDS PLUS 1 x 8" BROCA GBI SDS PLUS 1 x 12" BROCA GBI SDS PLUS 1 x 18"

Enganche SDS MAX en pulgadas

Dia	Descripción
1/2	BROCA GBI SDS MAX 1/2 x 13" BROCA GBI SDS MAX 1/2 x 21"
5/8	BROCA GBI SDS MAX 5/8 x 13" BROCA GBI SDS MAX 5/8 x 21"
11/16	BROCA GBI SDS MAX 11/16 x 21"
3/4	BROCA GBI SDS MAX 3/4 x 13" BROCA GBI SDS MAX 3/4 x 21"
7/8	BROCA GBI SDS MAX 7/8 x 13" BROCA GBI SDS MAX 7/8 x 21"
1	BROCA GBI SDS MAX 1 x 13" BROCA GBI SDS MAX 1 x 21" BROCA GBI SDS MAX 1 x 36"
1-1/8	BROCA GBI SDS MAX 1-1/8 x 23"
1-1/4	BROCA GBI SDS MAX 1-1/4 x 23" BROCA GBI SDS MAX 1-1/4 x 36"
1-3/8	BROCA GBI SDS MAX 1-3/8 x 23"
1-1/2	BROCA GBI SDS MAX 1-1/2 x 23"





1. INTRODUCCIÓN. GENERALIDADES	1
1.1. PRODUCTOS METÁLICOS. TIPOS DE DOCUMENTOS DE INSPECCIÓN. UNE 38-801-92. EN 10204; 1991.....	1
1.2. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE, DE ACERO NO ALEADO, PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. UNE EN 10025: 1994, UNE EN 10025/A1: 1993.	3
1.2.1. <i>CONDICIÓN DE SUMINISTRO (TIPOS Y GRADOS)</i>	3
1.2.2. <i>COMPOSICIÓN QUÍMICA</i>	3
1.2.3. <i>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</i>	5
1.2.4. <i>CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS</i>	7
1.2.5. <i>ACABADO SUPERFICIAL</i>	8
1.2.6. <i>CORRESPONDENCIA DE NORMAS</i>	9



1. INTRODUCCIÓN. GENERALIDADES

1.1. PRODUCTOS METÁLICOS. TIPOS DE DOCUMENTOS DE INSPECCIÓN. UNE 38-801-92. EN 10204; 1991.

Se definen los diferentes tipos de documentos de inspección que, teniendo en cuenta las especificaciones del pedido, deben facilitarse al comprador al hacerle entrega de los productos metálicos cualquiera que sea su procedimiento de fabricación. No obstante, por acuerdo en el pedido, puede aplicarse también a otros productos no metálicos.

□ DEFINICIONES:

- Inspección no específica: Inspección realizada por el fabricante, de acuerdo con sus propios criterios, para comprobar si los productos resultantes de un mismo proceso de producción responden correctamente a las especificaciones del pedido. La inspección no tiene que realizarse necesariamente sobre los productos suministrados.
- Inspección específica: Inspección realizada antes de la entrega, sobre los productos que van a suministrar o sobre unidades de inspección dispuestas para su entrega con el fin de comprobar que los productos responden a las especificaciones del pedido.

□ DOCUMENTOS BASADOS EN LA INSPECCIÓN Y EN LOS ENSAYOS REALIZADOS POR PERSONAL AUTORIZADO POR EL FABRICANTE, QUE PUEDE ESTAR IMPLICADO EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN.

Testificación de conformidad con el pedido “2.1”: Documento por el cual el fabricante testifica que los productos suministrados están conformes con las especificaciones del pedido, sin mencionar los resultados de los ensayos.

La testificación de conformidad con el pedido “2.1” es un documento establecido sobre la base de los resultados de una inspección no específica.

Testificación de inspección “2.2”: Documento por el cual el fabricante testifica que los productos suministrados están conformes con las especificaciones del pedido y facilita los resultados de los ensayos realizados sobre la base de una inspección no específica.

Testificación de inspección “2.3”: Documento por el cual el fabricante testifica que los productos suministrados están conformes con las especificaciones del pedido y facilita los resultados de los ensayos realizados sobre la base de una inspección específica.

La testificación de inspección específica “2.3” sólo se utiliza en el caso de que el fabricante no disponga de un servicio de inspección cualificado, jerárquicamente independiente de los servicios de producción.

Si el fabricante dispone de un servicio de inspección autorizado, jerárquicamente independiente de los servicios de producción, deberá suministrar un certificado “3.1.B” en lugar del documento “2.3”.

□ DOCUMENTOS BASADOS EN LA INSPECCIÓN Y EN LOS ENSAYOS REALIZADOS O SUPERVISADOS POR PERSONAL AUTORIZADO, JERÁRQUICAMENTE INDEPENDIENTE DEL PROCESO DE FABRICACIÓN PARA INSPECCIONES ESPECÍFICAS.

Certificado de inspección: Documento basado en la inspección y en los ensayos realizados de acuerdo con las especificaciones técnicas del pedido o en las de los reglamentos o reglas técnicas que sean aplicables. Los ensayos deben realizarse sobre productos suministrados o sobre productos de una unidad de inspección de la cual formen parte los productos suministrados. La unidad de inspección debe estar definida en la norma del producto, en los reglamentos oficiales, en las reglas técnicas aplicables o en el pedido.

Según los casos se distinguen:

- Certificado de inspección “3.1.A”: Documento que emite y valida un inspector designado por los reglamentos oficiales, y que se ajusta a éstos y a las reglas técnicas correspondientes.



- Certificado de inspección “3.1.B”: Documento que emite un departamento de la fábrica, independiente de proceso de fabricación y validado por un representante autorizado del personal independiente de los servicios de producción.
- Certificado de inspección “3.1.C”: Documento emitido y validado por un representante autorizado del comprador según las especificaciones del pedido.

Acta de inspección

Cuando por acuerdo particular, el certificado de inspección está firmado conjuntamente por el representante autorizado del fabricante y pro el representante autorizado del comprador, dicho certificado recibe el nombre de “acta de inspección 3.2”.

DOCUMENTOS QUE DEBE FACILITAR UN TRASFORMADOR O UN INTERMEDIARIO

Cuando un transformador o un intermediario suministra un producto, deberá facilitar al comprador, sin ninguna modificación, la documentación del fabricante, tal como se describe en los apartados anteriores. Esta documentación debe acompañarse de una identificación adecuada de los productos, con el fin de asegurar la trazabilidad entre el producto y la documentación. Si el transformador o el intermediario ha modificado el estado o las dimensiones, cualquiera que sea la forma en que lo haya hecho, deberá facilitar un documento suplementario de conformidad para las nuevas condiciones particulares. Esto también es aplicable para cualquier exigencia particular que figure en el pedido y que no esté definida en la documentación.

VALIDACIÓN DE LOS DOCUMENTOS

Los documentos de inspección deberán estar firmados o sellados de forma adecuada por la persona o personas responsables de la validación de los mismos. No obstante, si los certificados se elaboran por un sistema de tratamiento de textos, se puede reemplazar la firma por la indicación del nombre y la función del responsable de la validación del documento.

Tabla 1-1 Cuadro resumen de los documentos de inspección

Designación convencional normalizada	Documento	Tipo de inspección	Contenido del documento	Condiciones de suministro	Documento validado por
2.1	Testificación de conformidad con el pedido	No específica	No se recogen los resultados de los ensayos	De acuerdo con las especificaciones del pedido y, si procede, con los reglamentos oficiales y con las reglas técnicas que sean aplicables	El fabricante
2.2	Testificación de inspección	No específica	Se incluyen los resultados de ensayos realizados sobre la base de una inspección no específica		
2.3	Testificación de inspección específica	Específica	Se incluyen los resultados de los ensayos realizados sobre la base de una inspección específica	De acuerdo con los reglamentos oficiales o con las reglas técnicas aplicables	El inspector designado por los reglamentos oficiales
3.1.A	Certificado de inspección 3.1.A			De acuerdo con las especificaciones del pedido y, si procede, con los reglamentos oficiales y con las reglas técnicas aplicables	El representante autorizado del fabricante jerárquicamente independiente de los servicios de producción
3.1.B	Certificado de inspección 3.1.B			De acuerdo con las especificaciones del pedido	El representante autorizado del comprador
3.1.C	Certificado de inspección 3.1.C			De acuerdo con las especificaciones del pedido	El representante autorizado del fabricante, jerárquicamente independiente de los servicios de producción y por un representante autorizado del comprador
3.2	Acta de inspección 3.2				



1.2. PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE, DE ACERO NO ALEADO, PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS DE USO GENERAL. UNE EN 10025: 1994, UNE EN 10025/A1: 1993.

Se especifican las características de los productos largos y productos planos laminados en caliente, de acero no aleado, de base y de calidad, en los tipos y grados definidos en las siguientes tablas.

Los aceros definidos están orientados para su utilización en estructuras soldadas, roblonadas o atornilladas, cuya temperatura de servicio sea la ambiente. 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.

La aplicación de esta norma a los semiproductos destinados a relaminar para obtener productos acabados conformes a la norma, debe ser objeto de un acuerdo especial recogido en el pedido. También se puede acordar, al hacer el pedido, una composición química, siempre que se respeten los valores límite de la tabla de composiciones.

Esta norma no se aplica a los productos recubiertos ni a los productos para los cuales existan otras normas.

1.2.1. CONDICIÓN DE SUMINISTRO (TIPOS Y GRADOS)

Tabla 1-2 Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas - Condición de suministro. Tipos y grados.

Tipos y grados	Condición de suministro	
	Productos planos	Productos largos
S185	Opcional ^{1) 3)}	Opcional ^{1) 3)}
S235 JR, S235 JO S275 JR, S275 JO S355 JR, S355 JO	Opcional ^{1) 3)}	Opcional ^{1) 3)}
S235 J2G3 S275 J2G3 S355 J2G3, S355 K2G3	N	Opcional ^{1) 3)}
S235 J2G4 S275 J2G4 S355 J2G4, S355 K2G4	A elección del fabricante ²⁾	A elección del fabricante ²⁾
E295, E335, E360	Opcional ^{1) 3)}	Opcional ^{1) 3)}

1) Salvo acuerdo al hacer el pedido, la condición de suministro queda a elección del fabricante.
2) Condición de suministro a elección del fabricante.
3) Si se pide y se suministra en estado N, se indicará en el documento de inspección.

1.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de colada, deberá cumplir con lo indicado en la tabla siguiente.


Tabla 1-3 Composición química (análisis de colada) de productos (planos y largos)

Designación	Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2	Estado de desoxidación	Sub-grupo ³⁾	%C máx Para un espesor nominal, de producto, en mm			Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx.	N % máx. ^{1) 2)}
					≤ 16	>16≤40	> 40 ⁴⁾					
S185 ⁵⁾	1.0035	*	BS	----	----	----	----	----	----	----	----	----
S235JR ⁵⁾	1.0037	*	BS	0.17	0.20	----	----	1.40	----	0.045	0.045	0.009
S235JRG1 ⁵⁾	1.0036	FU	BS	0.17	0.20	----	----	1.40	----	0.045	0.045	0.007
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0.17	0.17	0.20	----	1.40	----	0.045	0.045	0.009
S235JO	1.0114	FN	QS	0.17	0.17	0.17	----	1.40	----	0.040	0.040	0.009
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0.17	0.17	0.17	----	1.40	----	0.035	0.035	----
S235J2G4	1.0117	FF	QS	0.17	0.17	0.17	----	1.40	----	0.035	0.035	----
S275JR	1.0044	FN	BS	0.21	0.21	0.22	----	1.50	----	0.045	0.045	0.009
S275JO	1.0143	FN	QS	0.18	0.18	0.18	----	1.50	----	0.040	0.040	0.009
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0.18	0.18	0.18	----	1.50	----	0.035	0.035	----
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0.18	0.18	0.18	----	1.50	----	0.035	0.035	----
S355JR	1.0145	FN	BS	0.24	0.24	0.24	----	1.60	0.55	0.045	0.045	0.009
S355JO	1.0553	FN	QS	0.20	0.20 ⁷⁾	0.22	----	1.60	0.55	0.040	0.040	0.009
S355J2G3	1.0570	FF	QS	0.20	0.20 ⁷⁾	0.22	----	1.60	0.55	0.035	0.035	----
S355J2G4	1.0577	FF	QS	0.20	0.20 ⁷⁾	0.22	----	1.60	0.55	0.035	0.035	----
S355K2G3	1.0595	FF	QS	0.20	0.20 ⁷⁾	0.22	----	1.60	0.55	0.035	0.035	----
S355K2G4	1.0596	FF	QS	0.20	0.20 ⁷⁾	0.22	----	1.60	0.55	0.035	0.035	----
E295	1.0050	FN	BS	----	----	----	----	----	----	0.045	0.045	0.009
E335	1.0060	FN	BS	----	----	----	----	----	----	0.045	0.045	0.009
E360	1.0070	FN	BS	----	----	----	----	----	----	0.045	0.045	0.009

*) A elección del fabricante.

- 1) Se tolera sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0.001% de aumento en nitrógeno, el contenido máximo en fósforo se reduzca en 0.005% sobre el valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido en nitrógeno, en el análisis de colada, no deben sobrepasar de 0.012%.
- 2) El contenido máximo en nitrógeno no se aplica si en la colada existe aluminio (contenido en Al total $\geq 0.020\%$) u otros elementos fijadores del nitrógeno en cantidad suficiente. En el documento de inspección deben citarse estos elementos.
- 3) BS = Aceros de base; QS = Acero de calidad.
- 4) Para los perfiles y barras de espesor nominal > 100mm: el contenido en carbono se establecerá por acuerdo.
- 5) Sólo se fabrica en espesores ≤ 25 mm.
- 6) Para espesores nominales > 150mm: C máx = 0.20%.
- 7) Para espesores nominales > 30mm y para los aceros aptos para la conformación en frío: C máx. 0.22%

Tabla 1-4 Composición química. Análisis sobre producto final de acuerdo con la tabla de composición química

Designación	Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2	Estado de desoxidación	Sub-grupo ³⁾	%C máx Para un espesor nominal, de producto, en mm			Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx.	N % máx. ^{1) 2)}
					≤ 16	>16≤40	> 40 ⁴⁾					
S185 ⁵⁾	1.0035	*	BS	----	----	----	----	----	----	----	----	----
S235JR ⁵⁾	1.0037	*	BS	0.21	0.25	----	----	1.50	----	0.055	0.055	0.011
S235JRG1 ⁵⁾	1.0036	FU	BS	0.21	0.25	----	----	1.50	----	0.055	0.055	0.009
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0.19	0.19	0.23	----	1.50	----	0.055	0.055	0.011
S235JO	1.0114	FN	QS	0.19	0.19	0.19	----	1.50	----	0.050	0.050	0.011
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0.19	0.19	0.19	----	1.50	----	0.045	0.045	----
S235J2G4	1.0117	FF	QS	0.19	0.19	0.19	----	1.50	----	0.045	0.045	----
S275JR	1.0044	FN	BS	0.24	0.24	0.25	----	1.60	----	0.055	0.055	0.011
S275JO	1.0143	FN	QS	0.21	0.21	0.21 ⁶⁾	----	1.60	----	0.050	0.050	0.011
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0.21	0.21	0.21 ⁶⁾	----	1.60	----	0.045	0.045	----
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0.21	0.21	0.21 ⁶⁾	----	1.60	----	0.045	0.045	----
S355JR	1.0145	FN	BS	0.27	0.27	0.27	----	1.70	0.60	0.055	0.055	0.011
S355JO	1.0553	FN	QS	0.23	0.23 ⁷⁾	0.24	----	1.70	0.60	0.050	0.050	0.011
S355J2G3	1.0570	FF	QS	0.23	0.23 ⁷⁾	0.24	----	1.70	0.60	0.045	0.045	----
S355J2G4	1.0577	FF	QS	0.23	0.23 ⁷⁾	0.24	----	1.70	0.60	0.045	0.045	----
S355K2G3	1.0595	FF	QS	0.23	0.23 ⁷⁾	0.24	----	1.70	0.60	0.045	0.045	----
S355K2G4	1.0596	FF	QS	0.23	0.23 ⁷⁾	0.24	----	1.70	0.60	0.045	0.045	----
E295	1.0050	FN	BS	----	----	----	----	----	----	0.055	0.055	0.011
E335	1.0060	FN	BS	----	----	----	----	----	----	0.055	0.055	0.011
E360	1.0070	FN	BS	----	----	----	----	----	----	0.055	0.055	0.011

*) A elección del fabricante.

- 1) Se tolera sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0.001% de aumento en nitrógeno, el contenido máximo en fósforo se reduzca en 0.005% sobre el valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido en nitrógeno, en el análisis de colada, no deben sobrepasar de 0.014%.
- 2) El contenido máximo en nitrógeno no se aplica si en la colada existe aluminio (contenido en Al total $\geq 0.020\%$) u otros elementos fijadores del nitrógeno en cantidad suficiente. En el documento de inspección deben citarse estos elementos.
- 3) BS = Aceros de base; QS = Acero de calidad.
- 4) Para los perfiles y barras de espesor nominal > 100mm: el contenido en carbono se establecerá por acuerdo.
- 5) Sólo se fabrica en espesores ≤ 25 mm.
- 6) Para espesores nominales > 150mm: C máx = 0.23%.
- 7) Para espesores nominales > 30mm y para los aceros aptos para la conformación en frío: C máx. 0.24%

Para los aceros S235JR, S235JO, S235J2G3, S235J2G4, S355JO, S355J2G3, S355J2G4, S355K2G3, y S355K2G4 al hacer el pedido, se puede acordar el siguiente requisito químico adicional: Contenido en cobre comprendido entre 0.25% y 0.40%. Al hacer el pedido se pueden acordar las siguientes opciones:



- Un valor máximo del carbono equivalente, basado en el análisis de colada, según se indica en la siguiente tabla. El valor del carbono equivalente se determina por la siguiente fórmula: $CEV = C + Mn / 6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$ Si se ha acordado una limitación en el carbono equivalente, los contenidos de los elementos que figuran en la fórmula anterior deben reseñarse en el documento de inspección.

Tabla 1-5 Contenido máximo en carbono equivalente (CEV) basado en el análisis de colada, si se acuerda al hacer el pedido.

Designación		Estado de deoxidación	Subgrupo ¹⁾	CEV máximo para espesor de producto nominal en mm		
Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2			≤ 40	> 40 ≤ 150	> 150 ≤ 250
S235JR ²⁾	1.0037	opc.	BS	0.35	----	----
S235JRG1 ²⁾	1.0036	FU	BS	0.35	----	----
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0.35	0.38	0.40
S235JO	1.0114	FN	QS	0.35	0.38	0.40
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0.35	0.38	0.40
S235J2G4	1.0117	FF	QS	0.35	0.38	0.40
S275JR	1.0044	FN	BS	0.40	0.42	0.44
S275JO	1.0143	FN	QS	0.40	0.42	0.44
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0.40	0.42	0.44
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0.40	0.42	0.44
S355JR	1.0145	FN	BS	0.45	0.47	0.49
S355JO	1.0553	FN	QS	0.45	0.47	0.49
S355J2G3	1.0570	FF	QS	0.45	0.47	0.49
S355J2G4	1.0577	FF	QS	0.45	0.47	0.49
S355K2G3	1.0595	FF	QS	0.45	0.47	0.49
S355K2G4	1.0596	FF	QS	0.45	0.47	0.49

1) BS = Acero de base; QS = Acero de calidad. 2) Sólo disponible en espesor nominal ≤ 25mm.

- Que, para los aceros S355JO, S355J2G3, S355J2G4, S355K2G3 y S355K2G4, en el documento de inspección se reseñen los contenidos en cromo (Cr), cobre(Cu), molibdeno (Mo), niobio (Nb), níquel (Ni), titanio (Ti) o vanadio (V) (análisis de colada)
- Para los productos de espesor ≤ 30mm: un contenido máximo en carbono de 0.18% en el análisis de colada – o de 0.20% en el producto – cuando, en el análisis de colada los contenidos de cualquiera de los siguientes elementos sean superiores a :Nb > 0.02%; Ti > 0.02%; V > 0.03%; o para el análisis sobre producto Nb > 0.03%; Ti > 0.04%; V > 0.05%.

1.2.3. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Para los productos solicitados y suministrados en estado de normalizado o de “conformado de normalización”, se deberán cumplir con los valores de las tablas tanto en el estado de suministro como después del tratamiento de normalización realizado después de la entrega. Un tratamiento de relajación de tensiones a temperatura superior de 580°C ó durante más de 1h, puede traer como consecuencia un deterioro de las características mecánicas. Si el comprador tiene previsto someter los productos a un recocido 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.

Tabla 1-6 Características mecánicas de los productos (planos y largos) – Límite elástico mínimo

Designación		Estado de desoxidación	Sub-grupo ²⁾	Límite elástico mínimo, R _{eh} , en N/mm ² ¹⁾							
Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2			Espesor nominal, en milímetros							
				≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	> 150 ≤ 200	> 200 ≤ 250
S185 ³⁾	1.0035	*	BS	185	175	----	----	----	----	----	----
S235JR ³⁾	1.0037	*	BS	235	225	----	----	----	----	----	----
S235JRG1 ³⁾	1.0036	FU	BS	235	225	----	----	----	----	----	----
S235JRG2	1.0038	FN	BS	235	225	215	215	215	195	185	175
S235JO	1.0114	FN	QS	235	225	215	215	215	195	185	175
S235J2G3	1.0116	FF	QS	235	225	215	215	215	195	185	175
S235J2G4	1.0117	FF	QS	235	225	215	215	215	195	185	175
S275JR	1.0044	FN	BS	275	265	255	245	235	225	215	205
S275JO	1.0143	FN	QS								
S275J2G3	1.0144	FF	QS								
S275J2G4	1.0145	FF	QS								
S355JR	1.0145	FN	BS	355	345	335	325	315	295	285	275
S355JO	1.0553	FN	QS								
S355J2G3	1.0570	FF	QS								
S355J2G4	1.0577	FF	QS								
S355K2G3	1.0595	FF	QS								
S355K2G4	1.0596	FF	QS								
E295 ⁴⁾	1.0050	FN	BS	295	285	275	265	255	245	235	225
E335 ⁴⁾	1.0060	FN	BS	335	325	315	305	295	275	265	255
E360 ⁴⁾	1.0070	FN	BS	360	355	345	335	325	305	295	285

1) Los valores dados en la tabla se aplican a probetas longitudinales, "I", del ensayo de tracción. Para chapas bandas, planos ancho y bandas de anchura ≥ 600mm, se utiliza probeta transversal, "I". 2) BS = Aceros de base; QS = Aceros de calidad. 3) Sólo se fabrica en espesores normales ≤ 25mm. 4) No se aplica a: los perfiles U, los angulares y los perfiles comerciales. * A elección del fabricante



Tabla 1-7 Características mecánicas de los productos (planos y largos) – Resistencia a la tracción: Alargamiento mínimo

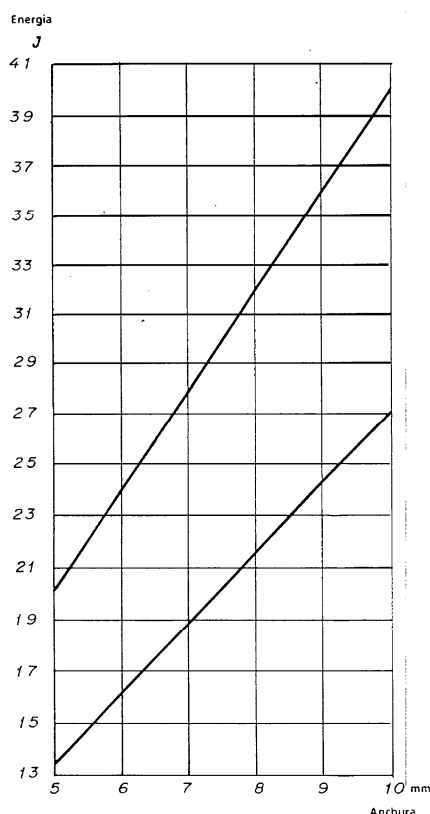
Designación		Resistencia a la tracción, R _m en N/mm ² ¹⁾				Orie. ⁵⁾	Alargamiento mínimo, en % ¹⁾																				
Según EN 10027-1 y ECISSI-10	Según EN 10027- 2	Espesor nominal, en mm					L ₀ = 80mm Espesor nominal, en mm					L ₀ = 5.65 √S ₀ Espesor nominal, en mm															
		< 3	≥ 3 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤250		≤ 1	> 1 ≤ 1.5	> 1.5 ≤ 2	> 2 ≤ 2.5	> 2.5 < 3	≥ 3 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤100	>100 ≤150	>150 ≤250											
S185 ³⁾	1.0035	310 a 540	290 a 510	----	----	l	10	11	12	13	14	18	----	----	----	----											
						t	8	9	10	11	12	16	----	----	----	----											
S235JR ³⁾	1.0037	360 a 510	340 a 470	----	----	l	17	18	19	20	21	26	25	24	22	21											
S235JRG2 ³⁾	1.0038			----	----																						
S235JO	1.0114			340 a 470	320 a 470																						
S235J2G3	1.0116																										
S235J2G4	1.0117																										
S275JR	1.0044	430 a 580	410 a 560	400 a 540	380 a 540	l	14	15	16	17	18	22	21	20	18	17											
S275JO	1.0143					t	12	13	14	15	16	20	19	18	18	17											
S275J2G3	1.0144																										
S275J2G4	1.0145																										
S355JR	1.0145																										
S355JO	1.0553	510 a 680	490 a 630	470 a 630	450 a 630	l	14	15	16	17	18	22	21	20	18	17											
S355J2G3	1.0570					t	12	13	14	15	16	20	19	18	18	17											
S355J2G4	1.0577																										
S355K2G3	1.0595																										
S355K2G4	1.0596																										
E295 ⁴⁾	1.0050	490 a 660	470 a 610	450 a 610	440 a 610	l	12	13	14	15	16	20	19	18	16	15											
						t	10	11	12	13	14	18	17	16	15	14											
E335 ⁴⁾	1.0060	590 a 770	570 a 710	550 a 710	540 a 710	l	8	9	10	11	12	16	15	14	12	11											
						t	6	7	8	9	10	14	13	12	11	10											
E360 ⁴⁾	1.0070	690 a 900	670 a 830	650 a 830	640 a 830	l	4	5	6	7	8	11	10	9	8	7											
						t	3	4	5	6	7	10	9	8	7	6											

* A elección del fabricante
1) Los valores dados en la tabla se aplican a probetas longitudinales, "l", del ensayo de tracción. Para chapas bandas, planos ancho y bandas de anchura ≥ 600mm, se utiliza probeta transversal, "t". 2) BS = Aceros de base; QS = Aceros de calidad. 3) Sólo se fabrica en espesores normales ≤ 25mm. 4) No se aplica a: los perfiles U, los angulares y los perfiles comerciales. 5) Orientación de la probeta.

Tabla 1-8 Características mecánicas Energía absorbida, KV, en el ensayo de flexión por choque. Productos planos y productos largos 1)

Designación		Estado de desoxidación	Subgrupo ²⁾	Temperatura °C	Energía absorbida, J mín. Espesor nominal, e, en mm	
Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2				> 10 ³⁾ ≤ 150	> 150 ³⁾ ≤ 250
S185 ⁴⁾	1.0035	*	BS	----	----	----
S235JR ^{4) 5)}	1.0037	*	BS	20	27	23
S235JRG1 ^{4) 5)}	1.0036	FU	BS	20	27	23
S235JRG2 ⁵⁾	1.0038	FN	BS	20	27	23
S235JO	1.0114	FN	QS	0	27	23
S235J2G3	1.0116	FF	QS	- 20	27	23
S235J2G4	1.0117	FF	QS	- 20	27	23
S275JR	1.0044	FN	BS	20	27	23
S275JO	1.0143	FN	QS	0	27	23
S275J2G3	1.0144	FF	QS	- 20	27	23
S275J2G4	1.0145	FF	QS	- 20	27	23
S355JR ⁵⁾	1.0145	FN	BS	20	27	23
S355JO	1.0553	FN	QS	0	27	23
S355J2G3	1.0570	FF	QS	- 20	27	23
S355J2G4	1.0577	FF	QS	- 20	27	23
S355K2G3	1.0595	FF	QS	- 20	40	33
S355K2G4	1.0596	FF	QS	- 20	40	33
E295	1.0050	FN	BS	----	----	----
E335	1.0060	FN	BS	----	----	----
E360	1.0070	FN	BS	----	----	----

*) A elección del fabricante 1) Si se utilizan probetas reducidas, aplíquese la figura 1. 2) BS = Aceros de base; QS = Acero de calidad. 3) Para los perfiles y barras de espesor nominal > 100mm, los valores se establecerán por acuerdo. 4) Se fabrica solamente en espesores nominales ≤ 25mm. 5) Las características de flexión por choque de los productos de grado JR sólo se comprobarán si así se ha establecido en el pedido.



Valor de la energía de rotura mínima (J) para probetas con entalla en V para el ensayo de flexión por choque de anchura comprendida entre 5 mm y 10 mm

1.2.4. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Soldabilidad: Este tipo de acero no tiene 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. No se puede dar ninguna información relativa a la soldabilidad de los tipos S185, E295, E335 y E360, ya que no se ha especificado ninguna limitación en su composición química. Los aceros de los grados JR, JO, J2GE, J2G4, K2G3 y K2G4, generalmente, son aptos para el soldeo por todos los procedimientos. La soldabilidad es creciente desde el grado JR hasta K2. En el caso del acero S235JR, el acero calmado es preferible al acero efervescente, en especial si la soldadura afecta a las zonas segregadas. El riesgo de que se produzcan grietas en frío en la zona soldada aumenta con el espesor del producto, con el nivel de resistencia y con el carbono equivalente. El agrietamiento en frío puede producirse por la acción combinada de los siguientes factores: La cantidad de hidrógeno difusible en el metal de aportación; una estructura frágil de la zona afectada térmicamente; y 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.

Conformación en caliente: Sólo los productos solicitados y suministrados en estado de "normalizado" o de "conformado de normalización" deberán cumplir los requisitos de las tres tablas anteriores después de una conformación en caliente ulterior a la entrega.

Aptitud a la conformación en frío: Los aceros con aptitud al plegado se designarán en el pedido con el símbolo C.

Aptitud al plegado: Si así se ha convenido al hacer el pedido, las chapas, bandas y planos anchos de espesor nominal ≤ 20 mm deberán ser aptos para el plegado, sin que se produzca agrietamiento, sobre el radio mínimo de plegado que se indica en la siguiente tabla. Los tipos y grados a los que se puede aplicar esta exigencia se indican en la siguiente tabla.



Tabla 1-9 Características tecnológicas

Designación		Subgrupo ¹⁾	Aptitud a la conformación en frío por plegado	Aptitud a la conformación en frío con rodillos	Aptitud al estirado
Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2				
S235JR	1.0120	QS	X	X	X
S235JRG1	1.0121	QS	X	X	X
S235JRG2	1.0122	QS	X	X	X
S235JO	1.0115	QS	X	X	X
S235J2G3	1.0118	QS	X	X	X
S235J2G4	1.0119	QS	X	X	X
S275JR	1.0128	QS	X	X	X
S275JO	1.0140	QS	X	X	X
S275J2G3	1.0141	QS	X	X	X
S275J2G4	1.0142	QS	X	X	X
S355JR	1.0051	QS	----	----	X
S355JO	1.0554	QS	X	X	X
S355J2G3	1.0569	QS	X	X	X
S355J2G4	1.0579	QS	X	X	X
S355K2G3	1.0593	QS	X	X	X
S355K2G4	1.0594	QS	X	X	X
E295	1.0533	QS	----	----	X
E335	1.0543	QS	----	----	X
E360	1.0633	QS	----	----	X

1) QS = Acero de calidad, según la Norma EN 10020.

Aptitud a la conformación en frío por rodillos: Si así se ha convenido al hacer el pedido, las chapas, bandas y planos anchos de espesor nominal $\leq 8\text{mm}$ deberán ser aptas para la fabricación de perfiles por conformación en frío mediante rodillos (por ejemplo, según la Euronorma 162). Esta aptitud es aplicable hasta el radio de doblado indicado en las tablas siguientes. Los tipos y grados a los que se puede aplicar esta exigencia se indican en la tabla anterior. Todos los aceros aptos para la conformación en frío también son aptos para la fabricación de perfiles huecos cuadrados y rectangulares conformados en frío.

Aptitud para el estirado en frío de barras: Si así se ha convenido al hacer el pedido, las barras deberán ser aptas para el estirado en frío. Los tipos y grados a los que se puede aplicar esta exigencia se indican en la tabla anterior.

Otros requisitos: Se puede convenir al hacer el pedido la aptitud para galvanizar por inmersión en caliente o para esmaltar los productos así como los requisitos relativos a la calidad de los mismos. Así mismo, se pueden acordar en el pedido que el material sea apto para el corte longitudinal de perfiles pesados.

1.2.5. ACABADO SUPERFICIAL

- Bandas:** Las bandas estarán libres de aquellos defectos que impidan su utilización para el fin previsto.
- Chapas, planos anchos y productos largos:** Se aplicará la Norma Europea EN 10163, partes 1, 2 y 3 en lo que respecta a discontinuidades permisibles y a la reparación de defectos superficiales, por amolado, por soldeo o por ambos.

Tabla 1-10 Valores mínimos del radio de plegado en la conformación en frío de productos planos

Designación		Dir. ¹⁾ 2)	Radio de plegado interior mínimo recomendado para espesores nominales, en milímetros													
Según EN 10027-1 y ECISIC-10	Según EN 10027-2		> 1 ≤ 1.5	> 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
S235JR	1.0120	t	1.6	2.5	3	5	6	8	10	12	16	20	25	28	36	40
S235JRG1	1.0121															
S235JRG2	1.0122															
S235JO	1.0115	l	1.6	2.5	3	6	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45
S235J2G3	1.0118															
S235J2G4	1.0119															
S275JR	1.0128	t	2	3	4	5	8	10	12	16	20	25	28	32	40	45
S275JO	1.0140															
S275J2G3	1.0141															
S275J2G4	1.0142	l	2	3	4	6	10	12	16	20	25	32	36	40	45	50
S355JR	1.0051															
S355JO	1.0554															
S355J2G3	1.0569	t	2.5	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	36	45	50
S355J2G4	1.0579															
S355K2G3	1.0593															
S355K2G4	1.0594	l	2.5	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.

2) Dirección del plegado.

**Tabla 1-11 Conformación en frío con rodillos de productos planos**

Designación		Radio interior de plegado Valores mínimos Espesor nominal, s, en milímetros ¹⁾	
Según EN 10027-1 y ECISSIC-10	Según EN 10027-2	s ≤ 6	6 < s ≤ 8
S235JR	1.0120	1 s	1.5 s
S235JRG1	1.0121		
S235JRG2	1.0122		
S235JO	1.0115		
S235J2G3	1.0118		
S235J2G4	1.0119	1.5 s	2 s
S275JR	1.0128		
S275JO	1.0140		
S275J2G3	1.0141		
S275J2G4	1.0142		
S355JR	1.0051	2 s	2.5 s
S355JO	1.0554		
S355J2G3	1.0569		
S355J2G4	1.0579		
S355K2G3	1.0593		
S355K2G4	1.0594		

1) Los valores sólo se aplican a ángulos de plegado ≤ 90°.

1.2.6. CORRESPONDENCIA DE NORMAS

Tabla 1-12 Correspondencia entre las antiguas designaciones de las distintas normas nacionales

Designación			Antiguas designaciones									
Según EU 10027-1 y ECISS IC 10	Según EN 10027-2	Según EN 10025: 1994	Alemania	Francia	Reino Unido	España	Italia	Bélgica	Suecia	Portugal	Austria	Noruega
S 185	1 0035	Fe 310-0	St33	A33	-	A 310-0	Fe 320	A 320	13 00-00	Fe 310-0	St 320	
S 235 JR	1 0037	Fe 360 B	St 37-2	E 24-2			Fe 360 B	AE 235-B	13 11-00	Fe 360 B		NS 12 120
S 235 JRG1	1 0036	Fe 360 BFU	USt 37-2	-		AE 235 B-FU					USt 360 B	NS 12 122
S 235 JRG2	1 0038	Fe 360 BFN	RSt 37-2		40 B	AE 235 B-FN			13 12-00		USt 360 B	NS 12 123
S 235 JO	1 0114	Fe 360 C	St 37-3 U	E 24 3	40 C	AE 235 C	Fe 360 C	AE 235-C		Fe 360 C	St 360 C St 360 CE	NS 12 124
S 235 J2G3	1 0116	Fe 360 D1	St 37-3 N	E 24-4	40 D	AE 235 D	Fe 360 D	AE 235-D		Fe 360 D	St 360 D	NS 12 124
S 235 J2G4	1 0117	Fe 360 D2	-									
S 275 JR	1 0044	Fe 430 B	St44-2	E 28-2	43 B	AE 275 B	Fe 430 B	AE 255-B	14 12-00	Fe 430 B	St 430 B	NS 12 142
S 275 JO	1 0143	Fe 430 C	St 44-3 U	E 28-3	43 C	AE 275 C	Fe 430 C	AE 255-C		Fe 430 C	St 430 C St 430 CE	NS 12 143
S 275 J2G3	1 0144	Fe 430 D1	St44-3 N	E 28-4	43 D	AE 275 D	Fe 430 D	AE 255-D	14 14-00	Fe 430 D	St 430 D	NS 12 143
S 275 J2G4	1 0145	Fe 430 D2	-						14 14-01			
S 355 JR	1 0045	Fe 510 B	-	E 36-2	50 B	AE 355 B	Fe 510 B	AE 355-B		Fe 510 B		
S 355 JO	1 0553	Fe 510 C	St 52-3 U	E 36-3	50 C	AE 355 C	Fe 510 C	AE 355-C		Fe 510 C	St 510 C	NS 12 153
S 355 J2G3	1 0570	Fe 510 D1	St 52-3 N		50 D	AE 355 D	Fe 510 D	AE 355-D		Fe 510 D	St 510 D	NS 12 153
S 355 J2G4	1 0577	Fe 510 D2										
S 355 K2G3	1 0595	Fe 510 DD1	-	E 36-4	50 DD			AE 355 DD		Fe 510 DD		
S 355 K2G4	1 0596	Fe 510 DD2	-									
E 295	1 0050	Fe 490-2	St 50-2	A 50-2		A490	Fe 480	A 490 2	15 50 00 15 50-01	Fe 490-2	St 490	
E 335	1 0060	Fe 590-2	St 60-2	A 60-2		A 590	Fe 580	A 590-2	16 50-00 16 50-01	Fe 590-2	St 590	
E 360	1 0070	Fe 690-2	St 70-2	A 70-2		A 690	Fe 680	A 690-2	16 55-00 16 55-01	Fe 690-2	St 690	

**Tabla 1-13 Correspondencia entre las EURONORMAS y las distintas normas nacionales**

EURONORMA	Alemania	Francia	Reino Unido	España	Italia	Bélgica	Portugal	Suecia	Austria	Noruega
17	DIN 59110	NF A 45-051	-	UNE EN 10016-2	UNI 5598	NBN 524	NP-330	-	-	-
18	-	NF A 03-111	BS 4360	UNE 36-300 UNE EN ISO 377	UNI-EU 18	NBN A 03-001	NP-2451	SS 11 01 20 SS 11 01 05	-	NS 10 005 NS 10 006
19	DIN 1025 T5	NF A 45-205	-	UNE 36-526	UNI 5398	NBN 533	NP-2116	SS 21 27 40	M 3262	-
24	DIN 1025 T1 DIN 1026	NF A 45-210	BS 4	UNE 36-521 UNE 36-522	UNI 5679 UNI 5680	NBN 632-01	-	SS 21 27 25 SS 21 27 35	M 3261	NS 911 -
53	DIN 1025 T2 DIN 1025 T3 DIN 1025 T4	NF A 45-201	BS 4	UNE 36-524 UNE EN 10034	UNI 5397	NBN 633	NP-2117	SS 21 27 50 SS 21 27 51 SS 21 27 52	-	NS 1907 NS 1908
54	DIN 1026	NF A 45-007	BS 4	UNE 36-525	UNI-EU 54	NBN A 24-204	NP-338	-	M 3260	-
56	DIN 1028	NF A 45-009 ¹⁾	BS 4848	UNE EN 10056-1 UNE EN 10056-2	UNI-EU 56	NBN A 24-201	NP-335	SS 21 27 11	M 3246	NS 1093
57	DIN 1029	NF A 45-010 ¹⁾	BS 4848	UNE EN 10056-1 UNE EN 10056-2	UNI-EU 57	NBN A 24-202	NP-336	SS 21 27 12	M 3247	NS 1904
58	DIN 1017 T1	NF A 45-005 ¹⁾	BS 4360	UNE EN 10058	UNI-EU 58	NBN A 34-201	-	SS 21 21 50	M 3230	NS 1902
59	DIN 1014 T1	NF A45-004 ¹⁾	BS 4360	UNE EN 10059	UNI-EU 59	NBN A 34-202	NP-333 NP-334	SS 21 27 25	M 3326	NS 1901
60	DIN 1013 T1	NF A45-003 ¹⁾	BS 4360	UNE EN 10060	UNI-EU 60	NBN A 34-203	-	SS 21 25 02	M 3221	NS 1900
61	DIN 1015	NF A45-006 ¹⁾	BS 970	UNE 36-547	UNI 7061	NBN A 34-204	-	-	M 3227	-
65	DIN 59 130	NF A45-075 ¹⁾	BS 3111	UNE 36-546	UNI 7356	NBN A 24-206	-	-	M 3228	-
66	DIN 1018	-	-	-	UNI 6630	-	-	-	M 3223	-
91	DIN 59 200	NF A 46-012	BS 4360	-	UNI-EU 91	NBN A 43-301	-	SS 21 21 50	M 3101	-
103	DIN 50 601	NF A 04-102	BS 4490	UNE EN ISO 643	-	NBN A 14-101	NP-1787	-	M 3231	-
162	DIN 17 118 DIN 59 413	NF A37-101	BS 2994	UNE EN 10162	UNI-7344	NBN A 02-002	-	-	M 3316	-
168	-	NF A 03-116	BS 4360	UNE 36-800	UNI-EU 168	-	-	SS 11 00 12	-	-
CECA IC 2	SEW 088	NF A 36-000	BS 5135	-	-	-	-	SS 06 40 25	-	-

1) Para las tolerancias, deben añadirse las Normas NF a 45-001 y NF A 45-101.



Índice de Tablas:

Introducción

TABLA 1-1 CUADRO RESUMEN DE LOS DOCUMENTOS DE INSPECCIÓN.....	2
TABLA 1-2 PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE, DE ACERO NO ALEADO, PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS - CONDICIÓN DE SUMINISTRO. TIPOS Y GRADOS.	3
TABLA 1-3 COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA) DE PRODUCTOS (PLANOS Y LARGOS).....	4
TABLA 1-4 COMPOSICIÓN QUÍMICA. ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO FINAL DE ACUERDO CON LA TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA	4
TABLA 1-5 CONTENIDO MÁXIMO EN CARBONO EQUIVALENTE (CEV) BASADO EN EL ANÁLISIS DE COLADA, SI SE ACUERDA AL HACER EL PEDIDO.....	5
TABLA 1-6 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS PRODUCTOS (PLANOS Y LARGOS) – LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO	5
TABLA 1-7 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS PRODUCTOS (PLANOS Y LARGOS) – RESISTENCIA A LA TRACCIÓN; ALARGAMIENTO MÍNIMO.....	6
TABLA 1-8 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS ENERGÍA ABSORBIDA, KV, EN EL ENSAYO DE FLEXIÓN POR CHOQUE. PRODUCTOS PLANOS Y PRODUCTOS LARGOS ¹⁾	6
TABLA 1-9 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS.....	8
TABLA 1-10 VALORES MÍNIMOS DEL RADIO DE PLEGADO EN LA CONFORMACIÓN EN FRÍO DE PRODUCTOS PLANOS	8
TABLA 1-11 CONFORMACIÓN EN FRÍO CON RODILLOS DE PRODUCTOS PLANOS	9
TABLA 1-12 CORRESPONDENCIA ENTRE LAS ANTIGUAS DESIGNACIONES DE LAS DISTINTAS NORMAS NACIONALES	9
TABLA 1-13 CORRESPONDENCIA ENTRE LAS EURONORMAS Y LAS DISTINTAS NORMAS NACIONALES	10



2. PERFILES ESTRUCTURALES.....	11
2.1. PERFILES HE DE ALAS ANCHAS Y CARAS PARALELAS (UNE 36-524-94, UNE 36-524-99 ERRATUM)	11
2.2. PERFILES IPE (UNE 36-526-94)	12
2.3. PERFIL I CON ALAS INCLINADAS(UNE 36521:96).....	12
2.4. PERFILES U NORMAL (UPN) (UNE 36522:2001)	13
2.5. OTROS PERFILES U	13
2.5.1. UAP. PERFILES U (ALAS PARALELAS).....	13
2.5.2. UPE.....	14
2.6. PERFILES PARA ENTIBACIÓN (UNE 36530:1999)	15
2.7. PERFILES-PILARES ALA ANCHA HD	16
2.8. PERFILES AMERICANOS (ASTM A6)	18
2.8.1. PERFILES U NORMALES (ALAS INCLINADAS) *C	18
2.8.2. PERFIL I NORMAL (ALAS INCLINADAS) S	18
2.8.3. PERFILES-PILOTES ("BEARING PILES", ALA ANCHA) HP	18
2.8.4. PERFILES ALA ANCHA W	19
2.9. PERFILES BRITÁNICOS (BS 4: 1993)	25
2.9.1. PERFILES HP	25
2.9.2. UB: I CARAS PARALELAS (PERFIL UNIVERSAL BRITÁNICO).....	25
2.9.3. UC: H COLUMNA UNIVERSAL BRITÁNICA	28
2.10. TOLERANCIAS DE PERFILES ESTRUCTURALES.....	29
2.11. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS. TABLAS DE EJEMPLOS PRÁCTICOS. ESTRUCTURAS DE ACERO EN EDIFICACIÓN. NORMA NBE EA-95.	31
2.11.1. PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS)	31
2.11.2. PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES).....	34
2.12. COMPARATIVA DE PERFILES EUROPEOS (HE – IPE) Y AMERICANOS (W) ...	38



2. PERFILES ESTRUCTURALES

2.1. PERFILES HE DE ALAS ANCHAS Y CARAS PARALELAS (UNE 36-524-94, UNE 36-524-99 ERRATUM)

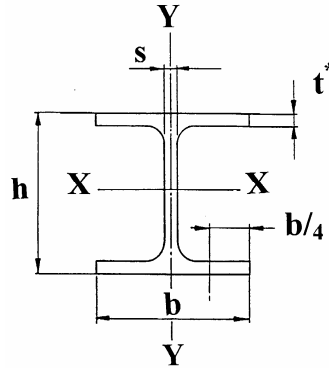


Tabla 2-1 Perfiles HE - Medidas, masas y datos de sección

Designación	Medidas en mm					A cm ²	m kg/m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		m ² /m	m ² /t
	h	b	s	t	r			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y		
HEA 100*	96	100	5	8	12	21,2	16,7	349	134	73	27	4,06	2,51	0,561	33,68
HEB 100*	100	100	6	10	12	26,0	20,4	450	167	90	33	4,16	2,53	0,567	27,76
HEM 100	120	106	12	20	12	53,2	41,8	1 143	399	190	75	4,63	2,74	0,619	14,82
HEA 120*	114	120	5	8	12	25,3	19,9	606	231	106	38	4,89	3,02	0,677	34,06
HEB 120*	120	120	6,5	11	12	34,0	26,7	864	318	144	53	5,04	3,06	0,686	25,71
HEM 120	140	126	12,5	21	12	66,4	52,1	2 018	703	288	112	5,51	3,25	0,738	14,16
HEA 140*	133	140	5,5	8,5	12	31,4	24,7	1 033	389	155	56	5,73	3,52	0,794	32,21
HEB 140*	140	140	7	12	12	43,0	33,7	1 509	550	216	79	5,93	3,58	0,805	23,88
HEM 140	160	146	13	22	12	80,6	63,2	3 291	1 144	411	157	6,39	3,77	0,857	13,56
HEA 160*	152	160	6	9	15	38,8	30,4	1 673	616	220	77	6,57	3,98	0,906	29,78
HEB 160*	160	160	8	13	15	54,3	42,6	2 492	889	311	111	6,78	4,05	0,918	21,56
HEM 160	180	166	14	23	15	97,1	76,2	5 098	1 759	566	212	7,25	4,26	0,97	12,74
HEA 180*	171	180	6	9,5	15	45,3	35,5	2 510	925	294	103	7,45	4,52	1,02	28,83
HEB 180*	180	180	8,5	14	15	65,3	51,2	3 831	1 363	426	151	7,66	4,57	1,04	20,25
HEM 180	200	186	14,5	24	15	113,3	88,9	7 483	2 580	748	277	8,13	4,77	1,09	12,25
HEA 200*	190	200	6,5	10	18	53,8	42,3	3 692	1 336	389	134	8,28	4,98	1,14	26,89
HEB 200*	200	200	9	15	18	78,1	61,3	5 696	2 003	570	200	8,54	5,07	1,15	18,78
HEM 200	220	206	15	25	18	131,1	103	10 642	3 651	967	354	9,00	5,27	1,20	11,67
HEA 220*	210	220	7	11	18	64,3	50,5	5 410	1 955	515	178	9,17	5,51	1,26	24,85
HEB 220*	220	220	9,5	16	18	91,0	71,5	8 091	2 843	736	258	9,43	5,59	1,27	17,77
HEM 220	240	226	15,5	26	18	149,4	117	14 605	5 012	1 220	444	9,89	5,79	1,32	11,27
HEA 240*	230	240	7,5	12	21	76,8	60,3	7 763	2 769	675	231	10,1	6,00	1,37	22,70
HEB 240*	240	240	10	17	21	106,0	83,2	11 259	3 923	938	327	10,3	6,08	1,38	16,63
HEM 240	270	248	18	32	21	199,6	157	24 289	8 153	1 800	657	11,0	6,39	1,46	9,318
HEA 260*	250	260	7,5	12,5	24	86,6	68,2	10 455	3 668	836	228	11,0	6,50	1,48	21,77
HEB 260*	260	260	10	17,5	24	118,4	93,0	14 919	5 135	1 150	395	11,2	6,58	1,50	16,12
HEM 260	290	268	18	32,5	24	219,6	172	31 307	10 449	2 160	780	11,9	6,90	1,57	9,133
HEA 280*	270	280	8	13	24	97,3	76,4	13 673	4 763	1 010	340	11,9	7,00	1,60	20,99
HEB 280*	280	280	10,5	18	24	131,4	103	19 270	6 595	1 380	471	12,1	7,09	1,62	15,69
HEM 280	310	288	18,5	33	24	240,2	189	39 547	13 163	2 500	914	12,8	7,40	1,69	8,984
HEA 300*	290	300	8,5	14	27	112,5	88,3	18 263	6 310	1 260	421	12,7	7,49	1,72	19,43
HEB 300*	300	300	11	19	27	149,1	117	25 166	8 563	1 680	571	13,0	7,58	1,73	14,80
HEM 300	340	310	21	39	27	303,1	238	59 201	19 403	3 480	1 250	14,0	8,00	1,83	7,699
HEA 320*	310	300	9	15,5	27	124,4	97,6	22 928	6 985	1 480	466	13,6	7,49	1,76	17,98
HEB 320*	320	300	11,5	20,5	27	161,3	127	30 823	9 239	1 930	616	13,8	7,57	1,77	13,98
HEM 320	359	309	21	40	27	312,0	245	68 135	19 709	3 800	1 280	14,8	7,95	1,87	7,616
HEA 340	330	300	9,5	16,5	27	133,5	105	27 693	7 436	1 680	496	14,4	7,46	1,79	17,13
HEB 340	340	300	12	21,5	27	170,9	134	36 656	9 690	2 160	646	14,6	7,53	1,81	13,49
HEM 340	377	309	21	40	27	315,8	248	76 372	19 711	4 050	1 280	15,6	7,90	1,90	7,670
HEA 360	350	300	10	17,5	27	142,8	112	33 090	7 887	1 890	526	15,2	7,43	1,83	16,36
HEB 360	360	300	12,5	22,5	27	180,6	142	43 193	10 141	2 400	676	15,5	7,49	1,85	13,04
HEM 360	395	308	21	40	27	318,8	250	84 867	19 522	4 300	1 270	16,3	7,83	1,93	7,73
HEA 400	390	300	11	19	27	159,0	125	45 069	8 564	2 310	571	16,8	7,34	1,91	15,32
HEB 400	400	300	13,5	24	27	197,8	155	57 680	10 819	2 880	721	17,1	7,40	1,93	12,41
HEM 400	432	307	21	40	27	325,8	256	104 119	19 335	4 820	1 260	17,9	7,70	2,00	7,835
HEA 450	440	300	11,5	21	27	178,0	140	63 722	9 465	2 900	631	18,9	7,29	2,01	14,39
HEB 450	450	300	14	26	27	218,0	171	79 887	11 721	3 550	781	19,1	7,33	2,03	11,84
HEM 450	478	307	21	40	27	335,4	263	131 484	19 339	5 500	1 260	19,8	7,59	2,10	7,959

* Medidas más comerciales.

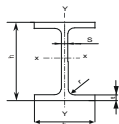
Calidad: S275 JR


Tabla 2-1 Perfiles HE - Medidas, masas y datos de sección

Designación	Medidas en mm					A cm ²	m Kg/m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h	b	s	t	r			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
HEA 500	490	300	12	23	27	197,5	155	86 975	10 367	3 550	691	21,0	7,24	2.11	13.60
HEB 500	500	300	14,5	28	27	238,6	187	107 176	12 624	4 290	842	21,2	7,27	2.12	11.34
HEM 500	524	306	21	40	27	344,3	270	161 929	19 155	6 180	1 250	21,7	7,46	2.18	8.079
HEA 550	540	300	12,5	24	27	211,8	166	111 932	10 819	4 150	721	23,0	7,15	2.21	13.29
HEB 550	550	300	15	29	27	254,1	199	136 691	13 077	4 970	872	23,2	7,17	2.22	11.15
HEM 550	572	306	21	40	27	354,4	278	197 984	19 158	6 920	1 250	23,6	7,35	2.28	8.195
HEA 600	590	300	13	25	27	226,6	178	141 208	11 271	4 790	751	25,0	7,05	2.31	12.98
HEB 600	600	300	15,5	30	27	270,0	212	171 041	13 350	5 790	902	25,2	7,08	2.32	10.96
HEM 600	620	305	21	40	27	363,7	285	237 447	18 975	7 660	1 240	25,6	7,22	2.37	8.308
HEA 650	640	300	13,5	26	27	241,6	190	175 178	11 724	5 470	782	26,9	6,97	2.41	12.69
HEB 650	650	300	16	31	27	286,3	225	210 616	13 984	6 480	932	27,1	6,99	2.42	10.77
HEM 650	668	305	21	40	27	373,7	293	281 667	18 979	8 430	1 240	27,5	7,13	2.47	8.411
HEA 700	690	300	14,5	27	27	260,5	204	215 301	12 179	6 240	812	28,8	6,84	2.50	12.25
HEB 700	700	300	17	32	27	306,4	241	256 888	14 441	7 340	963	29,0	6,87	2.52	10.48
HEM 700	716	304	21	40	27	383,0	301	329 278	18 797	9 200	1 240	29,3	7,01	2.56	8.513
HEA 800	790	300	15	28	30	285,8	224	303 442	12 639	7 680	843	32,6	6,65	2.70	12.03
HEB 800	800	300	17,5	33	30	334,2	262	359 083	14 904	8 980	994	32,8	6,68	2.71	10.34
HEM 800	814	303	21	40	30	404,3	317	442 598	18 627	10 870	1 230	33,1	6,79	2.75	8.655
HEA 900	890	300	16	30	30	320,5	252	422 075	13 547	9 480	903	36,3	6,50	2.90	11.51
HEB 900	900	300	18,5	35	30	371,3	291	494 065	15 816	10 980	1 050	36,5	6,53	2.91	9.990
HEM 900	910	302	21	40	30	423,6	333	570 434	18 452	12 540	1 220	36,7	6,60	2.93	8.824
HEA 1000	990	300	16,5	31	30	346,8	272	553 846	14 004	11 190	934	40,0	6,35	3.10	11.37
HEB 1000	1000	300	19	36	30	400,0	314	664 748	16 276	12 890	1 090	40,1	6,38	3.11	9.905
HEM 1000	1008	302	21	40	30	442,2	349	722 299	18 459	14 330	1 220	40,3	6,45	3.13	8.978

Calidad: S275 JR

2.2. PERFILES IPE (UNE 36-526-94)

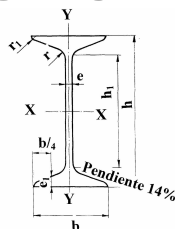

Tabla 2-2 Perfiles IPE - Medidas, masas y datos de sección

Designación del perfil	Medidas mm					A cm ²	m Kg/m	Momento de inercia cm ⁴		Módulo resistente cm ³		Radio de giro cm		Superficie	
	h	b	s	t	r			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,0	80,1	8,49	20,0	3,69	3,24	1,05	0.328	
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,1	171	15,9	34,2	5,79	4,07	1,24	0.400	49.33
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	316	27,7	53,0	8,65	4,90	1,45	0.475	45.82
IPE 140*	140	73	4,7	6,9	7	16,4	12,9	541	44,9	77,3	12,3	5,74	1,65	0.551	42.70
IPE 160*	160	82	5,0	7,4	9	20,1	15,8	869	68,3	109	16,7	6,58	1,84	0.623	39.47
IPE 180*	180	91	5,3	8,0	9	23,9	18,8	1317	101	146	22,2	7,42	2,05	0.698	37.13
IPE 200*	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	1943	142	194	28,5	8,26	2,24	0.768	34.36
IPE 220*	220	110	5,9	9,2	12	33,4	26,2	2772	205	252	37,3	9,11	2,48	0.848	32.36
IPE 240*	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	3892	284	324	47,3	9,97	2,69	0.922	30.02
IPE 270*	270	135	6,6	10,2	15	45,9	36,1	5790	420	429	62,2	11,2	3,02	1.04	28.86
IPE 300*	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	8356	604	557	80,5	12,5	3,35	1.16	27.46
IPE 330*	330	160	7,5	11,5	18	62,6	49,1	11770	788	713	98,5	13,7	3,55	1.25	25.52
IPE 360*	360	170	8,0	12,7	18	72,7	57,1	16270	1043	904	123	15,0	3,79	1.35	23.70
IPE 400*	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	23130	1318	1160	146	16,5	3,95	1.47	22.12
IPE 450*	450	190	9,4	14,6	21	98,8	77,6	33740	1676	1500	176	18,5	4,12	1.61	20.69
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	116	90,7	48200	2142	1930	214	20,4	4,31	1.74	19.23
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	134	106	67120	2668	2440	254	22,3	4,45	1.88	17.78
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	156	122	92080	3387	3070	308	24,3	4,66	2.01	16.45

* Medidas más comerciales.

Calidad: S275 JR

2.3. PERFIL I CON ALAS INCLINADAS(UNE 36521:96)


Tabla 2-3 Perfiles I con alas inclinadas - Medidas, masas y datos de sección



Designación	Medidas mm						A cm ²	M kg/m	Momento de inercia cm ⁴		Módulo resistente cm ³		Radio de giro cm		Sx cm ³	sx cm	Superficie	
	h	b	e=r	e ₁	r ₁	h ₁			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y			m ² /m	m ² /t
IPN 80*	80	42	3,9	5,9	2,3	59	7,58	5,95	77,8	6,29	19,5	3,00	3,20	0,91	11,4	6,84	0.031	
IPN 100*	100	50	4,5	6,8	2,7	75	10,6	8,32	171	12,2	34,2	4,88	4,01	1,07	19,9	8,57	0.379	
IPN 120*	120	58	5,1	7,7	3,1	92	14,2	11,2	328	21,5	54,7	7,41	4,81	1,23	31,8	10,3	0.431	39.38
IPN 140*	140	66	5,7	8,6	3,4	109	18,3	14,4	573	35,2	81,9	10,7	5,61	1,40	47,7	12,0	0.512	34.94
IPN 160*	160	74	6,3	9,5	3,8	125	22,8	17,9	935	54,7	117	14,8	6,40	1,55	68,0	13,7	0.575	32.13
IPN 180*	180	82	6,9	10,4	4,1	142	27,9	21,9	1450	81,3	161	19,8	7,20	1,71	93,4	15,5	0.640	29.22
IPN 200*	200	90	7,5	11,3	4,5	159	33,5	26,3	2140	117	214	26,0	8,00	1,87	125	17,2	0.709	27.04
IPN 220*	220	98	8,1	12,2	4,9	175	39,6	31,1	3060	162	278	33,1	8,80	2,02	162	18,9	0.775	24.99
IPN 240*	240	106	8,7	13,1	5,2	192	46,1	36,2	4250	221	354	41,7	9,59	2,20	206	20,6	0.844	23.32
IPN 260*	260	113	9,4	14,1	5,6	208	53,4	41,9	5740	288	442	51,0	10,4	2,32	257	22,3	0.906	21.65
IPN 280*	280	119	10,1	15,2	6,1	225	61,1	48,0	7590	364	542	61,2	11,1	2,45	316	24,0	0.966	20.17
IPN 300*	300	125	10,8	16,2	6,5	241	69,1	54,2	9800	451	653	72,2	11,9	2,56	381	25,7	1.03	19.02
IPN 320*	320	131	11,5	17,3	6,9	257	77,8	61,1	12510	555	782	84,7	12,7	2,67	451	27,4	1.09	17.87
IPN 340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	86,8	68,1	15700	674	923	98,4	13,5	2,80	540	29,1	1.15	16.90
IPN 360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	97,1	76,2	19610	818	1090	114	14,2	2,90	639	30,7	1.21	15.89
IPN 380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	107	84,0	24010	975	1260	131	15,0	3,02	741	32,4	1.27	15.12
IPN 400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	118	92,6	29210	1160	1460	149	15,7	3,13	857	34,1	1.33	14.36
IPN 450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	147	115	45850	1730	2040	203	17,7	3,43	1200	38,3	1.48	12.83
IPN 500	500	185	18,0	27,0	10,8	404	180	141	68740	2480	2750	268	19,6	3,72	1620	42,4	1.63	11.60
IPN 550	550	200	19,0	30,0	11,9	444	213	167	99180	3490	3610	349	21,6	4,02	2120	46,8	1.80	10.80
IPN 600	600	215	21,6	32,4	13,0	485	254	199	139000	4670	4630	434	23,4	4,30	2730	50,9	1.97	

* Medidas más comerciales.

Calidad: S275 JR

2.4. PERFILES U NORMAL (UPN) (UNE 36522:2001)

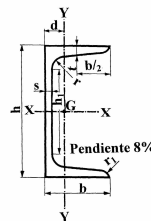


Tabla 2-4 Perfiles U Normal - Medidas y datos de sección

Designación	Medidas mm						A cm ²	M Kg/m	Momento de inercia cm ⁴		Módulo resistente cm ³		Radio de giro cm		Sx cm ³	sx cm	d cm	Superficie	
	h	b	s=r	t	r ₁	h ₁			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y				m ² /m	m ² /t
UPN 80	80	45	6,0	8,0	4,0	46	11,0	8,65	106	19,4	26,5	6,36	3,10	1,33	15,9	6,65	1,45	0.312	
UPN 100	100	50	6,0	8,5	4,5	64	13,5	10,6	206	29,3	41,2	8,49	3,91	1,47	24,5	8,42	1,55	0.372	35.10
UPN 120	120	55	7,0	9,0	4,5	82	17,0	13,4	364	43,2	60,7	11,1	4,62	1,59	36,3	10,0	1,60	0.434	32.52
UPN 140	140	60	7,0	10,0	5,0	98	20,4	16,0	605	62,7	86,4	14,8	5,45	1,75	51,4	11,8	1,75	0.489	30.54
UPN 160	160	65	7,5	10,5	5,5	115	24,0	18,8	925	85,3	116	18,3	6,21	1,89	66,8	13,3	1,84	0.546	28.98
UPN 180	180	70	8,0	11,0	5,5	133	28,0	22,0	1350	114,0	150	22,4	6,95	2,02	89,6	15,1	1,92	0.611	27.80
UPN 200	200	75	8,5	11,5	6,0	151	32,2	25,3	1910	148,0	191	27,0	7,70	2,14	114,0	16,8	2,01	0.661	26.15
UPN 220	220	80	9,0	12,5	6,5	167	37,4	29,4	2690	197,0	245	33,6	8,48	2,30	146,0	18,5	2,14	0.718	24.46
UPN 240	240	85	9,5	13,0	6,5	184	42,3	33,2	3600	248,0	300	39,6	9,22	2,42	179,0	20,1	2,23	0.775	23.34
UPN 260	260	90	10,0	14,0	7,0	200	48,3	37,9	4820	317,0	371	47,7	9,99	2,56	221,0	21,8	2,36	0.834	22.00
UPN 280	280	95	10,0	15,0	7,5	216	53,3	41,8	6280	399,0	448	57,2	10,90	2,74	266,0	23,6	2,53	0.890	21.27
UPN 300	300	100	10,0	16,0	8,0	232	58,8	46,2	8030	495,0	535	67,8	11,70	2,90	316,0	25,4	2,70	0.950	20.58
UPN 320	320	100	14,0	17,5	8,75		75,8	59,5	10870	597,0	679	80,6	12,1	2,81	413,0	26,3	2,60	0.982	16.50
UPN 350	350	100	14,0	16,0	8,0		77,3	60,6	12840	570,0	734	75,0	12,9	2,72	459,0	28,6	2,40	1.047	17.25
UPN 380	380	102	13,5	16,0	8,0		80,4	63,1	15760	615,0	829	78,7	14,0	2,77	507,0	31,1	2,38	1.110	17.59
UPN 400	400	110	14,0	18,0	9,0		91,5	71,8	20350	846,0	1020	102,0	14,9	3,04	618	32,9	2,65	1.182	16.46

Calidad: S275 JR

2.5. OTROS PERFILES U

2.5.1. UAP. PERFILES U (ALAS PARALELAS)

Tabla 2-5 UAP. Perfiles U (alas paralelas) - Dimensiones y masas

Designación	Kg/m	Dimensiones (mm)	Superficie



		h	b	e	e ₁	m ² /m	m ² /t
UAP 80	8,38	80	45	5,0	8,00	0,308	38.56
UAP 100	10,50	100	50	5,5	8,50	0,361	36.35
UAP 130	13,70	130	55	6,0	9,50	0,394	33.48
UAP 150	17,90	150	65	7,0	10,25	0,498	29.96
UAP 175	22,20	175	70	7,5	10,75	0,521	28.52
UAP 200	25,10	200	75	8,0	11,50	0,610	26.86
UAP 220	28,50	220	80	8,0	12,50	0,689	25.75
UAP 250	34,40	250	85	9,0	13,50	0,778	23.57
UAP 300	46,00	300	100	9,5	16,00	0,919	21.04

Calidad: S275 JR

2.5.2. UPE

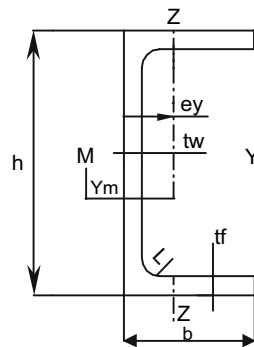


Tabla 2-6 Perfiles UPE - Medidas, masas y datos de sección.

PERFIL	KG/M	H (MM)	B (MM)	T _w (MM)	T _F (MM)	R (MM)	W _y (CM ³)	W _z (CM ³)	E _y (CM)	Y _m (CM)
UPE 80	7,9	80	50	4,0	7,0	10	26,8	7,98	1,817	3,71
UPE 100	9,8	100	55	4,5	7,5	10	41,4	10,6	1,906	3,93
UPE 120	12,1	120	60	5,0	8,0	12	60,6	13,8	1,983	4,12
UPE 140	14,5	140	65	5,0	9,0	12	85,6	18,2	2,173	4,54
UPE 160	17,0	160	70	5,5	9,5	12	114	22,6	2,270	4,76
UPE 180	19,7	180	75	5,5	10,5	12	150	28,6	2,468	5,19
UPE 200	22,8	200	80	6,0	11,0	13	191	34,4	2,560	5,41
UPE 220	26,6	220	85	6,5	12,0	13	244	42,5	2,703	5,70
UPE 240	30,2	240	90	7,0	12,5	15	300	50,1	2,792	5,91
UPE 270	35,2	270	95	7,5	13,5	15	389	60,7	2,893	6,14
UPE 300	44,4	300	100	9,5	15,0	15	522	75,6	2,887	6,03
UPE 330	53,2	330	105	11,0	16,0	18	667	89,7	2,900	6,00
UPE 360	61,2	360	110	12,0	17,0	18	824	105	2,970	6,12
UPE 400	72,2	400	115	13,5	18,0	18	1049	123	2,977	6,06

Calidad: S275 JR



2.6. PERFILES PARA ENTIBACIÓN (UNE 36530:1999)

Los perfiles de acero THN y sus elementos de unión, grapas GTHN, se utilizan para la entibación de galerías, minas y cualquier otro tipo de obra en la que se utilicen técnicas mineras. Las condiciones técnicas de suministro de estos productos se especifican a continuación en la Norma UNE 36530: 1999. La designación del tipo de acero empleado para su fabricación se ha establecido de acuerdo con la Norma UNE-EN 10027-1-2, y a la Circular Informativa ECISS IC 10(CR1260).

Tabla 2-7 Perfiles y grapas de acero para entibación - Designación

Numérica	Simbólica
31 Mn 4	1.0520

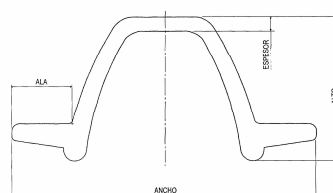
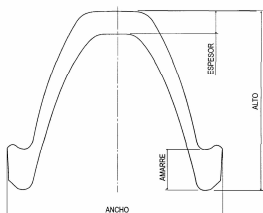
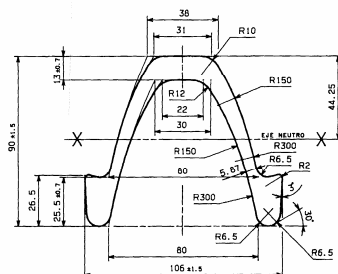


Tabla 2-8 Perfiles de acero para entibación - Características mecánicas

Designación		Límite elástico mínimo R_{eH} MPa	Resistencia a la tracción mínima R_m MPa	Alargamiento a la rotura mínimo A_t %		Energía mínima de flexión por choque a $+23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ (Julios) – Probeta ISO – V			
Numérica	Simbólica			Brida	Fondo	Brida		Fondo	
						Media	Individual	Media	Individual
1.0520	31Mn4	350	550	18	15	25	20	16	14

Tabla 2-9 Perfiles de acero para entibación - Características geométricas y tolerancias de los perfiles THN y GTHN

Designación del perfil	Sección cm^2	Masa lineal teórica kg/m	Medidas de control mm				Momentos cuadráticos cm^4		Módulos de inercia cm^3	
			Ancho	Alto	Espesor	Amarre	I_{xx}	I_{yy}	W_{xx}	W_{yy}
16.5	21.26	16.69	106.0 ± 1.5	90.0 ± 1.5	13.0 ± 0.7	25.5 ± 0.7	173	227	38	43
21	26.55	20.84	127.0 ± 2.0	108.0 ± 2.0	12.0 ± 1.0	27.0 ± 1.0	319	415	59	65
25	32.82	25.76	150.0 ± 2.0	121.0 ± 2.0	12.0 ± 1.0	28.5 ± 1.0	510	721	84	96
29	36.77	28.86	150.5 ± 2.0	124.0 ± 2.0	16.0 ± 1.0	28.5 ± 1.0	586	763	95	101
34	43.55	34.18	171.0 ± 2.0	136.0 ± 2.0	16.0 ± 1.0	30.0 ± 1.0	867	1181	122	138
36	45.56	35.76	171.0 ± 2.5	138.0 ± 2.5	17.0 ± 1.5	31.5 ± 1.5	925	1236	134	145
40	50.66	39.77	171.0 ± 2.5	142.2 ± 2.5	20.0 ± 1.5	34.5 ± 1.5	1066	1358	150	158
42	53.16	41.73	171.0 ± 2.5	143.0 ± 2.5	21.5 ± 1.5	36.0 ± 1.5	1111	1417	155	165
44	55.70	43.72	171.0 ± 2.5	144.5 ± 2.5	23.0 ± 1.5	37.5 ± 1.5	1171	1477	162	172



Sección = 21,26 cm^2
Masa = 16,69 kg/m

Perfil THN – 16,5



2.7. PERFILES-PILARES ALA ANCHA HD

Tabla 2-10 Perfiles-Pilares Ala ancha HD - Designación y dimensiones.

HD 210 x 210	x 46	HD 310 x 310	x 97	HD 360 x 360	x 134
	x 52		x 107		x 148
	x 59		x 117		x 162
	x 71		x 130		x 179
	x 87		x 143		x 196
	x 100		x 158	HD 400 x 400	x 187
	x 118		x 179		x 216
	x 138		x 202		x 237
	x 161		x 227		x 262
	x 198		x 253		x 288
	x 249		x 283		x 314
HD 260 x 260	x 73		x 313		x 347
	x 80		x 343		x 383
	x 89		x 375		x 422
	x 101		x 415		x 463
	x 115		x 454		x 509
	x 131		x 500		x 551
	x 149				x 593
	x 167				x 634
	x 191				x 678
	x 219				x 744
	x 252				x 818
	x 288				x 900
	x 329				x 990
					x 1086

Tabla 2-11 Perfiles-Pilares Ala ancha HD - Medidas y datos de sección

Designación	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
HD260x54.1	244	260	6,5	9,5	24	68,97	54,1	7981	2788	654,1	214,5	10,76	6,36	1,47	27,22
HD260x68.2	250	260	7,5	12,5	24	86,82	68,2	10450	3668	836,4	282,1	10,97	6,50	1,48	21,77
HD260x93.0	260	260	10,0	17,5	24	118,4	93,0	14920	5135	1148	395,0	11,22	6,58	1,50	16,12
HD260x114	268	262	12,5	21,5	24	145,7	114	18910	6456	1411	492,8	11,39	6,66	1,52	13,27
HD260x142	278	265	15,5	26,5	24	180,3	142	24330	8236	1750	621,6	11,62	6,76	1,54	10,91
HD260x172	290	268	18,0	32,5	24	219,6	172	31310	10450	2159	779,7	11,94	6,90	1,57	9,13
HD320x74.2	301	300	8,0	11,0	27	94,58	74,2	16450	4959	1093	330,6	13,19	7,24	1,74	23,43
HD320x97.6	310	300	9,0	15,5	27	124,4	97,6	22930	6985	1479	465,7	13,58	7,49	1,76	17,98
HD320x127	320	300	11,5	20,5	27	161,3	127	30820	9239	1926	615,9	13,82	7,57	1,77	13,98
HD320x158	330	303	14,5	25,5	27	201,2	158	39640	11840	2403	781,7	14,04	7,67	1,80	11,37
HD320x198	343	306	18,0	32,0	27	252,3	198	51900	15310	3026	1001	14,34	7,79	1,83	9,23
HD320x245	359	309	21,0	40,0	27	312,0	245	68130	19710	3796	1276	14,78	7,95	1,87	7,62
HD320x300	375	313	27,0	48,0	27	382,1	300	86900	24600	4635	1572	15,08	8,02	1,90	6,34
HD360x134	356	369	11,2	18,0	15	170,6	134	41510	15080	2332	817,3	15,60	9,40	2,14	15,98
HD360x147	360	370	12,3	19,8	15	187,9	147	46290	16720	2572	903,9	15,70	9,43	2,15	14,58
HD360x162	364	371	13,3	21,8	15	206,3	162	51540	18560	2832	1001	15,81	9,49	2,16	13,34
HD360x179	368	373	15,0	23,9	15	228,3	179	57440	20680	3122	1109	15,86	9,52	2,17	12,12
HD360x196	372	374	16,4	26,2	15	250,3	196	63630	22860	3421	1222	15,94	9,56	2,18	11,10
HD400x187	368	391	15,0	24,0	15	237,6	187	60180	23920	3271	1224	15,91	10,03	2,24	12,03
HD400x216	375	394	17,3	27,7	15	275,5	216	71140	28250	3794	1434	16,07	10,13	2,27	10,48
HD400x237	380	395	18,9	30,2	15	300,9	237	78780	31040	4146	1572	16,18	10,16	2,28	9,64
HD400x262	387	398	21,1	33,3	15	334,6	262	89410	35020	4620	1760	16,35	10,23	2,30	8,75
HD400x287	393	399	22,6	36,6	15	366,3	287	99710	38780	5074	1944	16,50	10,29	2,31	8,04
HD400x314	399	401	24,9	39,6	15	399,2	314	110200	42600	5525	2125	16,62	10,33	2,33	7,42
HD400x347	407	404	27,2	43,7	15	442,0	347	124900	48090	6140	2380	16,81	10,43	2,35	6,77
HD400x382	416	406	29,8	48,0	15	487,1	382	141300	53620	6794	2641	17,03	10,49	2,37	6,20
HD400x421	425	409	32,8	52,6	15	537,1	421	159600	60080	7510	2938	17,24	10,58	2,39	5,68
HD400x463	435	412	35,8	57,4	15	589,5	463	180200	67040	8283	3254	17,48	10,66	2,42	5,23
HD400x509	446	416	39,1	62,7	15	649,0	509	204500	75400	9172	3625	17,75	10,78	2,45	4,81
HD400x551	455	418	42,0	67,6	15	701,4	551	226100	82490	9939	3947	17,95	10,85	2,47	4,49
HD400x592	465	421	45,0	72,3	15	754,9	592	250200	90170	10760	4284	18,20	10,93	2,50	4,22
HD400x634	474	424	47,6	77,1	15	808,0	634	274200	98250	11570	4634	18,42	11,03	2,52	3,98
HD400x677	483	428	51,2	81,5	15	863,4	677	299500	106900	12400	4994	18,62	11,13	2,55	3,76
HD400x744	498	432	55,6	88,9	15	948,1	744	342100	119900	13740	5552	19,00	11,25	2,59	3,48
HD400x818	514	437	60,5	97,0	15	1043	818	392200	135500	15260	6203	19,39	11,40	2,63	3,21
HD400x900	531	442	65,9	106	15	1149	900	450200	153300	16960	6938	19,79	11,55	2,67	2,96
HD400x990	550	448	71,9	115	15	1262	990	518900	173400	18870	7739	20,27	11,72	2,72	2,75



HD400x1086	569	454	78,0	125	15	1386	1086	595700	196200	20940	8645	20,73	11,90	2,77	2,55



2.8. PERFILES AMERICANOS (ASTM A6)

2.8.1. PERFILES U NORMALES (ALAS INCLINADAS) *C

Tabla 2-12 Perfiles Americanos – Perfiles C - Designación y dimensiones.

Nominal		Métrica	
C 6 x 2	x 8,2	C 150 x 51	x 12,2
	x 10,5		x 15,6
	x 13		x 19,3
C 7 x 2,125	x 9,8	C 180 x 54	x 14,6
	x 12,25		x 18,2
	x 14,75		x 22
C 8 x 2,25	x 11,5	C 200 x 57	x 17,1
	x 13,75		x 20,5
	x 18,75		x 27,9
C 9 x 2,5	x 13,4	C 230 x 64	x 19,9
	x 15		x 22,0
	x 20		x 30
C 10 x 2,625	x 15,3	C 250 x 67	x 22,8
	x 20		x 30
	x 25		x 37
	x 30		x 45
C 12 x 3	x 20,7	C 310 x 76	x 30,8
	x 25		x 37
	x 30		x 45
C 15 x 3,375	x 33,9	C 380 x 86	x 50,4
	x 40		x 60
	x 50		x 74

Tabla 2-13 Perfiles Americanos - Perfiles C - Medidas y datos de sección

Designación Métrica	Medidas				d cm	A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm				I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
C 200 x 17.1	203	57	5,6	9,9	1,44	21,7	17,1	1340	1,57	132	12,6	7,86	1,57	0,564	33,22
C 200 x 20.5	203	59	7,7	9,9	1,39	26,0	20,5	1490	1,54	147	13,7	7,57	1,54	0,577	28,82
C 200 x 27.9	203	64	12,4	9,9	1,43	35,6	27,9	1820	1,51	179	16,4	7,15	1,51	0,584	21,41
C 250 x 22.8	254	65	6,1	11,1	1,58	28,8	22,8	2770	1,78	218	18,5	9,81	1,78	0,692	30,85
C 250 x 30	254	69	9,6	11,1	1,53	37,8	30,0	3260	1,74	257	21,2	9,29	1,74	0,701	23,98
C 250 x 37	254	73	13,4	11,1	1,56	45,5	37,0	3790	1,7	298	24	8,93	1,7	0,713	19,52
C 250 x 45	254	76	17,1	11,1	1,63	56,7	45,0	4270	1,67	336	26,5	8,68	1,67	0,721	16,58
C 310 x 30.8	305	74	7,2	12,7	1,74	39,2	30,8	5340	2	350	27,7	11,7	2	0,825	26,60
C 310 x 37	305	77	9,8	12,7	1,70	47,2	37,0	5970	1,97	391	30,5	11,2	1,97	0,841	22,71
C 310 x 45	305	80	13	12,7	1,70	56,9	45,0	6720	1,92	441	33,2	10,9	1,92	0,824	18,27
C 380 x 50.4	381	86	10,2	16,5	1,99	64,3	50,4	13100	2,28	688	50,5	14,3	2,28	1,048	20,96
C 380 x 60	381	89	13,2	16,5	1,97	75,7	60,0	14400	2,24	756	54,7	13,8	2,24	1,037	17,55
C 380 x 74	381	94	18,2	16,5	2,02	94,8	74,0	16700	2,19	877	61,5	13,3	2,19	1,040	14,05

2.8.2. PERFIL I NORMAL (ALAS INCLINADAS) S

Tabla 2-14 Perfiles Americanos – Perfiles S - Designación y dimensiones

Nominal		Métrica	
S 8 x 4	x 18,4	S 200 x 100	x 27,4
S 10 x 4,625	x 25,4	S 250 x 120	x 37,8
	x 35		x 52
S 12 x 5	x 31,8	S 310 x 125	x 47,3
	x 35		x 52

2.8.3. PERFILES-PILOTES (“BEARING PILES”, ALA ANCHA) HP

Tabla 2-15 Perfiles Americanos – Perfiles-HP - Designación y dimensiones

Nominal		Métrica	
HP 8 x 8	x 36	HP 200 x 200	x 53
HP 10 x 10	x 42	HP 250 x 250	x 62
	x 57		x 85
HP 12 x 12	x 53	HP 310 x 310	x 79
	x 63		x 93
	x 74		x 110
	x 84		x 125
HP 14 x 14,5	x 73	HP 360 x 370	x 108
	x 89		x 132
	x 102		x 152
	x 117		x 174

Tabla 2-16 Perfiles Americanos – Perfiles HP - Medidas y datos de sección

Designación	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
HP 200 x 43	200	205	9	9	10	54,14	42,5	3888	1294	388,8	126,2	8,47	4,89	1,18	27,88
HP 200 x 53	204	207	11,3	11,3	10	68,14	53,5	4977	1673	488,0	161,7	8,55	4,96	1,20	22,36
HP 220 x 57	210	224,5	11	11	18	72,85	57,2	5729	2079	545,6	185,2	8,87	5,34	1,27	22,12
HP 260 x 75	249	265	12	12	24	95,54	75,0	10650	3733	855,1	281,7	10,56	6,25	1,49	19,90
HP 260 x 87	253	267	14	14	24	111,2	87,3	12590	4455	994,9	333,7	10,64	6,33	1,50	17,24
HP 305 x 79	299,3	306,4	11	11	15,2	99,9	78,4	16331	5278	1091	344,5	12,79	7,27	1,78	22,65
HP 305 x 88	301,7	307,8	12,4	12,3	15,2	112,1	88,0	18420	5984	1221	388,9	12,82	7,31	1,78	20,28
HP 305 x 95	303,7	308,7	13,3	13,3	15,2	121,0	94,9	20040	6529	1320	423,0	12,87	7,35	1,79	18,85
HP 305 x 110	307,9	310,7	15,3	15,4	15,2	140,1	110	23560	7709	1531	496,2	12,97	7,40	1,80	16,39
HP 305 x 126	312,3	312,9	17,5	17,6	15,2	160,6	126	27410	9002	1755	575,4	13,06	7,49	1,82	14,40
HP 305 x 149	318,5	316	20,6	20,7	15,2	189,9	149	33070	10910	2076	690,5	13,20	7,58	1,83	12,30
HP 305 x 180	326,7	319,7	24,8	24,8	15,2	229,3	180	40970	13550	2508	847,4	13,37	7,69	1,86	10,31
HP 305 x 186	328,3	320,9	25,5	25,6	15,2	236,9	186	42610	14140	2596	881,5	13,41	7,73	1,86	10,02
HP 305 x 223	337,9	325,7	30,3	30,4	15,2	284,0	223	52700	17580	3119	1079	13,62	7,87	1,89	8,49
HP 320 x 88	303	304	12	12	27	112,7	88,5	18740	5634	1237	370,6	12,90	7,07	1,75	19,80
HP 320 x 103	307	306	14	14	27	131,0	103	22050	6704	1437	438,2	12,97	7,15	1,76	17,15
HP 320 x 117	311	308	16	16	27	149,5	117	25480	7815	1638	507,5	13,06	7,23	1,78	15,13
HP 320 x 147	319	312	20	20	27	186,9	147	32670	10160	2048	651,3	13,22	7,37	1,80	12,27
HP 320 x 184	329	317	25	25	27	234,5	184	42340	13330	2574	841,2	13,44	7,54	1,83	9,94
HP 360 x 84	340	367	10	10	15,2	107,4	84,3	23210	8243	1365	449,2	14,70	8,76	2,10	24,93
HP 360 x 109	346,4	371	12,8	12,9	15,2	138,7	109	30630	10990	1769	592,3	14,86	8,90	2,13	19,51
HP 360 x 133	352	373,8	15,6	15,7	15,2	169,4	133	37980	13680	2158	731,9	14,98	8,99	2,14	16,11
HP 360 x 152	356,4	376	17,8	17,9	15,2	193,7	152	43970	15880	2468	844,5	15,07	9,05	2,16	14,18
HP 360 x 174	361,4	378,5	20,3	20,4	15,2	221,5	174	51010	18460	2823	975,6	15,18	9,13	2,17	12,48
HP 360 x 180	362,9	378,8	21,1	21,1	15,2	229,5	180	53040	19140	2923	1011	15,20	9,13	2,17	12,06
HP 400 x 122	348	390	14	14	15	155,9	122	34770	13850	1998	710,3	14,93	9,42	2,20	17,99
HP 400 x 140	352	392	16	16	15	178,6	140	40270	16080	2288	820,2	15,02	9,49	2,21	15,80
HP 400 x 158	356	394	18	18	15	201,4	158	45940	18370	2581	932,4	15,10	9,55	2,23	14,08
HP 400 x 176	360	396	20	20	15	224,3	176	51770	20720	2876	1047	15,19	9,61	2,24	12,71
HP 400 x 194	364	398	22	22	15	247,5	194	57760	23150	3174	1163	15,28	9,67	2,25	11,58
HP 400 x 213	368	400	24	24	15	270,7	213	63920	25640	3474	1282	15,37	9,73	2,26	10,64
HP 400 x 231	372	402	26	26	15	294,2	231	70260	28200	3777	1403	15,45	9,79	2,27	9,85

2.8.4. PERFILES ALA ANCHA W

Tabla 2-17 Perfiles Americanos – Perfiles W - Designación y dimensiones

Nominal		Métrica		Nominal		Métrica		Nominal		Métrica	
W 5 x 5	x 16	W 130 x 130	x 23,8	W 12 x 8	x 40	W 300 x 200	x 59,5	W 14 x 16	x 145	W 360 x 410	x 216
	x 19		x 28,1		x 45		x 67		x 159		x 237
W 6 x 4	x 16	W 160 x 100	x 23,8		x 50		x 74,4		x 176		x 262
W 6 x 6	x 15	W 150 x 150	x 22,5	W 12 x 10	x 53	W 310 x 250	x 79		x 193		x 287
	x 20		x 29,8		x 58		x 86		x 211		x 314
	x 25		x 37,1	W 12 x12	x 65	W 310 x 310	x 97		x 233		x 347
W 8 x 4	x 15	W 200 x 100	x 22,3		x 72		x 107		x 257		x 382
W 8 x 5,25	x 18	W 200 x 135	x 26,6		x 79		x 117		x 283		x 421
	x 21		x 31,3		x 87		x 129		x 311		x 463
W 8 x 6,5	x 24	W 200 x 165	x 35,9		x 96		x 143		x 342		x 509
	x 28		x 41,7		x 106		x 158		x 370		x 551
W 8 x 8	x 31	W 200 x 200	x 46,1		x 120		x 179		x 398		x 592
	x 35		x 52		x 136		x 202		x 426		x 634
	x 40		x 59		x 152		x 226		x 455		x 677
	x 48		x 71		x 170		x 253		x 500		x 744
	x 58		x 86		x 190		x 283		x 550		x 818
	x 67		x 100		x 210		x 313		x 605		x 901
W 10 x 4	x 15	W 250 x 100	x 22,3		x 230		x 342		x 665		x 990
	x 17		x 25,3		x 252		x 375		x 730		x1086
	x 19		x 28,3		x 279		x 415	W 16 x 5,5	x 26	W 400 x 140	x 38,7
W 10 x 5,75	x 22	W 250 x 145	x 32,7		x 305		x 454		x 31		x 46,1
	x 26		x 38,5		x 336		x 500	W 16 x 7	x 36	W 410 x 180	x 53
	x 30		x 44,8	W 14 x 5	x22	W 350 x 125	x 32,7		x 40		x 60
W 10 x 8	x 33	W 250 x 200	x 49,1		x26				x 45		x 67
	x 39		x 58				x 38,7		x 50		x 75
	x 45		x 67	W 14 x 6,75	x 30	W 360 x 170	x 44,8		x 57		x 85
W 10 x 10	x 49	W 250 x 250	x73		x 34		x 51	W16 x 10,25	x 67	W 410 x 260	x 100
	x 54		x 80		x 38		x 57		x 77		x 114
	x 60		x 89	W 14 x 8	x 43	W 350 x 205	x 64		x 89		x 132
	x 68		x 101		x 48		x 71,4		x 100		x 149
	x 77		x 115		x 53		x 78,9	W 18 x 6	x 35	W 460 x 150	x 52



	x 88		x 131	W 14 x 10	x 61	W 360 x 250	x 91		x 40		x 60
	x 100		x 149		x 68		x 101		x 46		x 68
	x 112		x 167		x 74		x 110	W 18 x 7,5	x 50	W 460 x 190	x 74
W 12 x 4	x 14	W 300 x 100	x 20,8		x 82		x 122		x 55		x 82

Tabla 2.17 Perfiles Americanos – Perfiles W – Designación y dimensiones

Nominal		Métrica		Nominal		Métrica		Nominal		Métrica	
W 12 x 4	x 16	W 300 x 100	x 23,8	W 14 x 14,5	x 90	W 360 x 370	x 134	W 18 x 7,5	x 60	W 460 x 190	x 89
	x 19		x 28,3		x 99		x 147		x 65		x 97
	x 22		x 32,7		x 109		x 162		x 71		x 106
W 12 x 6,5	x 26	W 310 x 165	x 38,7		x 120		x 179	W 18 x 11	x 76	W 460 x 280	x 113
	x 30		x 44,5		x 132		x 196		x 86		x 128
	x 35		x 52						x 97		x 144
									x 106		x 158
									x 119		x 177
									x 130		x 193
									x 143		x 213
									x 158		x 235
									x 175		x 260
									x 192		x 286
									x 211		x 315
									x 234		x 349
									x 258		x 384
									x 283		x 421
									x 311		x 464
W 21 x 6,5	x 44	W 530 x 165	x 66	W 27 x 14	x 146	W 690 x 360	x 217	W 36 x 12	x 135	W 920 x 310	x 201
	x 50		x 74		x 161		x 240		x 150		x 223
	x 57		x 85		x 178		x 265		x 160		x 238
W 21 x 8,25	x 62	W 530 x 210	x 92		x 194		x 289		x 170		x 253
	x 68		x 101		x 217		x 323		x 182		x 271
	x 73		x 109		x 235		x 350		x 194		x 289
	x 83		x 123		x 258		x 384		x 210		x 313
	x 93		x 138		x 281		x 419	W 36 x 16,5	x 230	W 920 x 420	x 342
W21 x 12,25	x 223	W 530 x 315	x 331		x 307		x 457		x 245		x 365
	x 248		x 370		x 336		x 500		x 260		x 387
	x 275		x 409		x 368		x 548		x 280		x 417
	x 300		x 447		x 539		x 802		x 300		x 446
	x 333		x 496	W 30 x 10,5	x 99	W 760 x 265	x 147		x 328		x 488
	x 364		x 543		x 108		x 161		x 359		x 534
	x 402		x 599		x 116		x 173		x 393		x 585
W 24 x 7	x 55	W 610 x 180	x 82		x 124		x 185		x 439		x 653
	x 62		x 92		x 132		x 196		x 527		x 784
W 24 x 9	x 68	W 610 x 320	x 101	W 30 x 15	x 173	W 760 x 380	x 257		x 650		x 967
	x 76		x 113		x 191		x 284		x 798		x1188
	x 84		x 125		x 211		x 314	W 40 x 12	x 149	W 1000x300	x 222
	x 94		x 140		x 235		x 350		x 167		x 249
W24 x 12,75	x 104	W 610 x 325	x 155		x 261		x 389		x 183		x 272
	x 117		x 174		x 292		x 434		x 211		x 314
	x 131		x 195		x 326		x 484		x 235		x 350
	x 146		x 217		x 357		x 531	W 40 x 16	x 199	W1000 x 400	x 296
	x 162		x 241		x 391		x 582		x 215		x 321
	x 176		x 262	W 33 x 11,5	x 118	W 840 x 295	x 176		x 249		x 371
	x 192		x 285		x 130		x 193		x 277		x 412
	x 207		x 307		x 141		x 210		x 297		x 443
	x 229		x 341		x 152		x 226		x 324		x 483
	x 250		x 372	W33 x 15,75	x 201	W 840 x 400	x 299		x 331		x 494
	x 279		x 415		x 221		x 329		x 362		x 539
	x 306		x 455		x 241		x 359		x 372		x 554
	x 335		x 498		x 263		x 392		x 397		x 591
	x 370		x 551		x 291		x 433		x 431		x 642
W 27 x 10	x 84	W 690 x 250	x 125		x 318		x 473		x 503		x 748
	x 94		x 140		x 354		x 527		x 593		x 883
	x 102		x 152		x 387		x 577				
	x 114		x 170								





Tabla 2-18 Perfiles Americanos - Perfiles W - Medidas y datos de sección

Designación Métrica	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
W 100 x 100 x 19.3	106	103	7,1	8,8	6	24,71	19,3	475,9	160,6	89,79	31,19	4,39	2,55	0,599	30,90
W 130 x 130 x 23.8	127	127	6,1	9,1	8	30,30	23,8	885,5	311,0	139,5	48,98	5,41	3,20	0,736	30,95
W 130 x 130 x 28.1	131	128	6,9	10,9	8	35,94	28,1	1099	381,4	167,7	59,60	5,53	3,26	0,747	26,46
W 150 x 100 x 13.5	150	100	4,3	5,5	6	17,31	13,5	685,5	91,80	91,40	18,36	6,29	2,30	0,681	50,11
W 150 x 100 x 18.0	153	102	5,8	7,1	6	23,28	18,0	915,9	125,9	122,1	25,37	6,33	2,36	0,692	37,86
W 150 x 100 x 24.0	160	102	6,6	10,3	6	30,52	24,0	1342	182,6	167,8	35,80	6,63	2,45	0,704	29,40
W 150 x 150 x 22.5	152	152	5,8	6,6	6	28,48	22,5	1206	386,6	158,6	50,87	6,51	3,68	0,890	39,81
W 150 x 150 x 29.8	157	153	6,6	9,3	6	37,90	29,8	1714	555,5	218,4	72,62	6,73	3,83	0,902	30,33
W 150 x 150 x 37.1	162	154	8,1	11,6	6	47,32	37,1	2220	706,8	274,1	91,79	6,85	3,86	0,913	24,59
W 200 x 100 x 15.0	200	100	4,3	5,2	8	19,14	15,0	1280	86,89	128,0	17,38	8,18	2,13	0,778	51,76
W 200 x 100 x 19.3	203	102	5,8	6,5	8	24,91	19,3	1662	115,4	163,7	22,63	8,17	2,15	0,789	40,34
W 200 x 100 x 22.5	206	102	6,2	8,0	8	28,69	22,5	1904	142,0	194,5	27,85	8,36	2,22	0,794	35,25
W 200 x 135 x 21	203	133	5,0	6,4	8	27,08	21,0	2080	251,3	195,1	37,78	8,55	3,05	0,914	43,00
W 200 x 135 x 26.6	207	133	5,8	8,4	8	34,00	26,6	2587	329,8	250,0	49,60	8,72	3,11	0,921	34,49
W 200 x 135 x 31.3	210	134	6,4	10,2	8	39,92	31,3	3139	409,6	298,9	61,13	8,87	3,20	0,930	29,66
W 200 x 165 x 35.9	201	165	6,2	10,2	10	45,75	35,9	3438	764,3	342,1	92,64	8,67	4,09	1,03	28,75
W 200 x 165 x 41.7	205	166	7,2	11,8	10	53,17	41,7	4088	900,5	398,8	108,5	8,77	4,12	1,04	24,97
W 200 x 200 x 46.1	203	203	7,2	11,0	10	58,62	46,1	4545	1535	447,8	151,2	8,81	5,12	1,19	25,78
W 200 x 200 x 52	206	204	7,9	12,6	10	66,50	52,0	5268	1784	511,5	174,9	8,90	5,18	1,20	22,89
W 200 x 200 x 59	210	205	9,1	14,2	10	75,68	59,0	6113	2040	582,2	199,1	8,99	5,19	1,20	20,28
W 200 x 200 x 71	216	206	10,2	17,4	10	90,96	71,0	7658	2537	709,0	246,3	9,18	5,28	1,22	17,07
W 200 x 200 x 86	222	209	13,0	20,6	10	110,4	86,0	9467	3138	852,9	300,3	9,26	5,33	1,24	14,28
W 200 x 200 x 100	229	210	14,5	23,7	10	126,7	100	11325	3663	989,1	348,9	9,45	5,38	1,25	12,59
W 250 x 100 x 17.9	251	101	4,8	5,3	8	22,87	17,9	2252	91,34	179,5	18,09	9,92	2,00	0,883	49,17
W 250 x 100 x 22.3	254	102	5,8	6,9	8	28,65	22,3	2901	122,6	228,4	24,03	10,06	2,07	0,891	39,59
W 250 x 100 x 25.3	257	102	6,1	8,4	8	32,34	25,3	3430	149,2	266,9	29,25	10,30	2,15	0,896	35,30
W 250 x 100 x 28.4	260	102	6,4	10,0	8	36,19	28,4	3998	177,5	307,5	34,81	10,51	2,21	0,902	31,74
W 250 x 145 x 24	253	145	5,0	6,4	8	31,12	24,0	3477	325,6	274,8	44,90	10,57	3,23	1,06	43,48
W 250 x 145 x 32.7	258	146	6,1	9,1	8	41,75	32,7	4895	472,6	379,4	64,74	10,83	3,36	1,07	32,77
W 250 x 145 x 38.5	262	147	6,6	11,2	8	49,29	38,5	6014	593,7	459,1	80,77	11,05	3,47	1,09	28,04
W 250 x 145 x 44.8	266	148	7,6	13,0	8	57,32	44,8	7118	703,5	535,2	95,06	11,14	3,50	1,10	24,34
W 250 x 250 x 73	253	254	8,6	14,2	13	92,99	73,0	11290	3880	892,1	305,5	11,02	6,46	1,48	20,31
W 250 x 250 x 80	256	255	9,4	15,6	13	102,1	80,0	12570	4314	982,4	338,3	11,10	6,50	1,49	18,59
W 250 x 250 x 89	260	256	10,7	17,3	13	114,1	89,0	14260	4841	1097	378,2	11,18	6,51	1,50	16,75
W 250 x 250 x 101	264	257	11,9	19,6	13	129,0	101	16380	5549	1241	431,9	11,27	6,56	1,51	14,91
W 250 x 250 x 115	269	259	13,5	22,1	13	146,2	115	18940	6405	1408	494,6	11,38	6,62	1,52	13,29
W 250 x 250 x 131	275	261	15,4	25,1	13	167,0	131	22150	7446	1611	570,6	11,52	6,68	1,54	11,75
W 250 x 250 x 149	282	263	17,3	28,4	13	189,7	149	25940	8622	1840	655,7	11,69	6,74	1,56	10,47
W 250 x 250 x 167	289	265	19,2	31,8	13	213,2	167	30020	9879	2078	745,6	11,87	6,81	1,58	9,42
W 310 x 100 x 21.0	303	101	5,1	5,7	8	26,88	21,0	3708	98,31	244,8	19,47	11,75	1,91	0,99	46,74
W 310 x 100 x 23.8	305	101	5,6	6,7	8	30,38	23,8	4280	115,6	280,7	22,89	11,87	1,95	0,99	41,47
W 310 x 100 x 28.3	309	102	6,0	8,9	8	36,09	28,3	5431	158,1	351,5	30,99	12,27	2,09	1,00	35,31
W 310 x 100 x 32.7	313	102	6,6	10,8	8	41,81	32,7	6507	191,9	415,8	37,62	12,47	2,14	1,01	30,68
W 310 x 165 x 31	306	164	5,0	7,4	8	39,38	31,0	6554	544,4	428,4	66,39	12,90	3,72	1,24	40,25
W 310 x 165 x 38.7	310	165	5,8	9,7	8	49,53	38,7	8527	726,8	550,1	88,10	13,12	3,83	1,25	32,27
W 310 x 165 x 44.5	313	166	6,6	11,2	8	56,91	44,5	9934	854,7	634,8	103,0	13,21	3,88	1,26	28,27
W 310 x 165 x 52	317	167	7,6	13,2	8	66,78	52,0	11851	1026	747,7	122,9	13,32	3,92	1,27	24,28
W 310 x 310 x 97	308	305	9,9	15,4	15	123,3	97,0	22240	7286	1444	477,8	13,43	7,69	1,79	18,50
W 310 x 310 x 107	311	306	10,9	17,0	15	136,2	107	24790	8123	1594	530,9	13,49	7,72	1,80	16,83
W 310 x 310 x 117	314	307	11,9	18,7	15	149,7	117	27510	9024	1753	587,9	13,56	7,76	1,81	15,38
W 310 x 310 x 129	318	308	13,1	20,6	15	165,1	129	30770	10040	1935	651,9	13,65	7,80	1,82	14,01
W 310 x 310 x 143	323	309	14,0	22,9	15	182,3	143	34760	11270	2153	729,4	13,81	7,86	1,83	12,78
W 310 x 310 x 158	327	310	15,5	25,1	15	200,5	158	38630	12470	2363	804,8	13,88	7,89	1,84	11,68
W 310 x 310 x 179	333	313	18,0	28,1	15	227,7	179	44530	14380	2675	918,7	13,99	7,95	1,86	10,39
W 310 x 310 x 202	341	315	20,1	31,8	15	258,0	202	51982	16588	3049	1053	14,19	8,02	1,88	9,26
W 310 x 310 x 226	348	317	22,1	35,6	15	288,8	226	59560	18930	3423	1194	14,36	8,10	1,89	8,35
W 310 x 310 x 253	356	319	24,4	39,6	15	322,1	253	68230	21460	3833	1346	14,55	8,16	1,91	7,57
W 310 x 310 x 283	365	322	26,9	44,1	15	360,4	283	78680	24590	4311	1527	14,78	8,26	1,94	6,85
W 310 x 310 x 313	374	325	30,0	48,3	15	399,1	313	89560	27700	4789	1705	14,98	8,33	1,96	6,26
W 310 x 310 x 342	382	328	32,6	52,6	15	437,2	342	100510	31020	5262	1892	15,16	8,42	1,99	5,78
W 360 x 130 x 32.9	349	127	5,8	8,5	10	41,70	32,9	8258	291,0	473,2	45,82	14,07	2,64	1,18	35,96
W 360 x 130 x 39.0	353	128	6,5	10,7	10	49,80	39,0	10231	375,0	579,7	58,60	14,33	2,74	1,19	30,38
W 360 x 170 x 44	352	171	6,9	9,8	10	57,18	44,0	12140	817,9	690,1	95,66	14,57	3,78	1,36	30,24
W 360 x 170 x 51	355	171	7,2	11,6	10	64,55	51,0	14130	968,1	796,3	113,2	14,80	3,87	1,36	26,88
W 360 x 170 x 57.8	358	172	7,9	13,1	10	72,13	57,8	16040	1113	896,2	129,4	14,91	3,93	1,37	24,21
W 360 x 370 x 134	356	369	11,2	18,0	15	170,6	134	41510	15080	2332	817,3	15,60	9,40	2,14	15,98
W 360 x 370 x 147	360	370	12,3	19,8	15	187,9	147	46290	16720	2572	903,9	15,70	9,43	2,15	14,58
W 360 x 370 x 162	364	371	13,3	21,8	15	206,3	162	51540	18560	2832	1001	15,81	9,49	2,16	13,34
W 360 x 370 x 179	368	373	15,0	23,9	15	228,3	179	57440	20680	3122	1109	15,86	9,52	2,17	12,12
W 360 x 370 x 196	372	374	16,4	26,2	15	250,3	196	63630	22860	3421	1222	15,94	9,56	2,18	11,10



Tabla 2.18 - Perfiles Americanos - Perfiles W - Medidas y datos de sección

Designación Métrica	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
W 360 x 410 x 216	375	394	17,3	27,7	15	275,5	216	71140	28250	3794	1434	16,07	10,13	2,27	10,48
W 360 x 410 x 237	380	395	18,9	30,2	15	300,9	237	78780	31040	4146	1572	16,18	10,16	2,28	9,64
W 360 x 410 x 262	387	398	21,1	33,3	15	334,6	262	89410	35020	4620	1760	16,35	10,23	2,30	8,75
W 360 x 410 x 287	393	399	22,6	36,6	15	366,3	287	99710	38780	5074	1944	16,50	10,29	2,31	8,04
W 360 x 410 x 314	399	401	24,9	39,6	15	399,2	314	110200	42600	5525	2125	16,62	10,33	2,33	7,42
W 360 x 410 x 347	407	404	27,2	43,7	15	442,0	347	124900	48090	6140	2380	16,81	10,43	2,35	6,77
W 360 x 410 x 382	416	406	29,8	48,0	15	487,1	382	141300	53620	6794	2641	17,03	10,49	2,37	6,20
W 360 x 410 x 421	425	409	32,8	52,6	15	537,1	421	159600	60080	7510	2938	17,24	10,58	2,39	5,68
W 360 x 410 x 463	435	412	35,8	57,4	15	589,5	463	180200	67040	8283	3254	17,48	10,66	2,42	5,23
W 360 x 410 x 509	446	416	39,1	62,7	15	649,0	509	204500	75400	9172	3625	17,75	10,78	2,45	4,81
W 360 x 410 x 551	455	418	42,0	67,6	15	701,4	551	226100	82490	9939	3947	17,95	10,85	2,47	4,49
W 360 x 410 x 592	465	421	45,0	72,3	15	754,9	592	250200	90170	10760	4284	18,20	10,93	2,50	4,22
W 360 x 410 x 634	474	424	47,6	77,1	15	808,0	634	274200	98250	11570	4634	18,42	11,03	2,52	3,98
W 360 x 410 x 677	483	428	51,2	81,5	15	863,4	677	299500	106900	12400	4994	18,62	11,13	2,55	3,76
W 360 x 410 x 744	498	432	55,6	88,9	15	948,1	744	342100	119900	13740	5552	19,00	11,25	2,59	3,48
W 360 x 410 x 818	514	437	60,5	97,0	15	1043	818	392200	135500	15260	6203	19,39	11,40	2,63	3,21
W 360 x 410 x 900	531	442	65,9	106,0	15	1149	900	450200	153300	16960	6938	19,79	11,55	2,67	2,96
W 360 x 410 x 990	550	448	71,9	115,0	15	1262	990	518900	173400	18870	7739	20,27	11,72	2,72	2,75
W 360 x 410 x1086	569	454	78,0	125,0	15	1386	1086	595700	196200	20940	8645	20,73	11,90	2,77	2,55
W 410 x 140 x 38,8	399	140	6,4	8,8	10	49,7	38,8	12620	403,5	632,6	57,65	15,93	2,85	1,33	34,03
W 410 x 140 x 46,1	403	140	7,0	11,2	10	58,8	46,1	15550	513,6	771,9	73,37	16,26	2,95	1,33	28,91
W 410 x 180 x 53	403	177	7,5	10,9	10	68,0	53,0	18600	1009	922,9	114,0	16,54	3,85	1,48	27,76
W 410 x 180 x 60	407	178	7,7	12,8	10	75,8	60,0	21570	1205	1060	135,4	16,87	3,99	1,49	25,10
W 410 x 180 x 67	410	179	8,8	14,4	10	85,8	67,0	24530	1379	1196	154,1	16,91	4,01	1,50	22,29
W 410 x 180 x 75	413	180	9,7	16,0	10	95,2	75,0	27460	1559	1330	173,2	16,98	4,05	1,51	20,19
W 410 x 180 x 85	417	181	10,9	18,2	10	108,3	85,0	31530	1803	1512	199,3	17,06	4,08	1,52	17,87
W 460 x 150 x 52	450	152	7,6	10,8	10	66,2	52,0	21200	634,0	942	83,43	17,89	3,09	1,48	28,37
W 460 x 150 x 60	455	153	8,0	13,3	10	75,8	60,0	25480	796,1	1120	104,1	18,33	3,24	1,49	25,01
W 460 x 150 x 68	459	154	9,1	15,4	10	87,3	68,0	29680	940,5	1293	122,1	18,44	3,28	1,50	21,88
W 460 x 190 x 61	450	189	8,1	10,8	10	76,4	61,0	25380	1217,5	1128	128,8	18,23	3,99	1,62	27,06
W 460 x 190 x 67	454	190	8,5	12,7	10	85,5	67,0	29470	1454,4	1298	153,1	18,56	4,12	1,63	24,33
W 460 x 190 x 74	457	190	9,0	14,5	10	94,6	74,0	33260	1661	1456	174,8	18,75	4,19	1,64	22,08
W 460 x 190 x 82	460	191	9,9	16,0	10	104,4	82,0	37000	1862	1608	195,0	18,83	4,22	1,65	20,10
W 460 x 190 x 89	463	192	10,5	17,7	10	113,9	89,0	40960	2093	1769	218,0	18,96	4,29	1,66	18,52
W 460 x 190 x 97	466	193	11,4	19,0	10	123,5	97,0	44680	2282	1917	237,8	19,02	4,31	1,66	17,17
W 460 x 190 x 106	469	194	12,6	20,6	10	134,6	106	48790	2515	2081	259,2	19,04	4,32	1,67	15,83
W 460 x 280 x 113	463	280	10,8	17,3	10	144,0	113	55600	6335	2402	452,5	19,65	6,63	2,01	17,76
W 460 x 280 x 128	467	282	12,2	19,6	10	163,6	128	63690	7333	2728	520,1	19,73	6,70	2,02	15,74
W 460 x 280 x 144	472	283	13,6	22,1	10	184,1	144	72600	8358	3076	590,7	19,86	6,74	2,03	14,06
W 460 x 280 x 158	476	284	15,0	23,9	10	200,8	158	79620	9137	3346	643,5	19,91	6,75	2,04	12,95
W 460 x 280 x 177	482	286	16,6	26,9	10	226,0	177	91040	10510	3777	734,7	20,07	6,82	2,06	11,60
W 530 x 210 x 92	533	209	10,2	15,6	13	117,6	92,0	55240	2379	2073	227,7	21,67	4,50	1,86	20,13
W 530 x 210 x 101	537	210	10,9	17,4	13	129,4	101	61760	2692	2300	256,4	21,85	4,56	1,87	18,41
W 530 x 210 x 109	539	211	11,6	18,8	13	138,7	109	66730	2951	2476	279,7	21,93	4,61	1,88	17,23
W 530 x 210 x 123	544	212	13,1	21,2	13	156,9	123	76100	3377	2798	318,6	22,02	4,64	1,89	15,32
W 530 x 210 x 138	549	214	14,7	23,6	13	176,4	138	86160	3870	3139	361,7	22,10	4,68	1,90	13,74
W 610 x 230 x 101	603	228	10,5	14,9	13	129,8	101	76470	2950	2536	258,8	24,27	4,77	2,07	20,36
W 610 x 230 x 113	608	228	11,2	17,3	13	144,4	113	87570	3425	2881	300,5	24,62	4,87	2,08	18,37
W 610 x 230 x 125	612	229	11,9	19,6	13	159,6	125	98650	3932	3224	343,4	24,86	4,96	2,09	16,71
W 610 x 230 x 140	617	230	13,1	22,2	13	178,5	140	111990	4514	3630	392,5	25,05	5,03	2,11	15,03
W 610 x 325 x 155	611	324	12,7	19,0	13	197,3	155	129000	10780	4222	666	25,57	7,39	2,47	15,95
W 610 x 325 x 174	616	325	14,0	21,6	13	222,0	174	147200	12370	4778	761	25,74	7,46	2,48	14,24
W 610 x 325 x 195	622	327	15,4	24,4	13	249,3	195	167900	14240	5398	871	25,95	7,56	2,50	12,77
W 610 x 325 x 217	628	328	16,5	27,7	13	277,6	217	190800	16310	6076	995	26,21	7,67	2,51	11,53
W 610 x 325 x 241	635	329	17,1	31,0	13	303,4	241	214200	18430	6746	1120	26,57	7,79	2,53	10,62
W 610 x 325 x 262	641	327	19,0	34,0	13	332,7	262	235990	19850	7363	1214	26,63	7,72	2,53	9,69
W 610 x 325 x 285	647	329	20,6	37,1	13	363,6	285	260700	22060	8059	1341	26,78	7,79	2,55	8,92
W 610 x 325 x 341	661	333	24,4	43,9	13	433,7	341	318300	27090	9630	1627	27,09	7,90	2,58	7,59
W 610 x 325 x 415	679	338	29,5	53,1	13	529,4	415	399800	34300	11780	2030	27,48	8,05	2,63	6,33
W 610 x 325 x 455	689	340	32,0	57,9	13	578,6	455	444520	38090	12903	2241	27,72	8,11	2,65	5,84
W 610 x 325 x 498	699	343	35,1	63,0	13	634,8	498	494700	42580	14150	2483	27,92	8,19	2,68	5,37
W 610 x 325 x 551	711	347	38,6	69,1	13	702,1	551	557510	48400	15682	2790	28,18	8,30	2,71	4,92
W 690 x 250 x 125	678	253	11,7	16,3	15	159,9	125	118480	4410	3495	348,6	27,22	5,25	2,32	18,47
W 690 x 250 x 140	684	254	12,4	18,9	15	178,1	140	136070	5174	3979	407,4	27,64	5,39	2,33	16,69
W 690 x 250 x 152	688	254	13,1	21,1	15	193,7	152	150600	5777	4378	454,9	27,88	5,46	2,34	15,39
W 690 x 250 x 170	693	256	14,5	23,6	15	216,4	170	169930	6618	4904	517,0	28,02	5,53	2,36	13,86
W 690 x 250 x 192	702	254	15,5	27,9	15	243,8	192	197900	7643	5639	601,8	28,49	5,60	2,36	12,35

**Tabla 2.18. - Perfiles Americanos - Perfiles W - Medidas y datos de sección**

Designación Métrica	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
W 760 x 265 x 147	753	265	13,2	17,0	17	187,5	147	166100	5289	4411	399,2	29,76	5,31	2,51	17,06
W 760 x 265 x 161	758	266	13,8	19,3	17	204,4	161	186060	6070	4909	456,6	30,17	5,45	2,52	15,72
W 760 x 265 x 173	762	267	14,4	21,6	17	221,3	173	205800	6873	5402	514,9	30,49	5,57	2,53	14,58
W 760 x 265 x 185	766	267	14,9	23,6	17	235,6	185	223000	7510	5821	562,5	30,76	5,65	2,54	13,74
W 760 x 265 x 196	770	268	15,6	25,4	17	250,8	196	240300	8175	6241	610,1	30,95	5,71	2,55	12,96
W 760 x 265 x 220	779	266	16,5	30,0	17	280,7	220	278200	9440	7143	709,9	31,48	5,80	2,56	11,62
W 840 x 295 x 176	835	292	14,0	18,8	18	224,2	176	246400	7823	5901	535,8	33,15	5,91	2,78	15,79
W 840 x 295 x 193	840	292	14,7	21,7	18	246,6	193	278400	9029	6630	618,5	33,60	6,05	2,79	14,40
W 840 x 295 x 210	846	293	15,4	24,4	18	268,5	210	310700	10260	7346	700,2	34,02	6,18	2,80	13,29
W 840 x 295 x 226	851	294	16,1	26,8	18	288,7	226	340100	11380	7992	774,3	34,32	6,28	2,81	12,42
W 840 x 295 x 251	859	292	17,0	31,0	18	319,3	251	386500	12900	8999	883,6	34,79	6,36	2,82	11,25
W 920 x 310 x 201	903	304	15,2	20,1	19	256,5	201	325200	9442	7203	621,2	35,61	6,07	2,96	14,70
W 920 x 310 x 223	911	304	15,9	23,9	19	285,7	223	376800	11220	8273	738,5	36,32	6,27	2,97	13,26
W 920 x 310 x 238	915	305	16,5	25,9	19	303,5	238	406400	12290	8883	805,6	36,59	6,36	2,98	12,53
W 920 x 310 x 253	919	306	17,3	27,9	19	323,2	253	437500	13370	9520	873,6	36,79	6,43	2,99	11,80
W 920 x 310 x 271	923	307	18,4	30,0	19	346,1	271	471600	14520	10218	945,8	36,91	6,48	3,00	11,06
W 920 x 310 x 289	927	308	19,4	32,0	19	367,6	289	504500	15640	10884	1016	37,04	6,52	3,01	10,45
W 920 x 310 x 313	932	309	21,1	34,5	19	398,4	313	548200	17040	11765	1103	37,10	6,54	3,03	9,67
W 920 x 420 x 342	912	418	19,3	32,0	24	436,1	342	624900	39010	13700	1867	37,85	9,46	3,42	9,98
W 920 x 420 x 365	916	419	20,3	34,3	24	464,4	365	670500	42120	14640	2011	38,00	9,52	3,43	9,40
W 920 x 420 x 387	921	420	21,3	36,6	24	493,0	387	718300	45280	15600	2156	38,17	9,58	3,44	8,88
W 920 x 420 x 417	928	422	22,5	39,9	24	532,5	417	787600	50070	16970	2373	38,46	9,70	3,46	8,27
W 920 x 420 x 446	933	423	24,0	42,7	24	569,6	446	846800	53980	18150	2552	38,56	9,73	3,47	7,76
W 920 x 420 x 488	942	422	25,9	47,0	24	621,3	488	935390	59010	19860	2797	38,80	9,75	3,48	7,13
W 920 x 420 x 534	950	425	28,4	51,1	24	680,1	534	1031000	65560	21710	3085	38,94	9,82	3,50	6,56
W 920 x 420 x 585	960	427	31,0	55,9	24	745,3	585	1143090	72770	23814	3408	39,16	9,88	3,52	6,02
W 920 x 420 x 653	972	431	34,5	62,0	24	831,9	653	1292000	83050	26590	3854	39,41	9,99	3,56	5,45
W 920 x 420 x 784	996	437	40,9	73,9	24	997,7	784	1593000	103300	31980	4728	39,95	10,18	3,62	4,62
W 920 x 420 x 967	1028	446	50,0	89,9	24	1231	967	2033000	133900	39540	6003	40,64	10,43	3,70	3,83
W 1000 x 300 x 222	970	300	16,0	21,1	30	282,8	222	407700	9546	8405	636	37,97	5,81	3,06	13,77
W 1000 x 300 x 249	980	300	16,5	26,0	30	316,8	249	481100	11750	9818	784	38,97	6,09	3,08	12,37
W 1000 x 300 x 272	990	300	16,5	31,0	30	346,8	272	553800	14000	11190	934	39,96	6,35	3,10	11,37
W 1000 x 300 x 314	1000	300	19,1	35,9	30	400,4	314	644200	16230	12880	1082	40,11	6,37	3,11	9,90
W 1000 x 300 x 350	1008	302	21,1	40,0	30	445,1	350	723000	18460	14350	1223	40,30	6,44	3,13	8,96
W 1000 x 300 x 393	1016	303	24,4	43,9	30	500,2	393	807700	20500	15900	1353	40,18	6,40	3,14	8,01
W 1000 x 300 x 415	1020	304	26,0	46,0	30	528,7	415	853100	21710	16728	1428	40,17	6,41	3,15	7,60
W 1000 x 300 x 494	1036	309	31,0	54,0	30	629,1	494	1028000	26820	19845	1736	40,42	6,53	3,19	6,47
W 1000 x 300 x 584	1056	314	36,0	64,0	30	743,7	584	1246100	33430	23600	2130	40,93	6,70	3,24	5,56
W 1000 x 400 x 296	982	400	16,5	27,1	30	376,8	296	618700	28850	12600	1443	40,52	8,75	3,48	11,76
W 1000 x 400 x 321	990	400	16,5	31,0	30	408,8	321	696400	33120	14070	1656	41,27	9,00	3,50	10,89
W 1000 x 400 x 371	1000	400	19,0	36,1	30	472,0	371	812100	38480	16240	1924	41,48	9,03	3,51	9,47
W 1000 x 400 x 412	1008	402	21,1	40,0	30	524,2	412	909800	43410	18050	2160	41,66	9,10	3,53	8,58
W 1000 x 400 x 443	1012	402	23,6	41,9	30	563,7	443	966510	45500	19101	2264	41,41	8,98	3,53	7,99
W 1000 x 400 x 483	1020	404	25,4	46,0	30	615,1	483	1067480	50710	20931	2510	41,66	9,08	3,55	7,36
W 1000 x 400 x 539	1030	407	28,4	51,1	30	687,2	539	1202540	57630	23350	2832	41,83	9,16	3,58	6,64
W 1000 x 400 x 591	1040	409	31,0	55,9	30	752,7	591	1331040	64010	25597	3130	42,05	9,22	3,60	6,10
W 1000 x 400 x 642	1048	412	34,0	60,0	30	817,6	642	1450590	70280	27683	3412	42,12	9,27	3,62	5,65
W 1000 x 400 x 748	1068	417	39,0	70,0	30	953,4	748	1731940	85110	32433	4082	42,62	9,45	3,67	4,91
W 1000 x 400 x 883	1092	424	45,5	82,0	30	1125,3	883	2096420	104970	38396	4952	43,16	9,66	3,74	4,23
W 1100 x 400 x 343	1090	400	18,0	31,0	20	436,5	343	867400	33120	15920	1656	44,58	8,71	3,71	10,83
W 1100 x 400 x 390	1100	400	20,0	36,0	20	497,0	390	1005000	38480	18280	1924	44,98	8,80	3,73	9,55
W 1100 x 400 x 433	1108	402	22,0	40,0	20	551,2	433	1126000	43410	20320	2160	45,19	8,87	3,75	8,66
W 1100 x 400 x 499	1118	405	26,0	45,0	20	635,2	499	1294000	49980	23150	2468	45,14	8,87	3,77	7,56



2.9. PERFILES BRITÁNICOS (BS 4: 1993)

2.9.1. PERFILES HP

Tabla 2-19 Perfiles Británicos – HP - Designación y dimensiones

HP 356 x 368	x 174	HP 254 x 254	x 85
	x 152		x 71
	x 133		x 63
	x 109	HP 203 x 203	x 54
HP 305 x 305	x 223		x 45
	x 186		
	x 149		
	x 126		
	x 110		
	x 95		
	x 88		
	x 79		

Tabla 2-20 Perfiles Británicos - HP- Medidas datos de sección

Designación	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
UBP 203 x 203 x 45	200,2	205,9	9,5	9,5	10,2	57,23	44,9	4100	1384	409,6	134,4	8,46	4,92	1,19	26,43
UBP 203 x 203 x 54	204	207,7	11,3	11,4	10,2	68,72	53,9	5027	1705	492,8	164,2	8,55	4,98	1,20	22,22
UBP 254 x 254 x 63	247,1	256,6	10,6	10,7	12,7	80,22	63,0	8860	3016	717,2	235,1	10,51	6,13	1,48	23,46
UBP 254 x 254 x 71	249,7	258	12	12	12,7	90,39	71,0	10070	3439	806,7	266,6	10,56	6,17	1,49	20,94
UBP 254 x 254 x 85	254,3	260,4	14,4	14,3	12,7	108,4	85,1	12280	4215	966,1	323,8	10,65	6,24	1,50	17,63
UBP 305 x 305 x 79	299,3	306,4	11	11,1	15,2	100,5	78,9	16440	5326	1099	347,7	12,79	7,28	1,78	22,52
UBP 305 x 305 x 88	301,7	307,8	12,4	12,3	15,2	112,1	88,0	18420	5984	1221	388,9	12,82	7,31	1,78	20,28
UBP 305 x 305 x 95	303,7	308,7	13,3	13,3	15,2	120,9	94,9	20040	6529	1320	423,0	12,87	7,35	1,79	18,85
UBP 305 x 305 x 110	307,9	310,7	15,3	15,4	15,2	140,1	110	23560	7709	1531	496,2	12,97	7,42	1,80	16,39
UBP 305 x 305 x 126	312,3	312,9	17,5	17,6	15,2	160,6	126	27410	9002	1755	575,4	13,06	7,49	1,82	14,40
UBP 305 x 305 x 149	318,5	316	20,6	20,7	15,2	189,9	149	33070	10910	2076	690,5	13,20	7,58	1,83	12,30
UBP 305 x 305 x 186	328,3	320,9	25,5	25,6	15,2	236,9	186	42610	14140	2596	881,5	13,41	7,73	1,86	10,02
UBP 305 x 305 x 223	337,9	325,7	30,3	30,4	15,2	284,0	223	52700	17580	3119	1079,0	13,62	7,87	1,89	8,49
UBP 356 x 368 x 109	346,4	371	12,8	12,9	15,2	138,7	109	30630	10990	1769	592,3	14,86	8,90	2,13	19,51
UBP 356 x 368 x 133	352	373,8	15,6	15,7	15,2	169,4	133	37980	13680	2158	731,9	14,98	8,99	2,14	16,11
UBP 356 x 368 x 152	356,4	376	17,8	17,9	15,2	193,7	152	43970	15880	2468	844,5	15,07	9,05	2,16	14,18
UBP 356 x 368 x 174	361,4	378,5	20,3	20,4	15,2	221,5	174	51010	18460	2823	975,6	15,18	9,13	2,17	12,48

2.9.2. UB: I CARAS PARALELAS (PERFIL UNIVERSAL BRITÁNICO)

Tabla 2-21 Perfiles Británicos – UB – Designación y dimensiones

UB 203 x 133	x 25	UB 457 x 191	x 67
	x 30		x 74
UB 254 x 102	x 22		x 82
	x 25		x 89
	x 28		x 98
UB 254 x 146	x 31	UB 533 x 210	x 82
	x 37		x 92
	x 43		x 101
UB 305 x 102	x 25		x 109
	x 28		x 122
	x 33	UB 610 x 229	x 101
UB 305 x 127	x 37		x 113
	x 42		x 125
	x 48		x 140
UB 305 x 165	x 40	UB 610 x 305	x 149
	x 46		x 179
	x 54		x 238
UB 356 x 127	x 33	UB 686 x 254	x 125
	x 39		x 140
UB 356 x 171	x 45		x 152
	x 51		x 170
	x 57	UB 762 x 267	x 147
	x 67		x 173
UB 406 x 140	x 39		x 197
	x 46	UB 838 x 292	x 176
UB 406 x 178	x 54		x 194



	x 60			x 226
	x 67		UB 914 x 305	x 201
	x 74			x 224
UB 457 x 152	x 52			x 253
	x 60			x 289
	x 67		UB 914 x 419	x 343
	x 74			x 388

Tabla 2-22 Perfiles Británicos - UB - Medidas y datos de sección

Designación	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
UB 152 x 89 x 16	152,4	88,7	4,5	7,7	7,6	20,32	16,0	834	89,75	109,5	20,24	6,41	2,10	0,638	39,97
UB 178 x 102 x 19	177,8	101,2	4,8	7,9	7,6	24,26	19,0	1356	136,7	152,5	27,02	7,48	2,37	0,738	38,74
UB 203 x 102 x 23	203,2	101,8	5,4	9,3	7,6	29,40	23,1	2105	163,9	207,2	32,19	8,46	2,36	0,790	34,22
UB 203 x 133 x 25	203,2	133,2	5,7	7,8	7,6	31,97	25,1	2340	307,6	230,3	46,19	8,56	3,10	0,915	36,45
UB 203 x 133 x 30	206,8	133,9	6,4	9,6	7,6	38,21	30,0	2896	384,7	280	57,45	8,71	3,17	0,923	30,78
UB 254 x 102 x 22	254	101,6	5,7	6,8	7,6	28,02	22,0	2841	119,3	223,7	23,49	10,07	2,06	0,890	40,47
UB 254 x 102 x 25	257,2	101,9	6	8,4	7,6	32,04	25,2	3415	148,7	265,5	29,18	10,32	2,15	0,897	35,66
UB 254 x 102 x 28	260,4	102,2	6,3	10	7,6	36,08	28,3	4005	178,5	307,6	34,94	10,54	2,22	0,904	31,92
UB 254 x 146 x 31	251,4	146,1	6	8,6	7,6	39,68	31,1	4413	447,5	351,1	61,26	10,55	3,36	1,062	34,10
UB 254 x 146 x 37	256	146,4	6,3	10,9	7,6	47,17	37,0	5537	570,6	432,6	77,96	10,83	3,48	1,072	28,95
UB 254 x 146 x 43	259,6	147,3	7,2	12,7	7,6	54,77	43,0	6544	677,4	504,1	91,97	10,93	3,52	1,081	25,14
UB 305 x 102 x 25	305,1	101,6	5,8	7	7,6	31,60	24,8	4455	122,9	292,1	24,20	11,87	1,97	0,992	39,98
UB 305 x 102 x 28	308,7	101,8	6	8,8	7,6	35,88	28,2	5366	155,4	347,6	30,53	12,23	2,08	1,000	35,49
UB 305 x 102 x 33	312,7	102,4	6,6	10,8	7,6	41,83	32,8	6501	194,1	415,8	37,91	12,47	2,15	1,009	30,72
UB 305 x 165 x 40	303,4	165	6	10,2	8,9	51,32	40,3	8503	764,4	560,5	92,65	12,87	3,86	1,240	30,77
UB 305 x 165 x 46	306,6	165,7	6,7	11,8	8,9	58,75	46,1	9899	895,7	645,7	108,10	12,98	3,90	1,247	27,05
UB 305 x 165 x 54	310,4	166,9	7,9	13,7	8,9	68,77	54,0	11700	1063	753,6	127,40	13,04	3,93	1,257	23,29
UB 356 x 127 x 33	349	125,4	6	8,5	10,2	42,13	33,1	8249	280,2	472,7	44,69	13,99	2,58	1,170	35,38
UB 356 x 127 x 39	353,4	126	6,6	10,7	10,2	49,77	39,1	10172	357,8	575,6	56,80	14,30	2,68	1,180	30,21
UB 356 x 171 x 45	351,4	171,1	7	9,7	10,2	57,33	45,0	12070	811,1	686,7	94,81	14,51	3,76	1,356	30,13
UB 356 x 171 x 51	355	171,5	7,4	11,5	10,2	64,91	51,0	14140	968,3	796,4	112,9	14,76	3,86	1,364	26,76
UB 356 x 171 x 57	358	172,2	8,1	13	10,2	72,56	57,0	16040	1108	896	128,7	14,87	3,91	1,371	24,07
UB 356 x 171 x 67	363,4	173,2	9,1	15,7	10,2	85,49	67,1	19460	1362	1071	157,3	15,09	3,99	1,384	20,62
UB 406 x 140 x 39	398	141,8	6,4	8,6	10,2	49,65	39,0	12508	409,8	628,6	57,80	15,87	2,87	1,333	34,20
UB 406 x 140 x 46	403,2	142,2	6,8	11,2	10,2	58,64	46,0	15685	538,1	778,0	75,68	16,35	3,03	1,344	29,20
UB 406 x 178 x 54	402,6	177,7	7,7	10,9	10,2	68,95	54,1	18720	1021	930	114,9	16,48	3,85	1,483	27,40
UB 406 x 178 x 60	406,4	177,9	7,9	12,8	10,2	76,52	60,1	21600	1203	1063	135,3	16,80	3,97	1,491	24,82
UB 406 x 178 x 67	409,4	178,8	8,8	14,3	10,2	85,54	67,1	24330	1365	1189	152,7	16,87	3,99	1,499	22,32
UB 406 x 178 x 74	412,8	179,5	9,5	16	10,2	94,51	74,2	27310	1545	1323	172,2	17,00	4,04	1,507	20,31
UB 457 x 152 x 52	449,8	152,4	7,6	10,9	10,2	66,64	52,3	21370	645	950	84,64	17,91	3,11	1,476	28,22
UB 457 x 152 x 60	454,6	152,9	8,1	13,3	10,2	76,23	59,8	25500	794,6	1122	103,9	18,29	3,23	1,487	24,85
UB 457 x 152 x 67	458	153,8	9	15	10,2	85,55	67,2	28930	912,6	1263	118,7	18,39	3,27	1,496	22,27
UB 457 x 152 x 74	462	154,4	9,6	17	10,2	94,48	74,2	32670	1047	1414	135,6	18,60	3,33	1,505	20,29
UB 457 x 152 x 82	465,8	155,3	10,5	18,9	10,2	104,5	82,1	36590	1185	1571	152,5	18,71	3,37	1,514	18,45
UB 457 x 191 x 67	453,4	189,9	8,5	12,7	10,2	85,51	67,1	29380	1452	1296	152,9	18,54	4,12	1,632	24,31
UB 457 x 191 x 74	457	190,4	9	14,5	10,2	94,63	74,3	33320	1671	1458	175,5	18,76	4,20	1,640	22,08
UB 457 x 191 x 82	460	191,3	9,9	16	10,2	104,5	82,0	37050	1871	1611	195,6	18,83	4,23	1,648	20,09
UB 457 x 191 x 89	463,4	191,9	10,5	17,7	10,2	113,8	89,3	41020	2089	1770	217,8	18,99	4,29	1,656	18,54
UB 457 x 191 x 98	467,2	192,8	11,4	19,6	10,2	125,3	98,3	45730	2347	1957	243,5	19,11	4,33	1,665	16,94
UB 533 x 210 x 82	528,3	208,8	9,6	13,2	12,7	104,7	82,2	47540	2007	1800	192,3	21,31	4,38	1,851	22,52
UB 533 x 210 x 92	533,1	209,3	10,1	15,6	12,7	117,4	92,1	55230	2389	2072	228,3	21,69	4,51	1,861	20,20
UB 533 x 210 x 101	536,7	210	10,8	17,4	12,7	128,7	101	61520	2692	2292	256,4	21,87	4,57	1,870	18,51
UB 533 x 210 x 109	539,5	210,8	11,6	18,8	12,7	138,9	109	66820	2943	2477	279,2	21,94	4,60	1,877	17,22
UB 533 x 210 x 122	544,5	211,9	12,7	21,3	12,7	155,4	122	76040	3388	2793	319,7	22,12	4,67	1,889	15,49
UB 610 x 229 x 101	602,6	227,6	10,5	14,8	12,7	128,9	101	75780	2915	2515	256,1	24,24	4,75	2,073	20,48
UB 610 x 229 x 113	607,6	228,2	11,1	17,3	12,7	143,9	113	87320	3434	2874	301,0	24,63	4,88	2,084	18,44
UB 610 x 229 x 125	612,2	229	11,9	19,6	12,7	159,3	125	98610	3932	3221	343,4	24,88	4,97	2,095	16,75
UB 610 x 229 x 140	617,2	230,2	13,1	22,1	12,7	178,2	140	111800	4505	3622	391,4	25,05	5,03	2,107	15,06
UB 610 x 305 x 149	612,4	304,8	11,8	19,7	16,5	190,0	149	125900	9308	4111	610,7	25,74	7,00	2,392	16,03
UB 610 x 305 x 179	620,2	307,1	14,1	23,6	16,5	228,1	179	153000	11408	4935	743,0	25,90	7,07	2,412	13,47
UB 610 x 305 x 238	635,8	311,4	18,4	31,4	16,5	303,3	238	209500	15837	6589	1017	26,28	7,23	2,452	10,30
UB 686 x 254 x 125	677,9	253	11,7	16,2	15,2	159,5	125	118000	4383	3481	346,5	27,20	5,24	2,318	18,52
UB 686 x 254 x 140	683,5	253,7	12,4	19	15,2	178,4	140	136300	5183	3987	408,6	27,64	5,39	2,331	16,64
UB 686 x 254 x 152	687,5	254,5	13,2	21	15,2	194,1	152	150400	5784	4374	454,5	27,83	5,46	2,341	15,36
UB 686 x 254 x 170	692,9	255,8	14,5	23,7	15,2	216,8	170	170300	6630	4916	518,4	28,03	5,53	2,354	13,83
UB 762 x 267 x 147	754	265,2	12,8	17,5	16,5	187,2	147	168500	5455	4470	411,4	30,00	5,40	2,515	17,11
UB 762 x 267 x 173	762,2	266,7	14,3	21,6	16,5	220,4	173	205300	6850	5387	513,7	30,52	5,58	2,534	14,65
UB 762 x 267 x 197	769,8	268	15,6	25,4	16,5	250,6	197	240000	8175	6234	610,1	30,94	5,71	2,552	12,97
UB 838 x 292 x 176	834,9	291,7	14	18,8	17,8	224,0	176	246000	7799	5893	534,7	33,14	5,90	2,778	15,80
UB 838 x 292 x 194	840,7	292,4	14,7	21,7	17,8	246,8	194	279200	9066	6641	620,1	33,63	6,06	2,791	14,40
UB 838 x 292 x 226	850,9	293,8	16,1	26,8	17,8	288,6	227	339700	11360	7985	773,3	34,31	6,27	2,814	12,42
UB 914 x 305 x 201	903	303,3	15,1	20,2	19,1	255,9	201	325300	9423	7204	621,4	35,65	6,07	2,956	14,72
UB 914 x 305 x 224	910,4	304,1	15,9	23,9	19,1	285,6	224	376400	11240	8269	739,0	36,30	6,27	2,973	13,26
UB 914 x 305 x 253	918,4	305,5	17,3	27,9	19,1	322,8	253	436300	13300	9501	870,8	36,76	6,42	2,991	11,80
UB 914 x 305 x 289	926,6	307,7	19,5	32	19,1	368,3	289	504200	15600	10880	1014	37,00	6,51	3,012	10,42
UB 914 x 419 x 343	911,8	418,5	19,4	32	24,1	437,3	343	625800	39160	13730	1871	37,83	9,46	3,417	9,955
UB 914 x 419 x 388	921	420,5	21,4	36,6	24,1	494,2	388	719600	45440	15630	2161	38,16	9,59	3,440	8,866





2.9.3. UC: H COLUMNA UNIVERSAL BRITÁNICA

Tabla 2-23 Perfiles Británicos – UC – Designación y dimensiones

UC 152 x 152	x 23	UC 305 x 305	x 97
	x 30		x 118
	x 37		x 137
UC 203 x 203	x 46		x 158
	x 52		x 198
	x 60		x 240
	x 71		x 283
	x 86	UC 356 x 406	x 477
UC 254 x 254	x 73	UC 356 x 406	x 235
	x 89		x 287
	x 107		x 340
	x 132		x 393
	x 167		x 467
			x 551
			x 634

Tabla 2-24 Perfiles Británicos – UC- Medidas y datos de sección

Designación	Medidas					A cm ²	M kg/m	Momento de inercia		Modulo resistente		Radio de giro		Superficie	
	h mm	b mm	s mm	t mm	r mm			I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm	m ² /m	m ² /t
UC 152 x 152 x 23	152,4	152,2	5,8	6,8	7,6	29,25	23,0	1250	399,9	164	52,55	6,54	3,70	0,89	38,72
UC 152 x 152 x 30	157,6	152,9	6,5	9,4	7,6	38,26	30,0	1748	560,5	221,8	73,31	6,76	3,83	0,90	29,99
UC 152 x 152 x 37	161,8	154,4	8	11,5	7,6	47,11	37,0	2210	706,2	273,2	91,48	6,85	3,87	0,91	24,66
UC 203 x 203 x 46	203,2	203,6	7,2	11	10,2	58,73	46,1	4568	1548	449,6	152,1	8,82	5,13	1,19	25,79
UC 203 x 203 x 52	206,2	204,3	7,9	12,5	10,2	66,28	52,0	5259	1778	510,1	174	8,91	5,18	1,20	22,99
UC 203 x 203 x 60	209,6	205,8	9,4	14,2	10,2	76,37	60,0	6125	2065	584,4	200,6	8,96	5,20	1,21	20,12
UC 203 x 203 x 71	215,8	206,4	10	17,3	10,2	90,43	71,0	7618	2537	706	245,9	9,18	5,30	1,22	17,18
UC 203 x 203 x 86	222,2	209,1	12,7	20,5	10,2	109,6	86,1	9449	3127	850,5	299,1	9,28	5,34	1,24	14,38
UC 254 x 254 x 73	254,1	254,6	8,6	14,2	12,7	93,1	73,1	11410	3908	897,9	307	11,07	6,48	1,49	20,35
UC 254 x 254 x 89	260,3	256,3	10,3	17,3	12,7	113,3	88,9	14270	4857	1096	379	11,22	6,55	1,50	16,90
UC 254 x 254 x 107	266,7	258,8	12,8	20,5	12,7	136,4	107	17510	5928	1313	458,1	11,33	6,59	1,52	14,21
UC 254 x 254 x 132	276,3	261,3	15,3	25,3	12,7	168,1	132	22530	7531	1631	576,4	11,58	6,69	1,55	11,71
UC 254 x 254 x 167	289,1	265,2	19,2	31,7	12,7	212,9	167	30000	9870	2075	744,3	11,87	6,81	1,58	9,45
UC 305 x 305 x 97	307,9	305,3	9,9	15,4	15,2	123,4	96,9	22250	7308	1445	478,7	13,42	7,69	1,79	18,48
UC 305 x 305 x 118	314,5	307,4	12	18,7	15,2	150,2	118	27670	9059	1760	589,4	13,57	7,77	1,81	15,34
UC 305 x 305 x 137	320,5	309,2	13,8	21,7	15,2	174,4	137	32810	10700	2048	692,1	13,72	7,83	1,82	13,32
UC 305 x 305 x 158	327,1	311,2	15,8	25	15,2	201,4	158	38750	12570	2369	807,8	13,87	7,90	1,84	11,65
UC 305 x 305 x 198	339,9	314,5	19,1	31,4	15,2	252,4	198	50900	16300	2995	1037	14,20	8,04	1,87	9,46
UC 305 x 305 x 240	352,5	318,4	23	37,7	15,2	305,8	240	64200	20310	3643	1276	14,49	8,15	1,91	7,94
UC 305 x 305 x 283	365,3	322,2	26,8	44,1	15,2	360,4	283	78870	24630	4318	1529	14,79	8,27	1,94	6,86
UC 356 x 368 x 129	355,6	368,6	10,4	17,5	15,2	164,3	129	40250	14610	2264	792,8	15,65	9,43	2,14	16,58
UC 356 x 368 x 153	362	370,5	12,3	20,7	15,2	194,8	153	48590	17550	2684	947,5	15,79	9,49	2,16	14,09
UC 356 x 368 x 177	368,2	372,6	14,4	23,8	15,2	225,5	177	57120	20530	3103	1102	15,91	9,54	2,17	12,27
UC 356 x 368 x 202	374,6	374,7	16,5	27	15,2	257,2	202	66260	23690	3538	1264	16,05	9,60	2,19	10,84
UC 356 x 406 x 235	381	394,8	18,4	30,2	15,2	299,0	235	79080	30990	4151	1570	16,25	10,20	2,28	9,69
UC 356 x 406 x 287	393,6	399	22,6	36,5	15,2	365,7	287	99880	38680	5075	1939	16,53	10,28	2,31	8,05
UC 356 x 406 x 340	406,4	403	26,6	42,9	15,2	433,0	340	122500	46850	6031	2325,0	16,82	10,40	2,35	6,90
UC 356 x 406 x 393	419	407	30,6	49,2	15,2	500,6	393	146600	55370	6998	2721,0	17,11	10,52	2,38	6,05
UC 356 x 406 x 467	436,6	412,2	35,8	58	15,2	594,9	467	183000	67830	8383	3291	17,54	10,68	2,424	5,191
UC 356 x 406 x 551	455,6	418,5	42,1	67,5	15,2	701,9	551	226900	82670	9962	3951	17,98	10,85	2,475	4,492
UC 356 x 406 x 634	474,6	424	47,6	77	15,2	807,5	634	274800	98130	11580	4629	18,45	11,02	2,524	3,981



2.10. TOLERANCIAS DE PERFILES ESTRUCTURALES

Tabla 2-25 Tolerancias de perfiles estructurales: IPN, IPE, HE, HD, HP, UB, UC, W

Propiedad		IPE, HEA, HEB HEM, HD260, HD320, HP, UB, UC, UBP	IPN	W, HD360, HD400, HP(ASTM)
Norma		EN 10034: 1993	EN 10024: 1995	ASTM A6 – 98
Altura: h (mm)		$h \leq 180$ + 3,0/- 2,0 $180 < h \leq 400$ + 4,0/- 2,0 $400 < h \leq 700$ + 5,0/- 3,0 $h > 700$ + 5,0/- 5,0	$h \leq 200$ $\pm$ 2,0 $200 < h \leq 400$ $\pm$ 3,0 $400 < h$ $\pm$ 4,0	+4/-3
Anchura del ala: b (mm)		$b \leq 110$ + 4,0/- 1,0 $110 < b \leq 210$ + 4,0/- 2,0 $210 < b \leq 325$ + 4,0/- 4,0 $b > 325$ + 6,0/-5,0	$b \leq 75$ $\pm$ 1,5 $75 < b \leq 100$ $\pm$ 2,0 $100 < b \leq 125$ $\pm$ 2,5 $400 < b$ $\pm$ 3,0	+6/-5
Espesor del alma: s (mm)		$s < 7$ $\pm$ 0,7 $7 \leq s < 10$ $\pm$ 1,0 $10 \leq s < 20$ $\pm$ 1,5 $20 \leq s < 40$ $\pm$ 2,0 $40 \leq s < 60$ $\pm$ 2,5 $s \geq 60$ $\pm$ 3,0	$s < 7$ +0.5/-1.0 $7 < s \leq 10$ +0.7/-1.5 $10 < s$ +1.0/-2.0	Limitado por la tolerancia en masa
Espesor del ala: t (mm)		$t < 6,5$ + 1,5/- 0,5 $6,5 \leq t < 10$ + 2,0/- 1,0 $10 \leq t < 20$ + 2,5/- 1,5 $20 \leq t < 30$ + 2,5/- 2,0 $30 \leq t < 40$ + 2,5/- 2,5 $40 \leq t < 60$ + 3,0/- 3,0 $t \geq 60$ + 4,0/- 4,0	$t \leq 7$ +1.5/-0.5 $7 < t \leq 10$ +2.0/-1.0 $10 < t \leq 20$ +2.5/-1.5 $20 < t$ +2.5/-2.0	Limitado por la tolerancia en masa
Falta de paralelismo: $k + k'$ (mm)		$b \leq 110$ 1,5 $b > 110$ 2% de b (máx, 6,5)	$b \leq 100$ 2,0 $100 < b$ 2 % de b	$h \leq 310$ 6 $h > 310$ 8
Asimetría del alma: e (mm) donde $e = (b_1 - b_2)/2$		$t < 40$ $b \leq 110$ 2,5 $110 < b \leq 325$ 3,5 $b > 325$ 5,0 $t \geq 40$ $110 < b \leq 325$ 5,0 $b > 325$ 8,0	$b \leq 100$ 2,0 $100 < b$ 3,0	$G \leq 634$ kg/m 5 $G > 634$ kg/m 8
Rectitud q_{xx} y q_{yy} (mm)		$80 < h \leq 180$ 0,0030 L $180 < h \leq 360$ 0,0015 L $h > 360$ 0,001 L	$80 < h \leq 180$ 0,3 % de L $180 < h \leq 360$ 0,15 % de L $360 < h$ 0,1 % de L	0.001 L ²⁾
Longitud: L (mm)		-0/+100 ¹⁾	-0/+100 ¹⁾	-0/+100 ¹⁾
Masa: M (%)		$\pm$ 50 $\pm$ 4,0	$\pm$ 50 $\pm$ 4,0	$\pm$ 2,5

1) Si se solicitan longitudes mínimas.
 2) $b < 150$: $q_{yy} \leq 0.002L$. W200x200, W250x250, W310x310, W360x370, W360x410 si se especifica:
 $L \leq 14m$: 0.001(max. 10mm)
 $L > 14m$: 10+0.001 (L-14000)

Tabla 2-26 Tolerancias de perfiles estructurales: U, UPN, UAP, C

Propiedad		U, UPN, UAP		C	
Norma		EN 10279: 2000		ASTM A6 – 98	
Altura: h (mm)		h ≤ 65	± 1.5	75 ≤ h ≤ 180	-2/+3
		65 < h ≤ 200	± 2.0	180 < h ≤ 360	-3/+3
		200 < h ≤ 400	± 3.0	h > 360	-4/+5
		400 < h	± 4.0		
Anchura del ala: b (mm)		b ≤ 50	± 1.5	75 ≤ h ≤ 180	-3/+3
		50 < b ≤ 100	± 2.0	180 < h ≤ 360	-4/+3
		100 < b ≤ 125	± 2.5	h > 360	-5/+5
Espesor del alma: s (mm)		125 < b	± 3.0		
		s ≤ 10	± 0.5		
		10 < s ≤ 15	± 0.7		
Espesor del ala: t (mm)	15 < s	± 1.0			
	t ≤ 10	-0.5 ²⁾			
	10 < t ≤ 15	-1.0 ²⁾			
Radio de redondeo: r ₃ (mm)	15 < t	-1.5 ²⁾			
	Todas las dimensiones	≤ 0.3t			
	Falta de paralelismo: k + k' (mm)	b ≤ 100	2.0	k + k' ≤ 0.03b	
Curvatura del alma: f (mm)	100 < b	2.5% de b			
	h ≤ 100	± 0.5			
	65 < h ≤ 200	± 1.0			
	200 < h ≤ 400	± 1.5			
	400 < h	± 1.5			
Rectitud q _{xx} y q _{yy} (mm)		q _{xx}		q _{yy} ≤ 0.002L	
		h ≤ 150	± 0.3% de l		
		150 < h ≤ 300	± 0.2% de l		
		300 < h	± 0.15% de l		
		q _{yy}			
		h ≤ 150	± 0.5% de l		
Longitud: L (mm)	Normal Alternativo (por acuerdo)	150 < h ≤ 300	± 0.3% de l	-0/+100 ^{1) 3)}	
		300 < h	± 0.2% de l		
		Todas	-0/+100		
Masa por unidad de longitud: M (kg/m)		Todas	± 50	± 2.5%	
		h < 125	± 6%		
		125 < h	± 4%		

1)

Si se solicitan longitudes mínimas.

2)

Tolerancias en más limitadas por la masa

3)

Tolerancias usuales.

- 1) Si se solicitan longitudes mínimas.
 2) Tolerancias en más limitadas por la masa
 3) Tolerancias usuales.



2.11. CÁLCULO DE ESTRUCTURAS. TABLAS DE EJEMPLOS PRÁCTICOS. ESTRUCTURAS DE ACERO EN EDIFICACIÓN. NORMA NBE EA-95.

2.11.1. PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS)

Carga uniformemente repartida entre dos puntos de apoyo para las luces indicadas en las tablas. Momentos flectores, esfuerzos cortantes y flechas según las fórmulas del cálculo de vigas. Las tablas han sido calculadas para acero tipo A42 ($\sigma_u = 2600 \text{ kg/cm}^2$).

El valor de la flecha máxima posible para cada caso de carga y perfil viene dado por:

$$f \text{ (mm)} = k_f \times l^2 \text{ (m}^2\text{)}.$$

Para otro tipo de acero o consideración de seguridad limitante de la tensión (coeficiente de trabajo) admisible $\sigma_u \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$.

Los valores obtenidos han de multiplicarse por la relación $\sigma_u/2600$. Esta consideración es también válida para el cálculo de la flecha.

Tabla 2-27 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a flexión (Vigas) - Máximo valor de $q(t/m)$ que agota el perfil UPN para una determinada luz en metros

UPN	k_f	Luz en metros									
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
80	3,25000	5,51	2,45	1,38	0,88	0,61	0,45	0,34	0,27	0,22	0,18
100	2,60000	8,57	3,81	2,14	1,37	0,95	0,70	0,54	0,42	0,34	0,28
120	2,16667	12,63	5,61	3,16	2,02	1,40	1,03	0,79	0,62	0,51	0,42
140	1,85714	17,97	7,99	4,49	2,88	2,00	1,47	1,12	0,89	0,72	0,59
160	1,62500	24,13	10,72	6,03	3,86	2,68	1,97	1,51	1,19	0,97	0,80
180	1,44444	31,20	13,87	7,80	4,99	3,47	2,55	1,95	1,54	1,25	1,03
200	1,30000	39,73	17,66	9,93	6,36	4,41	3,24	2,48	1,96	1,59	1,31
220	1,18182	50,96	22,65	12,74	8,15	5,66	4,16	3,19	2,52	2,04	1,68
240	1,08333	62,40	27,73	15,60	9,98	6,93	5,09	3,90	3,08	2,50	2,06
260	1,00000	77,17	34,30	19,29	12,35	8,57	6,30	4,82	3,81	3,09	2,55
280	0,92857	93,18	41,42	23,30	14,91	10,35	7,61	5,82	4,60	3,73	3,08
300	0,86667	111,28	49,46	27,82	17,80	12,36	9,08	6,96	5,50	4,45	3,68

UPN	Luz en metros										
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0
80	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04
100	0,24	0,20	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09	0,09	0,07	0,06
120	0,35	0,30	0,26	0,22	0,20	0,17	0,16	0,14	0,13	0,10	0,09
140	0,50	0,43	0,37	0,32	0,28	0,25	0,22	0,20	0,18	0,15	0,12
160	0,67	0,57	0,49	0,43	0,38	0,33	0,30	0,27	0,24	0,20	0,17
180	0,87	0,74	0,64	0,55	0,49	0,43	0,39	0,35	0,31	0,26	0,22
200	1,10	0,94	0,81	0,71	0,62	0,55	0,49	0,44	0,40	0,33	0,28
220	1,42	1,21	1,04	0,91	0,80	0,71	0,63	0,56	0,51	0,42	0,35
240	1,73	1,48	1,27	1,11	0,98	0,86	0,77	0,69	0,62	0,52	0,43
260	2,14	1,83	1,57	1,37	1,21	1,07	0,95	0,86	0,77	0,64	0,54
280	2,59	2,21	1,90	1,66	1,46	1,29	1,15	1,03	0,93	0,77	0,65
300	3,09	2,63	2,27	1,98	1,74	1,54	1,37	1,23	1,11	0,92	0,77



Tabla 2-28 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a flexión (Vigas) - Máximo valor de $q(t/m)$ que agota el perfil IPN para una determinada luz en metros

IPN	k_f	Luz en metros									
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
80	3,25000	4,06	1,80	1,01	0,65	0,45	0,33	0,25	0,20	0,16	0,13
100	2,60000	7,11	3,16	1,78	1,14	0,79	0,58	0,44	0,35	0,28	0,24
120	2,16667	11,38	5,06	2,84	1,82	1,26	0,93	0,71	0,56	0,46	0,38
140	1,85714	17,04	7,57	4,26	2,73	1,89	1,39	1,06	0,84	0,68	0,56
160	1,62500	24,34	10,82	6,08	3,89	2,70	1,99	1,52	1,20	0,97	0,80
180	1,44444	33,49	14,88	8,37	5,36	3,72	2,73	2,09	1,65	1,34	1,11
200	1,30000	44,51	19,78	11,13	7,12	4,95	3,63	2,78	2,20	1,78	1,47
220	1,18182	57,82	25,70	14,46	9,25	6,42	4,72	3,61	2,86	2,31	1,91
240	1,08333	73,63	32,73	18,41	11,78	8,18	6,01	4,60	3,64	2,95	2,43
260	1,00000	91,94	40,86	22,98	14,71	10,22	7,50	5,75	4,54	3,68	3,04
280	0,92857	112,74	50,10	28,18	18,04	12,53	9,20	7,05	5,57	4,51	3,73
300	0,86667	135,82	60,37	33,96	21,73	15,09	11,09	8,49	6,71	5,43	4,49
320	0,81250	162,66	72,29	40,66	26,02	18,07	13,28	10,17	8,03	6,51	5,38
340	0,76471	191,98	85,33	48,00	30,72	21,33	15,67	12,00	9,48	7,68	6,35
360	0,72222	226,72	100,76	56,68	36,28	25,19	18,51	14,17	11,20	9,07	7,49
380	0,68421	262,08	116,48	65,52	41,93	29,12	21,39	16,38	12,94	10,48	8,66
400	0,65000	303,68	134,97	75,92	48,59	33,74	24,79	18,98	15,00	12,15	10,04
450	0,57778	424,32	188,59	106,08	67,89	47,15	34,64	26,52	20,95	16,97	14,03
500	0,52000	572,00	254,22	143,00	91,52	63,56	46,69	35,75	28,25	22,88	18,91
550	0,47273	750,88	333,72	187,72	120,14	83,43	61,30	46,93	37,08	30,04	24,82
600	0,43333	963,04	428,02	240,76	154,09	107,00	78,62	60,19	47,56	38,52	31,84

IPN	Luz en metros										
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0
80	0,11	0,10	0,08	0,072	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03
100	0,20	0,17	0,15	0,126	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
120	0,32	0,27	0,23	0,202	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09	0,08
140	0,47	0,40	0,35	0,303	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,14	0,12
160	0,68	0,58	0,50	0,433	0,38	0,34	0,30	0,27	0,24	0,20	0,17
180	0,93	0,79	0,68	0,595	0,52	0,46	0,41	0,37	0,33	0,28	0,23
200	1,24	1,05	0,91	0,791	0,70	0,62	0,55	0,49	0,45	0,37	0,31
220	1,61	1,37	1,18	1,028	0,90	0,80	0,71	0,64	0,58	0,48	0,40
240	2,05	1,74	1,50	1,309	1,15	1,02	0,91	0,82	0,74	0,61	0,51
260	2,55	2,18	1,88	1,634	1,44	1,27	1,14	1,02	0,92	0,76	0,64
280	3,13	2,67	2,30	2,004	1,76	1,56	1,39	1,25	1,13	0,93	0,78
300	3,77	3,21	2,77	2,415	2,12	1,88	1,68	1,50	1,36	1,12	0,94
320	4,52	3,85	3,32	2,892	2,54	2,25	2,01	1,80	1,63	1,34	1,13
340	5,33	4,54	3,92	3,413	3,00	2,66	2,37	2,13	1,92	1,59	1,33
360	6,30	5,37	4,63	4,031	3,54	3,14	2,80	2,51	2,27	1,87	1,57
380	7,28	6,20	5,35	4,659	4,10	3,63	3,24	2,90	2,62	2,17	1,82
400	8,44	7,19	6,20	5,399	4,75	4,20	3,75	3,36	3,04	2,51	2,11
450	11,79	10,04	8,66	7,543	6,63	5,87	5,24	4,70	4,24	3,51	2,95
500	15,89	13,54	11,67	10,169	8,94	7,92	7,06	6,34	5,72	4,73	3,97
550	20,86	17,77	15,32	13,349	11,73	10,39	9,27	8,32	7,51	6,21	5,21
600	26,75	22,79	19,65	17,121	15,05	13,33	11,89	10,67	9,63	7,96	6,69

Tabla 2-29 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a flexión (Vigas) - Máximo valor de $q(t/m)$ que agota el perfil IPE para una determinada luz en metros

IPE	k_f	Luz en metros									
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
80	3,25000	4,16	1,85	1,04	0,67	0,46	0,34	0,26	0,21	0,17	0,14
100	2,60000	7,11	3,16	1,78	1,14	0,79	0,58	0,44	0,35	0,28	0,24
120	2,16667	11,02	4,90	2,76	1,76	1,22	0,90	0,69	0,54	0,44	0,36
140	1,85714	16,08	7,15	4,02	2,57	1,79	1,31	1,00	0,79	0,64	0,53
160	1,62500	22,67	10,08	5,67	3,63	2,52	1,85	1,42	1,12	0,91	0,75
180	1,44444	30,37	13,50	7,59	4,86	3,37	2,48	1,90	1,50	1,21	1,00
200	1,30000	40,35	17,93	10,09	6,46	4,48	3,29	2,52	1,99	1,61	1,33
220	1,18182	52,42	23,30	13,10	8,39	5,82	4,28	3,28	2,59	2,10	1,73
240	1,08333	67,39	29,95	16,85	10,78	7,49	5,50	4,21	3,33	2,70	2,23
270	0,96296	89,23	39,66	22,31	14,28	9,91	7,28	5,58	4,41	3,57	2,95
300	0,86667	115,86	51,49	28,96	18,54	12,87	9,46	7,24	5,72	4,63	3,83
330	0,78788	148,30	65,91	37,08	23,73	16,48	12,11	9,27	7,32	5,93	4,90
360	0,72222	188,03	83,57	47,01	30,09	20,89	15,35	11,75	9,29	7,52	6,22
400	0,65000	241,28	107,24	60,32	38,60	26,81	19,70	15,08	11,92	9,65	7,98
450	0,57778	312,00	138,67	78,00	49,92	34,67	25,47	19,50	15,41	12,48	10,31
500	0,52000	401,44	178,42	100,36	64,23	44,60	32,77	25,09	19,82	16,06	13,27
550	0,47273	507,52	225,56	126,88	81,20	56,39	41,43	31,72	25,06	20,30	16,78



600	0,43333	638,56	283,80	159,64	102,17	70,95	52,13	39,91	31,53	25,54	21,11

Tabla 2.29. - Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a flexión (Vigas) - Máximo valor de $q(t/m)$ que agota el perfil IPE para una determinada luz en metros

IPE	Luz en metros										
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0
80	0,12	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03	0,03
100	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05
120	0,31	0,26	0,22	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08
140	0,45	0,38	0,33	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,13	0,11
160	0,63	0,54	0,46	0,40	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,19	0,16
180	0,84	0,72	0,62	0,54	0,47	0,42	0,37	0,34	0,30	0,25	0,21
200	1,12	0,96	0,82	0,72	0,63	0,56	0,50	0,45	0,40	0,33	0,28
220	1,46	1,24	1,07	0,93	0,82	0,73	0,65	0,58	0,52	0,43	0,36
240	1,87	1,60	1,38	1,20	1,05	0,93	0,83	0,75	0,67	0,56	0,47
270	2,48	2,11	1,82	1,59	1,39	1,24	1,10	0,99	0,89	0,74	0,62
300	3,22	2,74	2,36	2,06	1,81	1,60	1,43	1,28	1,16	0,96	0,80
330	4,12	3,51	3,03	2,64	2,32	2,05	1,83	1,64	1,48	1,23	1,03
360	5,22	4,45	3,84	3,34	2,94	2,60	2,32	2,08	1,88	1,55	1,31
400	6,70	5,71	4,92	4,29	3,77	3,34	2,98	2,67	2,41	1,99	1,68
450	8,67	7,38	6,37	5,55	4,88	4,32	3,85	3,46	3,12	2,58	2,17
500	11,15	9,50	8,19	7,14	6,27	5,56	4,96	4,45	4,01	3,32	2,79
550	14,10	12,01	10,36	9,02	7,93	7,02	6,27	5,62	5,08	4,19	3,52
600	17,74	15,11	13,03	11,35	9,98	8,84	7,88	7,08	6,39	5,28	4,43

Tabla 2-30 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a flexión (Vigas) - Máximo valor de $q(t/m)$ que agota el perfil HEA para una determinada luz en metros

HEA	k_f	Luz en metros									
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
100	2,60000	15,14	6,73	3,79	2,42	1,68	1,24	0,95	0,75	0,61	0,50
120	2,16667	22,05	9,80	5,51	3,53	2,45	1,80	1,38	1,09	0,88	0,73
140	1,85714	32,24	14,33	8,06	5,16	3,58	2,63	2,02	1,59	1,29	1,07
160	1,62500	45,76	20,34	11,44	7,32	5,08	3,74	2,86	2,26	1,83	1,51
180	1,44444	61,15	27,18	15,29	9,78	6,79	4,99	3,82	3,02	2,45	2,02
200	1,30000	80,91	35,96	20,23	12,95	8,99	6,61	5,06	4,00	3,24	2,67
220	1,18182	107,12	47,61	26,78	17,14	11,90	8,74	6,70	5,29	4,28	3,54
240	1,08333	140,40	62,40	35,10	22,46	15,60	11,46	8,78	6,93	5,62	4,64
260	1,00000	173,89	77,28	43,47	27,82	19,32	14,19	10,87	8,59	6,96	5,75
280	0,92857	210,08	93,37	52,52	33,61	23,34	17,15	13,13	10,37	8,40	6,94
300	0,86667	262,08	116,48	65,52	41,93	29,12	21,39	16,38	12,94	10,48	8,66
320	0,81250	307,84	136,82	76,96	49,25	34,20	25,13	19,24	15,20	12,31	10,18
340	0,76471	349,44	155,31	87,36	55,91	38,83	28,53	21,84	17,26	13,98	11,55
360	0,72222	393,12	174,72	98,28	62,90	43,68	32,09	24,57	19,41	15,72	13,00
400	0,65000	480,48	213,55	120,12	76,88	53,39	39,22	30,03	23,73	19,22	15,88
450	0,57778	603,20	268,09	150,80	96,51	67,02	49,24	37,70	29,79	24,13	19,94
500	0,52000	738,40	328,18	184,60	118,14	82,04	60,28	46,15	36,46	29,54	24,41
550	0,47273	863,20	383,64	215,80	138,11	95,91	70,47	53,95	42,63	34,53	28,54
600	0,43333	996,32	442,81	249,08	159,41	110,70	81,33	62,27	49,20	39,85	32,94

HEA	Luz en metros										
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0
100	0,42	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11
120	0,61	0,52	0,45	0,39	0,34	0,31	0,27	0,24	0,22	0,18	0,15
140	0,90	0,76	0,66	0,57	0,50	0,45	0,40	0,36	0,32	0,27	0,22
160	1,27	1,08	0,93	0,81	0,72	0,63	0,56	0,51	0,46	0,38	0,32
180	1,70	1,45	1,25	1,09	0,96	0,85	0,75	0,68	0,61	0,51	0,42
200	2,25	1,92	1,65	1,44	1,26	1,12	1,00	0,90	0,81	0,67	0,56
220	2,98	2,54	2,19	1,90	1,67	1,48	1,32	1,19	1,07	0,89	0,74
240	3,90	3,32	2,87	2,50	2,19	1,94	1,73	1,56	1,40	1,16	0,98
260	4,83	4,12	3,55	3,09	2,72	2,41	2,15	1,93	1,74	1,44	1,21
280	5,84	4,97	4,29	3,73	3,28	2,91	2,59	2,33	2,10	1,74	1,46
300	7,28	6,20	5,35	4,66	4,10	3,63	3,24	2,90	2,62	2,17	1,82
320	8,55	7,29	6,28	5,47	4,81	4,26	3,80	3,41	3,08	2,54	2,14
340	9,71	8,27	7,13	6,21	5,46	4,84	4,31	3,87	3,49	2,89	2,43
360	10,92	9,30	8,02	6,99	6,14	5,44	4,85	4,36	3,93	3,25	2,73
400	13,35	11,37	9,81	8,54	7,51	6,65	5,93	5,32	4,80	3,97	3,34
450	16,76	14,28	12,31	10,72	9,43	8,35	7,45	6,68	6,03	4,99	4,19
500	20,51	17,48	15,07	13,13	11,54	10,22	9,12	8,18	7,38	6,10	5,13
550	23,98	20,43	17,62	15,35	13,49	11,95	10,66	9,56	8,63	7,13	5,99
600	27,68	23,58	20,33	17,71	15,57	13,79	12,30	11,04	9,96	8,23	6,92



Tabla 2-31 Calculo de estructuras - Piezas sometidas a flexión (Vigas) - Máximo valor de $q(t/m)$ que agota el perfil HEB para una determinada luz en metros

HEB	k_f	Luz en metros									
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
100	2,60000	18,70	8,31	4,67	2,99	2,08	1,53	1,17	0,92	0,75	0,62
120	2,16667	29,95	13,31	7,49	4,79	3,33	2,45	1,87	1,48	1,20	0,99
140	1,85714	44,93	19,97	11,23	7,19	4,99	3,67	2,81	2,22	1,80	1,49
160	1,62500	64,69	28,75	16,17	10,35	7,19	5,28	4,04	3,19	2,59	2,14
180	1,44444	88,61	39,38	22,15	14,18	9,85	7,23	5,54	4,38	3,54	2,93
200	1,30000	118,56	52,69	29,64	18,97	13,17	9,68	7,41	5,85	4,74	3,92
220	1,18182	153,09	68,04	38,27	24,49	17,01	12,50	9,57	7,56	6,12	5,06
240	1,08333	195,10	86,71	48,78	31,22	21,68	15,93	12,19	9,63	7,80	6,45
260	1,00000	239,20	106,31	59,80	38,27	26,58	19,53	14,95	11,81	9,57	7,91
280	0,92857	287,04	127,57	71,76	45,93	31,89	23,43	17,94	14,17	11,48	9,49
300	0,86667	349,44	155,31	87,36	55,91	38,83	28,53	21,84	17,26	13,98	11,55
320	0,81250	401,44	178,42	100,36	64,23	44,60	32,77	25,09	19,82	16,06	13,27
340	0,76471	449,28	199,68	112,32	71,88	49,92	36,68	28,08	22,19	17,97	14,85
360	0,72222	499,20	221,87	124,80	79,87	55,47	40,75	31,20	24,65	19,97	16,50
400	0,65000	599,04	266,24	149,76	95,85	66,56	48,90	37,44	29,58	23,96	19,80
450	0,57778	738,40	328,18	184,60	118,14	82,04	60,28	46,15	36,46	29,54	24,41
500	0,52000	892,32	396,59	223,08	142,77	99,15	72,84	55,77	44,07	35,69	29,50
550	0,47273	1033,76	459,45	258,44	165,40	114,86	84,39	64,61	51,05	41,35	34,17
600	0,43333	1185,60	526,93	296,40	189,70	131,73	96,78	74,10	58,55	47,42	39,19

HEB	Luz en metros										
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0
100	0,52	0,44	0,38	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,15	0,13
120	0,83	0,71	0,61	0,53	0,47	0,41	0,37	0,33	0,30	0,25	0,21
140	1,25	1,06	0,92	0,80	0,70	0,62	0,55	0,50	0,45	0,37	0,31
160	1,80	1,53	1,32	1,15	1,01	0,90	0,80	0,72	0,65	0,53	0,45
180	2,46	2,10	1,81	1,58	1,38	1,23	1,09	0,98	0,89	0,73	0,62
200	3,29	2,81	2,42	2,11	1,85	1,64	1,46	1,31	1,19	0,98	0,82
220	4,25	3,62	3,12	2,72	2,39	2,12	1,89	1,70	1,53	1,27	1,06
240	5,42	4,62	3,98	3,47	3,05	2,70	2,41	2,16	1,95	1,61	1,35
260	6,64	5,66	4,88	4,25	3,74	3,31	2,95	2,65	2,39	1,98	1,66
280	7,97	6,79	5,86	5,10	4,49	3,97	3,54	3,18	2,87	2,37	1,99
300	9,71	8,27	7,13	6,21	5,46	4,84	4,31	3,87	3,49	2,89	2,43
320	11,15	9,50	8,19	7,14	6,27	5,56	4,96	4,45	4,01	3,32	2,79
340	12,48	10,63	9,17	7,99	7,02	6,22	5,55	4,98	4,49	3,71	3,12
360	13,87	11,82	10,19	8,87	7,80	6,91	6,16	5,53	4,99	4,13	3,47
400	16,64	14,18	12,23	10,65	9,36	8,29	7,40	6,64	5,99	4,95	4,16
450	20,51	17,48	15,07	13,13	11,54	10,22	9,12	8,18	7,38	6,10	5,13
500	24,79	21,12	18,21	15,86	13,94	12,35	11,02	9,89	8,92	7,37	6,20
550	28,72	24,47	21,10	18,38	16,15	14,31	12,76	11,45	10,34	8,54	7,18
600	32,93	28,06	24,20	21,08	18,53	16,41	14,64	13,14	11,86	9,80	8,23

2.11.2. PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES)

Carga máxima admisible en perfiles sometidos a compresión centrada simple en posición vertical.

$$\sigma^* = (N^* \cdot \omega) / A \leq \sigma_u \text{ (Agotamiento-límite elástico-2600 kg/cm}^2 \text{ para tipo de acero A42).}$$

σ^* tensión, fatiga, coeficiente de trabajo

N^* esfuerzo normal ponderado (para carga centrada P)

A área de la sección

ω coeficiente de pandeo (en función del tipo de acero y de la esbeltez mecánica) (tablas)

Esbeltez $\lambda = l_k / i$

l_k longitud de pandeo ($l_k = \beta \cdot L$)

L longitud del pilar

β coeficiente dependiente de las condiciones de vinculación de los extremos y de la ley de variación de las compresiones

σ_u tensión (coeficiente de trabajo) admisible $\leq 1600 \text{ kg/cm}^2$ para cargas de seguridad con acero de tipo A42.



Tabla 2-32 Calculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: 1 UPN

UPN	Sección A cm^2	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros														
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00
80	11,0	19,6	15,1	11,5	8,9	7,1	5,7	4,7	3,9	3,3	2,8					
100	13,5	26,2	21,1	16,5	13,0	10,3	8,4	7,0	5,8	4,9	4,2	3,6				
120	17,0	35,1	29,3	23,4	18,5	15,0	12,2	10,0	8,4	7,2	6,2	5,4	4,7			
140	20,4	44,2	38,2	32,0	25,7	21,0	17,3	14,5	12,1	10,3	8,9	7,7	6,7	6,0		
160	24,0	53,8	48,0	40,8	33,9	28,1	23,4	19,3	16,4	14,0	12,1	10,6	9,3	8,1	6,5	
180	28,0	64,4	58,2	51,3	43,1	36,2	30,1	25,5	21,4	18,4	16,0	13,8	12,2	10,8	8,6	7,0
200	32,2	75,4	69,2	61,6	53,3	45,0	38,2	32,2	27,4	23,7	20,4	17,7	15,7	13,9	11,0	9,0
220	37,4	89,2	83,1	75,4	66,6	57,5	49,1	41,9	35,9	30,9	26,8	23,7	20,9	18,5	14,9	12,1
240	42,3	101,8	96,5	88,0	79,1	68,7	59,8	51,6	44,2	38,5	33,1	29,2	25,9	23,1	18,4	15,0
260	48,3	117,4	112,1	103,8	94,4	84,3	73,4	63,4	55,8	48,3	42,1	36,9	32,5	29,2	23,3	19,2
280	53,3	130,7	126,0	118,4	109,1	98,9	88,2	77,4	68,3	59,0	51,9	45,9	40,8	36,4	29,4	23,9

Tabla 2-33 Calculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: 2 UPN

2 UPN	Sección A cm^2	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros							
		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50
80	22,0	37,3	33,4	29,7	26,4	23,6	21,1	18,9	15,3
100	27,0	54,0	50,5	46,4	42,2	38,7	34,9	31,6	26,2
120	34,0	93,0	69,6	66,0	60,5	56,3	51,7	47,5	39,8
140	40,8	91,4	86,9	83,5	78,0	73,6	68,4	63,9	64,4
160	48,0	110,4	106,6	102,3	98,2	93,1	87,8	82,6	72,9
180	56,0	132,3	128,8	124,4	120,3	115,5	109,4	104,7	93,9
200	64,4	155,0	150,8	146,8	143,1	138,3	132,8	127,8	116,2
220	74,8	181,7	178,4	173,6	170,6	164,8	159,4	154,3	141,9
240	84,6	207,5	203,6	199,9	196,3	192,9	186,4	180,3	169,2
260	96,6	239,2	234,7	232,5	228,3	224,2	218,4	212,8	200,9
280	107	264,9	262,4	260,0	255,2	250,6	246,1	241,9	228,0
300	118	295,0	292,1	286,7	284,0	278,9	273,9	269,1	257,8

2 UPN	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros							
	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00
80	12,6	10,6	8,9	7,6	6,6			
100	22,0	18,4	15,7	13,6	11,7	9,1	7,2	
120	33,4	28,4	24,3	21,3	18,5	14,3	11,4	9,3
140	46,3	39,7	34,1	11,1	25,8	20,3	16,2	13,2
160	63,0	54,5	47,2	41,3	36,1	28,3	22,7	18,5
180	82,7	71,7	62,7	55,1	48,8	38,6	30,8	25,4
200	103,3	92,5	81,2	72,1	63,4	50,4	40,8	33,5
220	130,5	117,1	104,5	93,0	82,7	66,1	53,5	44,2
240	157,1	141,9	128,6	114,5	103,2	83,3	68,1	56,2
260	187,4	172,0	156,9	142,7	128,8	105,0	86,6	71,9
280	214,0	200,1	184,2	167,5	153,7	125,3	104,1	86,1
300	243,4	228,9	213,0	195,4	179,4	148,9	123,2	104,3



Tabla 2-34 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: IPN

IPN	Sección A cm ²	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros															
		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00
100	10,6	3,0															
120	14,2	5,3	4,4	3,7													
140	18,3	8,7	7,3	6,2	5,3	4,6											
160	22,8	13,1	11,0	9,3	8,0	6,9	6,0										
180	27,9	19,2	16,1	13,8	11,8	10,2	9,0	7,9									
200	33,5	27,0	22,9	19,6	16,7	14,6	12,7	11,3	9,0								
220	39,6	36,5	31,0	26,3	22,8	20,0	17,4	15,5	12,3	10,0							
240	46,1	48,7	41,9	36,1	31,1	27,2	24,0	21,1	16,9	13,8	11,5						
260	53,4	61,7	52,6	44,0	39,8	34,7	30,4	27,2	21,7	17,7	14,8						
280	61,1	77,1	66,5	57,8	49,8	43,8	38,7	34,5	27,4	22,5	18,8	15,8					
300	69,1	92,1	80,9	70,2	61,1	53,5	47,7	42,3	33,8	27,8	23,1	19,6					
320	77,8	109,9	96,8	84,6	73,6	65,0	58,0	51,1	41,0	33,0	28,2	23,8	20,5				
340	86,8	132,0	115,7	101,7	89,2	78,9	69,9	62,2	50,0	41,1	34,6	29,2	25,0	21,6			
360	97,1	153,9	135,7	120,8	105,6	93,2	83,6	74,3	60,1	49,5	41,1	34,8	29,9	26,0			
380	107	177,2	158,1	140,5	123,6	110,0	98,7	88,3	71,2	58,3	49,1	41,4	35,7	30,8			
400	118	203,2	181,5	162,3	144,0	128,4	114,9	103,0	83,6	68,9	57,7	48,9	42,0	36,4			
450	147	275,0	253,1	230,2	205,5	185,5	166,9	149,3	122,9	101,4	85,9	72,7	62,1	54,2			
500	180	360,0	334,3	305,9	281,9	254,3	230,5	208,0	172,7	144,9	121,2	103,8	89,0	77,6	60,0	47,8	
550	213	446,6	422,7	390,0	362,0	333,6	306,0	275,5	231,7	196,4	164,8	141,6	121,4	106,3	82,4	65,6	53,5
600	254	550,3	524,1	492,8	458,6	431,6	397,8	364,9	305,7	261,0	221,6	189,2	165,1	143,3	111,7	89,5	72,5

Tabla 2-35 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: IPE

IPE	Sección A cm ²	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros															
		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00
80	7,6	2,1															
100	10,3	3,9	3,2	2,7													
120	13,2	6,7	5,5	4,7	4,1	3,5											
140	16,4	10,5	8,8	7,5	6,5	5,6	4,9	4,4									
160	20,1	15,7	13,4	11,3	9,7	8,5	7,4	6,6	5,2								
180	23,9	22,6	19,2	16,5	14,1	12,3	10,8	9,6	7,6	6,2							
200	28,5	31,0	26,6	22,9	19,9	17,4	15,4	13,5	10,8	8,8	7,3						
220	33,4	42,8	37,0	32,0	27,9	24,5	21,7	19,3	15,5	12,6	10,5	8,9					
240	39,1	56,2	49,3	42,5	37,5	33,2	29,5	26,0	21,1	17,2	14,4	12,2	10,4				
270	45,9	76,0	67,8	60,3	53,0	47,2	42,3	37,9	30,5	25,0	21,0	17,8	15,3	13,2			
300	53,8	98,5	90,2	80,4	72,9	65,7	58,5	53,0	43,3	35,8	30,0	25,5	21,9	19,0	14,6		
330	62,6	121,5	111,5	100,5	90,9	82,2	74,3	67,3	55,4	46,0	38,8	33,0	28,4	24,7	19,1		
360	72,7	146,5	136,0	126,9	115,3	105,6	95,5	86,3	71,6	60,0	50,8	43,5	37,1	32,3	25,1	20,1	
400	84,5	175,8	164,0	152,6	141,7	128,5	118,1	108,2	89,3	74,7	63,7	54,2	46,5	40,8	32,1	25,2	
450	98,8	208,8	197,6	184,8	172,4	158,6	146,0	133,8	112,2	94,8	80,5	68,1	59,1	51,5	40,1	32,1	26,0
500	116	251,3	239,4	225,1	212,4	197,1	181,7	16,6	141,6	119,2	101,2	87,4	75,4	66,1	51,0	40,9	33,4
550	134	295,3	281,0	268,0	250,6	233,8	217,8	200,2	171,6	145,8	123,5	106,5	92,4	81,0	62,8	50,4	40,9
600	156	349,7	335,2	321,9	302,7	285,6	268,6	247,3	211,3	182,7	156,0	134,3	117,6	102,4	79,5	64,0	52,1

Tabla 2-36 Cálculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: HEB

HEB	Sección A cm ²	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros															
		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00
120	34,0	57,0	50,8	45,3	40,4	35,9	31,7	28,4	23,2	19,2	15,9	13,5	11,6	10,0			
140	43,0	83,4	76,6	69,9	63,5	57,3	51,8	46,8	38,6	32,0	26,9	22,4	19,7	17,1	13,4		
160	54,3	113,9	107,8	100,8	93,5	86,1	78,0	71,3	60,1	50,6	42,5	36,6	31,7	27,4	21,2	17,0	13,8
180	65,3	145,1	139,2	131,6	124,8	116,3	100,5	100,5	87,1	74,1	63,6	54,6	47,4	41,4	32,3	25,8	21,0
200	78,1	181,3	175,1	167,8	161,2	152,7	145,0	136,3	118,7	102,6	90,2	78,1	68,1	59,7	46,7	37,3	30,8
220	91	215,1	211,2	204,0	197,2	189,3	182,0	172,7	154,6	138,4	121,3	106,3	93,5	82,7	65,2	52,5	43,1
240	106	255,2	250,5	246,2	239,7	229,7	222,3	213,6	196,9	177,8	158,4	139,2	124,1	110,7	87,5	71,4	59,1
260	118	286,7	284,1	278,9	273,9	266,8	257,8	249,4	234,2	213,1	191,8	174,3	154,9	140,1	111,6	91,3	75,8
280	131	324,4	318,3	315,4	309,6	304,1	296,2	288,6	272,5	250,4	231,7	210,2	190,3	172,0	140,7	115,9	96,2
300	149	369,0	365,5	362,1	355,4	352,2	345,9	336,9	320,2	300,3	278,7	260,0	236,2	216,4	176,9	146,7	123,0
320	161	398,7	394,9	391,2	384,0	380,5	370,4	364,0	346,0	324,5	301,2	280,9	255,2	233,9	191,1	158,6	132,9
340	171	423,4	419,4	415,5	407,9	404,2	393,5	386,6	364,4	344,7	319,9	294,4	271,1	245,6	203,0	166,5	139,4
360	181	448,2	444,0	439,8	431,7	424,0	416,5	409,2	385,7	362,0	338,6	311,7	283,5	260,0	212,0	176,3	145,7
400	198	490,3	486,7	476,7	472,3	463,8	451,6	443,8	418,5	393,0	367,7	336,5	304,6	276,8	228,8	187,2	157,4
450	218	539,8	529,7	524,8	520,0	506,1	497,2	484,4	460,8	432,7	399,2	365,7	331,5	304,7	247,5	203,2	170,7
500	239	591,8	580,7	575,4	564,9	554,8	545,1	531,1	501,1	467,2	431,5	395,8	363,4	328,8	267,8	220,4	182,8
550	254	629,0	617,2	611,5	600,4	589,6	579,3	559,7	528,3	492,8	452,3	412,8	375,2	338,7	276,3	227,7	191,4
600	270	668,6	656,1	650,0	638,2	626,8	610,4	594,9	557,1	516,2	477,6	433,3	392,2	354,5	290,1	238,8	198,3



Tabla 2-37 Calculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: HEA

HEA	Sección A cm^2	Valor de N , en t, para una longitud de pandeo l_k en metros															
		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00
120	25,3	41,9	37,4	33,2	29,2	26,0	23,3	20,9	16,8	13,8	11,6	9,8	8,4	7,3			
140	31,4	60,0	55,5	50,4	45,6	41,2	37,3	33,2	27,4	22,8	19,2	16,4	14,0	12,1	9,4		
160	38,8	80,7	75,8	71,0	65,1	59,7	53,9	49,7	41,7	34,8	29,7	25,2	21,9	19,0	14,7	11,8	
180	45,3	100,7	95,8	91,3	86,0	80,7	75,0	69,7	58,6	50,8	42,8	36,9	32,1	28,0	21,9	17,5	14,3
200	53,8	123,8	119,6	114,7	110,1	104,4	90,5	92,6	80,4	69,6	60,3	52,4	45,0	39,5	31,0	24,9	20,4
220	64,3	152,0	147,9	144,1	138,2	132,7	127,6	120,3	107,9	95,0	83,2	73,0	64,3	56,9	44,9	36,3	29,8
240	76,8	184,9	181,5	176,7	172,1	166,4	169,7	153,6	140,6	127,2	111,6	99,3	88,7	78,0	62,6	50,4	41,4
260	86,8	210,9	208,9	205,2	199,7	194,6	188,1	182,0	169,7	154,6	139,3	126,3	112,3	100,3	80,9	66,4	54,4
280	97,3	238,7	236,4	232,1	230,0	233,9	218,1	212,6	200,8	186,0	169,8	154,3	139,8	125,9	102,8	83,8	69,7
300	113	279,8	277,2	274,6	269,5	264,7	260,0	255,5	240,8	226,0	211,4	194,6	176,9	162,3	132,3	110,0	90,9
320	124	307,0	304,2	301,3	295,8	290,5	285,3	280,3	264,3	248,0	231,9	213,5	194,2	178,1	145,2	120,7	99,8
340	133	329,3	326,2	323,2	317,2	311,5	306,0	298,1	283,4	266,0	247,0	229,0	208,3	187,9	155,8	127,6	107,1
360	143	354,1	350,8	347,5	341,1	334,9	329,0	320,5	302,3	286,0	265,6	243,0	223,9	202,1	165,2	137,2	113,7
400	159	393,7	390,0	382,8	379,3	369,1	362,6	356,4	336,1	315,6	291,1	266,7	241,8	222,3	180,5	148,2	124,5
450	178	440,8	432,5	428,5	420,7	413,2	406,0	395,6	373,2	348,0	325,9	298,6	270,6	244,9	199,5	165,9	137,7
500	198	490,3	481,1	476,7	468,0	459,6	451,6	440,0	415,2	387,1	357,5	327,9	295,9	268,1	221,9	182,6	151,4
550	212	525,0	515,1	510,4	501,1	492,1	483,5	467,1	441,0	411,3	377,5	344,5	313,2	282,7	230,6	190,1	157,9
600	226	559,6	549,2	539,1	534,2	520,0	511,0	493,8	466,3	432,1	399,7	362,7	328,3	296,8	242,8	197,2	164,1

Tabla 2-38 Calculo de estructuras - Piezas sometidas a compresión (pilares) - Valor del esfuerzo normal (N), en t, para una longitud de pandeo (l_k), en metros: HEM

HEM	Sección A cm^2	Valor de N , en t, para una longitud l_k en metros															
		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00
120	64,4	118,1	106,5	96,3	85,8	76,6	69,2	61,8	50,7	41,5	34,9	29,5	25,4	22,1	17,0		
140	80,6	162,4	150,8	138,8	127,8	115,8	105,8	95,7	79,4	65,7	55,6	47,6	41,1	35,5	27,6	21,9	
160	97,1	208,6	198,8	188,4	175,3	162,9	149,4	137,2	116,9	98,6	83,6	71,3	61,6	54,2	41,9	33,6	27,3
180	113	257,7	244,8	235,0	224,3	211,4	197,2	183,6	159,7	136,0	118,0	101,3	88,5	77,1	63,0	48,2	39,4
200	131	306,8	298,8	286,2	274,7	264,0	250,4	236,5	210,2	183,1	159,9	138,5	122,1	106,8	84,1	67,6	55,4
220	149	355,4	349,0	339,8	328,3	317,5	305,0	291,3	263,5	236,2	208,3	181,9	162,1	142,9	113,9	92,2	75,2
240	200	486,0	477,1	468,5	456,1	444,4	429,8	416,0	388,1	353,7	317,1	282,6	252,4	224,1	181,8	146,9	122,4
260	220	539,6	534,6	524,8	515,3	501,8	493,1	476,7	450,4	417,5	378,8	344,6	310,9	281,8	226,1	186,9	153,8
280	240	594,3	588,7	577,8	572,5	562,2	547,4	537,9	507,3	476,3	445,7	407,8	369,2	335,3	277,3	226,9	190,8
300	303	757,5	750,3	736,3	729,4	722,8	709,7	697,2	667,6	630,2	592,3	554,8	514,9	466,2	391,9	325,5	275,5
320	312	780,0	772,6	758,1	751,1	744,2	730,8	717,9	681,7	648,9	609,9	571,3	523,4	480,0	399,6	335,2	279,7
340	316	790,0	782,5	767,9	760,7	753,8	740,2	720,7	690,4	657,3	613,1	570,6	530,1	480,5	404,7	334,0	279,5
360	319	797,5	789,9	775,1	768,0	754,0	740,5	727,5	697,0	658,3	618,9	568,1	528,3	485,0	402,6	333,1	278,3
400	326	815,0	799,6	792,1	784,8	770,5	756,8	743,5	706,3	667,4	623,2	576,6	529,8	481,6	397,9	331,1	277,0
450	335	829,5	821,7	814,0	799,1	791,8	777,7	757,4	719,8	674,2	635,8	584,6	531,1	486,6	403,2	329,9	276,5
500	344	851,8	843,8	835,9	820,6	805,8	791,5	771,0	733,1	688,0	638,9	592,3	538,8	486,1	402,9	330,0	276,9
550	354	876,6	868,3	852,2	844,4	821,8	807,4	793,4	748,3	702,6	648,2	593,8	544,6	494,8	401,9	334,7	277,2
600	364	901,3	884,5	876,3	860,4	845,0	830,2	808,9	763,2	711,5	657,2	602,8	543,9	492,9	402,7	330,9	274,3

$\lambda > 200$ por encima de

(no recomendable)



2.12. COMPARATIVA DE PERFILES EUROPEOS (HE – IPE) y AMERICANOS (W)

Ordenados en sentido decreciente de sus valores estáticos

Tabla 2-39 Comparativa de Perfiles Europeos (HE – IPE) y Americanos (W) - Módulos resistentes W_x (cm³)

Perfil	Valor	Peso P Kg/m	Perfil	Valor	Peso P Kg/m	Perfil	Valor	Peso P Kg/m
HEM 600	7660	285	W 12x79	1754	118	W 16x26	629	39
HEM 550	6920	278	W 14x68	1688	129	W 8x40	582	60
HEM 500	6180	270	HEB 300	1680	117	W 14x26	578,5	39
HEB 600	5700	212	HEA 340	1680	117	W 10x33	573,5	49
HEM 450	5500	263	W 10x88	1614	131	HEB 200	570	61,3
HEB 550	4970	199	W 18x55	1611	82	HEM 160	566	76,2
HEM 400	4820	256	W 12x72	1596	107	IPE 300	557	42,2
HEA 600	4790	178	W 14x61	1511	91	W 12x26	547,3	39
W 12x190	4310	283	W 16x57	1511	85	W 10x30	530,9	45
HEM 360	4300	250	IPE 450	1500	77,6	HEA 220	515	50,5
HEB 500	4290	187	HEA 320	1480	97,6	W 8x35	511	52
HEA 550	4150	166	W 18x50	1457	74	W 14x22	475,2	33
HEM 340	4050	248	W 12x65	1440	97	W 10x26	457,2	39
W 12x170	3851	253	W 10x77	1408	115	W 8x31	451	46
HEM 320	3800	245	HEB 280	1380	103	IPE 270	429	36,1
W 18x119	3785	177	W 16x50	1327	74	HEB 180	426	51,2
HEB 450	3550	171	W 18x46	1291	68	W 12x22	416,2	33
HEA 500	3550	155	W 12x58	1278	86	HEM 140	411	63,2
HEM 300	3480	238	W 14x53	1275	79	W 8x28	398	42
W 14x132	3425	196	HEA 300	1260	88,3	HEA 200	389	42,3
W 12x152	3425	226	W 10x68	1241	101	W 10x22	380,18	33
W 18x106	3342	158	HEM 220	1220	117	W 12x19	349	28
W 14x120	3114	179	W 16x45	1183	67	W 8x24	342	36
W 18x97	3080	144	IPE 400	1160	66,3	IPE 240	324	30,7
IPE 600	3070	122	W 12x53	1157	79	HEB 160	311	42,6
W 12x136	3048	202	W 14x48	1152	71	W 10x19	308,08	28
HEA 450	2900	140	HEB 260	1150	93	W 8x21	298	31
HEB 400	2880	155	W 18x40	1120	60	HEA 180	294	35,5
W 16x100	2868	149	W 10x60	1093	89	HEM 120	288	52,1
W 14x109	2835	162	W 12x50	1060	74	W 12x16	280	24
W 18x86	2720	128	W 16x40	1060	60	W 6x25	274	37
W 12x120	2671	179	W 14x43	1027	64	W 10x17	265,47	25
W 14x99	2573	147	HEA 280	1010	76,4	IPE 220	252	26,2
HEM 280	2550	189	W 8x67	990	100	W 8x18	249	27
W 16x89	2540	132	W 10x54	983,2	80	W 12x14	244	21
IPE 550	2440	106	HEM 200	967	103	W 10x15	226	22
HEB 360	2400	142	W 12x45	952,1	67	W 6x20	220	30
W 18x76	2393	113	W 18x35	944	52	HEA 160	220	30,4
W 12x106	2376	158	HEB 240	938	83,2	HEB 140	216	33,7
W 14x90	2343	134	W 16x36	925	54	IPE 200	194	22,4
HEA 400	2310	125	IPE 360	904	57,1	W 8x15	193	22
W 16x77	2196	115	W 10x49	894,7	73	HEM 100	190	41,8
HEB 340	2160	134	W 14x38	894,7	57	W 10x11,5	172	17
HEM 260	2160	172	W 8x58	852	86	W 6x16	167	24
W 12x96	2147	143	W 12x40	850,5	60	W 5x18,5	163	28
W 18x71	2081	106	HEA 260	836	68,2	W 6x15	159	22
W 10x112	2065	167	W 10x45	804,6	67	HEA 140	155	24,7
W 14x82	2016	122	W 14x34	796,4	51	IPE 180	146	18,8
W 12x87	1934	165	W 16x31	773	46	HEB 120	144	26,7
IPE 500	1930	90,7	HEM 180	748	88,9	W 5x16	140	24
HEB 320	1930	127	W 12x35	747,3	52	IPE 160	109	15,8
W 16x67	1917	100	HEB 220	736	71,5	HEA 120	106	19,9
W 18x65	1917	97	IPE 330	713	49,1	HEB 100	89,8	20,4



HEA 360	1890	112	W 8x48	710	71	IPE 140	77,3	12,9
W 14x74	1835	110	W 10x39	689,9	58	HEA 100	72,8	16,7
W 10x100	1835	149	W 14x30	688,3	45	IPE 120	53	10,4
HEM 240	1800	157	HEA 240	675	60,3	IPE 100	34,2	8,1
W 18x60	1770	89	W 12x30	632,5	45	IPE 80	20	6

Tabla 2-40 Comparativa de Perfiles Europeos (HE – IPE) y Americanos (W) - Momentos de inercia I_x (cm⁴)

Perfil	Valor	Peso P Kg/m	Perfil	Valor	Peso P Kg/m	Perfil	Valor	Peso P Kg/m
HEM 600	237400	285	HEB 320	30820	127	IPE 300	8360	42,2
HEM 550	198000	278	W 12x87	30801	130	W 14x22	8283	33
HEB 600	171000	212	W 14x68	30094	101	HEB 220	8090	71,5
HEM 500	161900	270	W 10x112	29802	167	HEA 240	7760	60,3
HEA 600	141200	178	W 18x46	29636	68	W 8x48	7659	71
HEB 550	136700	199	HEA 340	27690	105	HEM 180	7480	88,9
HEM 450	131500	263	W 12x79	27555	118	W 10x30	7076	45
HEA 550	111900	166	W 16x50	27430	74	W 12x22	6493	33
HEB 500	107200	187	W 14x61	26639	91	W 8x40	6077	60
HEM 400	104100	256	W 10x100	25931	149	W 10x26	5994	39
IPE 600	92080	122	W 18x40	25473	60	IPE 270	5790	36,1
W 18x119	91155	177	HEB 300	25170	117	HEB 200	5700	61,3
HEA 550	86970	155	W 12x72	24849	107	W 12x19	5411	28
HEM 360	84870	250	W 16x45	24391	67	HEA 220	5410	50,5
HEB 450	79890	171	HEM 240	24290	157	W 8x35	5286	52
W 18x106	79500	158	IPE 400	23130	66,3	HEM 160	5100	76,2
W 12x190	78668	283	HEA 320	22930	97,6	W 10x22	4912	33
HEM 340	76370	248	W 14x53	22518	79	W 8x31	4579	46
W 18x97	72840	144	W 10x88	22227	131	W 12x16	4287	24
W 12x170	68678	253	W 12x65	22185	97	W 8x28	4079	42
HEM 320	68130	245	W 16x40	21560	60	W 10x19	4008	28
IPE 550	67120	106	W 18x35	21228	52	IPE 240	3890	30,7
HEA 450	63720	140	W 14x48	20187	71	HEB 180	3830	51,2
W 18x86	63683	128	W 12x58	19770	86	HEA 200	3690	42,3
W 14x132	63683	196	HEB 280	19270	103	W 12x14	3688	21
W 16x100	62018	149	W 10x77	18939	115	W 8x24	3446	36
HEM 300	59200	238	W 16x36	18647	54	W 10x17	3409	25
W 12x152	59120	226	HEA 300	18260	88,3	HEM 140	3290	63,2
HEB 400	57680	155	W 14x43	17815	64	W 8x21	3134	31
W 14x120	57440	179	W 12x53	17690	79	W 10x15	2868	22
W 18x76	55359	113	W 12x50	16400	74	IPE 220	2770	26,2
W 16x89	54140	132	W 10x68	16400	101	W 8x18	2576	27
W 14x109	51613	162	IPE 360	16270	57,1	HEA 180	2510	35,5
W 12x136	51613	202	W 14x38	16025	57	HEB 160	2490	42,6
W 18x71	48699	106	W 16x31	15609	46	W 6x25	2223	37
IPE 500	48200	90,7	HEB 260	14920	93	W 10x11,5	2164	17
W 16x77	46202	115	HEM 220	14600	117	HEM 120	2020	52,1
W 14x99	46202	147	W 12x45	14568	67	W 8x15	1998	22
HEA 400	45070	125	W 10x60	14318	89	IPE 200	1940	22,4
W 18x65	44537	97	W 14x34	14152	51	W 6x20	1723	30
W 12x120	44537	179	HEA 280	13670	76,4	HEA 160	1670	30,4
HEB 360	43190	142	W 12x40	12903	60	HEB 140	1510	33,7
W 14x90	41582	134	W 10x54	12612	80	W 6x16	1336	24
W 18x60	40957	89	W 16x26	12529	39	IPE 180	1320	18,8
W 16x67	39708	100	W 14x30	12112	45	W 6x15	1211	22
HEM 280	39550	189	W 12x35	11863	52	HEM 100	1140	41,8
W 12x106	38835	158	IPE 330	11770	49,1	W 5x18,5	1057	28
W 14x89	37627	132	W 10x49	11363	73	HEA 140	1030	24,7
W 18x55	37045	82	W 8x67	11321	100	W 5x16	887	24
W 14x82	36712	122	HEB 240	11260	83,2	IPE 160	869	15,8



HEB 340	36660	134	HEM 200	10640	103	HEB 120	864	26,7
W 12x96	34672	77,6	HEA 260	10450	68,2	HEA 120	606	25,3
IPE 450	33740	143	W 10x45	10323	67	IPE 140	541	12,9
W 18x50	33382	74	W 14x26	10198	39	HEB 100	450	20,4
W 14x74	33132	110	W 12x30	9906	45	IPE 120	318	10,4
HEA 360	33090	112	W 8x58	9490	86	HEA 100	349	16,7
W 16x57	31550	85	W 10x39	8699	58	IPE 100	171	8,1
HEM 260	31310	172	W 12x26	8491	39	IPE 80	80,1	6



Índice de Tablas:

Perfiles estructurales

TABLA 2-1 PERFILES HE - MEDIDAS, MASAS Y DATOS DE SECCIÓN	11
TABLA 2-2 PERFILES IPE - MEDIDAS, MASAS Y DATOS DE SECCIÓN	12
TABLA 2-3 PERFILES I CON ALAS INCLINADAS - MEDIDAS, MASAS Y DATOS DE SECCIÓN	12
TABLA 2-4 PERFILES U NORMAL - MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	13
TABLA 2-5 UAP. PERFILES U (ALAS PARALELAS) - DIMENSIONES Y MASAS	13
TABLA 2-6 PERFILES UPE - MEDIDAS, MASAS Y DATOS DE SECCIÓN	14
TABLA 2-7 PERFILES Y GRAPAS DE ACERO PARA ENTIBACIÓN - DESIGNACIÓN	15
TABLA 2-8 PERFILES DE ACERO PARA ENTIBACIÓN - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	15
TABLA 2-9 PERFILES DE ACERO PARA ENTIBACIÓN - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOLERANCIAS DE LOS PERFILES THN Y GTHN	15
TABLA 2-10 PERFILES-PILARES ALA ANCHA HD - DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	16
TABLA 2-11 PERFILES-PILARES ALA ANCHA HD - MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	16
TABLA 2-12 PERFILES AMERICANOS – PERFILES C - DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	18
TABLA 2-13 PERFILES AMERICANOS – PERFILES C - MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	18
TABLA 2-14 PERFILES AMERICANOS – PERFILES S - DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	18
TABLA 2-15 PERFILES AMERICANOS – PERFILES-HP - DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	18
TABLA 2-16 PERFILES AMERICANOS – PERFILES HP - MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	19
TABLA 2-17 PERFILES AMERICANOS – PERFILES W - DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	19
TABLA 2-18 PERFILES AMERICANOS – PERFILES W - MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	22
TABLA 2-19 PERFILES BRITÁNICOS – HP - DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	25
TABLA 2-20 PERFILES BRITÁNICOS – HP - MEDIDAS DATOS DE SECCIÓN	25
TABLA 2-21 PERFILES BRITÁNICOS – UB – DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	25
TABLA 2-22 PERFILES BRITÁNICOS – UB - MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	26
TABLA 2-23 PERFILES BRITÁNICOS – UC – DESIGNACIÓN Y DIMENSIONES	28
TABLA 2-24 PERFILES BRITÁNICOS – UC- MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN	28
TABLA 2-25 TOLERANCIAS DE PERFILES ESTRUCTURALES: IPN, IPE, HE, HD, HP, UB, UC, W	29
TABLA 2-26 TOLERANCIAS DE PERFILES ESTRUCTURALES: U, UPN, UAP, C	30
TABLA 2-27 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS) - MÁXIMO VALOR DE Q(T/M) QUE AGOTA EL PERFIL UPN PARA UNA DETERMINADA LUZ EN METROS	31
TABLA 2-28 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS) - MÁXIMO VALOR DE Q(T/M) QUE AGOTA EL PERFIL IPN PARA UNA DETERMINADA LUZ EN METROS	32
TABLA 2-29 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS) - MÁXIMO VALOR DE Q(T/M) QUE AGOTA EL PERFIL IPE PARA UNA DETERMINADA LUZ EN METROS	32
TABLA 2-30 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS) - MÁXIMO VALOR DE Q(T/M) QUE AGOTA EL PERFIL HEA PARA UNA DETERMINADA LUZ EN METROS	33
TABLA 2-31 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS) - MÁXIMO VALOR DE Q(T/M) QUE AGOTA EL PERFIL HEB PARA UNA DETERMINADA LUZ EN METROS	34
TABLA 2-32 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: 1 UPN	35
TABLA 2-33 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: 2 UPN	35
TABLA 2-34 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: IPN	36
TABLA 2-35 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: IPE	36
TABLA 2-36 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: HEB	36

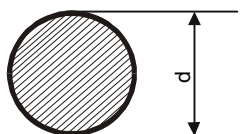


TABLA 2-37 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: HEA	37
TABLA 2-38 CALCULO DE ESTRUCTURAS - PIEZAS SOMETIDAS A COMPRESIÓN (PILARES) - VALOR DEL ESFUERZO NORMAL (N^*), EN T, PARA UNA LONGITUD DE PANDEO (I_K), EN METROS: HEM.....	37
TABLA 2-39 COMPARATIVA DE PERFILES EUROPEOS (HE – IPE) Y AMERICANOS (W) - MÓDULOS RESISTENTES W_x (CM^3)	38
TABLA 2-40 COMPARATIVA DE PERFILES EUROPEOS (HE – IPE) Y AMERICANOS (W) - MOMENTOS DE INERCIA I_x (CM^4).....	39



3. PERFILES COMERCIALES	37
3.1. REDONDO LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE EN 10060-04	37
3.2. CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE EN 10059:04.....	39
3.3. HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE 36-547-76: 79(ERRATUM)	42
3.4. BARRAS RECTANGULARES DE CANTO VIVO, LAMINADAS EN CALIENTE. UNE-EN 10058:04. FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO (HIERROS PLANOS).....	44
3.5. ANGULARES DE LADOS IGUALES (PERFILES L). UNE EN 10056-99.	55
3.6. ANGULARES DE LADOS DESIGUALES (PERFILES LD). UNE EN 10056-1-99.....	57
3.7. PERFIL T DE ACERO CON ALAS IGUALES Y ARISTAS REDONDEADAS LAMINADO EN CALIENTE. PERFILES SIMPLES T. UNE EN 10055-95.....	59
3.8. PERFILES U PEQUEÑOS (COMERCIAL). UNE 36-525-01.....	61
3.9. OTROS PERFILES COMERCIALES.....	63
3.9.1. LLANTAS BULBO LAMINADAS EN CALIENTE (CONSTRUCCIÓN NAVAL) UNE-EN 10067: 1997	63
3.9.2. MEDIOS REDONDOS	64
3.9.3. MEDIAS CAÑAS.....	64

3. PERFILES COMERCIALES



3.1. BARRAS REDONDAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE PARA USOS GENERALES. DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA. UNE-EN 10060:2004

Tabla 3-1 Redondo laminado en caliente – Pesos en Kg/m y Área de la sección transversal en cm² de barras de acero

Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m	Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m	Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m
3	0,071	0,055	68	36,317	28,509	305	730,618	573,535
3,5	0,096	0,076	70	38,485	30,210	310	754,769	592,494
4	0,126	0,099	72	40,715	31,961	315	779,313	611,761
4,5	0,159	0,125	74	43,009	33,762	320	804,250	631,336
5	0,196	0,154	75	44,179	34,680	325	829,579	651,219
5,5	0,238	0,187	76	45,365	35,611	330	855,301	671,411
6	0,283	0,222	78	47,784	37,510	335	881,415	691,911
7	0,385	0,302	80	50,266	39,458	340	907,922	712,719
8	0,503	0,395	85	56,745	44,545	345	934,822	733,836
9	0,636	0,499	90	63,617	49,940	350	962,115	755,260
10	0,785	0,617	95	70,882	55,643	355	989,800	776,993
11	0,950	0,746	100	78,540	61,654	360	1017,878	799,035
12	1,131	0,888	105	86,590	67,973	365	1046,349	821,384
13	1,327	1,042	110	95,033	74,601	370	1075,213	844,042
14	1,539	1,208	115	103,869	81,537	375	1104,469	867,008
15	1,767	1,387	120	113,098	88,782	380	1134,118	890,282
16	2,011	1,578	125	122,719	96,334	385	1164,159	913,865
17	2,270	1,782	130	132,733	104,195	390	1194,593	937,756
18	2,545	1,998	135	143,139	112,364	395	1225,420	961,955
19	2,835	2,226	140	153,938	120,842	400	1256,640	986,462
20	3,142	2,466	145	165,130	129,627	405	1288,252	1011,278
21	3,464	2,719	150	176,715	138,721	410	1320,257	1036,402
22	3,801	2,984	155	188,692	148,123	415	1352,655	1061,834
23	4,155	3,261	160	201,062	157,834	420	1385,446	1087,575
24	4,524	3,551	165	213,825	167,853	425	1418,629	1113,624
25	4,909	3,853	170	226,981	178,180	430	1452,205	1139,981
26	5,309	4,168	175	240,529	188,815	435	1486,173	1166,646
27	5,726	4,495	180	254,470	199,759	440	1520,534	1193,620
28	6,158	4,834	185	268,803	211,010	445	1555,288	1220,901
29	6,605	5,185	190	283,529	222,571	450	1590,435	1248,491
30	7,069	5,549	195	298,648	234,439	455	1625,974	1276,390
32	8,042	6,313	200	314,160	246,616	460	1661,906	1304,597
34	9,079	7,127	205	330,064	259,101	465	1698,231	1333,111
36	10,179	7,990	210	346,361	271,894	470	1734,949	1361,935
38	11,341	8,903	215	363,051	284,995	475	1772,059	1391,066
40	12,566	9,865	220	380,000	298,000	480	1809,562	1420,506
41	13,203	10,364	225	397,609	312,123	485	1847,457	1450,254
42	13,854	10,876	230	415,477	326,149	490	1885,745	1480,310
44	15,205	11,936	235	433,737	340,484	495	1924,426	1510,675
46	16,619	13,046	240	452,390	355,126	500	1963,500	1541,348
48	18,096	14,205	245	471,436	370,078	510	2042,825	1603,618
50	19,635	15,413	250	490,875	385,337	520	2123,722	1667,121
52	21,237	16,671	255	510,706	400,904	530	2206,189	1731,858
54	22,902	17,978	260	530,930	416,780	550	2375,835	1865,030
55	23,758	18,650	265	551,547	432,965	575	2596,729	2038,432
56	24,630	19,335	270	572,557	449,457	600	2827,440	2219,540
58	26,421	20,740	275	593,959	466,258	650	3318,315	2604,877
60	28,274	22,195	280	615,754	483,367	700	3848,460	3021,041
62	30,191	23,700	285	637,941	500,784	750	4417,875	3468,032
64	32,170	25,253	290	660,521	518,509	800	5026,560	3945,850
65	33,183	26,049	295	683,494	536,543			
66	34,212	26,856	300	706,860	554,885			

Calidad: S275 JR



□ TOLERANCIAS

- Tolerancia en el diámetro:

Tabla 3-2 Redondo laminado en caliente - Tolerancias en diámetro

Diámetro nominal d mm		Tolerancias en mm		
desde (excluido)	hasta (incluido)	Nivel I	Nivel II	Nivel III
5 (1)	7	± 0.4	± 0.3	----
7 (2)	15	± 0.4	± 0.3	± 0.2
15	20	± 0.5	± 0.3	± 0.2
20	25	± 0.5	± 0.4	± 0.3
25	30	± 0.6	± 0.4	± 0.3
30	35	± 0.6	± 0.5	± 0.4
35	50	± 0.8	± 0.5	± 0.4
50	80	± 1.0	± 0.7	
80	100	± 1.3		
100	120	± 1.5		
120	160	± 2.0		
160	200	± 2.5		
200	----	± 3.0		

(1) incluido
(2) Incluido para el nivel III

- Ovalidad: Se define como ovalidad la diferencia entre el diámetro máximo y mínimo de una misma sección recta. La ovalidad no será mayor que el 80 % del intervalo total de la tolerancia definida en el diámetro.
- Tolerancia de enderezado.

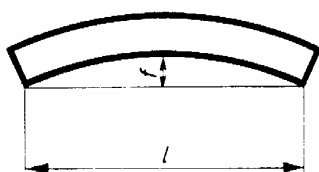


Tabla 3-3 Redondo laminado en caliente - Tolerancia en enderezado

Diámetro nominal d mm		Tolerancia: Flecha máxima f mm	
desde	hasta	Nivel I	Nivel II
20	40 (excluido)	----	4 mm/m
40	80 (incluido)	0.4% de l	0.25% de l
80 (excluido)		0.25% de l	

- Tolerancia en longitud: Para barras solicitadas a longitud fija, se admite una tolerancia de corte de ± 100 mm. Previa solicitud en el pedido las barras hasta 12 m (inclusive) se suministrarán con $+^{75}_0$ (tolerancia restringida). Las tolerancias de corte en frío deberán convenirse en el pedido, si bien se recomienda la elección de los valores $+^{50}_0$, $+^{10}_0$, $+^{25}_0$.
- Tolerancia en masa: La desviación en masa es la diferencia entre la masa suministrada y la masa teórica. Ésta se determina multiplicando la masa teórica unitaria por el número de metros suministrados. Las tolerancias indicadas en la siguiente tabla sólo se aplican a lotes de redondos del mismo diámetro iguales o superiores a 5t. Para lotes inferiores estas tolerancias aumentarían un tercio.

Tabla 3-4 Redondo laminado en caliente - Tolerancias en masa

Diámetro nominal d mm		Tolerancias en masa
desde	hasta (incluido)	
----	6	± 8
6	15	± 6
15	----	± 4



3.2.BARRAS CUADRADADAS DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE PARA USOS GENERALES. DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA. UNE-EN 10059:2004

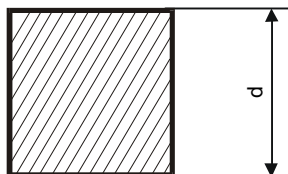


Tabla 3-5 Cuadrado laminado en caliente - Pesos en Kg/m y Área de la sección transversal en cm² de barras de acero.

Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m	Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m	Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m
3	0,090	0,071	68	46,240	36,298	305	930,250	730,246
3,5	0,123	0,096	70	49,000	38,465	310	961,000	754,385
4	0,160	0,126	72	51,840	40,694	315	992,250	778,916
4,5	0,203	0,159	74	54,760	42,987	320	1024,000	803,840
5	0,250	0,196	75	56,250	44,156	325	1056,250	829,156
5,5	0,303	0,237	76	57,760	45,342	330	1089,000	854,865
6	0,360	0,283	78	60,840	47,759	335	1122,250	880,966
7	0,490	0,385	80	64,000	50,240	340	1156,000	907,460
8	0,640	0,502	85	72,250	56,716	345	1190,250	934,346
9	0,810	0,636	90	81,000	63,585	350	1225,000	961,625
10	1,000	0,785	95	90,250	70,846	355	1260,250	989,296
11	1,210	0,950	100	100,000	78,500	360	1296,000	1017,360
12	1,440	1,130	105	110,250	86,546	365	1332,250	1045,816
13	1,690	1,327	110	121,000	94,985	370	1369,000	1074,665
14	1,960	1,539	115	132,250	103,816	375	1406,250	1103,906
15	2,250	1,766	120	144,000	113,040	380	1444,000	1133,540
16	2,560	2,010	125	156,250	122,656	385	1482,250	1163,566
17	2,890	2,269	130	169,000	132,665	390	1521,000	1193,985
18	3,240	2,543	135	182,250	143,066	395	1560,250	1224,796
19	3,610	2,834	140	196,000	153,860	400	1600,000	1256,000
20	4,000	3,140	145	210,250	165,046	405	1640,250	1287,596
21	4,410	3,462	150	225,000	176,625	410	1681,000	1319,585
22	4,840	3,799	155	240,250	188,596	415	1722,250	1351,966
23	5,290	4,153	160	256,000	200,960	420	1764,000	1384,740
24	5,760	4,522	165	272,250	213,716	425	1806,250	1417,906
25	6,250	4,906	170	289,000	226,865	430	1849,000	1451,465
26	6,760	5,307	175	306,250	240,406	435	1892,250	1485,416
27	7,290	5,723	180	324,000	254,340	440	1936,000	1519,760
28	7,840	6,154	185	342,250	268,666	445	1980,250	1554,496
29	8,410	6,602	190	361,000	283,385	450	2025,000	1589,625
30	9,000	7,065	195	380,250	298,496	455	2070,250	1625,146
32	10,240	8,038	200	400,000	314,000	460	2116,000	1661,060
34	11,560	9,075	205	420,250	329,896	465	2162,250	1697,366
36	12,960	10,174	210	441,000	346,185	470	2209,000	1734,065
38	14,440	11,335	215	462,250	362,866	475	2256,250	1771,156
40	16,000	12,560	220	484,000	379,940	480	2304,000	1808,640
41	16,810	13,196	225	506,250	397,406	485	2352,250	1846,516
42	17,640	13,847	230	529,000	415,265	490	2401,000	1884,785
44	19,360	15,198	235	552,250	433,516	495	2450,250	1923,446
46	21,160	16,611	240	576,000	452,160	500	2500,000	1962,500
48	23,040	18,086	245	600,250	471,196	510	2601,000	2041,785
50	25,000	19,625	250	625,000	490,625	520	2704,000	2122,640
52	27,040	21,226	255	650,250	510,446	530	2809,000	2205,065
54	29,160	22,891	260	676,000	530,660	550	3025,000	2374,625
55	30,250	23,746	265	702,250	551,266	575	3306,250	2595,406
56	31,360	24,618	270	729,000	572,265	600	3600,000	2826,000
58	33,640	26,407	275	756,250	593,656	650	4225,000	3316,625
60	36,000	28,260	280	784,000	615,440	700	4900,000	3846,500
62	38,440	30,175	285	812,250	637,616	750	5625,000	4415,625
64	40,960	32,154	290	841,000	660,185	800	6400,000	5024,000
65	42,250	33,166	295	870,250	683,146			
66	43,560	34,195	300	900,000	706,500			

Calidad: S275 JR

□ TOLERANCIAS

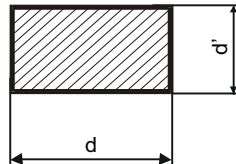
Tabla 3-6 Cuadrado laminado en caliente - Tolerancias en sección.

Lado nominal a mm		Tolerancia en mm	
Desde (excluido)	Hasta (incluido)	Nivel I	Nivel II
5 (1)	15	± 0.4	± 0.3
15	25	± 0.5	± 0.4
25	35	± 0.6	± 0.5
35	50	± 0.8	± 0.6
50	80	± 1.0	± 0.8
80	100	± 1.3	----
100	120	± 1.5	----
120	----	± 2.0	----

(1) incluido

- Defecto de forma.

Se define como defecto de forma la diferencia a-a' entre dos lados consecutivos, de una misma sección recta. Esta diferencia no será mayor que el 80% del intervalo total de la tolerancia en sección.



- Tolerancia en el redondeo de aristas.

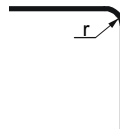


Tabla 3-7 Cuadrado laminado en caliente - Tolerancia en el redondeo de aristas.

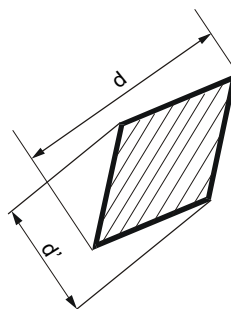
Lado nominal a mm		Tolerancia r máximo
Desde (excluido)	Hasta (incluido)	
5 (1)	12	1
12	20	1.5
20	30	2
30	50	2.5
50	100	3
100	----	4

1) incluido

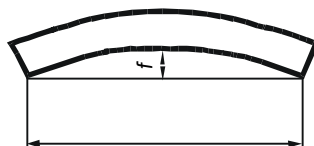
- Falta de escuadrado

La falta de escuadrado se medirá por la diferencia de las diagonales de una misma sección recta y no será superior al 6% de la diagonal mayor (tolerancia normal) o al 4% de dicha diagonal (tolerancia restringida)

La tolerancia restringida solo es aplicable a cuadrados entre 20 y 80 mm.



- **Tolerancia de longitud**
Para barras solicitadas a longitud fija, se admite una tolerancia de corte de ± 100 mm. Previa solicitud en el pedido, las barras hasta 12m (inclusive) se suministrarán con $^{+75}_0$ y las de longitud superior a 12 m con tolerancia de $^{+100}_0$ (tolerancia restringida). La tolerancia de corte en frío deberá convenirse en el pedido, se recomienda la elección de los valores $^{+5}_0$, $^{+10}_0$, $^{+25}_0$, $^{+50}_0$.
- **Tolerancia de revirado**
Los cuadrados no deben superar un revirado superior a 4° por metro para tolerancias de Nivel I y de 2° por metro con un máximo de 12° para tolerancias del Nivel II.
- **Tolerancia de enderezado**

**Tabla 3-8 Cuadrado laminado en caliente - Tolerancia de enderezado.**

nivel I		nivel II	
Lado nominal a mm	Tolerancia Flecha máxima	Lado nominal a mm	Tolerancia Flecha máxima
Desde 40 hasta 80	0.004 L	Desde 20 hasta 40	4 mm por m
Superior a 80	0.0025 L	Superior a 40 hasta 80	0.0025 L

- **Tolerancia en la masa**
La desviación en masa es la diferencia entre la masa suministrada y la masa teórica. Ésta se determina multiplicando la masa teórica unitaria por el número de metros suministrados. Las tolerancias indicadas en la tabla sólo se aplican a lotes cuadrados del mismo lado iguales o superiores a 5t. Para lotes inferiores estas tolerancias aumentarán un tercio.

Tabla 3-9 Cuadrado laminado en caliente - Tolerancia en masa

Lado nominal a mm		Tolerancias en masa
Desde	Hasta (incluido)	
----	6	± 8
6	15	± 6
15	----	± 4



3.3. HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE. MEDIDAS Y TOLERANCIAS. UNE 36-547-76; 79(ERRATUM)

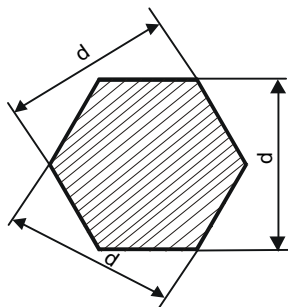


Tabla 3-10 Hexagonal laminado en caliente - Pesos en Kg/m y Área de la sección transversal en cm² de barras de acero.

Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m	Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m	Diámetro nominal d mm	Sección transversal a cm ²	Masa unitaria kg/m
3	0,078	0,061	62	33,290	26,133	265	608,166	477,411
3,5	0,106	0,083	64	35,472	27,846	270	631,333	495,596
4	0,139	0,109	65	36,590	28,723	275	654,932	514,121
4,5	0,175	0,138	66	37,724	29,613	280	678,964	532,987
5	0,217	0,170	68	40,045	31,435	285	703,429	552,192
5,5	0,262	0,206	70	42,435	33,312	290	728,327	571,737
6	0,312	0,245	72	44,895	35,242	295	753,659	591,622
7	0,424	0,333	74	47,424	37,227	300	779,423	611,847
8	0,554	0,435	75	48,714	38,240	305	805,620	632,412
9	0,701	0,551	76	50,022	39,267	310	832,250	653,317
10	0,866	0,680	78	52,689	41,361	315	859,314	674,561
11	1,048	0,823	80	55,426	43,509	320	886,810	696,146
12	1,247	0,979	85	62,570	49,118	325	914,739	718,070
13	1,464	1,149	90	70,148	55,066	330	943,102	740,335
14	1,697	1,332	95	78,159	61,355	335	971,897	762,939
15	1,949	1,530	100	86,603	67,983	340	1001,125	785,883
16	2,217	1,740	105	95,479	74,951	345	1030,787	809,168
17	2,503	1,965	110	104,789	82,259	350	1060,881	832,792
18	2,806	2,203	115	114,532	89,908	355	1091,409	856,756
19	3,126	2,454	120	124,708	97,896	360	1122,369	881,060
20	3,464	2,719	125	135,316	106,223	365	1153,762	905,703
21	3,819	2,998	130	146,358	114,891	370	1185,589	930,687
22	4,192	3,290	135	157,833	123,899	375	1217,848	956,011
23	4,581	3,596	140	169,741	133,247	380	1250,541	981,674
24	4,988	3,916	145	182,082	142,934	385	1283,666	1007,678
25	5,413	4,249	150	194,856	152,962	390	1317,225	1034,021
26	5,854	4,596	155	208,063	163,329	395	1351,216	1060,705
27	6,313	4,956	160	221,703	174,036	400	1385,641	1087,728
28	6,790	5,330	165	235,775	185,084	405	1420,498	1115,091
29	7,283	5,717	170	250,281	196,471	410	1455,789	1142,794
30	7,794	6,118	175	265,220	208,198	415	1491,512	1170,837
32	8,868	6,961	180	280,592	220,265	420	1527,669	1199,220
34	10,011	7,859	185	296,397	232,672	425	1564,258	1227,943
36	11,224	8,811	190	312,635	245,419	430	1601,281	1257,006
38	12,505	9,817	195	329,306	258,505	435	1638,737	1286,408
40	13,856	10,877	200	346,410	271,932	440	1676,625	1316,151
41	14,558	11,428	205	363,947	285,699	445	1714,947	1346,233
42	15,277	11,992	210	381,917	299,805	450	1753,701	1376,656
44	16,766	13,162	215	400,320	314,251	455	1792,889	1407,418
46	18,325	14,385	220	419,156	329,038	460	1832,510	1438,520
48	19,953	15,663	225	438,425	344,164	465	1872,563	1469,962
50	21,651	16,996	230	458,127	359,630	470	1913,050	1501,744
52	23,417	18,383	235	478,263	375,436	475	1953,970	1533,866
54	25,253	19,824	240	498,831	391,582	480	1995,323	1566,328
55	26,197	20,565	245	519,832	408,068	485	2037,108	1599,130
56	27,159	21,319	250	541,266	424,894	490	2079,327	1632,272
58	29,133	22,869	255	563,133	442,059	495	2121,979	1665,753
60	31,177	24,474	260	585,433	459,565	500	2165,064	1699,575

Calidad: S275 JR



□ TOLERANCIAS

En los apartados siguientes se establecen para cada dimensión uno o varios niveles de tolerancias. En el pedido se indicará el nivel deseado para cada dimensión. Estas tolerancias no son aplicables a las barras calibradas cuyas tolerancias se establecen en la norma UNE 36-076.

- Tolerancias de la dimensión d.

Tabla 3-11 Hexagonal laminado en caliente – Tolerancias de la dimensión d.

Dimensión nominal d mm		Tolerancia en mm
Desde (excluido)	Hasta (incluido)	Nivel I
----	15	± 0.4
15	25	± 0.5
25	35	± 0.6
35	50	± 0.8
50	100	± 1.0

- Defecto de forma: Se define como defecto de forma la existencia de una diferencia entre la distancia d y d' máxima y mínima de una misma sección recta. Esta diferencia no será mayor que el 80% del intervalo total de la tolerancia de la dimensión d.

Tabla 3-12 Hexagonal laminado en caliente – Tolerancia en el redondeo de aristas.

Dimensión nominal d mm		Tolerancia r máximo mm
Desde	Hasta (incluido)	
----	20	1.5
21	30	2.0
31	50	2.5
50	----	3.0

- Tolerancia de enderezado: La flecha se medirá sobre la longitud l total de la barra.

Tabla 3-13 Hexagonal laminado en caliente – Tolerancia de enderezado

Dimensión nominal d mm		Tolerancia de enderezado flecha máxima mm	
Desde	Hasta (incluido)	Nivel I	Nivel II
20	40	----	4 mm/m
40	----	0.4% de l	0.25% de l

- Revirado: La tolerancia en el revirado deberá convenirse en el pedido.
- Tolerancia en longitud: Para barras solicitadas a longitud fija, se admite una tolerancia de corte de ± 100 mm. Previa solicitud en el pedido, las barras de hasta 12 m (inclusive) se suministrarán con $^{+75}_0$ y las de longitud superior a 12 m con tolerancia de $^{+100}_0$ (tolerancia restringida). Las tolerancias de corte en frío deberán convenirse en el pedido si bien se recomienda la elección entre los valores $^{+5}_0$; $^{+10}_0$; $^{+25}_0$; $^{+50}_0$.
- Tolerancia en masa:
La desviación en masa es la diferencia entre la masa suministrada y la masa teórica. Esta se determina multiplicando la masa teórica unitaria por el número de metros.

Tabla 3-14 Hexagonal laminado en caliente – Tolerancia en masa

Dimensión nominal d mm		Tolerancia
Desde	Hasta (incluido)	
----	15	± 6
15	----	± 4

Las tolerancias indicadas en la tabla solo se aplican a lotes hexagonales de la misma dimensión, iguales o superiores a 5 t. Para lotes inferiores estas tolerancias se aumentarán un tercio.



3.4. BARRAS RECTANGULARES DE ACERO LAMINADAS EN CALIENTE PARA USOS GENERALES. UNE-EN 10058:2004. FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO (Hierros Planos).

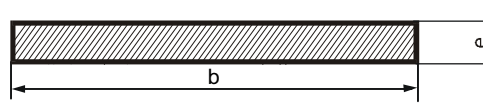


Tabla 3-15 Flejes, Pletinas y Llantas de acero - Dimensiones y masas en Kg/m

Espesor mm	Anchos en mm															
	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25	26	28	30	32	34	35
1	0,079	0,094	0,110	0,118	0,126	0,141	0,157	0,173	0,188	0,196	0,204	0,220	0,236	0,251	0,267	0,275
2	0,157	0,188	0,220	0,236	0,251	0,283	0,314	0,345	0,377	0,393	0,408	0,440	0,471	0,502	0,534	0,550
3	0,236	0,283	0,330	0,353	0,377	0,424	0,471	0,518	0,565	0,589	0,612	0,659	0,707	0,754	0,801	0,824
4	0,314	0,377	0,440	0,471	0,502	0,565	0,628	0,691	0,754	0,785	0,816	0,879	0,942	1,005	1,068	1,099
5	0,393	0,471	0,550	0,589	0,628	0,707	0,785	0,864	0,942	0,981	1,021	1,099	1,178	1,256	1,335	1,374
6	0,471	0,565	0,659	0,707	0,754	0,848	0,942	1,036	1,130	1,178	1,225	1,319	1,413	1,507	1,601	1,649
7	0,550	0,659	0,769	0,824	0,879	0,989	1,099	1,209	1,319	1,374	1,429	1,539	1,649	1,758	1,868	1,923
8	0,628	0,754	0,879	0,942	1,005	1,130	1,256	1,382	1,507	1,570	1,633	1,758	1,884	2,010	2,135	2,198
9	0,707	0,848	0,989	1,060	1,130	1,272	1,413	1,554	1,696	1,766	1,837	1,978	2,120	2,261	2,402	2,473
10	0,785	0,942	1,099	1,178	1,256	1,413	1,570	1,727	1,884	1,963	2,041	2,198	2,355	2,512	2,669	2,748
11	0,864	1,036	1,209	1,295	1,382	1,554	1,727	1,900	2,072	2,159	2,245	2,418	2,591	2,763	2,936	3,022
12	0,942	1,130	1,319	1,413	1,507	1,696	1,884	2,072	2,261	2,355	2,449	2,638	2,826	3,014	3,203	3,297
13	1,021	1,225	1,429	1,531	1,633	1,837	2,041	2,245	2,449	2,551	2,653	2,857	3,062	3,266	3,470	3,572
14	1,099	1,319	1,539	1,649	1,758	1,978	2,198	2,418	2,638	2,748	2,857	3,077	3,297	3,517	3,737	3,847
15	1,178	1,413	1,649	1,766	1,884	2,120	2,355	2,591	2,826	2,944	3,062	3,297	3,533	3,768	4,004	4,121
16	1,256	1,507	1,758	1,884	2,010	2,261	2,512	2,763	3,014	3,140	3,266	3,517	3,768	4,019	4,270	4,396
17	1,335	1,601	1,868	2,002	2,135	2,402	2,669	2,936	3,203	3,336	3,470	3,737	4,004	4,270	4,537	4,671
18	1,413	1,696	1,978	2,120	2,261	2,543	2,826	3,109	3,391	3,533	3,674	3,956	4,239	4,522	4,804	4,946
19	1,492	1,790	2,088	2,237	2,386	2,685	2,983	3,281	3,580	3,729	3,878	4,176	4,475	4,773	5,071	5,220
20	1,570	1,884	2,198	2,355	2,512	2,826	3,140	3,454	3,768	3,925	4,082	4,396	4,710	5,024	5,338	5,495
21	1,649	1,978	2,308	2,473	2,638	2,967	3,297	3,627	3,956	4,121	4,286	4,616	4,946	5,275	5,605	5,770
22	1,727	2,072	2,418	2,591	2,763	3,109	3,454	3,799	4,145	4,318	4,490	4,836	5,181	5,526	5,872	6,045
23	1,806	2,167	2,528	2,708	2,889	3,250	3,611	3,972	4,333	4,514	4,694	5,055	5,417	5,778	6,139	6,319
24	1,884	2,261	2,638	2,826	3,014	3,391	3,768	4,145	4,522	4,710	4,898	5,275	5,652	6,029	6,406	6,594
25	1,963	2,355	2,748	2,944	3,140	3,533	3,925	4,318	4,710	4,906	5,103	5,495	5,888	6,280	6,673	6,869
26	2,041	2,449	2,857	3,062	3,266	3,674	4,082	4,490	4,898	5,103	5,307	5,715	6,123	6,531	6,939	7,144
27	2,120	2,543	2,967	3,179	3,391	3,815	4,239	4,663	5,087	5,299	5,511	5,935	6,359	6,782	7,206	7,418
28	2,198	2,638	3,077	3,297	3,517	3,956	4,396	4,836	5,275	5,495	5,715	6,154	6,594	7,034	7,473	7,693
29	2,277	2,732	3,187	3,415	3,642	4,098	4,553	5,008	5,464	5,691	5,919	6,374	6,830	7,285	7,740	7,968
30	2,355	2,826	3,297	3,533	3,768	4,239	4,710	5,181	5,652	5,888	6,123	6,594	7,065	7,536	8,007	8,243
31	2,434	2,920	3,407	3,650	3,894	4,380	4,867	5,354	5,840	6,084	6,327	6,814	7,301	7,787	8,274	8,517
32	2,512	3,014	3,517	3,768	4,019	4,522	5,024	5,526	6,029	6,280	6,531	7,034	7,536	8,038	8,541	8,792
33	2,591	3,109	3,627	3,886	4,145	4,663	5,181	5,699	6,217	6,476	6,735	7,253	7,772	8,290	8,808	9,067
34	2,669	3,203	3,737	4,004	4,270	4,804	5,338	5,872	6,406	6,673	6,939	7,473	8,007	8,541	9,075	9,342
35	2,748	3,297	3,847	4,121	4,396	4,946	5,495	6,045	6,594	6,869	7,144	7,693	8,243	8,792	9,342	9,616
36	2,826	3,391	3,956	4,239	4,522	5,087	5,652	6,217	6,782	7,065	7,348	7,913	8,478	9,043	9,608	9,891
37	2,905	3,485	4,066	4,357	4,647	5,228	5,809	6,390	6,971	7,261	7,552	8,133	8,714	9,294	9,875	10,166
38	2,983	3,580	4,176	4,475	4,773	5,369	5,966	6,563	7,159	7,458	7,756	8,352	8,949	9,546	10,142	10,441
39	3,062	3,674	4,286	4,592	4,898	5,511	6,123	6,735	7,348	7,654	7,960	8,572	9,185	9,797	10,409	10,715
40	3,140	3,768	4,396	4,710	5,024	5,652	6,280	6,908	7,536	7,850	8,164	8,792	9,420	10,048	10,676	10,990
41	3,219	3,862	4,506	4,828	5,150	5,793	6,437	7,081	7,724	8,046	8,368	9,012	9,656	10,299	10,943	11,265
42	3,297	3,956	4,616	4,946	5,275	5,935	6,594	7,253	7,913	8,243	8,572	9,232	9,891	10,550	11,210	11,540
43	3,376	4,051	4,726	5,063	5,401	6,076	6,751	7,426	8,101	8,439	8,776	9,451	10,127	10,802	11,477	11,814
44	3,454	4,145	4,836	5,181	5,526	6,217	6,908	7,599	8,290	8,635	8,980	9,671	10,362	11,053	11,744	12,089
45	3,533	4,239	4,946	5,299	5,652	6,359	7,065	7,772	8,478	8,831	9,185	9,891	10,598	11,304	12,011	12,364

Calidad: S275 JR



Tabla 3.15. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) Dimensiones y masas en Kg/m

Espesor mm	Anchos en mm													
	36	38	40	42	44	45	46	48	50	52	54	55	56	60
1	0,283	0,298	0,314	0,330	0,345	0,353	0,361	0,377	0,393	0,408	0,424	0,432	0,440	0,471
2	0,565	0,597	0,628	0,659	0,691	0,707	0,722	0,754	0,785	0,816	0,848	0,864	0,879	0,942
3	0,848	0,895	0,942	0,989	1,036	1,060	1,083	1,130	1,178	1,225	1,272	1,295	1,319	1,413
4	1,130	1,193	1,256	1,319	1,382	1,413	1,444	1,507	1,570	1,633	1,696	1,727	1,758	1,884
5	1,413	1,492	1,570	1,649	1,727	1,766	1,806	1,884	1,963	2,041	2,120	2,159	2,198	2,355
6	1,696	1,790	1,884	1,978	2,072	2,120	2,167	2,261	2,355	2,449	2,543	2,591	2,638	2,826
7	1,978	2,088	2,198	2,308	2,418	2,473	2,528	2,638	2,748	2,857	2,967	3,022	3,077	3,297
8	2,261	2,386	2,512	2,638	2,763	2,826	2,889	3,014	3,140	3,266	3,391	3,454	3,517	3,768
9	2,543	2,685	2,826	2,967	3,109	3,179	3,250	3,391	3,533	3,674	3,815	3,886	3,956	4,239
10	2,826	2,983	3,140	3,297	3,454	3,533	3,611	3,768	3,925	4,082	4,239	4,318	4,396	4,710
11	3,109	3,281	3,454	3,627	3,799	3,886	3,972	4,145	4,318	4,490	4,663	4,749	4,836	5,181
12	3,391	3,580	3,768	3,956	4,145	4,239	4,333	4,522	4,710	4,898	5,087	5,181	5,275	5,652
13	3,674	3,878	4,082	4,286	4,490	4,592	4,694	4,898	5,103	5,307	5,511	5,613	5,715	6,123
14	3,956	4,176	4,396	4,616	4,836	4,946	5,055	5,275	5,495	5,715	5,935	6,045	6,154	6,594
15	4,239	4,475	4,710	4,946	5,181	5,299	5,417	5,652	5,888	6,123	6,359	6,476	6,594	7,065
16	4,522	4,773	5,024	5,275	5,526	5,652	5,778	6,029	6,280	6,531	6,782	6,908	7,034	7,536
17	4,804	5,071	5,338	5,605	5,872	6,005	6,139	6,406	6,673	6,939	7,206	7,340	7,473	8,007
18	5,087	5,369	5,652	5,935	6,217	6,359	6,500	6,782	7,065	7,348	7,630	7,772	7,913	8,478
19	5,369	5,668	5,966	6,264	6,563	6,712	6,861	7,159	7,458	7,756	8,054	8,203	8,352	8,949
20	5,652	5,966	6,280	6,594	6,908	7,065	7,222	7,536	7,850	8,164	8,478	8,635	8,792	9,420
21	5,935	6,264	6,594	6,924	7,253	7,418	7,583	7,913	8,243	8,572	8,902	9,067	9,232	9,891
22	6,217	6,563	6,908	7,253	7,599	7,772	7,944	8,290	8,635	8,980	9,326	9,499	9,671	10,362
23	6,500	6,861	7,222	7,583	7,944	8,125	8,305	8,666	9,028	9,389	9,750	9,930	10,111	10,833
24	6,782	7,159	7,536	7,913	8,290	8,478	8,666	9,043	9,420	9,797	10,174	10,362	10,550	11,304
25	7,065	7,458	7,850	8,243	8,635	8,831	9,028	9,420	9,813	10,205	10,598	10,794	10,990	11,775
26	7,348	7,756	8,164	8,572	8,980	9,185	9,389	9,797	10,205	10,613	11,021	11,226	11,430	12,246
27	7,630	8,054	8,478	8,902	9,326	9,538	9,750	10,174	10,598	11,021	11,445	11,657	11,869	12,717
28	7,913	8,352	8,792	9,232	9,671	9,891	10,111	10,550	10,990	11,430	11,869	12,089	12,309	13,188
29	8,195	8,651	9,106	9,561	10,017	10,244	10,472	10,927	11,383	11,838	12,293	12,521	12,748	13,659
30	8,478	8,949	9,420	9,891	10,362	10,598	10,833	11,304	11,775	12,246	12,717	12,953	13,188	14,130
31	8,761	9,247	9,734	10,221	10,707	10,951	11,194	11,681	12,168	12,654	13,141	13,384	13,628	14,601
32	9,043	9,546	10,048	10,550	11,053	11,304	11,555	12,058	12,560	13,062	13,565	13,816	14,067	15,072
33	9,326	9,844	10,362	10,880	11,398	11,657	11,916	12,434	12,953	13,471	13,989	14,248	14,507	15,543
34	9,608	10,142	10,676	11,210	11,744	12,011	12,277	12,811	13,345	13,879	14,413	14,680	14,946	16,014
35	9,891	10,441	10,990	11,540	12,089	12,364	12,639	13,188	13,738	14,287	14,837	15,111	15,386	16,485
36	10,174	10,739	11,304	11,869	12,434	12,717	13,000	13,565	14,130	14,695	15,260	15,543	15,826	16,956
37	10,456	11,037	11,618	12,199	12,780	13,070	13,361	13,942	14,523	15,103	15,684	15,975	16,265	17,427
38	10,739	11,335	11,932	12,529	13,125	13,424	13,722	14,318	14,915	15,512	16,108	16,407	16,705	17,898
39	11,021	11,634	12,246	12,858	13,471	13,777	14,083	14,695	15,308	15,920	16,532	16,838	17,144	18,369
40	11,304	11,932	12,560	13,188	13,816	14,130	14,444	15,072	15,700	16,328	16,956	17,270	17,584	18,840
41	11,587	12,230	12,874	13,518	14,161	14,483	14,805	15,449	16,093	16,736	17,380	17,702	18,024	19,311
42	11,869	12,529	13,188	13,847	14,507	14,837	15,166	15,826	16,485	17,144	17,804	18,134	18,463	19,782
43	12,152	12,827	13,502	14,177	14,852	15,190	15,527	16,202	16,878	17,553	18,228	18,565	18,903	20,253
44	12,434	13,125	13,816	14,507	15,198	15,543	15,888	16,579	17,270	17,961	18,652	18,997	19,342	20,724
45	12,717	13,424	14,130	14,837	15,543	15,896	16,250	16,956	17,663	18,369	19,076	19,429	19,782	21,195

Calidad: S275 JR



Tabla 3.15. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) - Dimensiones y masas en Kg/m

Espesor mm	Anchos en mm														
	62	64	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150
1	0,487	0,502	0,510	0,550	0,589	0,628	0,667	0,707	0,746	0,785	0,864	0,942	1,021	1,099	1,178
2	0,973	1,005	1,021	1,099	1,178	1,256	1,335	1,413	1,492	1,570	1,727	1,884	2,041	2,198	2,355
3	1,460	1,507	1,531	1,649	1,766	1,884	2,002	2,120	2,237	2,355	2,591	2,826	3,062	3,297	3,533
4	1,947	2,010	2,041	2,198	2,355	2,512	2,669	2,826	2,983	3,140	3,454	3,768	4,082	4,396	4,710
5	2,434	2,512	2,551	2,748	2,944	3,140	3,336	3,533	3,729	3,925	4,318	4,710	5,103	5,495	5,888
6	2,920	3,014	3,062	3,297	3,533	3,768	4,004	4,239	4,475	4,710	5,181	5,652	6,123	6,594	7,065
7	3,407	3,517	3,572	3,847	4,121	4,396	4,671	4,946	5,220	5,495	6,045	6,594	7,144	7,693	8,243
8	3,894	4,019	4,082	4,396	4,710	5,024	5,338	5,652	5,966	6,280	6,908	7,536	8,164	8,792	9,420
9	4,380	4,522	4,592	4,946	5,299	5,652	6,005	6,359	6,712	7,065	7,772	8,478	9,185	9,891	10,598
10	4,867	5,024	5,103	5,495	5,888	6,280	6,673	7,065	7,458	7,850	8,635	9,420	10,205	10,990	11,775
11	5,354	5,526	5,613	6,045	6,476	6,908	7,340	7,772	8,203	8,635	9,499	10,362	11,226	12,089	12,953
12	5,840	6,029	6,123	6,594	7,065	7,536	8,007	8,478	8,949	9,420	10,362	11,304	12,246	13,188	14,130
13	6,327	6,531	6,633	7,144	7,654	8,164	8,674	9,185	9,695	10,205	11,226	12,246	13,267	14,287	15,308
14	6,814	7,034	7,144	7,693	8,243	8,792	9,342	9,891	10,441	10,990	12,089	13,188	14,287	15,386	16,485
15	7,301	7,536	7,654	8,243	8,831	9,420	10,009	10,598	11,186	11,775	12,953	14,130	15,308	16,485	17,663
16	7,787	8,038	8,164	8,792	9,420	10,048	10,676	11,304	11,932	12,560	13,816	15,072	16,328	17,584	18,840
17	8,274	8,541	8,674	9,342	10,009	10,676	11,343	12,011	12,678	13,345	14,680	16,014	17,349	18,683	20,018
18	8,761	9,043	9,185	9,891	10,598	11,304	12,011	12,717	13,424	14,130	15,543	16,956	18,369	19,782	21,195
19	9,247	9,546	9,695	10,441	11,186	11,932	12,678	13,424	14,169	14,915	16,407	17,898	19,390	20,881	22,373
20	9,734	10,048	10,205	10,990	11,775	12,560	13,345	14,130	14,915	15,700	17,270	18,840	20,410	21,980	23,550
21	10,221	10,550	10,715	11,540	12,364	13,188	14,012	14,837	15,661	16,485	18,134	19,782	21,431	23,079	24,728
22	10,707	11,053	11,226	12,089	12,953	13,816	14,680	15,543	16,407	17,270	18,997	20,724	22,451	24,178	25,905
23	11,194	11,555	11,736	12,639	13,541	14,444	15,347	16,250	17,152	18,055	19,861	21,666	23,472	25,277	27,083
24	11,681	12,058	12,246	13,188	14,130	15,072	16,014	16,956	17,898	18,840	20,724	22,608	24,492	26,376	28,260
25	12,168	12,560	12,756	13,738	14,719	15,700	16,681	17,663	18,644	19,625	21,588	23,550	25,513	27,475	29,438
26	12,654	13,062	13,267	14,287	15,308	16,328	17,349	18,369	19,390	20,410	22,451	24,492	26,533	28,574	30,615
27	13,141	13,565	13,777	14,837	15,896	16,956	18,016	19,076	20,135	21,195	23,315	25,434	27,554	29,673	31,793
28	13,628	14,067	14,287	15,386	16,485	17,584	18,683	19,782	20,881	21,980	24,178	26,376	28,574	30,772	32,970
29	14,114	14,570	14,797	15,936	17,074	18,212	19,350	20,489	21,627	22,765	25,042	27,318	29,595	31,871	34,148
30	14,601	15,072	15,308	16,485	17,663	18,840	20,018	21,195	22,373	23,550	25,905	28,260	30,615	32,970	35,325
31	15,088	15,574	15,818	17,035	18,251	19,468	20,685	21,902	23,118	24,335	26,769	29,202	31,636	34,069	36,503
32	15,574	16,077	16,328	17,584	18,840	20,096	21,352	22,608	23,864	25,120	27,632	30,144	32,656	35,168	37,680
33	16,061	16,579	16,838	18,134	19,429	20,724	22,019	23,315	24,610	25,905	28,496	31,086	33,677	36,267	38,858
34	16,548	17,082	17,349	18,683	20,018	21,352	22,687	24,021	25,356	26,690	29,359	32,028	34,697	37,366	40,035
35	17,035	17,584	17,859	19,233	20,606	21,980	23,354	24,728	26,101	27,475	30,223	32,970	35,718	38,465	41,213
36	17,521	18,086	18,369	19,782	21,195	22,608	24,021	25,434	26,847	28,260	31,086	33,912	36,738	39,564	42,390
37	18,008	18,589	18,879	20,332	21,784	23,236	24,688	26,141	27,593	29,045	31,950	34,854	37,759	40,663	43,568
38	18,495	19,091	19,390	20,881	22,373	23,864	25,356	26,847	28,339	29,830	32,813	35,796	38,779	41,762	44,745
39	18,981	19,594	19,900	21,431	22,961	24,492	26,023	27,554	29,084	30,615	33,677	36,738	39,800	42,861	45,923
40	19,468	20,096	20,410	21,980	23,550	25,120	26,690	28,260	29,830	31,400	34,540	37,680	40,820	43,960	47,100
41	19,955	20,598	20,920	22,530	24,139	25,748	27,357	28,967	30,576	32,185	35,404	38,622	41,841	45,059	48,278
42	20,441	21,101	21,431	23,079	24,728	26,376	28,025	29,673	31,322	32,970	36,267	39,564	42,861	46,158	49,455
43	20,928	21,603	21,941	23,629	25,316	27,004	28,692	30,380	32,067	33,755	37,131	40,506	43,882	47,257	50,633
44	21,415	22,106	22,451	24,178	25,905	27,632	29,359	31,086	32,813	34,540	37,994	41,448	44,902	48,356	51,810
45	21,902	22,608	22,961	24,728	26,494	28,260	30,026	31,793	33,559	35,325	38,858	42,390	45,923	49,455	52,988

Calidad: S275 JR



Tabla 3.15. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) - Dimensiones y masas en Kg/m

espesor mm	anchos en mm														
	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
1	1,256	1,335	1,413	1,492	1,570	1,649	1,727	1,806	1,884	1,963	2,041	2,120	2,198	2,277	2,355
2	2,512	2,669	2,826	2,983	3,140	3,297	3,454	3,611	3,768	3,925	4,082	4,239	4,396	4,553	4,710
3	3,768	4,004	4,239	4,475	4,710	4,946	5,181	5,417	5,652	5,888	6,123	6,359	6,594	6,830	7,065
4	5,024	5,338	5,652	5,966	6,280	6,594	6,908	7,222	7,536	7,850	8,164	8,478	8,792	9,106	9,420
5	6,280	6,673	7,065	7,458	7,850	8,243	8,635	9,028	9,420	9,813	10,205	10,598	10,990	11,383	11,775
6	7,536	8,007	8,478	8,949	9,420	9,891	10,362	10,833	11,304	11,775	12,246	12,717	13,188	13,659	14,130
7	8,792	9,342	9,891	10,441	10,990	11,540	12,089	12,639	13,188	13,738	14,287	14,837	15,386	15,936	16,485
8	10,048	10,676	11,304	11,932	12,560	13,188	13,816	14,444	15,072	15,700	16,328	16,956	17,584	18,212	18,840
9	11,304	12,011	12,717	13,424	14,130	14,837	15,543	16,250	16,956	17,663	18,369	19,076	19,782	20,489	21,195
10	12,560	13,345	14,130	14,915	15,700	16,485	17,270	18,055	18,840	19,625	20,410	21,195	21,980	22,765	23,550
11	13,816	14,680	15,543	16,407	17,270	18,134	18,997	19,861	20,724	21,588	22,451	23,315	24,178	25,042	25,905
12	15,072	16,014	16,956	17,898	18,840	19,782	20,724	21,666	22,608	23,550	24,492	25,434	26,376	27,318	28,260
13	16,328	17,349	18,369	19,390	20,410	21,431	22,451	23,472	24,492	25,513	26,533	27,554	28,574	29,595	30,615
14	17,584	18,683	19,782	20,881	21,980	23,079	24,178	25,277	26,376	27,475	28,574	29,673	30,772	31,871	32,970
15	18,840	20,018	21,195	22,373	23,550	24,728	25,905	27,083	28,260	29,438	30,615	31,793	32,970	34,148	35,325
16	20,096	21,352	22,608	23,864	25,120	26,376	27,632	28,888	30,144	31,400	32,656	33,912	35,168	36,424	37,680
17	21,352	22,687	24,021	25,356	26,690	28,025	29,359	30,694	32,028	33,363	34,697	36,032	37,366	38,701	40,035
18	22,608	24,021	25,434	26,847	28,260	29,673	31,086	32,499	33,912	35,325	36,738	38,151	39,564	40,977	42,390
19	23,864	25,356	26,847	28,339	29,830	31,322	32,813	34,305	35,796	37,288	38,779	40,271	41,762	43,254	44,745
20	25,120	26,690	28,260	29,830	31,400	32,970	34,540	36,110	37,680	39,250	40,820	42,390	43,960	45,530	47,100
21	26,376	28,025	29,673	31,322	32,970	34,619	36,267	37,916	39,564	41,213	42,861	44,510	46,158	47,807	49,455
22	27,632	29,359	31,086	32,813	34,540	36,267	37,994	39,721	41,448	43,175	44,902	46,629	48,356	50,083	51,810
23	28,888	30,694	32,499	34,305	36,110	37,916	39,721	41,527	43,332	45,138	46,943	48,749	50,554	52,360	54,165
24	30,144	32,028	33,912	35,796	37,680	39,564	41,448	43,332	45,216	47,100	48,984	50,868	52,752	54,636	56,520
25	31,400	33,363	35,325	37,288	39,250	41,213	43,175	45,138	47,100	49,063	51,025	52,988	54,950	56,913	58,875
26	32,656	34,697	36,738	38,779	40,820	42,861	44,902	46,943	48,984	51,025	53,066	55,107	57,148	59,189	61,230
27	33,912	36,032	38,151	40,271	42,390	44,510	46,629	48,749	50,868	52,988	55,107	57,227	59,346	61,466	63,585
28	35,168	37,366	39,564	41,762	43,960	46,158	48,356	50,554	52,752	54,950	57,148	59,346	61,544	63,742	65,940
29	36,424	38,701	40,977	43,254	45,530	47,807	50,083	52,360	54,636	56,913	59,189	61,466	63,742	66,019	68,295
30	37,680	40,035	42,390	44,745	47,100	49,455	51,810	54,165	56,520	58,875	61,230	63,585	65,940	68,295	70,650
31	38,936	41,370	43,803	46,237	48,670	51,104	53,537	55,971	58,404	60,838	63,271	65,705	68,138	70,572	73,005
32	40,192	42,704	45,216	47,728	50,240	52,752	55,264	57,776	60,288	62,800	65,312	67,824	70,336	72,848	75,360
33	41,448	44,039	46,629	49,220	51,810	54,401	56,991	59,582	62,172	64,763	67,353	69,944	72,534	75,125	77,715
34	42,704	45,373	48,042	50,711	53,380	56,049	58,718	61,387	64,056	66,725	69,394	72,063	74,732	77,401	80,070
35	43,960	46,708	49,455	52,203	54,950	57,698	60,445	63,193	65,940	68,688	71,435	74,183	76,930	79,678	82,425
36	45,216	48,042	50,868	53,694	56,520	59,346	62,172	64,998	67,824	70,650	73,476	76,302	79,128	81,954	84,780
37	46,472	49,377	52,281	55,186	58,090	60,995	63,899	66,804	69,708	72,613	75,517	78,422	81,326	84,231	87,135
38	47,728	50,711	53,694	56,677	59,660	62,643	65,626	68,609	71,592	74,575	77,558	80,541	83,524	86,507	89,490
39	48,984	52,046	55,107	58,169	61,230	64,292	67,353	70,415	73,476	76,538	79,599	82,661	85,722	88,784	91,845
40	50,240	53,380	56,520	59,660	62,800	65,940	69,080	72,220	75,360	78,500	81,640	84,780	87,920	91,060	94,200
41	51,496	54,715	57,933	61,152	64,370	67,589	70,807	74,026	77,244	80,463	83,681	86,900	90,118	93,337	96,555
42	52,752	56,049	59,346	62,643	65,940	69,237	72,534	75,831	79,128	82,425	85,722	89,019	92,316	95,613	98,910
43	54,008	57,384	60,759	64,135	67,510	70,886	74,261	77,637	81,012	84,388	87,763	91,139	94,514	97,890	101,265
44	55,264	58,718	62,172	65,626	69,080	72,534	75,988	79,442	82,896	86,350	89,804	93,258	96,712	100,166	103,620
45	56,520	60,053	63,585	67,118	70,650	74,183	77,715	81,248	84,780	88,313	91,845	95,378	98,910	102,443	105,975

Calidad: S275 JR



Tabla 3.15. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) - Dimensiones y masas en Kg/m

Espesor mm	Anchos en mm													
	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	425	450	475	500
1	2.434	2.512	2.591	2.669	2.748	2.826	2.905	2.983	3.062	3.140	3.336	3.533	3.729	3.925
2	4.867	5.024	5.181	5.338	5.495	5.652	5.809	5.966	6.123	6.280	6.673	7.065	7.458	7.850
3	7.300	7.536	7.772	8.007	8.243	8.478	8.714	8.949	9.185	9.420	10.009	10.598	11.186	11.775
4	9.734	10.048	10.362	10.676	10.990	11.304	11.618	11.932	12.246	12.560	13.345	14.130	14.915	15.700
5	12.167	12.560	12.953	13.345	13.738	14.130	14.523	14.915	15.308	15.700	16.681	17.663	18.644	19.625
6	14.601	15.072	15.543	16.014	16.485	16.956	17.427	17.898	18.369	18.840	20.018	21.195	22.373	23.550
7	17.034	17.584	18.134	18.683	19.233	19.782	20.332	20.881	21.431	21.980	23.354	24.728	26.101	27.475
8	19.468	20.096	20.724	21.352	21.980	22.608	23.236	23.864	24.492	25.120	26.690	28.260	29.830	31.400
9	21.901	22.608	23.315	24.021	24.728	25.434	26.141	26.847	27.554	28.260	30.026	31.793	33.559	35.325
10	24.335	25.120	25.905	26.690	27.475	28.260	29.045	29.830	30.615	31.400	33.363	35.325	37.288	39.250
11	26.768	27.632	28.496	29.359	30.223	31.086	31.950	32.813	33.677	34.540	36.699	38.858	41.016	43.175
12	29.202	30.144	31.086	32.028	32.970	33.912	34.854	35.796	36.738	37.680	40.035	42.390	44.745	47.100
13	31.635	32.656	33.677	34.697	35.718	36.738	37.759	38.779	39.800	40.820	43.371	45.923	48.474	51.025
14	34.069	35.168	36.267	37.366	38.465	39.564	40.663	41.762	42.861	43.960	46.708	49.455	52.203	54.950
15	36.502	37.680	38.858	40.035	41.213	42.390	43.568	44.745	45.923	47.100	50.044	52.988	55.931	58.875
16	38.936	40.192	41.448	42.704	43.960	45.216	46.472	47.728	48.984	50.240	53.380	56.520	59.660	62.800
17	41.369	42.704	44.039	45.373	46.708	48.042	49.377	50.711	52.046	53.380	56.716	60.053	63.389	66.725
18	43.803	45.216	46.629	48.042	49.455	50.868	52.281	53.694	55.107	56.520	60.053	63.585	67.118	70.650
19	46.236	47.728	49.220	50.711	52.203	53.694	55.186	56.677	58.169	59.660	63.389	67.118	70.846	74.575
20	48.670	50.240	51.810	53.380	54.950	56.520	58.090	59.660	61.230	62.800	66.725	70.650	74.575	78.500
21	51.103	52.752	54.401	56.049	57.698	59.346	60.995	62.643	64.292	65.940	70.061	74.183	78.304	82.425
22	53.537	55.264	56.991	58.718	60.445	62.172	63.899	65.626	67.353	69.080	73.398	77.715	82.033	86.350
23	55.970	57.776	59.582	61.387	63.193	64.998	66.804	68.609	70.415	72.220	76.734	81.248	85.761	90.275
24	58.404	60.288	62.172	64.056	65.940	67.824	69.708	71.592	73.476	75.360	80.070	84.780	89.490	94.200
25	60.837	62.800	64.763	66.725	68.688	70.650	72.613	74.575	76.538	78.500	83.406	88.313	93.219	98.125
26	63.271	65.312	67.353	69.394	71.435	73.476	75.517	77.558	79.599	81.640	86.743	91.845	96.948	102.050
27	65.704	67.824	69.944	72.063	74.183	76.302	78.422	80.541	82.661	84.780	90.079	95.378	100.676	105.975
28	68.138	70.336	72.534	74.732	76.930	79.128	81.326	83.524	85.722	87.920	93.415	98.910	104.405	109.900
29	70.571	72.848	75.125	77.401	79.678	81.954	84.231	86.507	88.784	91.060	96.751	102.443	108.134	113.825
30	73.005	75.360	77.715	80.070	82.425	84.780	87.135	89.490	91.845	94.200	100.088	105.975	111.863	117.750
31	75.438	77.872	80.306	82.739	85.173	87.606	90.040	92.473	94.907	97.340	103.424	109.508	115.591	121.675
32	77.872	80.384	82.896	85.408	87.920	90.432	92.944	95.456	97.968	100.480	106.760	113.040	119.320	125.600
33	80.305	82.896	85.487	88.077	90.668	93.258	95.849	98.439	101.030	103.620	110.096	116.573	123.049	129.525
34	82.739	85.408	88.077	90.746	93.415	96.084	98.753	101.422	104.091	106.760	113.433	120.105	126.778	133.450
35	85.172	87.920	90.668	93.415	96.163	98.910	101.658	104.405	107.153	109.900	116.769	123.638	130.506	137.375
36	87.606	90.432	93.258	96.084	98.910	101.736	104.562	107.388	110.214	113.040	120.105	127.170	134.235	141.300
37	90.039	92.944	95.849	98.753	101.658	104.562	107.467	110.371	113.276	116.180	123.441	130.703	137.964	145.225
38	92.473	95.456	98.439	101.422	104.405	107.388	110.371	113.354	116.337	119.320	126.778	134.235	141.693	149.150
39	94.906	97.968	101.030	104.091	107.153	110.214	113.276	116.337	119.399	122.460	130.114	137.768	145.421	153.075
40	97.340	100.480	103.620	106.760	109.900	113.040	116.180	119.320	122.460	125.600	133.450	141.300	149.150	157.000
41	99.773	102.992	106.211	109.429	112.648	115.866	119.085	122.303	125.522	128.740	136.786	144.833	152.879	160.925
42	102.207	105.504	108.801	112.098	115.395	118.692	121.989	125.286	128.583	131.880	140.123	148.365	156.608	164.850
43	104.640	108.016	111.392	114.767	118.143	121.518	124.894	128.269	131.645	135.020	143.459	151.898	160.336	168.775
44	107.074	110.528	113.982	117.436	120.890	124.344	127.798	131.252	134.706	138.160	146.795	155.430	164.065	172.700
45	109.507	113.040	116.573	120.105	123.638	127.170	130.703	134.235	137.768	141.300	150.131	158.963	167.794	176.625

Calidad: S275 JR



Tabla 3-16 Flejes, Pletinas y Llantas de acero - Dimensiones y secciones en cm².

Espesor mm	Anchos en mm															
	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25	26	28	30	32	34	35
1	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35
2	0,20	0,24	0,28	0,30	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,50	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,70
3	0,30	0,36	0,42	0,45	0,48	0,54	0,60	0,66	0,72	0,75	0,78	0,84	0,90	0,96	1,02	1,05
4	0,40	0,48	0,56	0,60	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96	1,00	1,04	1,12	1,20	1,28	1,36	1,40
5	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,25	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,75
6	0,60	0,72	0,84	0,90	0,96	1,08	1,20	1,32	1,44	1,50	1,56	1,68	1,80	1,92	2,04	2,10
7	0,70	0,84	0,98	1,05	1,12	1,26	1,40	1,54	1,68	1,75	1,82	1,96	2,10	2,24	2,38	2,45
8	0,80	0,96	1,12	1,20	1,28	1,44	1,60	1,76	1,92	2,00	2,08	2,24	2,40	2,56	2,72	2,80
9	0,90	1,08	1,26	1,35	1,44	1,62	1,80	1,98	2,16	2,25	2,34	2,52	2,70	2,88	3,06	3,15
10	1,00	1,20	1,40	1,50	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,50	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,50
11	1,10	1,32	1,54	1,65	1,76	1,98	2,20	2,42	2,64	2,75	2,86	3,08	3,30	3,52	3,74	3,85
12	1,20	1,44	1,68	1,80	1,92	2,16	2,40	2,64	2,88	3,00	3,12	3,36	3,60	3,84	4,08	4,20
13	1,30	1,56	1,82	1,95	2,08	2,34	2,60	2,86	3,12	3,25	3,38	3,64	3,90	4,16	4,42	4,55
14	1,40	1,68	1,96	2,10	2,24	2,52	2,80	3,08	3,36	3,50	3,64	3,92	4,20	4,48	4,76	4,90
15	1,50	1,80	2,10	2,25	2,40	2,70	3,00	3,30	3,60	3,75	3,90	4,20	4,50	4,80	5,10	5,25
16	1,60	1,92	2,24	2,40	2,56	2,88	3,20	3,52	3,84	4,00	4,16	4,48	4,80	5,12	5,44	5,60
17	1,70	2,04	2,38	2,55	2,72	3,06	3,40	3,74	4,08	4,25	4,42	4,76	5,10	5,44	5,78	5,95
18	1,80	2,16	2,52	2,70	2,88	3,24	3,60	3,96	4,32	4,50	4,68	5,04	5,40	5,76	6,12	6,30
19	1,90	2,28	2,66	2,85	3,04	3,42	3,80	4,18	4,56	4,75	4,94	5,32	5,70	6,08	6,46	6,65
20	2,00	2,40	2,80	3,00	3,20	3,60	4,00	4,40	4,80	5,00	5,20	5,60	6,00	6,40	6,80	7,00
21	2,10	2,52	2,94	3,15	3,36	3,78	4,20	4,62	5,04	5,25	5,46	5,88	6,30	6,72	7,14	7,35
22	2,20	2,64	3,08	3,30	3,52	3,96	4,40	4,84	5,28	5,50	5,72	6,16	6,60	7,04	7,48	7,70
23	2,30	2,76	3,22	3,45	3,68	4,14	4,60	5,06	5,52	5,75	5,98	6,44	6,90	7,36	7,82	8,05
24	2,40	2,88	3,36	3,60	3,84	4,32	4,80	5,28	5,76	6,00	6,24	6,72	7,20	7,68	8,16	8,40
25	2,50	3,00	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,25	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	8,75
26	2,60	3,12	3,64	3,90	4,16	4,68	5,20	5,72	6,24	6,50	6,76	7,28	7,80	8,32	8,84	9,10
27	2,70	3,24	3,78	4,05	4,32	4,86	5,40	5,94	6,48	6,75	7,02	7,56	8,10	8,64	9,18	9,45
28	2,80	3,36	3,92	4,20	4,48	5,04	5,60	6,16	6,72	7,00	7,28	7,84	8,40	8,96	9,52	9,80
29	2,90	3,48	4,06	4,35	4,64	5,22	5,80	6,38	6,96	7,25	7,54	8,12	8,70	9,28	9,86	10,15
30	3,00	3,60	4,20	4,50	4,80	5,40	6,00	6,60	7,20	7,50	7,80	8,40	9,00	9,60	10,20	10,50
31	3,10	3,72	4,34	4,65	4,96	5,58	6,20	6,82	7,44	7,75	8,06	8,68	9,30	9,92	10,54	10,85
32	3,20	3,84	4,48	4,80	5,12	5,76	6,40	7,04	7,68	8,00	8,32	8,96	9,60	10,24	10,88	11,20
33	3,30	3,96	4,62	4,95	5,28	5,94	6,60	7,26	7,92	8,25	8,58	9,24	9,90	10,56	11,22	11,55
34	3,40	4,08	4,76	5,10	5,44	6,12	6,80	7,48	8,16	8,50	8,84	9,52	10,20	10,88	11,56	11,90
35	3,50	4,20	4,90	5,25	5,60	6,30	7,00	7,70	8,40	8,75	9,10	9,80	10,50	11,20	11,90	12,25
36	3,60	4,32	5,04	5,40	5,76	6,48	7,20	7,92	8,64	9,00	9,36	10,08	10,80	11,52	12,24	12,60
37	3,70	4,44	5,18	5,55	5,92	6,66	7,40	8,14	8,88	9,25	9,62	10,36	11,10	11,84	12,58	12,95
38	3,80	4,56	5,32	5,70	6,08	6,84	7,60	8,36	9,12	9,50	9,88	10,64	11,40	12,16	12,92	13,30
39	3,90	4,68	5,46	5,85	6,24	7,02	7,80	8,58	9,36	9,75	10,14	10,92	11,70	12,48	13,26	13,65
40	4,00	4,80	5,60	6,00	6,40	7,20	8,00	8,80	9,60	10,00	10,40	11,20	12,00	12,80	13,60	14,00
41	4,10	4,92	5,74	6,15	6,56	7,38	8,20	9,02	9,84	10,25	10,66	11,48	12,30	13,12	13,94	14,35
42	4,20	5,04	5,88	6,30	6,72	7,56	8,40	9,24	10,08	10,50	10,92	11,76	12,60	13,44	14,28	14,70
43	4,30	5,16	6,02	6,45	6,88	7,74	8,60	9,46	10,32	10,75	11,18	12,04	12,90	13,76	14,62	15,05
44	4,40	5,28	6,16	6,60	7,04	7,92	8,80	9,68	10,56	11,00	11,44	12,32	13,20	14,08	14,96	15,40
45	4,50	5,40	6,30	6,75	7,20	8,10	9,00	9,90	10,80	11,25	11,70	12,60	13,50	14,40	15,30	15,75

Calidad: S275 JR



Tabla 3.16. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) - Dimensiones y secciones en cm².

Espesor mm	Anchos en mm														
	36	38	40	42	44	45	46	48	50	52	54	55	56	58	60
1	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55	0,56	0,58	0,60
2	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,90	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,10	1,12	1,16	1,20
3	1,08	1,14	1,20	1,26	1,32	1,35	1,38	1,44	1,50	1,56	1,62	1,65	1,68	1,74	1,80
4	1,44	1,52	1,60	1,68	1,76	1,80	1,84	1,92	2,00	2,08	2,16	2,20	2,24	2,32	2,40
5	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,25	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,75	2,80	2,90	3,00
6	2,16	2,28	2,40	2,52	2,64	2,70	2,76	2,88	3,00	3,12	3,24	3,30	3,36	3,48	3,60
7	2,52	2,66	2,80	2,94	3,08	3,15	3,22	3,36	3,50	3,64	3,78	3,85	3,92	4,06	4,20
8	2,88	3,04	3,20	3,36	3,52	3,60	3,68	3,84	4,00	4,16	4,32	4,40	4,48	4,64	4,80
9	3,24	3,42	3,60	3,78	3,96	4,05	4,14	4,32	4,50	4,68	4,86	4,95	5,04	5,22	5,40
10	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,50	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,50	5,60	5,80	6,00
11	3,96	4,18	4,40	4,62	4,84	4,95	5,06	5,28	5,50	5,72	5,94	6,05	6,16	6,38	6,60
12	4,32	4,56	4,80	5,04	5,28	5,40	5,52	5,76	6,00	6,24	6,48	6,60	6,72	6,96	7,20
13	4,68	4,94	5,20	5,46	5,72	5,85	5,98	6,24	6,50	6,76	7,02	7,15	7,28	7,54	7,80
14	5,04	5,32	5,60	5,88	6,16	6,30	6,44	6,72	7,00	7,28	7,56	7,70	7,84	8,12	8,40
15	5,40	5,70	6,00	6,30	6,60	6,75	6,90	7,20	7,50	7,80	8,10	8,25	8,40	8,70	9,00
16	5,76	6,08	6,40	6,72	7,04	7,20	7,36	7,68	8,00	8,32	8,64	8,80	8,96	9,28	9,60
17	6,12	6,46	6,80	7,14	7,48	7,65	7,82	8,16	8,50	8,84	9,18	9,35	9,52	9,86	10,20
18	6,48	6,84	7,20	7,56	7,92	8,10	8,28	8,64	9,00	9,36	9,72	9,90	10,08	10,44	10,80
19	6,84	7,22	7,60	7,98	8,36	8,55	8,74	9,12	9,50	9,88	10,26	10,45	10,64	11,02	11,40
20	7,20	7,60	8,00	8,40	8,80	9,00	9,20	9,60	10,00	10,40	10,80	11,00	11,20	11,60	12,00
21	7,56	7,98	8,40	8,82	9,24	9,45	9,66	10,08	10,50	10,92	11,34	11,55	11,76	12,18	12,60
22	7,92	8,36	8,80	9,24	9,68	9,90	10,12	10,56	11,00	11,44	11,88	12,10	12,32	12,76	13,20
23	8,28	8,74	9,20	9,66	10,12	10,35	10,58	11,04	11,50	11,96	12,42	12,65	12,88	13,34	13,80
24	8,64	9,12	9,60	10,08	10,56	10,80	11,04	11,52	12,00	12,48	12,96	13,20	13,44	13,92	14,40
25	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	11,25	11,50	12,00	12,50	13,00	13,50	13,75	14,00	14,50	15,00
26	9,36	9,88	10,40	10,92	11,44	11,70	11,96	12,48	13,00	13,52	14,04	14,30	14,56	15,08	15,60
27	9,72	10,26	10,80	11,34	11,88	12,15	12,42	12,96	13,50	14,04	14,58	14,85	15,12	15,66	16,20
28	10,08	10,64	11,20	11,76	12,32	12,60	12,88	13,44	14,00	14,56	15,12	15,40	15,68	16,24	16,80
29	10,44	11,02	11,60	12,18	12,76	13,05	13,34	13,92	14,50	15,08	15,66	15,95	16,24	16,82	17,40
30	10,80	11,40	12,00	12,60	13,20	13,50	13,80	14,40	15,00	15,60	16,20	16,50	16,80	17,40	18,00
31	11,16	11,78	12,40	13,02	13,64	13,95	14,26	14,88	15,50	16,12	16,74	17,05	17,36	17,98	18,60
32	11,52	12,16	12,80	13,44	14,08	14,40	14,72	15,36	16,00	16,64	17,28	17,60	17,92	18,56	19,20
33	11,88	12,54	13,20	13,86	14,52	14,85	15,18	15,84	16,50	17,16	17,82	18,15	18,48	19,14	19,80
34	12,24	12,92	13,60	14,28	14,96	15,30	15,64	16,32	17,00	17,68	18,36	18,70	19,04	19,72	20,40
35	12,60	13,30	14,00	14,70	15,40	15,75	16,10	16,80	17,50	18,20	18,90	19,25	19,60	20,30	21,00
36	12,96	13,68	14,40	15,12	15,84	16,20	16,56	17,28	18,00	18,72	19,44	19,80	20,16	20,88	21,60
37	13,32	14,06	14,80	15,54	16,28	16,65	17,02	17,76	18,50	19,24	19,98	20,35	20,72	21,46	22,20
38	13,68	14,44	15,20	15,96	16,72	17,10	17,48	18,24	19,00	19,76	20,52	20,90	21,28	22,04	22,80
39	14,04	14,82	15,60	16,38	17,16	17,55	17,94	18,72	19,50	20,28	21,06	21,45	21,84	22,62	23,40
40	14,40	15,20	16,00	16,80	17,60	18,00	18,40	19,20	20,00	20,80	21,60	22,00	22,40	23,20	24,00
41	14,76	15,58	16,40	17,22	18,04	18,45	18,86	19,68	20,50	21,32	22,14	22,55	22,96	23,78	24,60
42	15,12	15,96	16,80	17,64	18,48	18,90	19,32	20,16	21,00	21,84	22,68	23,10	23,52	24,36	25,20
43	15,48	16,34	17,20	18,06	18,92	19,35	19,78	20,64	21,50	22,36	23,22	23,65	24,08	24,94	25,80
44	15,84	16,72	17,60	18,48	19,36	19,80	20,24	21,12	22,00	22,88	23,76	24,20	24,64	25,52	26,40
45	16,20	17,10	18,00	18,90	19,80	20,25	20,70	21,60	22,50	23,40	24,30	24,75	25,20	26,10	27,00

Calidad: S275 JR



Tabla 3.16. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) - Dimensiones y secciones en cm².

Espesor mm	Anchos en mm														
	62	64	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150
1	0,62	0,64	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
2	1,24	1,28	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
3	1,86	1,92	1,95	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	2,85	3,00	3,30	3,60	3,90	4,20	4,50
4	2,48	2,56	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,40	4,80	5,20	5,60	6,00
5	3,10	3,20	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50
6	3,72	3,84	3,90	4,20	4,50	4,80	5,10	5,40	5,70	6,00	6,60	7,20	7,80	8,40	9,00
7	4,34	4,48	4,55	4,90	5,25	5,60	5,95	6,30	6,65	7,00	7,70	8,40	9,10	9,80	10,50
8	4,96	5,12	5,20	5,60	6,00	6,40	6,80	7,20	7,60	8,00	8,80	9,60	10,40	11,20	12,00
9	5,58	5,76	5,85	6,30	6,75	7,20	7,65	8,10	8,55	9,00	9,90	10,80	11,70	12,60	13,50
10	6,20	6,40	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00
11	6,82	7,04	7,15	7,70	8,25	8,80	9,35	9,90	10,45	11,00	12,10	13,20	14,30	15,40	16,50
12	7,44	7,68	7,80	8,40	9,00	9,60	10,20	10,80	11,40	12,00	13,20	14,40	15,60	16,80	18,00
13	8,06	8,32	8,45	9,10	9,75	10,40	11,05	11,70	12,35	13,00	14,30	15,60	16,90	18,20	19,50
14	8,68	8,96	9,10	9,80	10,50	11,20	11,90	12,60	13,30	14,00	15,40	16,80	18,20	19,60	21,00
15	9,30	9,60	9,75	10,50	11,25	12,00	12,75	13,50	14,25	15,00	16,50	18,00	19,50	21,00	22,50
16	9,92	10,24	10,40	11,20	12,00	12,80	13,60	14,40	15,20	16,00	17,60	19,20	20,80	22,40	24,00
17	10,54	10,88	11,05	11,90	12,75	13,60	14,45	15,30	16,15	17,00	18,70	20,40	22,10	23,80	25,50
18	11,16	11,52	11,70	12,60	13,50	14,40	15,30	16,20	17,10	18,00	19,80	21,60	23,40	25,20	27,00
19	11,78	12,16	12,35	13,30	14,25	15,20	16,15	17,10	18,05	19,00	20,90	22,80	24,70	26,60	28,50
20	12,40	12,80	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00
21	13,02	13,44	13,65	14,70	15,75	16,80	17,85	18,90	19,95	21,00	23,10	25,20	27,30	29,40	31,50
22	13,64	14,08	14,30	15,40	16,50	17,60	18,70	19,80	20,90	22,00	24,20	26,40	28,60	30,80	33,00
23	14,26	14,72	14,95	16,10	17,25	18,40	19,55	20,70	21,85	23,00	25,30	27,60	29,90	32,20	34,50
24	14,88	15,36	15,60	16,80	18,00	19,20	20,40	21,60	22,80	24,00	26,40	28,80	31,20	33,60	36,00
25	15,50	16,00	16,25	17,50	18,75	20,00	21,25	22,50	23,75	25,00	27,50	30,00	32,50	35,00	37,50
26	16,12	16,64	16,90	18,20	19,50	20,80	22,10	23,40	24,70	26,00	28,60	31,20	33,80	36,40	39,00
27	16,74	17,28	17,55	18,90	20,25	21,60	22,95	24,30	25,65	27,00	29,70	32,40	35,10	37,80	40,50
28	17,36	17,92	18,20	19,60	21,00	22,40	23,80	25,20	26,60	28,00	30,80	33,60	36,40	39,20	42,00
29	17,98	18,56	18,85	20,30	21,75	23,20	24,65	26,10	27,55	29,00	31,90	34,80	37,70	40,60	43,50
30	18,60	19,20	19,50	21,00	22,50	24,00	25,50	27,00	28,50	30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00
31	19,22	19,84	20,15	21,70	23,25	24,80	26,35	27,90	29,45	31,00	34,10	37,20	40,30	43,40	46,50
32	19,84	20,48	20,80	22,40	24,00	25,60	27,20	28,80	30,40	32,00	35,20	38,40	41,60	44,80	48,00
33	20,46	21,12	21,45	23,10	24,75	26,40	28,05	29,70	31,35	33,00	36,30	39,60	42,90	46,20	49,50
34	21,08	21,76	22,10	23,80	25,50	27,20	28,90	30,60	32,30	34,00	37,40	40,80	44,20	47,60	51,00
35	21,70	22,40	22,75	24,50	26,25	28,00	29,75	31,50	33,25	35,00	38,50	42,00	45,50	49,00	52,50
36	22,32	23,04	23,40	25,20	27,00	28,80	30,60	32,40	34,20	36,00	39,60	43,20	46,80	50,40	54,00
37	22,94	23,68	24,05	25,90	27,75	29,60	31,45	33,30	35,15	37,00	40,70	44,40	48,10	51,80	55,50
38	23,56	24,32	24,70	26,60	28,50	30,40	32,30	34,20	36,10	38,00	41,80	45,60	49,40	53,20	57,00
39	24,18	24,96	25,35	27,30	29,25	31,20	33,15	35,10	37,05	39,00	42,90	46,80	50,70	54,60	58,50
40	24,80	25,60	26,00	28,00	30,00	32,00	34,00	36,00	38,00	40,00	44,00	48,00	52,00	56,00	60,00
41	25,42	26,24	26,65	28,70	30,75	32,80	34,85	36,90	38,95	41,00	45,10	49,20	53,30	57,40	61,50
42	26,04	26,88	27,30	29,40	31,50	33,60	35,70	37,80	39,90	42,00	46,20	50,40	54,60	58,80	63,00
43	26,66	27,52	27,95	30,10	32,25	34,40	36,55	38,70	40,85	43,00	47,30	51,60	55,90	60,20	64,50
44	27,28	28,16	28,60	30,80	33,00	35,20	37,40	39,60	41,80	44,00	48,40	52,80	57,20	61,60	66,00
45	27,90	28,80	29,25	31,50	33,75	36,00	38,25	40,50	42,75	45,00	49,50	54,00	58,50	63,00	67,50

Calidad: S275 JR



Tabla 3.16. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) -Dimensiones y secciones en cm².

Espesor mm	Anchos en mm														
	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
1	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00
2	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00
3	4,80	5,10	5,40	5,70	6,00	6,30	6,60	6,90	7,20	7,50	7,80	8,10	8,40	8,70	9,00
4	6,40	6,80	7,20	7,60	8,00	8,40	8,80	9,20	9,60	10,00	10,40	10,80	11,20	11,60	12,00
5	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	11,50	12,00	12,50	13,00	13,50	14,00	14,50	15,00
6	9,60	10,20	10,80	11,40	12,00	12,60	13,20	13,80	14,40	15,00	15,60	16,20	16,80	17,40	18,00
7	11,20	11,90	12,60	13,30	14,00	14,70	15,40	16,10	16,80	17,50	18,20	18,90	19,60	20,30	21,00
8	12,80	13,60	14,40	15,20	16,00	16,80	17,60	18,40	19,20	20,00	20,80	21,60	22,40	23,20	24,00
9	14,40	15,30	16,20	17,10	18,00	18,90	19,80	20,70	21,60	22,50	23,40	24,30	25,20	26,10	27,00
10	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00
11	17,60	18,70	19,80	20,90	22,00	23,10	24,20	25,30	26,40	27,50	28,60	29,70	30,80	31,90	33,00
12	19,20	20,40	21,60	22,80	24,00	25,20	26,40	27,60	28,80	30,00	31,20	32,40	33,60	34,80	36,00
13	20,80	22,10	23,40	24,70	26,00	27,30	28,60	29,90	31,20	32,50	33,80	35,10	36,40	37,70	39,00
14	22,40	23,80	25,20	26,60	28,00	29,40	30,80	32,20	33,60	35,00	36,40	37,80	39,20	40,60	42,00
15	24,00	25,50	27,00	28,50	30,00	31,50	33,00	34,50	36,00	37,50	39,00	40,50	42,00	43,50	45,00
16	25,60	27,20	28,80	30,40	32,00	33,60	35,20	36,80	38,40	40,00	41,60	43,20	44,80	46,40	48,00
17	27,20	28,90	30,60	32,30	34,00	35,70	37,40	39,10	40,80	42,50	44,20	45,90	47,60	49,30	51,00
18	28,80	30,60	32,40	34,20	36,00	37,80	39,60	41,40	43,20	45,00	46,80	48,60	50,40	52,20	54,00
19	30,40	32,30	34,20	36,10	38,00	39,90	41,80	43,70	45,60	47,50	49,40	51,30	53,20	55,10	57,00
20	32,00	34,00	36,00	38,00	40,00	42,00	44,00	46,00	48,00	50,00	52,00	54,00	56,00	58,00	60,00
21	33,60	35,70	37,80	39,90	42,00	44,10	46,20	48,30	50,40	52,50	54,60	56,70	58,80	60,90	63,00
22	35,20	37,40	39,60	41,80	44,00	46,20	48,40	50,60	52,80	55,00	57,20	59,40	61,60	63,80	66,00
23	36,80	39,10	41,40	43,70	46,00	48,30	50,60	52,90	55,20	57,50	59,80	62,10	64,40	66,70	69,00
24	38,40	40,80	43,20	45,60	48,00	50,40	52,80	55,20	57,60	60,00	62,40	64,80	67,20	69,60	72,00
25	40,00	42,50	45,00	47,50	50,00	52,50	55,00	57,50	60,00	62,50	65,00	67,50	70,00	72,50	75,00
26	41,60	44,20	46,80	49,40	52,00	54,60	57,20	59,80	62,40	65,00	67,60	70,20	72,80	75,40	78,00
27	43,20	45,90	48,60	51,30	54,00	56,70	59,40	62,10	64,80	67,50	70,20	72,90	75,60	78,30	81,00
28	44,80	47,60	50,40	53,20	56,00	58,80	61,60	64,40	67,20	70,00	72,80	75,60	78,40	81,20	84,00
29	46,40	49,30	52,20	55,10	58,00	60,90	63,80	66,70	69,60	72,50	75,40	78,30	81,20	84,10	87,00
30	48,00	51,00	54,00	57,00	60,00	63,00	66,00	69,00	72,00	75,00	78,00	81,00	84,00	87,00	90,00
31	49,60	52,70	55,80	58,90	62,00	65,10	68,20	71,30	74,40	77,50	80,60	83,70	86,80	89,90	93,00
32	51,20	54,40	57,60	60,80	64,00	67,20	70,40	73,60	76,80	80,00	83,20	86,40	89,60	92,80	96,00
33	52,80	56,10	59,40	62,70	66,00	69,30	72,60	75,90	79,20	82,50	85,80	89,10	92,40	95,70	99,00
34	54,40	57,80	61,20	64,60	68,00	71,40	74,80	78,20	81,60	85,00	88,40	91,80	95,20	98,60	102,0
35	56,00	59,50	63,00	66,50	70,00	73,50	77,00	80,50	84,00	87,50	91,00	94,50	98,00	101,5	105,0
36	57,60	61,20	64,80	68,40	72,00	75,60	79,20	82,80	86,40	90,00	93,60	97,20	100,8	104,4	108,0
37	59,20	62,90	66,60	70,30	74,00	77,70	81,40	85,10	88,80	92,50	96,20	99,90	103,6	107,3	111,0
38	60,80	64,60	68,40	72,20	76,00	79,80	83,60	87,40	91,20	95,00	98,80	102,6	106,4	110,2	114,0
39	62,40	66,30	70,20	74,10	78,00	81,90	85,80	89,70	93,60	97,50	101,4	105,3	109,2	113,1	117,0
40	64,00	68,00	72,00	76,00	80,00	84,00	88,00	92,00	96,00	100,0	104,0	108,0	112,0	116,0	120,0
41	65,60	69,70	73,80	77,90	82,00	86,10	90,20	94,30	98,40	102,5	106,6	110,7	114,8	118,9	123,0
42	67,20	71,40	75,60	79,80	84,00	88,20	92,40	96,60	100,8	105,0	109,2	113,4	117,6	121,8	126,0
43	68,80	73,10	77,40	81,70	86,00	90,30	94,60	98,90	103,2	107,5	111,8	116,1	120,4	124,0	129,0
44	70,40	74,80	79,20	83,60	88,00	92,40	96,80	101,2	105,6	110,0	114,4	118,8	123,2	127,6	132,0
45	72,00	76,50	81,00	85,50	90,00	94,50	99,00	103,5	108,0	112,5	117,0	121,5	126,0	130,5	135,0

Calidad: S275 JR



Tabla 3.16. Flejes, Pletinas y Llantas de acero (Hierros Planos) - Dimensiones y secciones en cm².

Espesor mm	Anchos en mm													
	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	425	450	475	500
1	3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
2	6,20	6,40	6,60	6,80	7,00	7,20	7,40	7,60	7,80	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00
3	9,30	9,60	9,90	10,20	10,50	10,80	11,10	11,40	11,70	12,00	12,75	13,50	14,25	15,00
4	12,40	12,80	13,20	13,60	14,00	14,40	14,80	15,20	15,60	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00
5	15,50	16,00	16,50	17,00	17,50	18,00	18,50	19,00	19,50	20,00	21,25	22,50	23,75	25,00
6	18,60	19,20	19,80	20,40	21,00	21,60	22,20	22,80	23,40	24,00	25,50	27,00	28,50	30,00
7	21,70	22,40	23,10	23,80	24,50	25,20	25,90	26,60	27,30	28,00	29,75	31,50	33,25	35,00
8	24,80	25,60	26,40	27,20	28,00	28,80	29,60	30,40	31,20	32,00	34,00	36,00	38,00	40,00
9	27,90	28,80	29,70	30,60	31,50	32,40	33,30	34,20	35,10	36,00	38,25	40,50	42,75	45,00
10	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00	40,00	42,50	45,00	47,50	50,00
11	34,10	35,20	36,30	37,40	38,50	39,60	40,70	41,80	42,90	44,00	46,75	49,50	52,25	55,00
12	37,20	38,40	39,60	40,80	42,00	43,20	44,40	45,60	46,80	48,00	51,00	54,00	57,00	60,00
13	40,30	41,60	42,90	44,20	45,50	46,80	48,10	49,40	50,70	52,00	55,25	58,50	61,75	65,00
14	43,40	44,80	46,20	47,60	49,00	50,40	51,80	53,20	54,60	56,00	59,50	63,00	66,50	70,00
15	46,50	48,00	49,50	51,00	52,50	54,00	55,50	57,00	58,50	60,00	63,75	67,50	71,25	75,00
16	49,60	51,20	52,80	54,40	56,00	57,60	59,20	60,80	62,40	64,00	68,00	72,00	76,00	80,00
17	52,70	54,40	56,10	57,80	59,50	61,20	62,90	64,60	66,30	68,00	72,25	76,50	80,75	85,00
18	55,80	57,60	59,40	61,20	63,00	64,80	66,60	68,40	70,20	72,00	76,50	81,00	85,50	90,00
19	58,90	60,80	62,70	64,60	66,50	68,40	70,30	72,20	74,10	76,00	80,75	85,50	90,25	95,00
20	62,00	64,00	66,00	68,00	70,00	72,00	74,00	76,00	78,00	80,00	85,00	90,00	95,00	100,00
21	65,10	67,20	69,30	71,40	73,50	75,60	77,70	79,80	81,90	84,00	89,25	94,50	99,75	105,00
22	68,20	70,40	72,60	74,80	77,00	79,20	81,40	83,60	85,80	88,00	93,50	99,00	104,50	110,00
23	71,30	73,60	75,90	78,20	80,50	82,80	85,10	87,40	89,70	92,00	97,75	103,50	109,25	115,00
24	74,40	76,80	79,20	81,60	84,00	86,40	88,80	91,20	93,60	96,00	102,00	108,00	114,00	120,00
25	77,50	80,00	82,50	85,00	87,50	90,00	92,50	95,00	97,50	100,00	106,25	112,50	118,75	125,00
26	80,60	83,20	85,80	88,40	91,00	93,60	96,20	98,80	101,40	104,00	110,50	117,00	123,50	130,00
27	83,70	86,40	89,10	91,80	94,50	97,20	99,90	102,60	105,30	108,00	114,75	121,50	128,25	135,00
28	86,80	89,60	92,40	95,20	98,00	100,80	103,60	106,40	109,20	112,00	119,00	126,00	133,00	140,00
29	89,90	92,80	95,70	98,60	101,50	104,40	107,30	110,20	113,10	116,00	123,25	130,50	137,75	145,00
30	93,00	96,00	99,00	102,00	105,00	108,00	111,00	114,00	117,00	120,00	127,50	135,00	142,50	150,00
31	96,10	99,20	102,30	105,40	108,50	111,60	114,70	117,80	120,90	124,00	131,75	139,50	147,25	155,00
32	99,20	102,40	105,60	108,80	112,00	115,20	118,40	121,60	124,80	128,00	136,00	144,00	152,00	160,00
33	102,30	105,60	108,90	112,20	115,50	118,80	122,10	125,40	128,70	132,00	140,25	148,50	156,75	165,00
34	105,40	108,80	112,20	115,60	119,00	122,40	125,80	129,20	132,60	136,00	144,50	153,00	161,50	170,00
35	108,50	112,00	115,50	119,00	122,50	126,00	129,50	133,00	136,50	140,00	148,75	157,50	166,25	175,00
36	111,60	115,20	118,80	122,40	126,00	129,60	133,20	136,80	140,40	144,00	153,00	162,00	171,00	180,00
37	114,70	118,40	122,10	125,80	129,50	133,20	136,90	140,60	144,30	148,00	157,25	166,50	175,75	185,00
38	117,80	121,60	125,40	129,20	133,00	136,80	140,60	144,40	148,20	152,00	161,50	171,00	180,50	190,00
39	120,90	124,80	128,70	132,60	136,50	140,40	144,30	148,20	152,10	156,00	165,75	175,50	185,25	195,00
40	124,00	128,00	132,00	136,00	140,00	144,00	148,00	152,00	156,00	160,00	170,00	180,00	190,00	200,00
41	127,10	131,20	135,30	139,40	143,50	147,60	151,70	155,80	159,90	164,00	174,25	184,50	194,75	205,00
42	130,20	134,40	138,60	142,80	147,00	151,20	155,40	159,60	163,80	168,00	178,50	189,00	199,50	210,00
43	133,30	137,60	141,90	146,20	150,50	154,80	159,10	163,40	167,70	172,00	182,75	193,50	204,25	215,00
44	136,40	140,80	145,20	149,60	154,00	158,40	162,80	167,20	171,60	176,00	187,00	198,00	209,00	220,00
45	139,50	144,00	148,50	153,00	157,50	162,00	166,50	171,00	175,50	180,00	191,25	202,50	213,75	225,00

Calidad: S275 JR



□ TOLERANCIAS

Tabla 3-17 Flejes, Pletinas y Llantas de acero - Tolerancia en espesor

Dimensión nominal e mm		Tolerancia mm
desde	hasta (inclusive)	
----	20	± 0.5
21	40	± 1.0
41	50	± 1.5

Tabla 3-18 Flejes, Pletinas y Llantas de acero - Tolerancia en anchura

Dimensión nominal e mm		Tolerancia mm
desde	hasta (inclusive)	
----	75	± 1.0
76	100	± 1.5
101	120	± 2.0
121	180	± 2.5

- Tolerancia en longitud: Para barras solicitadas a longitud fija, se admite una tolerancia de corte de ± 100 mm. Previa solicitud en el pedido, las barras hasta 12 m (inclusive) se suministrarán con $^{+75}_0$ y las de longitud superior a 12m con tolerancias de $^{+100}_0$ (tolerancia restringida). Las tolerancias de corte en frío deberán convenirse en el pedido si bien se recomienda la elección entre los valores $^{+5}_0$, $^{+10}_0$, $^{+25}_0$, $^{+50}_0$.
- Tolerancia en enderezado

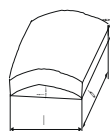


Tabla 3-19 Flejes, Pletinas y Llantas de acero - Tolerancia en enderezado.

Sección nominal b . e mm ²	Tolerancia en el plano a flecha máxima mm
hasta 1000 (excluido)	0.004 l
igual o superior a 1000	0.0025 l

- Tolerancia en la masa: La desviación en masa es la diferencia entre la masa suministrada y la masa teórica. Esta se determina multiplicando la masa teórica unitaria por el número de metros suministrados. Las tolerancias indicadas en la siguiente tabla sólo se aplican a lotes de productos de las mismas dimensiones iguales o superiores a 5t. Para lotes inferiores estas tolerancias se aumentarán un tercio.

Tabla 3-20 Flejes, Pletinas y Llantas de acero – Tolerancia en la masa

Espesor nominal e mm		Tolerancia en %
desde	hasta (inclusive)	
----	6	± 8
6	15	± 6
15	----	± 4

3.5. ANGULARES DE LADOS IGUALES (Perfiles L). UNE EN 10056-99.

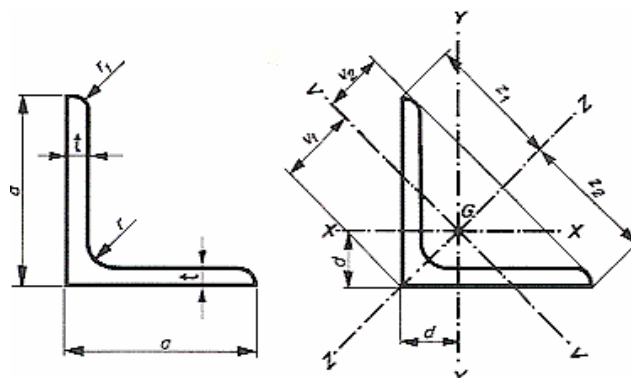


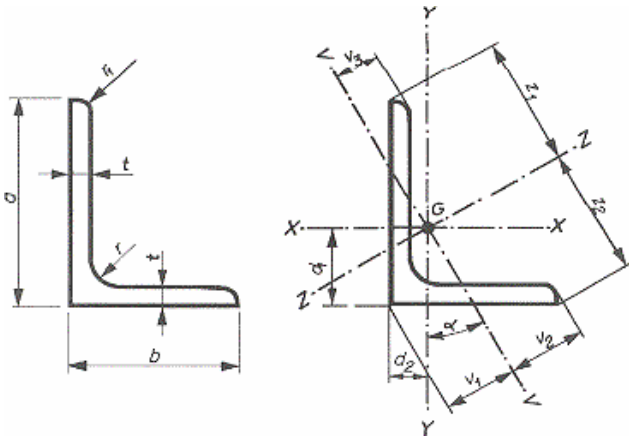
Tabla 3-21 Angulares de lados iguales (Perfiles L) - Dimensiones y características geométricas de los angulares laminados en caliente de lados iguales

Designación	Masa Kg/m	Área de la sección cm ²	Dimensiones			Distancias al centro de gravedad			Características geométricas respecto de los ejes							
			a	t	r _{unión}	C _x =C _y	C _u	C _v	X-X = Y-Y			U-U		V-V		
									I _x = I _y	r _x = r _y	Z _x = Z _y	I _u	r _u	I _v	r _v	Z _v
			mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ³
L 20 x 20 x 3	0.882	1.12	20	3	3.5	0.598	1.41	0.846	0.392	0.590	0.279	0.618	0.742	0.165	0.383	0.195
L 25 x 25 x 3	1.12	1.42	25	3	3.5	0.723	1.77	1.02	0.803	0.751	0.452	1.27	0.945	0.334	0.484	0.326
L 25 x 25 x 4	1.45	1.85	25	4	3.5	0.762	1.77	1.08	1.02	0.741	0.586	1.61	0.931	0.430	0.482	0.399
L 30 x 30 x 3	1.36	1.74	30	3	5	0.835	2.12	1.18	1.40	0.899	0.649	2.22	1.13	0.585	0.581	0.496
L 30 x 30 x 4	1.78	2.27	30	4	5	0.878	2.12	1.24	1.80	0.892	0.850	2.85	1.12	0.754	0.577	0.607
L 35 x 35 x 4	2.09	2.67	35	4	5	1.00	2.47	1.42	2.95	1.05	1.18	4.68	1.32	1.23	0.678	0.865
L 40 x 40 x 4	2.42	3.08	40	4	6	1.12	2.83	1.58	4.47	1.21	1.55	7.09	1.52	1.86	0.777	1.17
L 40 x 40 x 5	2.97	3.79	40	5	6	1.16	2.83	1.64	5.43	1.20	1.91	8.60	1.51	2.26	0.773	1.38
L 45 x 45 x 4.5	3.06	3.90	45	4.5	7	1.25	3.18	1.78	7.14	1.35	2.20	11.4	1.71	2.94	0.870	1.65
L 50 x 50 x 4	3.06	3.89	50	4	7	1.36	3.54	1.92	8.97	1.52	2.46	14.2	1.91	3.73	0.979	1.94
L 50 x 50 x 5	3.77	4.80	50	5	7	1.40	3.54	1.99	11.0	1.51	3.05	17.4	1.90	4.55	0.973	2.29
L 50 x 50 x 6	4.47	5.69	50	6	7	1.45	3.54	2.04	12.8	1.50	3.61	20.3	1.89	5.34	0.968	2.61
L 60 x 60 x 5	4.57	5.82	60	5	8	1.64	4.24	2.32	19.4	1.82	4.45	30.7	2.30	8.03	1.17	3.46
L 60 x 60 x 6	5.42	6.91	60	6	8	1.69	4.24	2.39	22.8	1.82	5.29	36.1	2.29	9.44	1.17	3.96
L 60 x 60 x 8	7.09	9.03	60	8	8	1.77	4.24	2.50	29.2	1.80	6.89	46.1	2.26	12.2	1.16	4.86
L 65 x 65 x 7	6.83	8.7	65	7	9	1.85	4.60	2.62	33.4	1.96	7.18	53.0	2.47	13.8	1.26	5.27
L 70 x 70 x 6	6.38	8.13	70	6	9	1.93	4.95	2.73	36.9	2.13	7.27	58.5	2.68	15.3	1.37	5.60
L 70 x 70 x 7	7.38	9.40	70	7	9	1.97	4.95	2.79	42.3	2.12	8.41	67.1	2.67	17.5	1.36	6.28
L 75 x 75 x 6	6.85	8.73	75	6	9	2.05	5.30	2.90	45.8	2.29	8.41	72.7	2.89	18.9	1.47	6.53
L 75 x 75 x 8	8.99	11.4	75	8	9	2.14	5.30	3.02	59.1	2.27	11.0	93.8	2.86	24.5	1.46	8.09
L 80 x 80 x 8	9.63	12.3	80	8	10	2.26	5.66	3.19	72.2	2.43	12.6	115	3.06	29.9	1.56	9.37
L 80 x 80 x 10	11.9	15.1	80	10	10	2.34	5.66	3.30	87.5	2.41	15.4	139	3.03	36.4	1.55	11.0
L 90 x 90 x 7	9.61	12.2	90	7	11	2.45	6.36	3.47	92.6	2.75	14.1	147	3.46	38.3	1.77	11.0
L 90 x 90 x 8	10.9	13.9	90	8	11	2.50	6.36	3.53	104	2.74	16.1	166	3.45	43.1	1.76	12.2
L 90 x 90 x 9	12.2	15.5	90	9	11	2.54	6.36	3.59	116	2.73	17.9	184	3.44	47.9	1.76	13.3
L 90 x 90 x 10	13.4	17.1	90	10	11	2.58	6.36	3.65	127	2.72	19.8	201	3.42	52.6	1.75	14.4
L 100 x 100 x 8	12.2	15.5	100	8	12	2.74	7.07	3.87	145	3.06	19.9	230	3.85	59.9	1.96	15.5
L 100 x 100 x 10	15.0	19.2	100	10	12	2.82	7.07	3.99	177	3.04	24.6	280	3.83	73.0	1.95	18.3
L 100 x 100 x 12	17.8	22.7	100	12	12	2.90	7.07	4.11	207	3.02	29.1	328	3.80	85.7	1.94	20.9
L 120 x 120 x 10	18.2	23.2	120	10	13	3.31	8.49	4.69	313	3.67	36.0	497	4.63	129	2.36	27.5
L 120 x 120 x 12	21.6	27.5	120	12	13	3.40	8.49	4.80	368	3.65	42.7	584	4.60	152	2.35	31.6
L 130 x 130 x 12	23.6	30.0	130	12	14	3.64	9.19	5.15	472	3.97	50.4	750	5.00	194	2.54	37.7
L 150 x 150 x 10	23.0	29.3	150	10	16	4.03	10.6	5.71	624	4.62	56.9	990	5.82	258	2.97	45.1
L 150 x 150 x 12	27.3	24.8	150	12	16	4.12	10.6	5.83	737	4.60	67.7	1170	5.80	303	2.95	52.0
L 150 x 150 x 15	33.8	43.0	150	15	16	4.25	10.6	6.01	989	4.57	83.5	1430	5.76	370	2.93	61.6
L 160 x 160 x 15	36.2	46.1	160	15	17	4.49	11.3	6.35	1100	4.88	95.6	1750	6.15	453	3.14	71.3
L 180 x 180 x 16	43.5	55.4	180	16	18	5.02	12.7	7.11	1680	5.51	130	2690	6.96	679	3.50	95.5
L 180 x 180 x 18	48.6	61.9	180	18	18	5.10	12.7	7.22	1870	5.49	145	2960	6.92	768	3.52	106.0



18																
L 200 x 200 x 16	48.5	61.8	200	16	18	5.52	14.1	7.81	2430	6.16	162	3740	7.76	960	3.94	123
L 200 x 200 x 18	54.3	69.1	200	18	18	5.60	14.1	7.92	2600	6.13	181	4150	7.75	1050	3.90	133
L 200 x 200 x 20	59.9	76.3	200	20	18	5.68	14.1	8.04	2850	6.11	199	4530	7.70	1170	3.92	146
L 200 x 200 x 24	71.1	90.6	200	24	18	5.84	14.1	8.26	3330	6.06	235	5280	7.64	1380	3.90	167

Calidad: S275 JR – S355J2G3



3.6. ANGULARES DE LADOS DESIGUALES (Perfiles LD). UNE EN 10056-1-99.

Tabla 3-22 Angulares de lados desiguales (Perfiles LD) – Dimensiones y características geométricas de los angulares laminados en caliente de lados desiguales

Designación	Masa Kg/m	Área de la sección cm ²	Dimensiones				Distancias al centro de gravedad				Características geométricas respecto de los ejes												Inclinación del eje V – V tan α
			a	b	t	r _{unión}	C _x	C _y	C _U	C _V	X - X			Y - Y			U - U		V - V				
											I _x	r _x	Z _x	I _y	r _y	Z _y	I _U	r _U	I _V	r _V			
			mm	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ³	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm		
L 30 x 20 x 3	1.12	1.43	30	20	3	4	0.990	0.502	2.05	1.04	1.25	0.935	0.621	0.437	0.553	0.292	1.43	1.00	0.256	0.424	0.427		
L 30 x 20 x 4	1.46	1.86	30	20	4	4	1.03	0.541	2.02	1.04	1.59	0.925	0.807	0.433	0.546	0.379	1.81	0.988	0.30	0.421	0.421		
L 40 x 20 x 4	1.77	2.26	40	20	4	4	1.47	0.48	2.58	1.17	3.59	1.26	1.42	0.600	0.514	0.393	3.80	1.30	0.393	0.417	0.252		
L 40 x 25 x 4	1.93	2.46	40	25	4	4	1.36	0.623	2.69	1.35	3.89	1.26	1.47	1.16	0.687	0.619	4.35	1.33	0.700	0.534	0.380		
L 45 x 30 x 4	2.25	2.87	45	30	4	4.5	1.48	0.74	3.07	1.58	5.78	1.42	1.91	2.05	0.85	0.91	6.65	1.52	1.18	0.64	0.436		
L 50 x 30 x 5	2.96	2.78		30	5	5	1.73	0.741	3.33	1.65	9.36	1.57	2.86	2.51	0.816	1.11	10.3	1.65	1.54	0.639	0.352		
L 60 x 30 x 5	3.36	4.28	50	30	5	5	2.17	0.684	3.88	1.77	15.6	1.91	4.07	2.63	0.784	1.14	16.5	1.97	1.71	0.633	0.257		
L 60 x 40 x 5	3.76	4.79	60	40	5	6	1.96	0.972	4.10	2.11	17.2	1.89	4.25	6.11	1.13	2.02	19.7	2.03	3.54	0.86	0.434		
L 60 x 40 x 6	4.46	5.68	60	40	6	6	2.00	1.01	4.08	2.10	20.1	1.88	5.03	7.12	1.12	2.38	23.1	2.02	4.16	0.855	0.431		
L 65 x 50 x 5	4.35	5.54	60	50	5	6	1.99	1.25	4.53	2.39	23.2	2.05	5.14	11.9	1.47	3.19	28.8	2.28	6.32	1.07	0.577		
L 70 x 50 x 6	5.41	6.89	65	50	6	7	2.23	1.25	4.83	2.52	33.4	2.20	7.01	14.2	1.43	3.78	39.7	2.40	7.92	1.07	0.500		
L 75 x 50 x 6	5.65	7.19	70	50	6	7	2.44	1.21	5.12	2.64	40.5	2.37	8.01	14.4	1.42	3.81	46.6	2.55	8.36	1.08	0.435		
L 75 x 50 x 8	7.39	9.41	75	50	8	7	2.52	1.29	5.08	2.62	52.0	2.35	10.4	18.4	1.40	4.95	59.6	2.52	10.8	1.07	0.430		
L 80 x 40 x 6	5.41	6.89	75	40	6	7	2.85	0.884	5.20	2.38	44.9	2.55	8.73	7.59	1.05	2.44	47.6	2.63	4.93	0.845	0.258		
L 80 x 40 x 8	7.07	9.01	80	40	8	7	2.94	0.963	5.14	2.34	57.6	2.53	11.4	9.61	1.03	3.16	60.9	2.60	6.34	0.838	0.253		
L 80 x 60 x 7	7.36	9.38	80	60	7	8	2.51	1.52	5.55	2.92	59.0	2.51	10.7	28.4	1.74	6.34	72.0	2.77	15.4	1.28	0.546		
L 100 x 50 x 6	6.84	8.71	80	50	6	8	3.51	1.05	6.55	3.00	89.9	3.21	13.8	15.4	1.33	3.89	95.4	3.31	9.92	1.07	0.262		
L 100 x 50 x 8	8.97	11.4	100	50	8	8	3.60	1.13	6.48	2.96	116	3.19	18.2	19.7	1.31	5.08	123	3.28	12.8	1.06	0.258		
L 100 x 65 x 7	8.77	11.2	100	65	7	10	3.23	1.51	6.83	3.49	113	3.17	16.6	37.6	1.83	7.53	128	3.39	22.0	1.40	0.415		
L 100 x 65 x 8	9.94	12.7	100	65	8	10	3.27	1.55	6.81	3.47	127	3.16	18.9	42.2	1.83	8.54	144	3.37	24.8	1.40	0.413		
L 100 x 65 x 10	12.3	15.6	100	65	10	10	3.36	1.63	6.76	3.45	154	3.14	23.2	51.0	1.81	10.5	175	3.35	30.1	1.39	0.410		
L 100 x 75 x 8	10.6	13.5	100	75	8	10	3.10	1.87	6.95	3.65	133	3.14	19.3	64.1	2.18	11.4	162	3.47	34.6	1.60	0.547		
L 100 x 75 x 10	13.0	16.6	100	75	10	10	3.19	1.95	6.92	3.65	162	3.12	23.8	77.6	2.16	14.0	197	3.45	42.2	1.59	0.544		
L 100 x 75 x 12	15.4	19.7	100	75	12	10	3.27	2.03	6.89	3.65	189	3.10	28.0	90.2	2.14	16.5	230	3.42	49.5	1.59	0.540		
L 120 x 80 x 8	12.2	15.5	120	80	8	11	3.83	1.87	8.23	4.23	226	3.82	27.6	80.8	2.28	13.2	260	4.10	46.6	1.74	0.437		
L 120 x 80 x 10	15.0	19.1	120	80	10	11	3.92	1.95	8.19	4.21	276	3.80	34.1	98.1	2.26	16.2	317	4.07	56.8	1.72	0.435		
L 120 x 80 x 12	17.8	22.7	120	80	12	11	4.00	2.03	8.15	4.20	323	3.77	40.4	114	2.24	19.1	371	4.04	66.7	1.71	0.431		
L 125 x 75 x 8	12.2	15.5	125	75	8	11	4.14	1.68	8.44	4.20	247	4.00	29.6	67.6	2.09	11.6	274	4.21	40.9	1.63	0.360		
L 125 x 75 x 10	15.0	19.1	125	75	10	11	4.23	1.76	8.39	4.17	302	3.97	36.5	82.1	2.07	14.3	334	4.18	49.9	1.61	0.357		
L 125 x 75 x 12	17.8	22.7	125	75	12	11	4.31	1.84	8.33	4.15	354	3.95	43.2	95.5	2.05	16.9	391	4.15	58.5	1.61	0.354		
L 135 x 65 x 8	12.2	15.5	135	65	8	11	4.78	1.34	8.79	3.95	291	4.34	33.4	45.2	1.71	8.75	307	4.45	29.4	1.38	0.245		
L 135 x 65 x 10	15.0	19.1	135	65	10	11	4.88	1.42	8.72	3.91	356	4.31	41.3	54.7	1.69	10.8	375	4.43	35.9	1.37	0.243		
L 150 x 75 x 9	15.4	19.6	150	75	9	12	5.26	1.57	9.82	4.50	455	4.82	46.7	77.9	1.99	13.1	483	4.96	50.2	1.60	0.261		
L 150 x 75 x 10	17.0	21.7	150	75	10	12	5.31	1.61	9.79	4.48	501	4.81	51.6	85.6	1.99	14.5	531	4.95	55.1	1.60	0.261		
L 150 x 75 x 12	20.2	25.7	150	75	12	12	5.40	1.69	9.72	4.44	588	4.78	61.3	99.6	1.97	17.1	623	4.92	64.7	1.59	0.258		
L 150 x 75 x 15	24.8	31.7	150	75	15	12	5.52	1.81	9.63	4.40	713	4.75	75.2	119	1.94	21.0	753	4.88	78.6	1.58	0.253		
L 150 x 90 x 10	18.2	23.2	150	90	10	12	5.00	2.04	10.1	5.03	533	4.80	53.3	146	2.51	21.0	591	5.05	88.33	1.95	0.360		
L 150 x 90 x 12	21.6	27.5	150	90	12	12	5.08	2.12	10.1	5.00	627	4.77	63.3	171	2.49	24.8	694	5.02	104	1.94	0.358		
L 150 x 90 x 15	26.6	33.9	150	90	15	12	5.21	2.23	9.98	4.98	761	4.74	77.7	205	2.46	30.4	841	4.98	126	1.93	0.354		
L 150 x 100 x 10	19.0	24.2	150	100	10	12	4.81	2.34	10.3	5.29	553	4.79	54.2	199	2.87	25.9	637	5.13	114	2.17	0.438		
L 150 x 100 x 12	22.5	28.7	150	100	12	12	4.89	2.42	10.2	5.28	651	4.76	64.4	233	2.85	30.7	749	5.11	134	2.16	0.436		
L 200 x 100 x 10	23.0	29.2	200	100	10	15	6.93	2.01	13.2	6.05	1220	6.46	93.2	210	2.68	26.3	1290	6.65	135	2.15	0.263		
L 200 x 100 x 12	27.3	34.8	200	100	12	15	7.03	2.10	13.1	6.00	1440	6.43	111	247	2.67	31.3	1530	6.63	159	2.14	0.262		
L 200 x 100 x 15	33.75	43.0	200	100	15	15	7.16	2.22	13.0	5.84	1758	6.4	137	299	2.64	38.5	1864	6.59	193	2.12	0.260		
L 200 x 150 x 12	32.0	40.8	200	150	12	15	6.08	3.61	13.9	7.34	1650	6.36	119	803	4.44	70.5	2030	7.04	430	3.25	0.552		
L 200 x 150 x 15	39.6	50.5	200	150	15	15	6.21	3.73	13.9	7.33	2022	6.33	147	979	4.40	86.9	2476	7.00	526	3.23	0.551		

Calidad: S275 JR – S355J2G3

□ **TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA DE PERFILES ANGULARES DE LADOS IGUALES (PERFILES L) Y LADOS DESIGUALES (PERFILES LD). UNE EN 10056-2; 1993**

• **Tolerancias de masa**

La masa de una pieza no debe diferir de la masa teórica en más de:

- $\pm 6.0 \%$ para espesores $t \leq 4 \text{ mm}$
- $\pm 4.0 \%$ para espesores $t > 4 \text{ mm}$

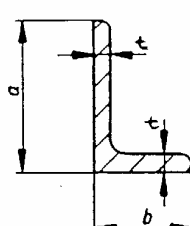
La desviación de la masa nominal es la diferencia entre la masa real de la pieza y la masa calculada.

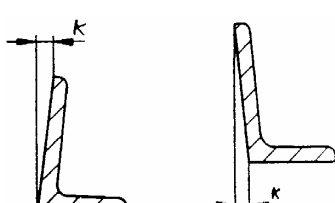
• **Tolerancias de longitud**

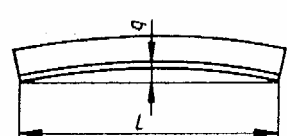
Los angulares deben suministrarse cortados a las longitudes solicitadas con las tolerancias indicadas a continuación.

- $\pm 50 \text{ mm}$ ó
- 0^{+100} si en el pedido se solicitan longitudes mínimas

Tabla 3-23 Tolerancias dimensionales y de forma de Perfiles Angulares de lados iguales(Perfiles L) y lados desiguales (Perfiles LD)

Dimensiones 	Longitud del lado		Espesor del perfil	
	longitud mm	tolerancia mm	espesor (t) mm	tolerancia mm
	$a \leq 50$	± 1.0	$t \leq 5$	± 0.50
	$50 < a \leq 100$	± 2.0	$5 < t \leq 10$	± 0.75
	$100 < a \leq 150$	± 3.0	$10 < t \leq 15$	± 1.00
	$150 < a \leq 200$	± 4.0	$15 < t$	± 1.20
	$200 < a$	$+ 6.0$ -4.0		

Escuadrado Desviación 	Longitud del lado (a) mm		Tolerancia (k) mm	
	$a \leq 100$		1.0	
	$100 < a \leq 150$		1.5	
	$150 < a \leq 200$		2.0	
	$200 < a$		3.0	

Rectitud 	Longitud del lado a mm	Tolerancia sobre toda la longitud de la barra (L) q mm	Longitud del lado a mm	Tolerancia sobre parte de la longitud de la barra	
				longitud considerada mm	q mm
	$a \leq 150$	$0.4 \% L$	$a \leq 150$	1500	6
	$150 < a \leq 200$	$0.2 \% L$	$150 < a \leq 200$	2000	3
	$200 < a$	$0.1 \% L$	$200 < a$	3000	3

3.7. PERFIL T DE ACERO CON ALAS IGUALES Y ARISTAS REDONDEADAS LAMINADO EN CALIENTE.

PERFILES SIMPLES T. UNE EN 10055-95.

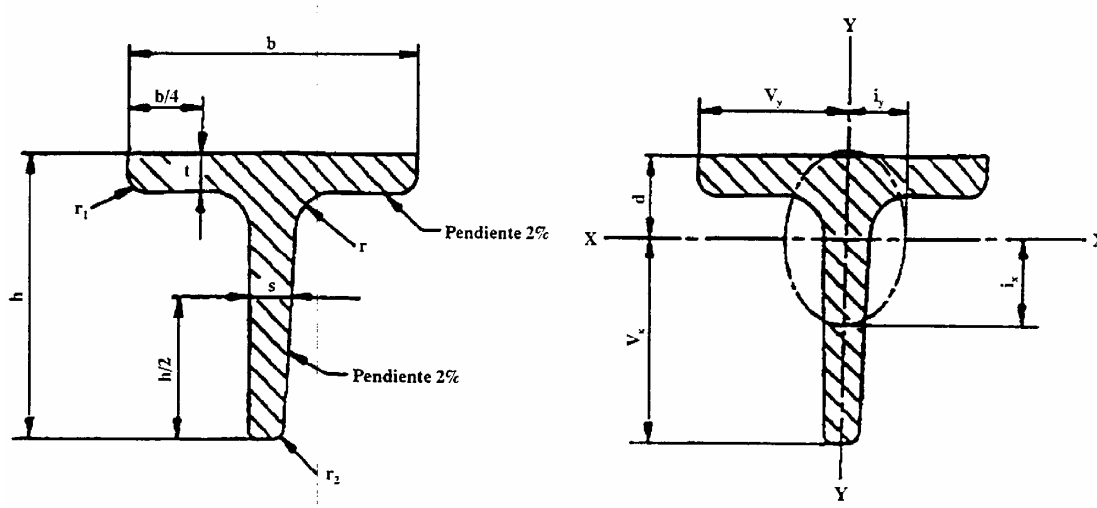


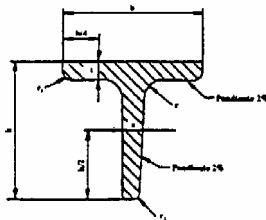
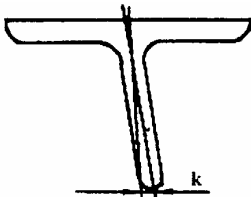
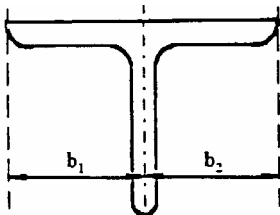
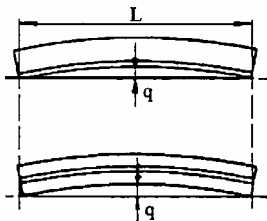
Tabla 3-24 Perfiles Simples T - Designación y medidas de los perfiles T de acero con alas iguales y aristas redondeadas laminados en caliente.

Designación	Masa	Sección	Medidas						Posición del centro de gravedad	Características respecto a los ejes						
			Altura	Anchura	Espesor	Radios				X - X			Y – Y			
			h	b	s y t	r	r ₁	r ₂		d	I _x	I _x /V _x	i _x	I _y	I _y /V _y	i _y
			Kg/m	cm ²	mm						cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³
T30	1.77	2.26	30	30	4	4	2	1	0.85	1.72	0.80	0.87	0.87	0.58	0.62	
T35	2.33	2.97	35	35	4.5	4.5	2.5	1	0.99	3.10	1.23	1.04	1.57	0.90	0.73	
T40	2.96	3.77	40	40	5	5	2.5	1	1.12	5.28	1.84	1.18	2.58	1.29	0.83	
T50	4.44	5.66	50	50	6	6	3	1.5	1.39	12.1	3.36	1.46	6.06	2.42	1.03	
T60	6.23	7.94	60	60	7	7	3.5	2	1.66	23.8	5.48	1.73	12.2	4.07	1.24	
T70	8.32	10.6	70	70	8	8	4	2	1.94	44.5	8.79	2.05	22.1	6.32	1.44	
T80	10.7	13.6	80	80	9	9	4.5	2	2.22	73.7	12.8	2.33	37.0	9.25	1.65	
T100	16.4	20.9	100	100	11	11	5.5	3	2.74	179	24.6	2.92	88.3	17.7	2.05	
T120	23.2	29.6	120	120	13	13	6.5	3	3.28	366	42.0	3.51	178	29.7	2.45	
T140	31.3	39.9	140	140	15	15	7.5	4	3.80	660	64.7	4.07	330	47.2	2.88	

Calidad: S275 JR

□ TOLERANCIA

Tabla 3-25 Perfiles Simples T - Tolerancias dimensionales y de forma de los perfiles T de acero con alas iguales y aristas redondeadas laminados en caliente

Sección		Medidas nominales	Tolerancias en (mm)		
			b, h	s, t	
1		$b \leq 50$	± 1	± 0.5	
		$50 < b \leq 100$	± 1.5	± 0.75	
		$100 < b$	± 2.0	± 1.0	
Defecto de escuadra k		Medidas nominales	Tolerancias en (mm)		
			$b, h \leq 100$		$k \leq 1$
			$100 < b, h$		$k \leq 1.5$
Simetría e, $e = \frac{b_1 - b_2}{2}$		Medidas nominales	Tolerancia s (mm)		
			$b \leq 60$		$e \leq 1$
			$60 < b$		$e \leq 1.5$
Longitud L L representa la máxima longitud útil de la sección teniendo en cuenta que los extremos de la sección se han cortado sin descuadre. Las tolerancias requeridas deben indicarse en el pedido. Si se acuerda al hacer el pedido o la consulta, se pueden aceptar todas las tolerancias positivas como todas las tolerancias negativas.		Tolerancias normales	Tolerancias		
			± 100		
			Tolerancias ajustadas	± 50	
				± 25	
Rectitud q		Rectitud normal: la desviación q se mide sobre la longitud total L de la sección			
		Medidas nominales		Tolerancias	
		$50 \leq b, h \leq 100$		$q \leq 0.4\%$ de L	
Masa: aplicable a secciones individuales		Espesores	Tolerancias		
		$4 \leq s, t \leq 7$	-8%		
		$7 < s, t$	-6%		
La desviación en masa de secciones individuales, es la diferencia entre la masa real y la masa teórica de cada sección.					

3.8. PERFILES U PEQUEÑOS (COMERCIAL). UNE 36-525:2001.

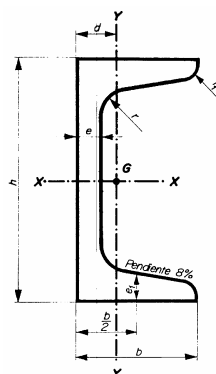


Tabla 3-26 Perfiles U pequeños – Designación, medidas y datos de sección de los perfiles U comerciales laminados en caliente.

Designación por perfil	Medidas mm						A cm ²	M Kg/m	Momento de inercia cm ⁴		Módulo resistente cm ³		Radio de giro cm		Posición del centro de gravedad d
	h	b	e	e ₁	r	r ₁			I _x	I _y	W _x	W _y	I _x	I _y	
U 30 x 15	30	15	4.0	4.5	4.5	2	2.21	1.74	2.53	0.38	1.69	0.39	1.07	0.42	0.52
U 40 x 20	40	20	5.0	5.5	5	2.5	3.66	2.85	7.58	1.14	3.79	0.86	1.44	0.56	0.67
U 50 x 25	50	25	5.0	6.0	6	3	4.92	3.86	16.8	2.49	6.73	1.48	1.85	0.71	0.81
U 60 x 30	60	30	6.0	6.0	6	3	6.46	5.07	31.6	4.51	10.5	2.16	2.21	0.84	0.91
U 30 x 33	30	33	5.0	7.0	7	3.5	5.44	4.27	6.39	5.33	4.26	2.68	1.08	0.99	1.31
U 40 x 35	40	35	5.0	7.0	7	3.5	6.21	4.87	14.7	6.68	7.05	3.08	2.50	1.04	1.33
U 50 x 38	50	38	5.0	7.0	7	3.5	7.12	5.59	26.4	9.12	10.6	3.75	1.92	1.13	1.37
U 65x 42	65	42	5.5	7.5	7.5	4	9.03	7.09	57.5	14.1	17.7	5.07	2.55	1.25	1.42

Calidad: S275 JR

□ TOLERANCIAS. UNE EN 10279: 2001

- Espesor del ala (t): La desviación, respecto del espesor nominal del ala (t), medida en un punto situado a b/2 del extremo del ala, se debe situar dentro de las tolerancias indicadas en las tablas.
- Radio de redondeo (r₃): El radio de redondeo (r₃) no debe exceder de 0.3 t, siendo t el espesor del ala.
- Longitud: Los perfiles se deben suministrar cortados a las longitudes solicitadas con la tolerancias siguientes: a) $^{+100}_0$ m; o. por acuerdo entre el comprador y el fabricante b) ± 50 mm

Tabla 3-27 Perfiles U pequeños - Tolerancias para los perfiles en U con alas inclinadas

Designación	Característica	Intervalo	Tolerancia
h	Altura h	$h \leq 65$	± 1.5
		$65 < h \leq 200$	± 2.0
		$200 < h \leq 400$	± 3.0
		$400 < h$	± 4.0
b	Anchura de ala b	$b \leq 50$	± 1.5
		$50 < b \leq 100$	± 2.0
		$100 < b \leq 125$	± 2.5
s	Espesor del alma s	$125 < b$	± 3.0
$s \leq 10$		± 0.5	
$10 < s \leq 15$		± 0.7	
t	Espesor del ala t	$15 < s$	± 1.0
$t \leq 10$		a -0.5	
$10 < t \leq 15$		a -1.0	
r ₃	Radio de redondeo r ₃	$15 < t$	a -1.5
		Todas las dimensiones	$\leq 0.3t$
(K + K ₁)	Falta de paralelismo (K + K ₁)	$b \leq 100$	2.0
f	Curvatura del alma f	$100 < b$	2.5% de b
		$h \leq 100$	± 0.5
		$65 < h \leq 200$	± 1.0
		$200 < h \leq 400$	± 1.5



		400 < h	± 1.5

Tabla 3.27. Perfiles U pequeños - Tolerancias para los perfiles en U con alas inclinadas

Designación	Característica	Intervalo	Tolerancia
Q _{xx}	Rectitud Q _{xx}	h ≤ 150	± 0.3% de l
		150 < h ≤ 300	± 0.2% de l
		300 < h	± 0.15% de l
Q _{yy}	Rectitud Q _{yy}	h ≤ 150	± 0.5% de l
		150 < h ≤ 300	± 0.3% de l
		300 < h	± 0.2% de l
Normal	Longitud l	Todas	+100 0
Alternativo (por acuerdo)		Todas	± 50
Masa por unidad de longitud	kg/m	h < 125	± 6%
		125 < h	± 4%

a. Tolerancias en más limitadas por la masa.

Tabla 3-28 Perfiles U pequeños - Tolerancias para los perfiles en U con alas paralelas

Designación	Característica	Intervalo	Tolerancia
h	Altura h	$h \leq 65$	± 1.5
		$65 < h \leq 200$	± 2.0
		$200 < h \leq 400$	± 3.0
		$400 < h$	± 4.0
b	Anchura de ala b	$b \leq 50$	± 1.5
		$50 < b \leq 100$	± 2.0
		$100 < b \leq 125$	± 2.5
s	Espesor del alma s	$125 < b$	± 3.0
		$s \leq 10$	± 0.5
t	Espesor del ala t	$10 < s \leq 15$	± 0.7
		$15 < s$	± 1.0
r ₃	Radio de redondeo r ₃	$t \leq 10$	a −0.5
		$10 < t \leq 15$	a −1.0
		$15 < t$	a −1.5
(K + K ₁)	Falta de paralelismo (K + K ₁)	Todas las dimensiones	$\leq 0.3t$
		$b \leq 100$	2.0
	Curvatura del alma f	$100 < b$	2.5% de b
		$h \leq 100$	± 0.5
$65 < h \leq 200$		± 1.0	
f		$200 < h \leq 400$	± 1.5
		$400 < h$	± 1.5
		q _{xx}	Rectitud q _{xx}
$150 < h \leq 300$	$\pm 0.2\%$ de l		
$300 < h$	$\pm 0.15\%$ de l		
q _{yy}	Rectitud q _{yy}	$h \leq 150$	$\pm 0.5\%$ de l
		$150 < h \leq 300$	$\pm 0.3\%$ de l
		$300 < h$	$\pm 0.2\%$ de l
Normal	Longitud l	Todas	+100 0
Alternativo (por acuerdo)		Todas	± 50
Masa por unidad de longitud	kg/m	$h < 125$	$\pm 6\%$
		$125 < h$	$\pm 4\%$

a. Tolerancias en más limitadas por la masa.



3.9. Otros Perfiles Comerciales

3.9.1. LLANTAS BULBO LAMINADAS EN CALIENTE (CONSTRUCCIÓN NAVAL) UNE-EN 10067: 1997

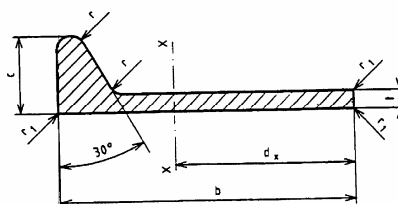


Tabla 3-29 Dimensiones, secciones transversales, masa por unidad de longitud, superficies laterales y características geométricas de las llantas con bulbo.

Dimensión nominal	Dimensiones para				Sección transversal	Masa/Ud de longitud	Superficie lateral	Distancia al centro de gravedad	Características geométricas respecto al eje x-x	
	b mm	t mm	c mm	r mm	A cm ²	G Kg/m	U m ² /m	d cm	I _x cm ⁴ momento de inercia	W _x cm ³ módulo elástico
80 x 5	80	5	14	4	5.41	4.25	0.189	4.9	33.87	6.91
80 x 6	80	6	14	4	6.21	4.88	0.191	4.78	38.7	8.1
100 x 7	100	7	15.5	4.5	8.74	6.68	0.236	5.87	85.3	14.5
100 x 8	100	8	15.5	4.5	9.74	7.65	0.238	5.78	94.3	16.3
120 x 6	120	6	17	5	9.32	7.32	0.276	7.21	133	18.5
120 x 7	120	7	17	5	10.52	8.26	0.278	7.07	149	21
120 x 8	120	8	17	5	11.72	9.2	0.28	6.96	165	23.6
140 x 7	140	7	19	5.5	12.43	9.75	0.32	8.32	241	29
140 x 8	140	8	19	5.5	13.83	10.85	0.322	8.18	266	32.5
140 x 10	140	10	19	5.5	16.63	13.05	0.326	7.99	315	39.5
160 x 7	160	7	22	6	14.6	11.46	0.365	9.66	373	38.6
160 x 8	160	8	22	6	16.2	12.72	0.367	9.5	411	43.3
160 x 9	160	9	22	6	17.8	13.97	0.369	9.37	449	47.9
160 x 11	160	11	22	6	21	16.49	0.373	9.16	522	57
180 x 8	180	8	25	7	18.86	14.8	0.411	10.89	609	55.9
180 x 9	180	9	25	7	20.66	16.22	0.413	10.73	664	61.8
180 x 10	180	10	25	7	22.46	17.63	0.415	10.59	717	67.7
180 x 11	180	11	25	7	24.26	19.04	0.417	10.47	770	73.5
200 x 9	200	9	28	8	23.66	18.57	0.457	12.12	942	77.7
200 x 10	200	10	28	8	25.66	20.14	0.459	11.96	1017	85.1
200 x 11	200	11	28	8	27.66	21.71	0.461	11.82	1091	92.3
200 x 12	200	12	28	8	29.66	23.28	0.463	11.69	1164	99.5
220 x 10	220	10	31	9	29	22.77	0.503	13.35	1396	105
220 x 11	220	11	31	9	31.2	24.5	0.506	13.19	1496	114
220 x 12	220	12	31	9	33.4	26.22	0.507	13.04	1595	122
240 x 10	240	10	34	10	32.49	25.5	0.547	14.77	1865	126
240 x 11	240	11	34	10	34.89	27.39	0.549	14.58	1997	137
240 x 12	240	12	34	10	37.29	29.27	0.551	14.42	2127	148
260 x 10	260	10	37	11	36.11	28.35	0.591	16.22	2434	150
260 x 11	260	11	37	11	38.71	30.39	0.593	16	2605	163
260 x 12	260	12	37	11	41.31	32.43	0.596	15.81	2774	175
280 x 11	280	11	40	12	42.68	33.5	0.637	17.44	3333	191
280 x 12	280	12	40	12	45.48	35.7	0.639	17.23	3647	206
280 x 13	280	13	40	12	48.28	37.9	0.641	17.04	3757	221
300 x 11	300	11	43	13	43.78	36.7	0.681	18.9	4192	222
300 x 12	300	12	43	13	49.79	39.09	0.683	18.7	4459	239
300 x 13	300	13	43	13	52.79	41.44	0.685	18.45	4722	256
320 x 12	320	12	46	14	54.25	42.6	0.728	20.12	5525	275
320 x 13	320	13	46	14	57.45	45.09	0.73	19.89	5849	294
320 x 14	320	14	46	14	60.85	47.6	0.732	19.68	6168	313
340 x 12	340	12	49	15	58.84	46.2	0.772	21.69	6757	313
340 x 13	340	13	49	15	62.24	48.86	0.774	21.34	7540	335
340 x 14	340	14	49	15	65.54	51.5	0.776	21.1	7152	357
370 x 13	370	13	53.5	16.5	69.7	54.7	0.84	23.54	9469	402
370 x 14	370	14	53.5	16.5	73.4	57.6	0.842	23.29	9980	429
370 x 15	370	15	53.5	16.5	77.1	60.5	0.844	23.06	10483	456
400 x 14	400	14	58	18	81.48	63.96	0.908	25.49	12924	507
400 x 15	400	15	58	18	85.48	67.1	0.91	25.24	13573	538
400 x 16	400	16	58	18	89.49	70.2	0.912	25	14211	568
430 x 14	430	14	62.5	19.5	89.7	70.6	0.975	27.7	16460	594
430 x 15	430	15	62.5	19.5	94.19	73.9	0.976	27.46	17249	629
430 x 17	430	17	62.5	19.5	102.79	80.7	0.98	26.95	18853	700
430 x 19	430	19	62.5	19.5	111.39	87.4	0.984	26.53	20413	770
430 x 20	430	20	62.5	19.5	115	90.8	0.986	26.3	21180	804



□ TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

- Anchura y espesor: La anchura se debe medir sobre la cota mayor de la llanta.

Tabla 3-30 Llantas Bulbo - Tolerancias dimensionales

Dimensiones				Tolerancias	
b		t		para b	para t
>	≤	≥	≤		
----	120	5	8	± 1.5	+ 0.7 - 0.3
120	180	7	11	± 2.0	+ 1.0 - 0.3
180	300	9	13	± 3.0	+ 1.0 - 0.4
300	430	12	20	± 4.0	+ 1.2 - 0.4

- Tolerancia para el defecto de escuadría del canto: El ángulo (θ) formado por el canto y la vertical no debe exceder de 4°.
- Radio del chaflán:

Tabla 3-31 Llantas Bulbo - Valor máximo del radio del chaflán

Espesor t		Radio del chaflán r ₁ max
>	≤	
----	5	1.5
5	9	2
9	13	3
13	20	4

- Longitud: Las llantas con bulbo laminadas en caliente deben ser suministradas en longitudes de hasta 18m inclusive. Longitudes mayores de 18 m deben ser acordadas al hacer el pedido. Las tolerancias en longitud deben ser $^{+100}_{-0}$ mm.
- Rectitud: La tolerancia de rectitud q debe ser de 0.0035 L. La dimensión q se debe medir sobre toda la longitud L.
- Tolerancias de masa: Las tolerancias de masa deben ser: $^{+6}_{-2}$ % de la masa total para suministros de 5t o más; $^{+8}_{-2.7}$ % de la masa total para suministros de menos de 5t. La desviación de la masa debe ser la diferencia entre la masa suministrada y la masa teórica.

3.9.2. MEDIOS REDONDOS

Tabla 3-32 Acero semirredondo laminado en caliente: Kg/m

mm	Kg/m
40 x 20	4.93
50 x 25	7.70
60 x 30	11.10
70 x 35	15.30

Calidad: S275 JR

3.9.3. MEDIAS CAÑAS

Tabla 3-33 Media Caña laminado en caliente: Kg/m

mm	Kg/m
20 x 5	0.56
25 x 6	0.85
30 x 6	1.10
35 x 6	1.36
40 x 8	1.76
40 x 10	2.24
45 x 10	2.50
50 x 10	2.72
50 x 12	3.30
60 x 10	3.21
60 x 12	3.91
60 x 14	4.95



Índice de Tablas:

Perfiles comerciales

TABLA 3-1 REDONDO LAMINADO EN CALIENTE – PESOS EN KG/M Y ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN CM ² DE BARRAS DE ACERO	37
TABLA 3-2 REDONDO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIAS EN DIÁMETRO	38
TABLA 3-3 REDONDO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIA EN ENDEREZADO	38
TABLA 3-4 REDONDO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIAS EN MASA	38
TABLA 3-5 CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE - PESOS EN KG/M Y ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN CM ² DE BARRAS DE ACERO.	39
TABLA 3-6 CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIAS EN SECCIÓN.	40
TABLA 3-7 CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIA EN EL REDONDEO DE ARISTAS.	40
TABLA 3-8 CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIA DE ENDEREZADO.	41
TABLA 3-9 CUADRADO LAMINADO EN CALIENTE - TOLERANCIA EN MASA	41
TABLA 3-10 HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE - PESOS EN KG/M Y ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL EN CM ² DE BARRAS DE ACERO.	42
TABLA 3-11 HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE – TOLERANCIAS DE LA DIMENSIÓN D.	43
TABLA 3-12 HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE – TOLERANCIA EN EL REDONDEO DE ARISTAS.	43
TABLA 3-13 HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE – TOLERANCIA DE ENDEREZADO	43
TABLA 3-14 HEXAGONAL LAMINADO EN CALIENTE – TOLERANCIA EN MASA	43
TABLA 3-15 FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO - DIMENSIONES Y MASAS EN KG/M	44
TABLA 3-16 FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO - DIMENSIONES Y SECCIONES EN CM ²	49
TABLA 3-17 FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO - TOLERANCIA EN ESPESOR.....	54
TABLA 3-18 FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO - TOLERANCIA EN ANCHURA	54
TABLA 3-19 FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO - TOLERANCIA EN ENDEREZADO.	54
TABLA 3-20 FLEJES, PLETINAS Y LLANTAS DE ACERO – TOLERANCIA EN LA MASA	54
TABLA 3-21 ANGULARES DE LADOS IGUALES (PERFILES L) - DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS ANGULARES LAMINADOS EN CALIENTE DE LADOS IGUALES	55
TABLA 3-22 ANGULARES DE LADOS DESIGUALES (PERFILES LD) – DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS ANGULARES LAMINADOS EN CALIENTE DE LADOS DESIGUALES	57
TABLA 3-23 TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA DE PERFILES ANGULARES DE LADOS IGUALES (PERFILES L) Y LADOS DESIGUALES (PERFILES LD)	58
TABLA 3-24 PERFILES SIMPLES T - DESIGNACIÓN Y MEDIDAS DE LOS PERFILES T DE ACERO CON ALAS IGUALES Y ARISTAS REDONDEADAS LAMINADOS EN CALIENTE.....	59
TABLA 3-25 PERFILES SIMPLES T - TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA DE LOS PERFILES T DE ACERO CON ALAS IGUALES Y ARISTAS REDONDEADAS LAMINADOS EN CALIENTE	60
TABLA 3-26 PERFILES U PEQUEÑOS – DESIGNACIÓN, MEDIDAS Y DATOS DE SECCIÓN DE LOS PERFILES U COMERCIALES LAMINADOS EN CALIENTE.	61
TABLA 3-27 PERFILES U PEQUEÑOS - TOLERANCIAS PARA LOS PERFILES EN U CON ALAS INCLINADAS.....	61
TABLA 3-28 PERFILES U PEQUEÑOS - TOLERANCIAS PARA LOS PERFILES EN U CON ALAS PARALELAS	62
TABLA 3-29 DIMENSIONES, SECCIONES TRANSVERSALES, MASA POR UNIDAD DE LONGITUD, SUPERFICIES LATERALES Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS LLANTAS CON BULBO.	63
TABLA 3-30 LLANTAS BULBO - TOLERANCIAS DIMENSIONALES.....	64
TABLA 3-31 LLANTAS BULBO - VALOR MÁXIMO DEL RADIO DEL CHAFLÁN	64



TABLA 3-32 ACERO SEMIRREDONDO LAMINADO EN CALIENTE: KG/M.....	64
TABLA 3-33 MEDIA CAÑA LAMINADO EN CALIENTE: KG/M	64



4. TUBOS.....	64
4.1. NORMAS GENERALES.....	64
4.1.1. TUBOS LISOS DE ACERO SOLDADOS Y SIN SOLDADURA. UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS Y CONDUCCIONES. UNE EN 10220:04	64
4.1.2. OTROS TUBOS LISOS DE ACERO SOLDADOS Y SIN SOLDADURA. UNE EN 10220:04	66
4.2. TUBO PARA CONSTRUCCIÓN – TUBO ESTRUCTURAL.....	67
4.2.1. PERFILES HUECOS PARA CONSTRUCCIÓN CONFORMADOS EN FRÍO DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA O RECTANGULAR. UNE EN 10219-2-98.....	67
4.2.2. PERFILES HUECOS PARA CONSTRUCCIÓN ACABADOS EN CALIENTE DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA O RECTANGULAR. UNE EN 10210-2-98.....	77
4.3. TUBOS PARA APLICACIONES MECÁNICAS – TUBO FINO	86
4.3.1. PERFILES HUECOS PARA APLICACIONES MECÁNICAS. PERFILES TUBULARES DE PRECISIÓN Y CALIBRADOS INTERIOR Y EXTERIORMENTE. UNE 36-593-86.	86
4.3.2. PERFILES HUECOS PARA APLICACIONES MECÁNICAS. PERFILES TUBULARES DE PRECISIÓN, CALIBRADOS EXTERIORMENTE. UNE EN 10305-3:03.89	
4.3.3. PERFILES HUECOS DE ACERO PARA APLICACIONES MECÁNICAS. PERFILES DE PRECISIÓN CONFORMADOS EN FRÍO Y CALIBRADOS EXTERIORMENTE DE SECCIÓN RECTANGULAR O CUADRADA. UNE EN 10305-3:03	91
4.4. TUBO ROSCA - CONDUCCIÓN.....	93
4.4.1. TUBOS DE ACERO SIN SOLDADURA ROSCABLES. UNE 19-046-93.....	93
4.4.2. TUBOS DE ACERO SOLDADOS ROSCABLES. UNE 19045-96	93
4.4.3. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE NORMAL. UNE 19-040-93.....	94
4.4.4. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE REFORZADA. UNE 19-041-93	95
4.4.5. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE LIGERA. UNE 19-042-93	95
4.4.6. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE EXTRALIGERA. UNE 19-043-93	95

4. TUBOS

4.1. NORMAS GENERALES

4.1.1. TUBOS LISOS DE ACERO SOLDADOS Y SIN SOLDADURA. UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍAS Y CONDUCCIONES. UNE EN 10220:2004

Tabla 4-1 Medidas y masas por unidad de longitud, Grupo 1. Tubos de uso general

Diámetro exterior mm series			Espesor (mm)																						
			0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	4.0	4.5	5.0	5.4	5.6	6.3	7.1		
1	2	3	Masas por unidad de longitud (kg/m)																						
10.2	12		0.120	0.142	0.185	0.227	0.266	0.304	0.339	0.373	0.404	0.448	0.487												
			0.142	0.169	0.221	0.271	0.320	0.366	0.410	0.453	0.493	0.550	0.603	0.651	0.694										
13.5	14	16	0.160	0.191	0.251	0.308	0.364	0.418	0.470	0.519	0.567	0.635	0.699	0.758	0.813	0.879									
			0.166	0.198	0.260	0.321	0.379	0.435	0.489	0.542	0.592	0.664	0.731	0.794	0.852	0.923									
17.2		18	0.191	0.228	0.300	0.370	0.438	0.504	0.568	0.630	0.691	0.777	0.859	0.937	1.01	1.10	1.18								
			0.206	0.246	0.324	0.400	0.474	0.546	0.616	0.684	0.750	0.845	0.936	1.02	1.10	1.21	1.30	1.41							
	19	20	0.216	0.257	0.339	0.419	0.497	0.573	0.647	0.719	0.789	0.891	0.987	1.08	1.17	1.28	1.38	1.50							
			0.228	0.272	0.359	0.444	0.527	0.608	0.687	0.764	0.838	0.947	1.05	1.15	1.25	1.37	1.48	1.61	1.73						
21.3		22	0.240	0.287	0.379	0.469	0.556	0.642	0.726	0.808	0.888	1.00	1.12	1.22	1.33	1.46	1.58	1.72	1.85						
			0.256	0.306	0.404	0.501	0.595	0.687	0.777	0.866	0.952	1.08	1.20	1.32	1.43	1.57	1.71	1.86	2.01	2.12					
	25	25.4	0.265	0.317	0.418	0.518	0.616	0.711	0.805	0.897	0.986	1.12	1.24	1.37	1.48	1.63	1.78	1.94	2.10	2.21					
			0.302	0.361	0.477	0.592	0.704	0.815	0.923	1.03	1.13	1.29	1.44	1.58	1.72	1.90	2.07	2.28	2.47	2.61	2.68	2.91			
26.9		30	0.307	0.367	0.485	0.602	0.716	0.829	0.939	1.05	1.15	1.31	1.46	1.61	1.75	1.94	2.11	2.32	2.52	2.66	2.73	2.97			
			0.326	0.389	0.515	0.639	0.761	0.880	0.998	1.11	1.23	1.40	1.56	1.72	1.87	2.07	2.26	2.49	2.70	2.86	2.94	3.20	3.47		
	31.8	32	0.364	0.435	0.576	0.715	0.852	0.987	1.12	1.25	1.38	1.57	1.76	1.94	2.11	2.34	2.56	2.83	3.08	3.28	3.37	3.68	4.01		
			0.386	0.462	0.612	0.760	0.906	1.05	1.19	1.33	1.47	1.67	1.87	2.07	2.26	2.50	2.74	3.03	3.30	3.52	3.62	3.96	4.32		
33.7		35	0.388	0.465	0.616	0.765	0.911	1.06	1.20	1.34	1.48	1.68	1.89	2.08	2.27	2.52	2.76	3.05	3.33	3.54	3.65	3.99	4.36		
			0.409	0.490	0.649	0.806	0.962	1.12	1.27	1.42	1.56	1.78	1.99	2.20	2.41	2.67	2.93	3.24	3.54	3.77	3.88	4.26	4.66		
	38	40	0.425	0.509	0.675	0.838	1.00	1.16	1.32	1.47	1.63	1.85	2.08	2.30	2.51	2.79	3.06	3.38	3.70	3.94	4.06	4.46	4.89		
			0.462	0.553	0.734	0.912	1.09	1.26	1.44	1.61	1.78	2.02	2.27	2.51	2.75	3.05	3.35	3.72	4.07	4.34	4.47	4.93	5.41		
42.4		44.5	0.487	0.583	0.773	0.962	1.15	1.33	1.52	1.70	1.87	2.14	2.40	2.65	2.90	3.23	3.55	3.94	4.32	4.61	4.75	5.24	5.76		
			0.517	0.619	0.821	1.02	1.22	1.42	1.61	1.80	1.99	2.27	2.55	2.82	3.09	3.44	3.79	4.21	4.61	4.93	5.08	5.61	6.18		
48.3	51	54	0.543	0.650	0.862	1.07	1.28	1.49	1.69	1.90	2.10	2.39	2.69	2.98	3.26	3.63	4.00	4.44	4.87	5.21	5.37	5.94	6.55		
			0.706	0.937	1.17	1.39	1.62	1.84	2.06	2.28	2.61	2.93	3.25	3.56	3.97	4.37	4.86	5.34	5.71	5.90	6.53	7.21			
	57		0.746	0.990	1.23	1.47	1.71	1.95	2.18	2.42	2.76	3.10	3.44	3.77	4.21	4.64	5.16	5.67	6.07	6.27	6.94	7.69			
			0.790	1.05	1.31	1.56	1.82	2.07	2.32	2.56	2.93	3.30	3.65	4.01	4.47	4.93	5.49	6.04	6.47	6.68	7.41	8.21			
60.3	63.5	70	0.835	1.11	1.38	1.65	1.92	2.19	2.45	2.71	3.10	3.49	3.87	4.25	4.74	5.23	5.83	6.41	6.87	7.10	7.88	8.74			
			0.883	1.17	1.46	1.75	2.03	2.32	2.60	2.88	3.29	3.70	4.11	4.51	5.03	5.55	6.19	6.82	7.31	7.55	8.39	9.32			
	73		1.24	1.54	1.84	2.14	2.44	2.74	3.03	3.47	3.90	4.33	4.76	5.32	5.87	6.55	7.21	7.74	8.00	8.89	9.88				
			1.37	1.70	2.04	2.37	2.70	3.03	3.35	3.84	4.32	4.80	5.27	5.90	6.51	7.27	8.01	8.60	8.89	9.90	11.0				
76.1		82.5	1.42	1.78	2.12	2.47	2.82	3.16	3.50	4.01	4.51	5.01	5.51	6.16	6.81	7.60	8.38	9.00	9.31	10.4	11.5				
			1.49	1.85	2.22	2.58	2.94	3.30	3.65	4.19	4.71	5.24	5.75	6.44	7.11	7.95	8.77	9.42	9.74	10.8	12.1				
88.9	101.6	108	1.61	2.01	2.41	2.80	3.19	3.58	3.97	4.55	5.12	5.69	6.26	7.00	7.74	8.66	9.56	10.3	11.1	11.5	12.8	14.3			
			1.74	2.17	2.60	3.02	3.44	3.87	4.29	4.91	5.53	6.15	6.76	7.57	8.38	9.37	10.3	11.1	11.5	12.8	14.3				
114.3	127	133	2.97	3.46	3.95	4.43	4.91	5.63	6.35	7.06	7.77	8.70	9.63	10.8	11.9	12.8	13.3	14.8	16.5						
			3.16	3.68	4.20	4.71	5.23	6.00	6.76	7.52	8.27	9.27	10.3	11.5	12.7	13.7	14.1	15.8	17.7						
			3.35	3.90	4.45	4.99	5.54	6.35	7.16	7.97	8.77	9.83	10.9	12.2	13.5	14.5	15.0	16.8	18.8						
			4.95	5.56	6.17	7.07	7.98	8.88	9.77	11.0	12.1	13.6	15.0	16.2	16.8	18.8	21.0								
139.7	141.3	152.4	5.18	5.82	6.46	7.41	8.36	9.30	10.2	11.5	12.7	14.3	15.8	17.0	17.6	19.7	22.0								
			5.45	6.12	6.79	7.79	8.79	9.78	10.8	12.1	13.4	15.0	16.6	17.9	18.5	20.7	23.2								
	159		5.51	6.19	6.87	7.88	8.89	9.90	10.9	12.2	13.5	15.2	16.8	18.1	18.7	21.0	23.5								
			5.95	6.69	7.42	8.51	9.61	10.7	11.8	13.2	14.6	16.4	18.2	19.6	20.3	22.7	25.4								
168.3			6.21	6.98	7.74	8.89	10.0	11.2	12.3	13.8	15.3	17.1	19.0	20.5	21.2	23.7	26.6								
			6.58	7.39	8.20	9.42	10.6	11.8	13.0	14.6	16.2	18.2	20.1	21.7	22.5	25.2	28.2								
	177.8	193.7	7.81	8.67	9.95	11.2	12.5	13.8	15.5	17.1	19.2	21.3	23.0	23.8	26.6	29.9									
			8.52	9.46	10.9	12.3	13.6	15.0	16.9	18.7	21.0	23.3	25.1	26.0	29.1	32.7									
219.1		244.5	9.65	10.7	12.3	13.9	15.5	17.0	19.1	21.2	23.8	26.4	28.5	29.5	33.1	37.1									
			12.0	13.7	15.5	17.3	19.0	21.4	23.7	26.6	29.5	31.8	33.0	37.0	41.6										
273	323.9	355.6	13.4	15.4	17.3	19.3	21.3	23.9	26.5	29.8	33.0	35.6	36.9	41.4	46.6										
			20.6	23.0	25.3	28.4	31.6	35.4	39.3	42.4	44.0	49.3	55.5												
406.4	457	508	22.6	25.2	27.8	31.3	34.7	39.0	43.2	46.6	48.3	54.3	61.0												
			25.9	28.9	31.8	35.8	39.7	44.6	49.5	53.4	55.4	62.2	69.9												
610	559	660	35.8	40.3	44.7	50.2	55.7	60.1	62.3	70.0	78.8														
			39.8	44.8	49.7	55.9	62.0	66.9	69.4	77.9	87.7														
			43.9	49.3	54.7	61.5	68.3	73.7	76.4	85.9	96.6														
			47.9	53.8	59.8	67.2	74.6	80.5	83.5	93.8	106														
711	762		64.7	72.7	80.8	87.2	90.4	102	114																
			69.7	78.4	87.1	94.0	97.4	109	123																
813		864	74.8	84.1	93.3	101	104	117	132																
			79.8	89.7	99.6	108	112	125	141																
914			84.8	95.4	106	114	119	133	150																
			89.8	100.9	112	121	125	141	159																
1016			99.8	112.3	125	135	140	157	177																


Tabla 4.1 Medidas y masas por unidad de longitud, Grupo 1. Tubos de uso general

Diámetro exterior mm séries			Espesor (mm)																						
			8.0	8.8	10	11	12.5	14.2	16	17.5	20	22.2	25	28	30	32	36	40	45	50	55	60	65		
1	2	3	Masas por unidad de longitud (kg/m)																						
26.9			3,73																						
		30	4,34																						
	31.8		4,70																						
	32		4,74																						
33.7			5,07	5,40																					
		35	5,33	5,69																					
	38		5,92	6,34	6,91																				
	40		6,31	6,77	7,40																				
42.4			6,79	7,29	7,99																				
		44.5	7,20	7,75	8,51	9,09	9,86																		
48.3			7,95	8,57	9,45	10,1	11,0																		
	51		8,48	9,16	10,1	10,9	11,9																		
		54	9,08	9,81	10,9	11,7	12,8	13,9																	
	57		9,67	10,5	11,6	12,5	13,7	15,0																	
60.3			10,3	11,2	12,4	13,4	14,7	16,1	17,5																
	63.5		10,9	11,9	13,2	14,2	15,7	17,3	18,7																
	70		12,2	13,3	14,8	16,0	17,7	19,5	21,3	22,7															
		73	12,8	13,9	15,5	16,8	18,7	20,6	22,5	24,0															
76.1			13,4	14,6	16,3	17,7	19,6	21,7	23,7	25,3	27,7														
		82.5	14,7	16,0	17,9	19,4	21,6	23,9	26,2	28,1	30,8	33,0													
88.9			16,0	17,4	19,5	21,1	23,6	26,2	28,8	30,8	34,0	36,5	39,4												
	101.6		18,5	20,1	22,6	24,6	27,5	30,6	33,8	36,3	40,2	43,5	47,2	50,8											
		108	19,7	21,5	24,2	26,3	29,4	32,8	36,3	39,1	43,4	47,0	51,2	55,2	57,7										
114.3			21,0	22,9	25,7	28,0	31,4	35,1	38,8	41,8	46,5	50,4	55,1	59,6	62,4	64,9									
	127		23,5	25,7	28,9	31,5	35,3	39,5	43,8	47,3	52,8	57,4	62,9	68,4	71,8	75,0	80,8								
	133		24,7	27,0	30,3	33,1	37,1	41,6	46,2	49,8	55,7	60,7	66,6	72,5	76,2	79,7	86,1	91,7							
139.7			26,0	28,4	32,0	34,9	39,2	43,9	48,8	52,7	59,0	64,3	70,7	77,1	81,2	85,0	92,1	98,4							
		141.3	26,3	28,8	32,4	35,3	39,7	44,5	49,4	53,4	59,8	65,2	71,7	78,2	82,3	86,3	93,5	99,9							
		152.4	28,5	31,2	35,1	38,4	43,1	48,4	53,8	58,2	65,3	71,3	78,5	85,9	90,6	95,0	103	111	119						
		159	29,8	32,6	36,7	40,1	45,2	50,7	56,4	61,1	68,6	74,9	82,6	90,5	95,4	100	109	117	127						
168.3			31,6	34,6	39,0	42,7	48,0	54,0	60,1	65,1	73,1	80,0	88,3	96,9	102	108	117	127	137	146					
		177.8	33,5	36,7	41,4	45,2	51,0	57,3	63,8	69,2	77,8	85,2	94,2	103	109	115	126	136	147	158	167				
		193.7	36,6	40,1	45,3	49,6	55,9	62,9	70,1	76,0	85,7	93,9	104	114	121	128	140	152	165	177	188	198			
219.1			41,6	45,6	51,6	56,5	63,7	71,8	80,1	87,0	98,2	108	120	132	140	148	163	177	193	209	223	235	247		
		244.5	46,7	51,2	57,8	63,3	71,5	80,6	90,2	98,0	111	122	135	149	159	168	185	202	221	240	257	273	288		
273			52,3	57,3	64,9	71,1	80,3	90,6	101	110	125	137	153	169	180	190	210	230	253	275	296	315	333		
323.9			62,3	68,4	77,4	84,9	96,0	108	121	132	150	165	184	204	217	230	256	280	310	338	365	390	415		
355.6			68,6	75,3	85,2	93,5	106	120	134	146	166	183	204	226	241	255	284	311	345	377	408	437	466		
406.4			78,6	86,3	97,8	107	121	137	154	168	191	210	235	261	278	295	329	361	401	439	477	513	547		
457			88,6	97,3	110	121	137	155	174	190	216	238	266	296	316	335	374	411	457	502	545	587	628		
508			98,6	108	123	135	153	173	194	212	241	266	298	331	354	376	419	462	514	565	614	663	710		
		559	109	119	135	149	168	191	214	234	266	294	329	367	391	416	464	512	570	628	684	738	792		
610			119	130	148	162	184	209	234	256	291	322	361	402	429	456	510	562	627	691	753	814	874		
		660	129	141	160	176	200	226	254	277	316	349	392	436	466	496	554	612	683	752	821	888	954		
711			139	152	173	190	215	244	274	299	341	377	423	472	504	536	599	662	739	815	890	963	1036		
		762	149	163	185	204	231	262	294	321	366	405	454	507	542	576	645	712	796	878	959	1039	1117		
813			159	175	198	218	247	280	314	343	391	433	486	542	579	616	690	763	852	941	1028	1114	1199		
		864	169	186	211	231	262	298	335	365	416	461	517	577	617	657	735	813	909	1004	1097	1190	1281		
914			179	196	223	245	278	315	354	387	441	488	548	612	654	696	780	862	964	1065	1165	1264	1361		
1016			199	219	248	273	309	351	395	431	491	544	611	682	729	777	870	963	1078	1191	1303	1415	1524		
1067			209	230	261	286	325	369	415	453	516	572	642	717	767	817	915	1013	1134	1254	1373	1490	1606		
1118			219	241	273	300	341	387	435	475	542	600	674	753	805	857	961	1063	1191	1317	1442	1566	1688		
		1168	229	252	286	314	356	404	455	497	566	627	705	787	842	896	1005	1113	1246	1379	1510	1639	1768		
1219			239	263	298	328	372	422	475	519	591	655	736	822	880	937	1050	1163	1303	1441	1579	1715	1850		
		1321	259	285	323	355	403	458	515	563	642	711	799	893	955	1017	1141	1264	1416	1567	1717	1866	2013		
1422			279	307	348	383	435	493	555	606	692	766	861	963	1030	1097	1231	1363	1528	1692	1854	2015	2175		
		1524	299	329	373	410	466	529	595	650	742	822	924	1033	1105	1177	1321	1464	1641	1818	1993	2166	2339		
1626					399	438	497	564	635	694	792	878	987	1103	1181	1258	1412	1565	1755	1943	2131	2317	2502		
		1727			423	466	529	600	675	738	842	933	1049	1173	1256	1338	1501	1664	1867	2068	2268	2467	2664		
1829					449	493	560	636	715	782	892	989	1112	1244	1331	1418	1592	1765	1980	2194	2406	2618	2828		
		1930					591	671	755	825	942	1044	1175	1313	1406	1498	1682	1864	2092	2318	2543	2767	2990		
2032							623	707	795	869	992	1100	1237	1384	1481	1578	1772	1965	2205	2444	2682	2918	3153		
		2134																							



4.1.2. OTROS TUBOS LISOS DE ACERO SOLDADOS Y SIN SOLDADURA. UNE EN 10220:2004

Tubos no utilizados en la construcción de tuberías y conducciones.

Tabla 4-2 Medidas y masas por unidad de longitud, Grupo 2. Tubos de precisión

Diámetro exterior mm		Espesores (mm) y masas por unidad de longitud (kg/m)													
Series		0.5	(0.8)	1.0	(1.2)	1.5	(1.8)	2.0	(2.2)	2.5	(2.8)	3.0	(3.5)	4.0	(4.5)
2	3														
4		0,043	0,063	0,074	0,083										
5		0,055	0,083	0,099	0,112										
6		0,068	0,103	0,123	0,142	0,166	0,186	0,197							
8		0,092	0,142	0,173	0,201	0,240	0,275	0,296	0,315	0,339					
10		0,117	0,182	0,222	0,260	0,314	0,364	0,395	0,423	0,462					
12		0,142	0,221	0,271	0,320	0,388	0,453	0,493	0,532	0,586	0,635	0,666			
	14	0,166	0,260	0,321	0,379	0,462	0,542	0,592	0,640	0,709	0,773	0,814	0,906		
16		0,191	0,300	0,370	0,438	0,536	0,630	0,691	0,749	0,832	0,911	0,962	1,08	1,18	
	18	0,216	0,339	0,419	0,497	0,610	0,719	0,789	0,857	0,956	1,05	1,11	1,25	1,38	1,50
20		0,240	0,379	0,469	0,556	0,684	0,808	0,888	0,966	1,08	1,19	1,26	1,42	1,58	1,72
	22	0,265	0,418	0,518	0,616	0,758	0,897	0,986	1,07	1,20	1,33	1,41	1,60	1,78	1,94
25		0,302	0,477	0,592	0,704	0,869	1,03	1,13	1,24	1,39	1,53	1,63	1,86	2,07	2,28
	28	0,339	0,537	0,666	0,793	0,980	1,16	1,28	1,40	1,57	1,74	1,85	2,11	2,37	2,61
	30	0,364	0,576	0,715	0,852	1,05	1,25	1,38	1,51	1,70	1,88	2,00	2,29	2,56	2,83
32		0,388	0,616	0,765	0,911	1,13	1,34	1,48	1,62	1,82	2,02	2,15	2,46	2,76	3,05
	35	0,425	0,675	0,838	1,00	1,24	1,47	1,63	1,78	2,00	2,22	2,37	2,72	3,06	3,38
38		0,462	0,734	0,912	1,09	1,35	1,61	1,78	1,94	2,19	2,43	2,59	2,98	3,35	3,72
40		0,487	0,773	0,962	1,15	1,42	1,70	1,87	2,05	2,31	2,57	2,74	3,15	3,55	3,94
	45		0,872	1,09	1,30	1,61	1,92	2,12	2,32	2,62	2,91	3,11	3,58	4,04	4,49
50			0,971	1,21	1,44	1,79	2,14	2,37	2,59	2,93	3,26	3,48	4,01	4,54	5,05
	55		1,07	1,33	1,59	1,98	2,36	2,61	2,86	3,24	3,60	3,85	4,45	5,03	5,60
60			1,17	1,46	1,74	2,16	2,58	2,86	3,14	3,55	3,95	4,22	4,88	5,52	6,16
70			1,37	1,70	2,04	2,53	3,03	3,35	3,68	4,16	4,64	4,96	5,74	6,51	7,27
80			1,56	1,95	2,33	2,90	3,47	3,85	4,22	4,78	5,33	5,70	6,60	7,50	8,38
	90				2,63	3,27	3,92	4,34	4,76	5,39	6,02	6,44	7,47	8,48	9,49
100					2,92	3,64	4,36	4,83	5,31	6,01	6,71	7,18	8,33	9,47	10,6
	110				3,22	4,01	4,80	5,33	5,85	6,63	7,40	7,92	9,19	10,5	11,7
120							5,25	5,82	6,39	7,24	8,09	8,66	10,1	11,4	12,8
	140						6,13	6,81	7,48	8,48	9,47	10,1	11,8	13,4	15,0
160							7,02	7,79	8,56	9,71	10,9	11,6	13,5	15,4	17,3
* Deben evitarse, en lo posible, los espesores entre paréntesis.															

* Deben evitarse, en lo posible, los espesores entre paréntesis.

Tabla 4.2 Medidas y masas por unidad de longitud, Grupo 2. Tubos de precisión.

Diámetro exterior mm		Espesores (mm) y masas por unidad de longitud (kg/m)														
Series		5.0	(5.5)	6.0	(7.0)	8.0	(9.0)	10.0	(11)	12.5	(14)	16	(18)	20	(22)	25
2	3															
20		1,85														
	22	2,10														
25		2,47	2,64	2,81												
	28	2,84	3,05	3,26	3,63	3,95										
	30	3,08	3,32	3,55	3,97	4,34										
32		3,33	3,59	3,85	4,32	4,74										
	35	3,70	4,00	4,29	4,83	5,33										
38		4,07	4,41	4,74	5,35	5,92	6,44	6,91								
40		4,32	4,68	5,03	5,70	6,31	6,88	7,40								
	45	4,93	5,36	5,77	6,56	7,30	7,99	8,63	9,22	10,0						
50		5,55	6,04	6,51	7,42	8,29	9,10	9,86	10,6	11,6						
	55	6,17	6,71	7,25	8,29	9,27	10,2	11,1	11,9	13,1	14,2					
60		6,78	7,39	7,99	9,15	10,3	11,3	12,3	13,3	14,6	15,9	17,4				
70		8,01	8,75	9,47	10,9	12,2	13,5	14,8	16,0	17,7	19,3	21,3				
80		9,25	10,1	10,9	12,6	14,2	15,8	17,3	18,7	20,8	22,8	25,3	27,5			
	90	10,5	11,5	12,4	14,3	16,2	18,0	19,7	21,4	23,9	26,2	29,2	32,0	34,5	36,9	
100		11,7	12,8	13,9	16,1	18,2	20,2	22,2	24,1	27,0	29,7	33,1	36,4	39,5	42,3	46,2
	110	12,9	14,2	15,4	17,8	20,1	22,4	24,7	26,9	30,1	33,1	37,1	40,8	44,4	47,7	52,4
120		14,2	15,5	16,9	19,5	22,1	24,6	27,1	29,6	33,1	36,6	41,0	45,3	49,3	53,2	58,6
	140	16,6	18,2	19,8	23,0	26,0	29,1	32,1	35,0	39,3	43,5	48,9	54,2	59,2	64,0	70,9
160		19,1	21,0	22,8	26,4	30,0	33,5	37,0	40,4	45,5	50,4	56,8	63,0	69,1	74,9	83,2
	180	21,6	23,7	25,7	29,9	33,9	38,0	41,9	45,8	51,6	57,3	64,7	71,9	78,9	85,7	95,6
	200			28,7	33,3	37,9	42,4	46,9	51,3	57,8	64,2	72,6	80,8	88,8	96,6	108
	220				36,8	41,8	46,8	51,8	56,7	64,0	71,1	80,5	89,7	98,6	107	120
	240				40,2	45,8	51,3	56,7	62,1	70,1	78,0	88,4	98,5	109	118	133
	260				43,7	49,7	55,7	61,7	67,5	76,3	84,9	96,3	107	118	129	145

* Deben evitarse, en lo posible, los espesores entre paréntesis.



4.2. TUBO PARA CONSTRUCCIÓN – TUBO ESTRUCTURAL

4.2.1. PERFILES HUECOS PARA CONSTRUCCIÓN CONFORMADOS EN FRÍO DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA O RECTANGULAR. UNE EN 10219-2-98.

Tabla 4-3 Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
21.3	2.0	0.95	1.21	0.571	0.686	0.536	0.748	1.14	1.07	0.0669	1050
	2.5	1.16	1.48	0.664	0.671	0.623	0.889	1.33	1.25		863
	3.0	1.35	1.72	0.741	0.656	0.696	1.01	1.48	1.39		739
26.9	2.0	1.23	1.56	1.22	0.883	0.907	1.24	2.44	1.81	0.0845	814
	2.5	1.5	1.92	1.44	0.867	1.07	1.49	2.88	2.14		665
	3.0	1.77	2.25	1.63	0.852	1.21	1.72	3.27	2.43		566
33.7	2.0	1.56	1.99	2.51	1.12	1.49	2.01	5.02	2.98	0.106	640
	2.5	1.92	2.45	3.00	1.11	1.78	2.44	6.00	3.56		520
	3.0	2.27	2.89	3.44	1.09	2.04	2.84	6.88	4.08		440
42.4	2.0	1.99	2.54	5.19	1.43	2.45	3.27	10.4	4.90	0.133	502
	2.5	2.46	3.13	6.26	1.41	2.95	3.99	12.5	5.91		407
	3.0	2.91	3.71	7.25	1.40	3.42	4.67	14.5	6.84		343
	4.0	3.79	4.83	8.99	1.36	4.24	5.92	18.0	8.48		264
48.3	2.0	2.28	2.91	7.81	1.64	3.23	4.29	15.6	6.47	0.152	438
	2.5	2.82	3.60	9.46	1.62	3.92	5.25	18.9	7.83		354
	3.0	3.35	4.27	11.0	1.61	4.55	6.17	22.0	9.11		298
	4.0	4.37	5.57	13.8	1.57	5.70	7.87	27.5	11.4		229
	5.0	5.34	6.80	16.2	1.54	6.69	9.42	32.3	13.4		187
60.3	2.0	2.88	3.66	15.6	2.06	5.17	6.80	31.2	10.3	0.189	348
	2.5	3.56	4.54	19.0	2.05	6.30	8.36	38.0	12.6		281
	3.0	4.24	5.40	22.2	2.03	7.37	9.86	44.4	14.7		236
	4.0	5.55	7.07	28.2	2.00	9.34	12.7	56.3	18.7		180
	5.0	6.82	8.69	33.5	1.96	11.1	15.3	67.0	22.2		147
76.1	2.0	3.65	4.66	32.0	2.62	8.40	11.0	64.0	16.8	0.239	274
	2.5	4.54	5.78	39.2	2.60	10.3	13.5	78.4	20.6		220
	3.0	5.41	6.89	46.1	2.59	12.1	16.0	92.2	24.2		185
	4.0	7.11	9.06	59.1	2.55	15.5	20.8	118	31.0		141
	5.0	8.77	11.2	70.9	2.52	18.6	25.3	142	37.3		114
	6.0	10.4	13.2	81.8	2.49	21.5	29.6	164	43.0		96.4
	6.3	10.8	13.8	84.8	2.48	22.3	30.8	170	44.6		92.2
88.9	2.0	4.29	5.46	51.6	3.07	11.6	15.1	103	23.2	0.279	233
	2.5	5.33	6.79	63.4	3.06	14.3	18.7	127	28.5		188
	3.0	6.36	8.10	74.8	3.04	16.8	22.1	150	33.6		157
	4.0	8.38	10.7	96.3	3.00	21.7	28.9	193	43.3		119
	5.0	10.3	13.2	116	2.97	26.2	35.2	233	52.4		96.7
	6.0	12.3	15.6	135	2.94	30.4	41.3	270	60.7		81.5
101.6	6.3	12.8	16.3	140	2.93	31.5	43.1	280	63.1	0.319	77.9
	2.0	4.91	6.26	77.6	3.52	15.3	19.8	155	30.6		204
	2.5	6.11	7.78	95.6	3.50	18.8	24.6	191	37.6		164
	3.0	7.29	9.29	113	3.49	22.3	29.2	226	44.5		137
	4.0	9.63	12.3	146	3.45	28.8	38.1	293	57.6		104
	5.0	11.9	15.2	177	3.42	34.9	46.7	355	69.9		84.0
	6.0	14.1	18.0	207	3.39	40.7	54.9	413	81.4		70.7
114.3	6.3	14.8	18.9	215	3.38	42.3	57.3	430	84.7	0.359	67.5
	2.5	6.89	8.78	137	3.95	24.0	31.3	275	48.0		145
	3.0	8.23	10.5	163	3.94	28.4	37.2	325	56.9		121
	4.0	10.9	13.9	211	3.90	36.9	48.7	422	73.9		91.9
	5.0	13.5	17.2	257	3.87	45.0	59.8	514	89.9		74.2
	6.0	16.0	20.4	300	3.83	52.5	70.4	600	105		62.4
	6.3	16.8	21.4	313	3.82	54.7	73.6	625	109		59.6
	8.0	21.0	26.7	379	3.77	66.4	90.6	759	133		47.7

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4.3. Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
139.7	3.0	10.1	12.9	301	4.83	43.1	56.1	602	86.2	0.439	98.9
	4.0	13.4	17.1	393	4.80	56.2	73.7	786	112		74.7
	5.0	16.6	21.2	481	4.77	68.8	90.8	961	138		60.2
	6.0	19.8	25.2	564	4.73	80.8	107	1129	162		50.5
	6.3	20.7	26.4	589	4.72	84.3	112	1177	169		48.2
	8.0	26.0	33.1	720	4.66	103	139	1441	206		38.5
	10.0	32.0	40.7	862	4.60	123	169	1724	247		31.3
168.3	3.0	12.2	15.6	532	5.85	63.3	82.0	1065	127	0.529	81.8
	4.0	16.2	20.6	697	5.81	82.8	108	1394	166		61.7
	5.0	20.1	25.7	856	5.78	102	133	1712	203		49.7
	6.0	24.0	30.6	1009	5.74	120	158	2017	240		41.6
	6.3	25.2	32.1	1053	5.73	125	165	2107	250		39.7
	8.0	31.6	40.3	1297	5.67	154	206	2595	308		31.6
	10.0	39.0	49.7	1564	5.61	186	251	3128	372		25.6
177.8	4.0	17.1	21.8	825	6.15	92.8	121	1650	186	0.559	58.3
	5.0	21.3	27.1	1014	6.11	114	149	2028	228		46.9
	6.0	25.4	32.4	1196	6.08	135	177	2392	269		39.3
	6.3	26.6	33.9	1250	6.07	141	185	2499	281		37.5
	8.0	33.5	42.7	1541	6.01	173	231	3083	347		29.9
	10.0	41.4	52.7	1862	5.94	209	282	3724	419		24.2
	12.0	49.1	62.5	2159	5.88	243	330	4318	486		20.4
	12.5	51.0	64.9	2230	5.86	251	342	4460	502		19.6
193.7	4.0	18.7	23.8	1073	6.71	111	144	2146	222	0.609	53.4
	5.0	23.3	29.6	1320	6.67	136	178	2640	273		43.0
	6.0	27.8	35.4	1560	6.64	161	211	3119	322		36.0
	6.3	29.1	37.1	1630	6.63	168	221	3260	337		34.3
	8.0	36.6	46.7	2016	6.57	208	276	4031	416		27.3
	10.0	45.3	57.7	2442	6.50	252	338	4883	504		22.1
	12.0	53.8	68.5	2839	6.44	293	397	5678	586		18.6
	12.5	55.9	71.2	2934	6.42	303	411	5869	606		17.9
219.1	4.0	21.2	27.0	1564	7.61	143	185	3128	286	0.688	47.1
	5.0	26.4	33.6	1928	7.57	176	229	3856	352		37.9
	6.0	31.5	40.2	2282	7.54	208	273	4564	417		31.7
	6.3	33.1	42.1	2386	7.53	218	285	4772	436		30.2
	8.0	41.6	53.1	2960	7.47	270	357	5919	540		24.0
	10.0	51.6	65.7	3598	7.40	328	438	7197	657		19.4
	12.0	61.3	78.1	4200	7.33	383	515	8400	767		16.3
	12.5	63.7	81.1	4345	7.32	397	534	8689	793		15.7
244.5	5.0	29.5	37.6	2699	8.47	221	287	5397	441	0.768	33.9
	6.0	35.3	45.0	3199	8.43	262	341	6397	523		28.3
	6.3	37.0	47.1	3346	8.42	274	358	6692	547		27.0
	8.0	46.7	59.4	4160	8.37	340	448	8321	681		21.4
	10.0	57.8	73.7	5073	8.30	415	550	10146	830		17.3
	12.0	68.8	87.7	5938	8.23	486	649	11877	972		14.5
	12.5	71.5	91.1	6147	8.21	503	673	12295	1006		14.0
273.0	5.0	33.0	42.1	3781	9.48	277	359	7562	554	0.858	30.3
	6.0	39.5	50.3	4487	9.44	329	428	8974	657		25.3
	6.3	41.4	52.8	4696	9.43	344	448	9392	688		24.1
	8.0	52.3	66.6	5852	9.37	429	562	11703	857		19.1
	10.0	64.9	82.6	7154	9.31	524	692	14308	1048		15.4
	12.0	77.2	98.4	8396	9.24	615	818	16792	1230		12.9
	12.5	80.3	102	8697	9.22	637	849	17395	1274		12.5
323.9	5.0	39.3	50.1	6369	11.3	393	509	12739	787	1.02	25.4
	6.0	47.0	59.9	7572	11.2	468	606	15145	935		21.3
	6.3	49.3	62.9	7929	11.2	490	636	15858	979		20.3
	8.0	62.3	79.4	9910	11.2	612	799	19820	1224		16.0
	10.0	77.4	98.6	12158	11.1	751	986	24317	1501		12.9
	12.0	92.3	118	14320	11.0	884	1168	28639	1768		10.8
	12.5	96.0	122	14847	11.0	917	1213	29693	1833		10.4

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4.3. Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
355.6	5.0	43.2	55.1	8464	12.4	476	615	16927	952	1.12	23.1
	6.0	51.7	65.9	10071	12.4	566	733	20141	1133		19.3
	6.3	54.3	69.1	10547	12.4	593	769	21094	1186		18.4
	8.0	68.6	87.4	13201	12.3	742	967	26403	1485		14.6
	10.0	85.2	109	16223	12.2	912	1195	32447	1825		11.7
	12.0	102	130	19139	12.2	1076	1417	38279	2153		9.83
	12.5	106	135	19852	12.1	1117	1472	39704	2233		9.45
	16.0	134	171	24663	12.0	1387	1847	49326	2774		7.46
406.4	20.0	166	211	29792	11.9	1676	2255	59583	3351	1.28	6.04
	6.0	59.2	75.5	15128	14.2	745	962	30257	1489		16.9
	6.3	62.2	79.2	15849	14.1	780	1009	31699	1560		16.1
	8.0	78.6	100	19874	14.1	978	1270	39748	1956		12.7
	10.0	97.8	125	24476	14.0	1205	1572	48952	2409		10.2
	12.0	117	149	28937	14.0	1424	1867	57874	2848		8.57
	12.5	121	155	30031	13.9	1478	1940	60061	2956		8.24
	16.0	154	196	37449	13.8	1843	2440	74898	3686		6.49
457.0	20.0	191	243	45432	13.7	2236	2989	90864	4472	1.44	5.25
	25.0	235	300	54702	13.5	2692	3642	109404	5384		4.25
	6.0	66.7	85.0	21618	15.9	946	1220	43236	1892		15.0
	6.3	70.0	89.2	22654	15.9	991	1280	45308	1983		14.3
	8.0	88.6	113	28446	15.9	1245	1613	56893	2490		11.3
	10.0	110	140	35091	15.8	1536	1998	70183	3071		9.07
	12.0	132	168	41556	15.7	1819	2377	83113	3637		7.59
	12.5	137	175	43145	15.7	1888	2470	86290	3776		7.30
508.0	16.0	174	222	53959	15.6	2361	3113	107919	4723	1.60	5.75
	20.0	216	275	65681	15.5	2874	3822	131363	5749		4.64
	25.0	266	339	79415	15.3	3475	4671	158830	6951		3.75
	30.0	316	402	92173	15.1	4034	5479	184346	8068		3.17
	6.0	74.3	94.6	29812	17.7	1174	1512	59623	2347		13.5
	6.3	77.9	99.3	31246	17.7	1230	1586	62493	2460		12.8
	8.0	98.6	126	39280	17.7	1546	2000	78560	3093		10.1
	10.0	123	156	48520	17.6	1910	2480	97040	3820		8.14
610.0	12.0	147	187	57536	17.5	2265	2953	115072	4530	1.92	6.81
	12.5	153	195	59755	17.5	2353	3070	119511	4705		6.55
	16.0	194	247	74909	17.4	2949	3874	149818	5898		5.15
	20.0	241	307	91428	17.3	3600	4766	182856	7199		4.15
	25.0	298	379	110918	17.1	4367	5837	221837	8734		3.36
	30.0	354	451	129173	16.9	5086	6864	258346	10171		2.83
	6.0	89.4	114	51924	21.4	1702	2189	103847	3405		11.2
	6.3	93.8	119	54439	21.3	1785	2296	108878	3570		10.7
711.0	8.0	119	151	68551	21.3	2248	2899	137103	4495	2.23	8.42
	10.0	148	188	84847	21.2	2782	3600	169693	5564		6.76
	12.0	177	225	100814	21.1	3305	4292	201627	6611		5.65
	12.5	184	235	104755	21.1	3435	4463	209509	6869		5.43
	16.0	234	299	131781	21.0	4321	5647	263563	8611		4.27
	20.0	291	371	161490	20.9	5295	6965	322979	10589		3.44
	25.0	361	459	196906	20.7	6456	8516	393813	12912		2.77
	30.0	429	547	230476	20.5	7557	10101	460952	15113		2.33
711.0	6.0	104	133	82568	24.9	2323	2982	165135	4645	2.23	9.59
	6.3	109	139	86586	24.9	2436	3129	173172	4871		9.13
	8.0	139	177	109162	24.9	3071	3954	218324	6141		7.21
	10.0	173	220	135301	24.8	3806	4914	270603	7612		5.78
	12.0	207	264	160991	24.7	4529	5864	321981	9057		4.83
	12.5	215	274	167343	24.7	4707	6099	334686	9415		4.64
	16.0	274	349	211040	24.6	5936	7730	422080	11873		3.65
	20.0	341	434	259351	24.4	7295	9552	518702	14519		2.93
711.0	25.0	423	539	317357	24.3	8927	11770	634715	17854	2.23	2.36
	30.0	504	642	372790	24.1	10486	13922	745580	20973		1.98

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H

Tabla 4.3. Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
762.0	6.0	112	143	101813	26.7	2672	3429	203626	5345	2.39	8.94
	6.3	117	150	106777	26.7	2803	3598	213555	5605		8.52
	8.0	149	190	134683	26.7	3535	4548	269366	7070		6.72
	10.0	185	236	167028	26.6	4384	5655	334057	8768		5.39
	12.0	222	283	198855	26.5	5219	6751	397710	10439		4.51
	12.5	231	294	206731	26.5	5426	7023	413462	10852		4.33
	16.0	294	375	260973	26.4	6850	8906	521947	13699		3.40
	20.0	366	466	321083	26.2	8427	11014	642166	16855		2.73
	25.0	454	579	393461	26.1	10327	13584	786922	20654		2.20
	30.0	542	690	462853	25.9	12148	16084	925706	24297		1.85
813.0	8.0	159	202	163901	28.5	4032	5184	327801	8064	2.55	6.30
	10.0	198	252	203364	28.4	5003	6448	406728	10006		5.05
	12.0	273	302	242235	28.3	5959	7700	484469	11918		4.22
	12.5	247	314	251860	28.3	6196	8011	503721	12392		4.05
	16.0	314	401	318222	28.2	7828	10165	636443	15657		3.18
	20.0	391	498	391909	28.0	9641	12580	783819	19282		2.56
	25.0	486	619	480856	27.9	11829	15529	961713	23658		2.06
914.0	30.0	579	738	566374	27.7	13933	18402	113748	27866	2.87	1.73
	8.0	179	228	233651	32.0	5113	6567	467303	10225		5.59
	10.0	223	284	290147	32.0	6349	8172	580294	12698		4.49
	12.0	267	340	345890	31.9	7569	9764	691779	15137		3.75
	12.5	278	354	359708	31.9	7871	10159	719417	15742		3.60
	16.0	354	451	455142	31.8	9959	12904	910284	19919		2.82
	20.0	441	562	561461	31.6	12286	15987	1122922	24572		2.27
1016.0	25.0	548	698	690317	31.4	15105	19763	1380634	30211	3.19	1.82
	30.0	654	833	814775	31.3	17829	23453	1629550	35658		1.53
	8.0	199	253	321780	35.6	6334	8129	643560	12668		5.03
	10.0	248	316	399850	35.6	7871	10121	799699	15742		4.03
	12.0	297	378	476985	35.5	9389	12097	953969	18779		3.37
1016.0	12.5	309	394	496123	35.5	9766	12588	992246	19532	3.19	3.23
	16.0	395	503	628479	35.4	12372	16001	1256959	24743		2.53
	20.0	491	626	776324	35.2	15282	19843	1552648	30564		2.04
1067.0	25.0	611	778	956086	35.0	18821	24557	1912173	37641	3.35	1.64
	30.0	729	929	1130352	34.9	22251	29175	2260704	44502		1.37
	10.0	261	332	463792	37.4	8693	11173	927585	17387		3.84
	12.0	312	398	553420	37.3	10373	13357	1106840	20747		3.20
	12.5	325	414	575666	37.3	10790	13900	1151332	21581		3.08
	16.0	415	528	729606	37.2	13676	17675	1459213	27352		2.41
	20.0	516	658	901755	37.0	16903	21927	1803509	33805		1.94
1168.0	25.0	642	818	1111355	36.9	20831	27149	2222711	41663	3.67	1.56
	30.0	767	977	1314864	36.7	24646	32270	2629727	49292		1.30
	10.0	286	364	609843	40.9	10443	13410	1219686	20885		3.50
	12.0	342	436	728050	40.9	12467	16037	1456101	24933		2.92
	12.5	356	454	757409	40.9	12969	16690	1514818	25939		2.81
	16.0	455	579	960774	40.7	16452	21235	1921547	32903		2.20
	20.0	566	721	1188632	40.6	20353	26361	2377264	40707		1.77
1219.0	25.0	705	898	1466717	40.4	25115	32666	2933434	50230	3.83	1.42
	10.0	298	380	694014	42.7	11387	14617	1388029	22773		3.35
	12.0	357	455	828716	42.7	13597	17483	1657433	27193		2.80
	12.5	372	474	862181	42.7	14146	18196	1724362	28291		2.69
	16.0	475	605	1094091	42.5	17951	23157	2188183	35901		2.11
	20.0	591	753	1354155	42.4	22217	28755	2708309	44435		1.69
	25.0	736	938	1671873	42.2	27430	35646	3343746	54860		1.36

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4-4 Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección cuadrada

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
20	2.0	1.05	1.34	0.692	0.720	0.692	0.877	1.21	1.06	0.0731	953
25	2.0	1.36	1.74	1.48	0.924	1.19	1.47	2.53	1.80	0.0931	733
	2.5	1.64	2.09	1.69	0.89	1.35	1.71	2.97	2.07	0.0914	610
	3.0	1.89	2.41	1.84	0.874	1.47	1.91	3.33	2.27	0.0897	529
30	2.0	1.68	2.14	2.72	1.13	1.81	2.21	4.54	2.75	0.113	596
	2.5	2.03	2.59	3.16	1.10	2.10	2.61	5.40	3.20	0.111	492
	3.0	2.36	3.01	3.50	1.08	2.34	2.96	6.15	3.58	0.110	423
40	2.0	2.31	2.94	6.94	1.54	3.47	4.13	11.3	5.23	0.153	434
	2.5	2.82	3.59	8.22	1.51	4.11	4.97	13.6	6.21	0.151	355
	3.0	3.30	4.21	9.32	1.49	4.66	5.72	15.8	7.07	0.150	303
	4.0	4.20	5.35	11.1	1.44	5.54	7.01	19.4	8.48	0.146	238
50	2.0	2.93	3.74	14.1	1.95	5.66	6.66	22.6	8.51	0.193	341
	2.5	3.60	4.59	16.9	1.92	6.78	8.07	27.5	10.2	0.191	278
	3.0	4.25	5.41	19.5	1.90	7.79	9.39	32.1	11.8	0.190	236
	4.0	5.45	6.95	23.7	1.85	9.49	11.7	40.4	14.4	0.186	183
	5.0	6.56	8.36	27.0	1.80	10.8	13.7	47.5	16.6	0.183	152
60	2.0	3.56	4.54	25.1	2.35	8.38	9.79	39.8	12.6	0.233	281
	2.5	4.39	5.59	30.3	2.33	10.1	11.9	48.7	15.2	0.231	228
	3.0	5.19	6.61	35.1	2.31	11.7	14.0	57.1	17.7	0.230	193
	4.0	6.71	8.55	43.6	2.26	14.5	17.6	72.6	22.0	0.226	149
	5.0	8.13	10.4	50.5	2.21	16.8	20.9	86.4	25.6	0.223	123
	6.0	9.45	12.0	56.1	2.16	18.7	23.7	98.4	28.6	0.219	106
	6.3	9.55	12.2	54.4	2.11	18.1	23.4	100	28.8	0.213	105
70	2.5	5.17	6.59	49.4	2.74	14.1	16.5	78.5	21.2	0.271	193
	3.0	6.13	7.81	57.5	2.71	16.4	19.4	92.4	24.7	0.270	163
	4.0	7.97	10.1	72.1	2.67	20.6	24.8	119	31.1	0.266	126
	5.0	9.70	12.4	84.6	2.62	24.2	29.6	142	36.7	0.263	103
	6.0	11.3	14.4	95.2	2.57	27.2	33.8	163	41.4	0.259	88.3
	6.3	11.5	14.7	93.8	2.53	26.8	33.8	168	42.1	0.253	86.7
80	3.0	7.07	9.01	87.8	3.12	22.0	25.8	140	33.0	0.310	141
	4.0	9.22	11.7	111	3.07	27.8	33.1	180	41.8	0.306	108
	5.0	11.3	14.4	131	3.03	32.9	39.7	218	49.7	0.303	88.7
	6.0	13.2	16.8	149	2.98	37.3	45.8	252	56.6	0.299	75.7
	6.3	13.5	17.2	149	2.94	37.1	46.1	261	57.9	0.293	74.0
	8.0	16.4	20.8	168	2.84	42.1	53.9	307	66.6	0.286	61.1
	8.0	16.4	20.8	168	2.84	42.1	53.9	307	66.6	0.286	61.1
90	3.0	8.01	10.2	127	3.53	28.3	33.0	201	42.5	0.350	125
	4.0	10.5	13.3	162	3.48	36.0	42.6	261	54.2	0.346	95.4
	5.0	12.8	16.4	193	3.43	42.9	51.4	316	64.7	0.343	77.9
	6.0	15.1	19.2	220	3.39	49.0	59.5	368	74.2	0.339	66.2
	6.3	15.5	19.7	221	3.35	49.1	60.3	382	76.2	0.333	64.6
	8.0	18.9	24.0	255	3.25	56.6	71.3	456	88.8	0.326	53.0
	8.0	18.9	24.0	255	3.25	56.6	71.3	456	88.8	0.326	53.0
100	3.0	8.96	11.4	177	3.94	35.4	41.2	279	53.2	0.390	112
	4.0	11.7	14.9	26	3.89	45.3	53.3	362	68.1	0.386	85.2
	5.0	14.4	18.4	271	3.84	54.2	64.6	441	81.7	0.383	69.4
	6.0	17.0	21.6	311	3.79	62.3	75.1	514	94.1	0.379	58.9
	6.3	17.5	22.2	314	3.76	62.8	76.4	536	97.0	0.373	57.3
	8.0	21.4	27.2	366	3.67	73.2	91.1	645	114	0.366	46.8
	10.0	25.6	32.6	411	3.55	82.2	105	750	130	0.357	39.1
	12.0	28.3	36.1	408	3.36	81.6	110	794	136	0.338	35.3
	12.5	29.1	37.0	410	3.33	82.1	111	804	137	0.336	34.4
120	3.0	10.8	13.8	312	4.76	52.1	60.2	488	78.2	0.470	92.3
	4.0	14.2	18.1	402	4.71	67.0	78.3	637	101	0.466	70.2
	5.0	17.5	22.4	485	4.66	80.9	95.4	778	122	0.463	57.0
	6.0	20.7	26.4	562	4.61	93.7	112	913	141	0.459	48.2
	6.3	21.4	27.3	572	4.58	95.3	114	955	146	0.453	46.7
	8.0	26.4	33.6	677	4.49	113	138	1163	175	0.446	37.9
	10.0	31.8	40.6	777	4.38	129	162	1376	203	0.437	31.4
	12.0	35.8	45.7	806	4.20	134	174	1518	219	0.418	27.9
	12.5	36.9	47.0	817	4.17	136	178	1551	223	0.416	27.1
140	4.0	16.8	21.3	652	5.52	93.1	108	1023	140	0.546	59.7
	5.0	20.7	26.4	791	5.48	113	132	1256	170	0.543	48.3
	6.0	24.5	31.2	920	5.43	131	155	1479	198	0.539	40.8
	6.3	25.4	32.3	941	5.39	134	160	1550	205	0.533	39.4
	8.0	31.4	40.0	1127	5.30	161	194	1901	248	0.526	31.8
	10.0	38.1	48.6	1312	5.20	187	230	2274	291	0.517	26.2
	12.0	43.4	55.3	1398	5.03	200	253	2567	322	0.498	23.1

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4.4. Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección cuadrada

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
150	4.0	18.0	22.9	808	5.93	108	125	1265	162	0.586	55.5
	5.0	22.3	28.4	982	5.89	131	153	1554	197	0.583	44.9
	6.0	26.4	33.6	1146	5.84	153	180	1833	230	0.579	37.9
	6.3	27.4	34.8	1174	5.80	156	185	1922	239	0.573	36.6
	8.0	33.9	43.2	1412	5.71	188	226	2364	289	0.566	29.5
	10.0	41.3	52.6	1653	5.61	220	269	2839	341	0.557	24.2
	12.0	47.1	60.1	1780	5.44	237	298	3231	380	0.538	21.2
	12.5	48.7	62.0	1817	5.41	242	306	3321	389	0.536	20.5
160	16.0	58.7	74.8	2009	5.18	268	351	3830	440	0.518	17.0
	4.0	19.3	24.5	987	6.34	123	143	1541	185	0.626	51.9
	5.0	23.8	30.4	1202	6.29	150	175	1896	226	0.623	42.0
	6.0	28.3	36.0	1405	6.25	176	206	2239	264	0.619	35.4
	6.3	29.3	37.4	1442	6.21	180	213	2349	275	0.613	34.1
	8.0	36.5	46.4	1741	6.12	218	260	2897	334	0.606	27.4
	10.0	44.4	56.6	2048	6.02	256	311	3490	395	0.597	22.5
	12.0	50.9	64.9	2224	5.86	278	346	3997	443	0.578	19.6
180	12.5	52.6	67.0	2275	5.83	284	356	4114	455	0.576	19.0
	16.0	63.7	81.2	2546	5.60	318	413	4799	520	0.558	15.7
	4.0	21.8	27.7	1422	7.16	158	182	2210	237	0.706	45.9
	5.0	27.0	34.4	1737	7.11	193	224	2724	290	0.703	37.1
	6.0	32.1	40.8	2037	7.06	226	264	3223	340	0.699	31.2
	6.3	33.3	42.4	2096	7.03	233	273	3383	354	0.693	30.0
	8.0	41.5	52.8	2546	6.94	283	336	4189	432	0.686	24.1
	10.0	50.7	64.6	3017	6.84	335	404	5074	515	0.677	19.7
200	12.0	58.5	74.5	3322	6.68	369	454	5865	584	0.658	17.1
	12.5	60.5	77.0	3406	6.65	378	467	6050	600	0.656	16.5
	16.0	73.8	94.0	3887	6.43	432	550	7178	698	0.638	13.6
	4.0	24.3	30.9	1968	7.97	197	226	3049	295	0.786	41.2
	5.0	30.1	38.4	2410	7.93	241	279	3763	362	0.783	33.2
	6.0	35.8	45.6	2833	7.88	283	330	4459	426	0.779	27.9
	6.3	37.2	47.4	2922	7.85	292	341	4682	444	0.773	26.8
	8.0	46.5	59.2	3566	7.76	357	421	5815	544	0.766	21.5
220	10.0	57.0	72.6	4251	7.65	425	508	7072	651	0.757	17.6
	12.0	66.0	84.1	4730	7.50	473	576	8230	743	0.738	15.2
	12.5	68.3	87.0	4859	7.47	486	594	8502	765	0.736	14.6
	16.0	83.8	107	5625	7.26	562	706	10210	901	0.718	11.9
	5.0	33.2	42.04	3238	8.74	294	340	5038	442	0.863	30.1
	6.0	39.6	50.4	3813	8.70	347	402	5976	521	0.859	25.3
	6.3	41.2	52.5	3940	8.66	358	417	6277	543	0.853	24.3
	8.0	51.5	65.6	4828	8.58	439	516	7815	668	0.846	19.4
250	10.0	63.2	80.6	5782	8.47	526	625	9533	804	0.837	15.8
	12.0	73.5	93.7	6487	8.32	590	712	11149	922	0.818	13.6
	12.5	76.2	97.0	6674	8.29	607	735	11530	951	0.816	13.1
	16.0	93.9	120	7812	8.08	710	881	13971	1129	0.798	10.7
	5.0	38.0	48.4	4805	9.97	384	442	7443	577	0.983	26.3
	6.0	45.2	57.6	5672	9.92	454	524	8843	681	0.979	22.1
	6.3	47.1	60.0	5873	9.89	470	544	9290	711	0.973	21.2
	8.0	59.1	75.2	7229	9.80	578	676	11598	878	0.966	16.9
260	10.0	72.7	92.6	8707	9.70	697	822	14197	1062	0.957	13.8
	12.0	84.8	108	9859	9.55	789	944	16691	1226	0.938	11.8
	12.5	88.0	112	10161	9.52	813	975	17283	1266	0.936	11.4
	16.0	109	139	12047	9.32	964	1180	21146	1520	0.918	9.18
	6.0	47.1	60.0	6405	10.3	493	569	9970	739	1.02	21.2
	6.3	49.1	62.6	6635	10.3	510	591	10475	772	1.01	20.4
	8.0	61.6	78.4	8178	10.2	629	734	13087	955	1.01	16.2
	10.0	75.8	96.6	9865	10.1	759	894	16035	1156	0.997	13.2
300	12.0	88.6	113	11200	9.96	862	1028	18878	1337	0.978	11.3
	12.5	91.9	117	11548	9.93	888	1063	19553	1381	0.976	10.9
	16.0	114	145	13739	9.73	1057	1289	23986	1663	0.958	8.77
	6.0	54.7	69.6	9964	12.0	664	764	15434	997	1.18	18.3
	6.3	57.0	72.6	10342	11.9	689	795	16218	1042	1.17	17.5
	8.0	71.6	91.2	12801	11.8	853	991	20312	1293	1.17	14.0
	10.0	88.4	113	15519	11.7	1035	1211	24966	1572	1.16	11.3
	12.0	104	132	17767	11.6	1184	1402	29514	1829	1.14	9.65
350	12.5	108	137	18348	11.6	1223	1451	30601	1892	1.14	9.30
	16.0	134	171	22076	11.4	1472	1774	37837	2299	1.12	7.46
	8.0	84.2	107	20681	13.9	1182	1366	32557	1787	1.37	11.9
	10.0	104	133	25189	13.8	1439	1675	40127	2182	1.36	9.61
	12.0	123	156	29054	13.6	1660	1949	47598	2552	1.34	8.16
	12.5	127	162	30045	13.6	1717	2020	49393	2642	1.34	7.86
	16.0	159	203	36511	13.4	2086	2488	61481	3238	1.32	6.28
	10.0	120	153	38216	15.8	1911	2214	60431	2892	1.56	8.35
400	12.0	141	180	44319	15.7	2216	2587	71843	3395	1.54	7.07
	12.5	147	187	45877	15.7	2294	2683	74843	3518	1.54	6.81
	16.0	184	235	56154	15.5	2808	3322	93279	4336	1.52	5.43

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4-5 Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección rectangular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión		Radio de giro		Módulo de flexión elástico		Módulo de flexión plástico		Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada			
H x B	T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{elxx}	W _{elhy}	W _{plxx}	W _{plyy}	I _t	C _t	A _s	m			
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m				
40	20	2.0	1.68	2.14	4.05	1.34	1.38	0.793	2.02	1.34	2.61	1.60	3.45	2.36	0.113	596		
		2.5	2.03	2.59	4.69	1.54	1.35	0.770	2.35	1.54	3.09	1.88	4.06	2.72	0.111	492		
		3.0	2.36	3.01	5.21	1.68	1.32	0.748	2.60	1.68	3.50	2.12	4.57	3.00	0.110	423		
50	30	2.0	2.31	2.94	9.54	4.29	1.80	1.21	3.81	2.86	4.74	3.33	9.77	4.84	0.153	434		
		2.5	2.82	3.59	11.3	5.05	1.77	1.19	4.52	3.37	5.70	3.98	11.7	5.72	0.151	355		
		3.0	3.30	4.21	12.8	5.70	1.75	1.16	5.13	3.80	6.57	4.58	13.5	6.49	0.150	303		
		4.0	4.20	5.35	15.3	6.69	1.69	1.12	6.10	4.46	8.05	5.58	16.5	7.71	0.146	238		
		2.0	2.93	3.74	18.4	9.83	2.22	1.62	6.14	4.92	7.47	5.65	20.7	8.12	0.193	341		
		2.5	3.60	4.59	22.1	11.7	2.19	1.60	7.36	5.87	9.06	6.84	25.1	9.72	0.191	278		
60	40	3.0	4.25	5.41	25.4	13.4	2.17	1.58	8.46	6.72	10.5	7.94	29.3	11.2	0.190	236		
		4.0	5.45	6.95	31.0	16.3	2.11	1.53	10.3	8.14	13.2	9.89	36.7	13.7	0.186	183		
		5.0	6.56	8.36	35.3	18.4	2.06	1.48	11.8	9.21	15.4	11.5	42.8	15.6	0.183	152		
		2.0	3.56	4.54	31.5	18.8	2.63	2.03	8.99	7.50	10.8	8.58	37.5	12.2	0.233	281		
		2.5	4.39	5.59	38.0	22.6	2.61	2.01	10.9	9.04	13.2	10.4	45.8	14.7	0.231	228		
		3.0	5.19	6.61	44.1	26.1	2.58	1.99	12.6	10.4	15.4	12.2	53.6	17.1	0.230	193		
		4.0	6.71	8.55	54.7	32.2	2.53	1.94	15.6	12.9	19.5	15.4	68.1	21.2	0.226	149		
		5.0	8.13	10.4	63.5	37.2	2.48	1.90	18.1	14.9	23.1	18.2	80.8	24.6	0.223	123		
		80	40	2.0	3.56	4.54	37.4	12.7	2.87	1.67	9.34	6.36	11.6	7.17	30.9	11.0	0.233	281
2.5	4.39			5.59	45.1	15.3	2.84	1.65	11.3	7.63	14.1	8.72	37.6	13.2	0.231	228		
3.0	5.19			6.61	52.3	17.6	2.81	1.63	13.1	8.78	16.5	10.2	43.9	15.3	0.230	193		
		4.0	6.71	8.55	64.8	21.5	2.75	1.59	16.2	10.7	20.9	12.8	55.2	18.8	0.226	149		
		5.0	8.13	10.4	75.1	24.6	2.69	1.54	18.8	12.3	24.7	15.0	65.0	21.7	0.223	123		
		2.0	4.19	5.34	49.5	31.9	3.05	2.44	12.4	10.6	14.7	12.1	61.2	17.1	0.273	239		
		2.5	5.19	6.59	60.1	38.6	3.02	2.42	15.0	12.9	18.0	14.8	75.1	20.7	0.271	193		
		3.0	6.13	7.81	70.0	44.9	3.00	2.40	17.5	15.0	21.2	17.4	88.3	24.1	0.270	163		
		4.0	7.97	10.1	87.9	56.1	2.94	2.35	22.0	18.7	27.0	22.1	113	30.3	0.266	126		
		5.0	9.70	12.4	103	65.7	2.89	2.31	25.8	21.9	32.2	26.4	136	35.7	0.263	103		
		90	50	2.0	4.19	5.34	57.9	23.4	3.29	2.09	12.9	9.35	15.7	10.5	53.4	15.9	0.273	239
				2.5	5.17	6.59	70.3	28.2	3.27	2.07	15.6	11.3	19.3	12.8	65.3	19.2	0.271	193
3.0	6.13			7.81	81.9	32.7	3.24	2.05	18.2	13.1	22.6	15.0	76.7	22.4	0.270	163		
		4.0	7.97	10.1	103	40.7	3.18	2.00	22.8	16.3	28.8	19.1	97.7	28.0	0.266	126		
		5.0	9.70	12.4	121	47.4	3.12	1.96	26.8	18.9	34.4	22.7	116	32.7	0.263	103		
				2.5	5.17	6.59	79.3	18.8	3.47	1.69	15.9	9.39	20.2	10.6	50.5	16.8	0.271	193
3.0	6.13			7.81	92.3	21.7	3.44	1.67	18.5	10.8	23.7	12.4	59.0	19.4	0.270	163		
4.0	7.97			10.1	116	26.7	3.38	1.62	23.1	13.3	30.3	15.7	74.5	24.0	0.266	126		
		5.0	9.70	12.4	136	30.8	3.31	1.58	27.1	15.4	36.1	18.5	87.9	27.9	0.263	103		
		100	50	2.5	5.56	7.09	91.2	31.1	3.59	2.09	18.2	12.4	22.7	14.0	75.4	21.5	0.291	180
				3.0	6.60	8.41	106	36.1	3.56	2.07	21.3	14.4	26.7	16.4	88.6	25.0	0.290	152
4.0	8.59			10.9	134	44.9	3.50	2.03	26.8	18.0	34.1	20.9	113	31.3	0.286	116		
		5.0	10.5	13.4	158	52.5	3.44	1.98	31.6	21.0	40.8	25.0	135	36.8	0.283	95.4		
		6.0	12.3	15.6	179	58.7	3.38	1.94	35.8	23.5	46.9	28.5	154	41.4	0.279	81.5		
		6.3	12.5	15.9	176	58.2	3.32	1.91	35.1	23.3	46.9	28.6	158	42.1	0.273	79.9		
		2.5	5.96	7.59	103	46.9	3.69	2.49	20.6	15.6	25.1	17.7	103	26.2	0.311	168		
		3.0	7.07	9.01	121	54.6	3.66	2.46	24.1	18.2	29.6	20.8	122	30.6	0.310	141		
		4.0	9.22	11.7	153	68.7	3.60	2.42	30.5	22.9	37.9	26.6	156	38.7	0.306	108		
		5.0	11.3	14.4	181	80.8	6.55	2.37	36.2	26.9	45.6	31.9	188	45.8	0.303	88.7		
		6.0	163.2	16.8	205	91.2	3.49	2.33	41.1	30.4	52.5	36.6	216	51.9	0.299	75.7		
		6.3	13.5	17.2	203	90.9	3.44	2.30	40.7	30.3	52.8	36.9	223	53.0	0.293	74.0		
		2.5	6.74	8.59	127	90.2	3.84	3.24	25.4	22.5	30.0	25.8	166	35.7	0.351	148		
		3.0	8.01	10.2	149	106	3.82	3.22	29.8	26.4	35.4	30.4	196	41.9	0.350	125		
		4.0	10.5	13.3	189	134	3.77	3.17	37.9	33.5	45.6	39.2	254	53.4	0.346	95.4		
		5.0	12.8	16.4	226	160	3.72	3.12	45.2	39.9	55.1	47.2	308	63.7	0.343	77.9		
		6.0	15.1	19.2	258	182	3.67	3.08	51.7	45.5	63.8	54.7	357	73.0	0.339	66.2		
		6.3	15.5	19.7	259	183	3.62	3.04	51.8	45.7	64.6	55.4	371	75.0	0.333	64.6		
		2.5	6.74	8.59	161	55.2	4.33	2.53	26.9	18.4	33.2	20.6	133	31.7	0.351	148		
		3.0	8.01	10.2	189	64.4	4.30	2.51	31.5	21.5	39.2	24.2	156	37.1	0.350	125		
		4.0	10.5	13.3	241	81.2	4.25	2.47	40.1	27.1	50.5	31.1	201	47.0	0.346	95.4		
		5.0	12.8	16.4	287	96.0	4.19	2.42	47.8	32.0	60.9	37.4	242	55.8	0.343	77.9		
		6.0	15.1	19.2	328	109	4.13	2.38	54.7	36.3	70.6	43.1	280	63.6	0.339	66.2		
		6.3	15.5	19.7	327	109	4.07	2.35	54.4	36.4	71.2	43.7	289	65.1	0.333	64.6		
		8.0	18.9	24.0	375	124	3.95	2.27	62.6	41.3	84.1	51.3	340	75.0	0.326	53.0		
		3.0	8.96	11.4	230	123	4.49	3.29	38.4	30.9	46.2	35.0	255	50.8	0.390	112		
		4.0	11.7	14.9	295	157	4.44	3.24	49.1	39.3	59.8	45.2	331	64.9	0.386	85.2		
		5.0	14.4	18.4	353	188	4.39	3.20	58.9	46.9	72.4	54.7	402	77.8	0.383	69.4		
		6.0	17.0	21.6	406	215	4.33	3.15	67.6	53.8	84.3	63.5	469	89.4	0.379	58.9		
		6.3	17.5	22.2	408	217	4.28	3.12	68.1	54.3	85.6	64.7	488	92.1	0.373	57.3		
		8.0	21.4	27.2	476	252	4.18	3.04	79.3	62.9	102	76.9	584	108	0.366	46.8		
		4.0	13.0	16.5	430	180	5.10	3.30	61.4	45.1	75.5	51.3	412	76.5	0.426	77.0		
		5.0	16.0	20.4	517	216	5.04	3.26	73.9	54.0	91.8	62.2	501	91.8	0.423	62.6		
		6.0	18.9	24.0	597	248	4.98	3.21	85.3	62.0	107	72.4	584	106	0.419	53.0		
		6.3	19.4	24.8	603	251	4.93	3.19	86.1	62.9	109	74.0	609	109	0.413	51.4		
		8.0	23.9	30.4	708	293	4.82	3.10	101	73.3	131	88.4	731	129	0.406	41.8		
Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H																		

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4.5. Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección rectangular

Diámetro exterior		Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión		Radio de giro		Módulo de flexión elástico		Módulo de flexión plástico		Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
H x B		T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{elxx}	W _{elyy}	W _{plxx}	W _{plyy}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
150	100	4.0	14.9	18.9	595	319	5.60	4.10	79.3	63.7	95.7	72.5	662	105	0.486	67.2
		5.0	18.3	23.4	719	384	5.55	4.05	95.9	76.8	117	88.3	809	127	0.483	54.5
		6.0	21.7	27.6	835	444	5.50	4.01	111	88.8	137	103	948	147	0.479	46.1
		6.3	22.4	28.5	848	453	5.45	3.98	113	90.5	140	106	992	152	0.473	44.6
		8.0	27.7	35.2	1008	536	5.35	3.90	134	107	169	128	1206	182	0.466	36.1
		10.0	33.4	42.6	1162	614	5.22	3.80	155	123	199	150	1426	211	0.457	29.9
		12.0	37.7	48.1	1207	642	5.01	3.65	161	128	215	163	1573	229	0.438	26.5
160	80	4.0	14.2	18.1	598	204	5.74	3.35	74.7	50.9	92.9	57.4	494	88.0	0.466	70.2
		5.0	17.5	22.4	722	244	5.68	3.30	90.2	61.0	113	69.7	601	106	0.463	57.0
		6.0	20.7	26.4	836	281	5.62	3.26	105	70.2	132	81.3	702	122	0.459	48.2
		6.3	21.4	27.3	846	286	5.57	3.24	106	71.4	135	83.3	732	126	0.453	46.7
		8.0	26.4	33.6	1001	335	5.46	3.16	125	83.7	163	100	882	150	0.446	37.9
		10.0	31.8	40.6	1146	380	5.32	3.06	143	95.0	191	117	1031	172	0.437	31.4
		12.0	35.8	45.7	1171	391	5.06	2.93	146	97.8	204	125	1111	183	0.418	27.9
180	100	4.0	16.8	21.3	926	374	6.59	4.18	103	74.8	126	84.0	854	127	0.546	59.7
		5.0	20.7	26.4	1124	452	6.53	4.14	125	90.4	154	103	1045	154	0.543	48.3
		6.0	24.5	31.2	1310	524	6.48	4.10	146	105	181	120	1227	179	0.539	40.8
		6.3	25.4	32.3	1335	536	6.43	4.07	148	107	186	124	1283	185	0.533	39.4
		8.0	31.4	40.0	1598	637	6.32	3.99	178	127	226	150	1565	222	0.526	31.8
		10.0	38.1	48.6	1859	736	6.19	3.89	207	147	268	177	1859	260	0.517	26.2
		12.0	43.4	55.3	1965	782	5.96	3.76	218	156	292	194	2073	285	0.498	23.1
200	100	4.0	18.0	22.9	1200	411	7.23	4.23	120	82.2	148	91.7	985	142	0.586	55.5
		5.0	22.3	28.4	1459	497	7.17	4.19	146	99.4	181	112	1206	172	0.583	44.9
		6.0	26.4	33.6	1703	577	7.12	4.14	170	115	213	132	1417	200	0.579	37.9
		6.3	27.4	34.8	1739	591	7.06	4.12	174	118	219	135	1483	208	0.573	36.6
		8.0	33.9	43.2	2091	705	6.95	4.04	209	141	267	165	1811	250	0.566	29.5
		10.0	41.3	52.6	2444	818	6.82	3.94	244	164	318	195	2154	292	0.557	24.2
		12.0	47.1	60.	2607	876	6.59	3.82	261	175	350	215	2414	322	0.538	21.2
	120	12.5	48.7	62.0	2659	892	6.55	3.79	266	178	359	221	2474	329	0.536	20.5
		4.0	19.3	24.5	1353	618	7.43	5.02	135	103	164	115	1345	172	0.626	51.9
		5.0	23.8	30.4	1649	750	7.37	4.97	165	125	201	141	1652	210	0.623	42.0
		6.0	28.3	36.0	1929	874	7.32	4.93	193	146	237	166	1947	245	0.619	35.4
		6.3	29.3	37.4	1976	898	7.27	4.90	198	150	244	172	2040	255	0.613	34.1
		8.0	36.5	46.4	2386	1079	7.17	4.82	239	180	298	209	2507	308	0.606	27.4
		10.0	44.4	56.6	2806	1262	7.04	4.72	281	210	356	250	3007	364	0.597	22.5
		12.0	50.9	64.9	3031	1368	6.84	4.59	303	228	395	278	3419	406	0.578	19.6
		12.5	52.6	67.0	3099	1397	6.80	4.57	310	233	406	285	3514	416	0.576	19.0
250	150	5.0	30.1	38.4	3304	1508	9.28	6.27	264	201	320	225	3285	337	0.783	33.2
		6.0	35.8	45.6	3886	1768	9.23	6.23	311	236	378	266	3886	396	0.779	27.9
		6.3	37.2	47.4	4001	1825	9.18	6.20	320	243	391	276	4078	412	0.773	26.8
		8.0	46.5	59.2	4886	2219	9.08	6.12	391	296	482	340	5050	504	0.766	21.5
		10.0	57.0	72.6	5825	2634	8.96	6.02	466	351	582	409	6121	602	0.757	17.6
		12.0	66.0	84.1	6458	2925	8.77	5.90	517	390	658	463	7088	684	0.738	15.2
		12.5	68.3	87.0	6633	3002	8.73	5.87	531	400	678	477	7315	704	0.736	14.6
260	180	16.0	83.8	106.8	7660	3453	8.47	5.69	613	460	805	566	8713	823	0.718	11.9
		5.0	33.2	42.4	4121	2350	9.86	7.45	317	261	377	294	4695	426	0.863	30.1
		6.0	39.6	50.4	4856	2763	9.81	7.40	374	307	447	348	5566	501	0.859	25.3
		6.3	41.2	52.5	5013	2856	9.77	7.38	386	317	463	361	5844	523	0.853	24.3
		8.0	51.5	65.6	6145	3493	9.68	7.29	473	388	573	446	7267	642	0.846	19.4
		10.0	63.2	80.6	7363	4174	9.56	7.20	566	464	694	540	8850	772	0.837	15.8
		12.0	73.5	93.7	8245	4679	9.38	7.07	634	520	790	615	10328	884	0.818	13.6
260	180	12.5	76.2	97.0	8482	4812	9.35	7.04	652	535	815	635	10676	911	0.816	13.1
		16.0	93.9	120	9923	5614	9.11	6.85	763	624	977	759	12890	1079	0.798	10.7

Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H



Tabla 4.5. Tubo estructural conformado en frío - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección rectangular

Diámetro exterior		Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal		Momento de inercia de flexión		Radio de giro		Módulo de flexión elástico		Módulo de flexión plástico		Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
H x B		T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{elxx}	W _{elyy}	W _{plxx}	W _{plyy}	I _t	C _t	A _s		
mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m	
300	100	6.0	35.8	45.6	4777	842	10.2	4.30	318	168	411	188	2403	306	0.779	27.9	
		6.3	37.2	47.4	4907	868	10.2	4.28	327	174	425	194	2515	318	0.773	26.8	
		8.0	46.5	59.2	5978	1045	10.0	4.20	399	209	523	238	3080	385	0.766	21.5	
		10.0	57.0	72.6	7106	1224	9.90	4.11	474	245	631	285	3681	455	0.757	17.6	
		12.0	66.0	84.1	7808	1343	9.64	4.00	521	269	710	321	4177	508	0.738	15.2	
		12.5	68.3	87.0	8010	1374	9.59	3.97	534	275	732	330	4292	521	0.736	14.6	
	150	16.0	83.8	107	9157	1543	9.26	3.80	610	309	865	386	4939	592	0.718	11.9	
		6.0	40.5	51.6	6074	2080	10.8	6.35	405	277	500	309	4988	479	0.879	24.7	
		6.3	42.2	53.7	6266	2150	10.8	6.32	418	287	517	321	5234	499	0.873	23.7	
		8.0	52.8	67.2	7684	2623	10.7	6.25	512	350	640	396	6491	612	0.866	18.9	
		10.0	64.8	82.6	9209	3125	10.6	6.15	614	417	776	479	7879	733	0.857	15.4	
		12.0	75.4	96.1	10298	3498	10.4	6.03	687	466	883	546	9153	837	0.838	13.3	
300	200	12.5	78.1	99.5	10594	3595	10.3	6.01	706	479	912	563	9452	862	0.836	12.8	
		16.0	96.4	123	12387	4174	10.0	5.83	826	557	1092	673	11328	1015	0.818	10.4	
		6.0	45.2	57.6	7370	3962	11.3	8.29	491	396	588	446	8115	651	0.979	22.1	
		6.3	47.1	60.0	7624	4104	11.3	8.27	508	410	610	563	8524	680	0.973	21.2	
		8.0	59.1	75.2	9389	5042	11.2	8.19	626	504	757	574	10627	838	0.966	16.9	
		10.0	72.7	92.6	11313	6058	11.1	8.09	754	606	921	698	12987	1012	0.957	13.8	
	250	12.0	84.8	108	12788	6854	10.9	7.96	853	685	1056	801	15236	1167	0.938	11.8	
		12.5	88.0	112	13179	7060	10.8	7.94	879	706	1091	828	15768	1204	0.936	11.4	
		16.0	109	139	15617	8340	10.6	7.75	1041	834	1319	1000	19223	1442	0.918	9.18	
		6.0	54.7	69.6	12457	7458	13.4	10.3	712	597	843	671	14554	967	1.18	18.3	
		6.3	57.0	72.6	12923	7744	13.3	10.3	738	620	876	698	15291	1010	1.17	17.5	
		8.0	71.6	91.2	16001	9573	13.2	10.2	914	766	1092	869	19136	1253	1.17	14.0	
350	250	10.0	88.4	113	19407	11588	13.1	10.1	1109	927	1335	1062	23500	1522	1.16	11.3	
		12.0	104	132	22197	13261	13.0	10.0	1268	1061	1544	1229	27749	1770	1.14	9.65	
		12.5	108	137	22922	13690	12.9	9.99	1310	1095	1598	1272	28764	1830	1.14	9.30	
		16.0	134	171	27580	16434	12.7	9.81	1576	1315	1954	1554	35497	2220	1.12	7.46	
		8.0	71.6	91.2	18974	6517	14.4	8.45	949	652	1173	728	15820	1133	1.17	14.0	
		10.0	88.4	113	23003	7864	14.3	8.36	1150	786	1434	888	19368	1373	1.16	11.3	
	300	12.0	104	132	26248	8977	14.1	8.24	1312	898	1656	1027	22782	1591	1.14	9.65	
		12.5	108	137	27100	9260	14.1	8.22	1355	926	1714	1062	23594	1644	1.14	9.30	
		16.0	134	171	32547	11056	13.8	8.05	1627	1106	2093	1294	28928	1984	1.12	7.46	
		8.0	84.2	107	25122	16212	15.3	12.3	1256	1081	1487	1224	31179	1747	1.37	11.9	
		10.0	104	133	30609	19726	15.2	12.2	1530	1315	1824	1501	38407	2132	1.36	9.61	
		12.0	123	156	35284	22747	15.0	12.1	1764	1516	2122	1747	45527	2492	1.34	8.16	
400	200	12.5	127	162	36489	23517	15.0	12.0	1824	1568	2198	1810	47237	2580	1.34	7.86	
		16.0	159	203	44350	28535	14.8	11.9	2218	1902	2708	2228	58730	3159	1.32	6.28	
		8.0	71.6	91.2	18974	6517	14.4	8.45	949	652	1173	728	15820	1133	1.17	14.0	
		10.0	88.4	113	23003	7864	14.3	8.36	1150	786	1434	888	19368	1373	1.16	11.3	
		12.0	104	132	26248	8977	14.1	8.24	1312	898	1656	1027	22782	1591	1.14	9.65	
		12.5	108	137	27100	9260	14.1	8.22	1355	926	1714	1062	23594	1644	1.14	9.30	
	300	16.0	134	171	32547	11056	13.8	8.05	1627	1106	2093	1294	28928	1984	1.12	7.46	
		8.0	84.2	107	25122	16212	15.3	12.3	1256	1081	1487	1224	31179	1747	1.37	11.9	
		10.0	104	133	30609	19726	15.2	12.2	1530	1315	1824	1501	38407	2132	1.36	9.61	
		12.0	123	156	35284	22747	15.0	12.1	1764	1516	2122	1747	45527	2492	1.34	8.16	
		12.5	127	162	36489	23517	15.0	12.0	1824	1568	2198	1810	47237	2580	1.34	7.86	
		16.0	159	203	44350	28535	14.8	11.9	2218	1902	2708	2228	58730	3159	1.32	6.28	
Calidades: S 275 JOH y S 355 J2H																	



❑ **TOLERANCIAS: PERFILES HUECOS PARA CONSTRUCCIÓN CONFORMADOS EN FRÍO. UNE EN10219-2-98.**

Las esquinas interiores de los perfiles huecos de sección cuadrada o rectangular deben ser redondeadas. El redondeo interno del perfil no está especificado.

Tabla 4-6 Tubo estructural conformado en frío de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancias de forma y masa

Característica	Perfiles huecos de sección circular	Perfiles huecos de sección cuadrada y rectangular	
Dimensiones exteriores (D, B ó H)	± 1% con un mínimo de ± 0.5 mm y un máximo de ± 10 mm	Longitud de lado Mm	Tolerancia
		H, B < 100	± 1% con un mínimo de 0.5% mm
		100 ≤ H, B ≤ 200	± 0.8%
		H, B > 200	± 0.6%
Espesor (T)	Para D ≤ 405.4 mm T ≤ 5 mm: ± 10% T > 5 mm: 0.50 mm Para D> 406.4 mm ± 10% con un máximo de ± 2mm	T ≤ 5mm: ± 10% T> 5 mm: ± 0.50mm	
Ovalidad (O)	2% para perfiles huecos donde la relación diámetro/espesor no excede de 100 ¹⁾	----	
Concavidad / Convexidad ²⁾	----	Máx. 0.8% con un mínimo de 0.5 mm	
Rectangularidad	----	90° ± 1°	
Redondeo de las esquinas	----	Véase la tabla para el redondeo exterior de las esquinas	
Revirado (V)	----	2 mm más 0.5 mm/m de longitud	
Rectitud	0.2% de la longitud total	0.15% de la longitud total	
Masa (M)	± 6% sobre las longitudes individuales		

1) Cuando la relación diámetro/espesor exceda de 100, la ovalidad debe ser objeto de acuerdo.

2) La tolerancia de concavidad y convexidad es independiente de la tolerancia de las dimensiones exteriores

Tabla 4-7 Tubo estructural conformado en frío de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancias en el Redondeo exterior de las esquinas

Espesor T mm	Redondeo exterior de las esquinas C ₁ , C ₂ ó R ¹⁾ mm
$T \leq 6$	1.6T a 2.4T
$6 < T \leq 10$	2.0T a 3.0T
$10 < T$	2.4T a 3.6T

1) Los lados no tienen que ser tangentes a los arcos de circunferencia de las esquinas.

Tabla 4-8 Tubo estructural conformado en frío de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancias de longitud¹⁾

Tipo de longitud	Gama en mm	Tolerancia
Longitud variable	4000 a 16000 con un intervalo 2000 por cada partida de pedido	10% de los perfiles suministrados pueden ser inferiores al mínimo para el intervalo pedido, pero no inferiores al 75% del mínimo del intervalo
Longitud exacta	≥ 4000	$^{+50}_0$ mm
	< 6000	$^{+5}_0$ mm
	≥ 6000 a ≤ 10000	$^{+15}_0$ mm
	> 10000	$^{+5}_0$ mm + 1 mm/m

1) El comprador debe indicar, al hacer la consulta o el pedido, el tipo de longitud requerida y la gama de longitud o la longitud adecuada.

Tabla 4-9 Tubo estructural conformado en frío de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancia de la altura del cordón de soldadura interno y externo para los perfiles huecos SAW (soldados por arco sumergido)

Espesor T mm	Altura máxima del cordón de soldadura mm
≤ 14.2	3.5
> 14.2	4.8



4.2.2. PERFILES HUECOS PARA CONSTRUCCIÓN ACABADOS EN CALIENTE DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA O RECTANGULAR. UNE EN 10210-2-98.

Tabla 4-10 Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
21.3	2.3	1.08	1.37	0.629	0.677	0.590	0.834	1.26	1.18	0.0669	928
	2.6	1.20	1.53	0.681	0.668	0.639	0.915	1.36	1.28		834
	3.2	1.43	1.82	0.768	0.650	0.722	1.06	1.54	1.44		700
26.9	2.3	1.40	1.78	1.36	0.874	1.01	1.40	2.71	2.02	0.0845	717
	2.6	1.56	1.98	1.48	0.864	1.10	1.54	2.96	2.20		642
	3.2	1.87	2.38	1.70	0.846	1.27	1.81	3.41	2.53		535
33.7	2.6	1.99	2.54	3.09	1.10	1.84	2.52	6.19	3.67	0.106	501
	3.2	2.41	3.07	3.60	1.08	2.14	2.99	7.21	4.28		415
	4.0	2.93	3.73	4.19	1.06	2.49	3.55	8.38	4.97		341
42.4	2.6	2.55	3.25	6.46	1.41	3.05	4.12	12.9	6.10	0.133	392
	3.2	3.09	3.94	7.62	1.39	3.59	4.93	15.2	7.19		323
	4.0	3.79	4.83	8.99	1.36	4.24	5.92	18.0	8.48		264
48.3	2.6	2.93	3.73	9.78	1.62	4.05	5.44	19.6	8.10	0.152	341
	3.2	3.56	4.53	11.6	1.60	4.80	6.52	23.2	9.59		281
	4.0	4.37	5.57	13.8	1.57	5.70	7.87	27.5	11.4		229
	5.0	5.34	6.80	16.2	1.54	6.69	9.42	32.3	13.4		187
60.3	2.6	3.70	4.71	19.7	2.04	6.52	8.66	39.3	13.0	0.189	270
	3.2	4.51	5.74	23.5	2.02	7.78	10.4	46.9	15.6		222
	4.0	5.55	7.07	28.2	2.00	9.34	12.7	56.3	18.7		180
	5.0	6.82	8.69	33.5	1.96	11.1	15.3	67.0	22.2		147
76.1	2.6	4.71	6.0	40.6	2.60	10.7	14.1	81.2	21.3	0.239	212
	3.2	5.75	7.33	48.8	2.58	12.8	17.0	97.6	25.6		174
	4.0	7.11	9.06	59.1	2.55	15.5	20.8	118	31.0		141
	5.0	8.77	11.2	70.9	2.52	18.6	25.3	142	37.3		114
88.9	3.2	6.76	8.62	79.2	3.03	17.8	23.5	158	35.6	0.279	148
	4.0	8.38	10.7	96.3	3.00	21.7	28.9	193	43.3		119
	5.0	10.3	13.2	116	2.97	26.2	35.2	233	52.4		96.7
	6.0	12.3	15.6	135	2.94	30.4	41.3	270	60.7		81.5
101.6	6.3	12.8	16.3	140	2.93	31.5	43.1	280	63.1	0.319	77.9
	3.2	7.77	9.89	120	3.48	23.6	31.0	240	47.2		129
	4.0	9.63	12.3	146	3.45	28.8	38.1	293	57.6		104
	5.0	11.9	15.2	177	3.42	34.9	46.7	355	69.9		84.0
	6.0	14.1	18.0	207	3.39	40.7	54.9	413	81.4		70.7
	6.3	14.8	18.9	215	3.38	42.3	57.3	430	84.7		67.5
	8.0	18.5	23.5	260	3.32	51.1	70.3	519	102		54.2
114.3	10.0	22.6	28.8	305	3.26	60.1	84.2	611	120	0.359	44.3
	3.2	8.77	11.2	172	3.93	30.2	39.5	345	60.4		114
	4.0	10.9	13.9	211	3.90	36.9	48.7	422	73.9		91.9
	5.0	13.5	17.2	257	3.87	45.0	59.8	514	89.9		74.2
	6.0	16.0	20.4	300	3.83	52.5	70.4	600	105		62.4
	6.3	16.8	21.4	313	3.82	54.7	73.6	625	109		59.6
	8.0	21.0	26.7	379	3.77	66.4	90.6	759	133		47.7
139.7	10.0	25.7	32.8	450	3.70	78.7	109	899	157	0.439	38.9
	4.0	13.4	17.1	393	4.80	56.2	73.7	786	112		74.7
	5.0	16.6	21.2	481	4.77	68.8	90.8	961	138		60.2
	6.0	19.8	25.2	564	4.73	80.8	107	1129	162		50.5
	6.3	20.7	26.4	589	4.72	84.3	112	1177	169		48.2
	8.0	26.0	33.1	720	4.66	103	139	1441	206		38.5
	10.0	32.0	40.7	862	4.60	123	169	1724	247		31.3
168.3	12.0	37.8	48.1	990	4.53	142	196	1980	283	0.529	26.5
	12.5	39.2	50.0	1020	4.52	146	203	2040	292		25.5
	4.0	16.2	20.6	697	5.81	82.8	108	1394	166		61.7
	5.0	20.1	25.7	856	5.78	102	133	1712	203		49.7
	6.0	24.0	30.6	1009	5.74	120	158	2017	240		41.6
	6.3	25.2	32.1	1053	5.73	125	165	2107	250		39.7
	8.0	31.6	40.3	1297	5.67	154	206	2595	308		31.6
168.3	10.0	39.0	49.7	1564	5.61	186	251	3128	372	0.529	25.6
	12.0	46.3	58.9	1810	5.54	215	294	3620	430		21.6
	12.5	48.0	61.2	1868	5.53	222	304	3737	444		20.8



Tabla 4.10. Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
177.8	5.0	21.3	27.1	1014	6.11	114	149	2028	228	0.559	46.9
	6.0	25.4	32.4	1196	6.08	135	177	2392	269		39.3
	6.3	26.6	33.9	1250	6.07	141	185	2499	281		37.5
	8.0	33.5	42.7	1541	6.01	173	231	3083	347		29.9
	10.0	41.4	52.7	1862	5.94	209	282	3724	419		24.2
	12.0	49.1	62.5	2159	5.88	243	330	4318	486		20.4
	12.5	51.0	64.9	2230	5.86	251	342	4460	502		19.6
193.7	5.0	23.3	29.6	1320	6.67	136	178	2640	273	0.609	43.0
	6.0	27.8	35.4	1560	6.64	161	211	3119	322		36.0
	6.3	29.1	37.1	1630	6.63	168	221	3260	337		34.3
	8.0	36.6	46.7	2016	6.57	208	276	4031	416		27.3
	10.0	45.3	57.7	2442	6.50	252	338	4883	504		22.1
	12.0	53.8	68.5	2839	6.44	293	397	5678	586		18.6
	12.5	55.9	71.2	2934	6.42	303	411	5869	606		17.9
219.1	6.0	27.8	35.4	1560	6.64	161	211	3119	322	0.688	36.0
	6.3	29.1	37.1	1630	6.63	168	221	3260	337		34.3
	8.0	36.6	46.7	2016	6.57	208	276	4031	416		27.3
	10.0	45.3	57.7	2442	6.50	252	338	4883	504		22.1
	12.0	53.8	68.5	2839	6.44	293	397	5678	586		18.6
	12.5	55.9	71.2	2934	6.42	303	411	5869	606		17.9
	16.0	70.1	89.3	3554	6.31	367	507	7109	734		14.3
244.5	5.0	26.4	33.6	1928	7.57	176	229	3856	352	0.768	37.9
	6.0	31.5	40.2	2282	7.54	208	273	4564	417		31.7
	6.3	33.1	42.1	2386	7.53	218	285	4772	436		30.2
	8.0	41.6	53.1	2960	7.47	270	357	5919	540		24.0
	10.0	51.6	65.7	3598	7.40	328	438	7197	657		19.4
	12.0	61.3	78.1	4200	7.33	383	515	8400	767		16.3
	12.5	63.7	81.1	4345	7.32	397	534	8689	793		15.7
273.0	6.0	27.8	35.4	1560	6.64	161	211	3119	322	0.858	36.0
	6.3	29.1	37.1	1630	6.63	168	221	3260	337		34.3
	8.0	36.6	46.7	2016	6.57	208	276	4031	416		27.3
	10.0	45.3	57.7	2442	6.50	252	338	4883	504		22.1
	12.0	53.8	68.5	2839	6.44	293	397	5678	586		18.6
	12.5	55.9	71.2	2934	6.42	303	411	5869	606		17.9
	16.0	70.1	89.3	3554	6.31	367	507	7109	734		14.3
323.9	5.0	29.5	37.6	2699	8.47	221	287	5397	441	1.02	33.9
	6.0	35.3	45.0	3199	8.43	262	341	6397	523		28.3
	6.3	37.0	47.0	3346	8.42	274	358	6692	547		27.0
	8.0	46.7	59.4	4160	8.37	340	448	8321	681		21.4
	10.0	57.8	73.7	5073	8.30	415	550	10146	830		17.3
	12.0	68.8	87.7	5938	8.23	486	649	1187	972		14.5
	12.5	71.5	91.1	6147	8.21	503	673	12295	1006		14.0
355.6	16.0	90.2	115	7533	8.10	616	837	15066	1232	1.12	11.1
	20.0	111	141	8957	7.97	733	1011	17914	1465		9.03
	25.0	135	172	10517	7.81	860	1210	21034	1721		7.39
	5.0	33.0	42.1	3781	9.48	277	359	7562	554		30.3
	6.0	39.5	50.3	4487	9.44	329	428	8974	657		25.3
	6.3	41.4	52.8	4696	9.43	344	448	9392	688		24.1
	8.0	52.3	66.6	5852	9.37	429	562	11703	857		19.1
355.6	10.0	64.9	82.6	7154	9.31	524	692	14308	1048	1.12	15.4
	12.0	77.2	98.4	8396	9.24	615	818	16792	1230		12.9
	12.5	80.3	102	8697	9.22	637	849	17395	1274		12.5
	16.0	101	129	10707	9.10	784	1058	21414	1569		9.86
	20.0	125	159	12798	8.97	938	1283	25597	1875		8.01
	25.0	153	195	15127	8.81	1108	1543	30254	2216		6.54
	5.0	39.3	50.1	6369	11.3	393	509	12739	787	1.02	25.4
355.6	6.0	47.0	59.9	7572	11.2	468	606	15145	935		21.3
	6.3	49.3	62.9	7929	11.2	490	636	15858	979		20.3
	8.0	62.3	79.4	9910	11.2	612	799	19820	1224		16.0
	10.0	77.4	98.6	12158	11.1	751	986	24317	1501		12.9
	12.0	92.3	118	14320	11.0	884	1168	28639	1768		10.8
	12.5	96.0	122	14847	11.0	917	1213	29693	1833		10.4
	16.0	121	155	18390	10.9	1136	1518	36780	2271		8.23
355.6	20.0	150	191	22139	10.8	1367	1850	44278	2734	1.12	6.67
	25.0	184	235	26400	10.6	1630	2239	52800	3260		5.43
	6.0	51.7	65.9	10071	12.4	566	733	20141	1133		19.3
	6.3	54.3	69.1	10547	12.4	593	769	21094	1186		18.4
	8.0	68.6	87.4	13201	12.3	742	967	26403	1485		14.6
	10.0	85.2	109	16223	12.2	912	1195	32447	1825		11.7
	12.0	102	130	19139	12.2	1076	1417	38279	2153		9.83
355.6	12.5	106	135	19852	12.1	1117	1472	39704	2233	1.12	9.45
	16.0	134	171	24663	12.0	1387	1847	49326	2774		7.46
	20.0	166	211	29792	11.9	1676	2255	59583	3351		6.04



	25.0	204	260	35677	11.7	2007	2738	71353	4013		4.91

Tabla 4.10. Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
406.4	6.0	59.2	75.5	15128	14.2	745	962	30257	1489	1.28	16.9
	6.3	62.2	79.2	15849	14.1	780	1009	31699	1560		16.1
	8.0	78.6	100	19874	14.1	978	1270	39748	1956		12.7
	10.0	97.8	125	24476	14.0	1205	1572	48952	2409		10.2
	12.0	117	149	28937	14.0	1424	1867	57874	2848		8.57
	12.5	121	155	30031	13.9	1478	1940	60061	2956		8.24
	16.0	154	196	37449	13.8	1843	2440	74898	3686		6.49
	20.0	191	243	45432	13.7	2236	2989	90864	4472		5.25
	25.0	235	300	54702	13.5	2692	3642	109404	5384		4.25
	30.0	278	355	63224	13.3	3111	4259	126447	6223		3.59
457.0	40.0	361	460	78186	13.0	3848	5391	156373	7996	1.44	2.77
	6.0	66.7	85.0	21618	15.9	946	1220	43236	1892		15.0
	6.3	70.0	89.2	22654	15.9	991	1280	45308	1983		14.3
	8.0	88.6	113	28446	15.9	1245	1613	56893	2490		11.3
	10.0	110	140	35091	15.8	1536	1998	70183	3071		9.07
	12.0	132	168	41556	15.7	1819	2377	83113	3637		7.59
	12.5	137	175	43145	15.7	1888	2470	86290	3776		7.30
	16.0	174	222	53959	15.6	2361	3113	107919	4723		5.75
	20.0	216	275	65681	15.5	2874	3822	131363	5749		4.64
	25.0	266	339	79415	15.3	3475	4671	158830	6951		3.75
457.0	30.0	316	402	92173	15.1	4034	5479	184346	8068		3.17
457.0	40.0	411	524	11949	14.8	5031	6977	229898	10061	1.44	2.43
508.0	6.0	74.3	94.6	29812	17.7	1174	1512	59623	2347	1.60	13.5
	6.3	77.9	99.3	31246	17.7	1230	1586	62493	2460		12.8
	8.0	98.6	126	39280	17.7	1546	2000	78560	3093		10.1
	10.0	123	156	48520	17.6	1910	2480	97040	3820		8.14
	12.0	147	187	57536	17.5	2265	2953	115072	4530		6.81
	12.5	153	195	59755	17.5	2365	3070	119511	4705		6.55
	16.0	194	247	74909	17.4	2949	3874	149818	5898		5.15
	20.0	241	307	91428	17.3	3600	4766	182856	7199		4.15
	25.0	298	379	110918	17.1	4367	5837	221837	8734		3.36
	30.0	354	451	129173	16.9	5086	6864	258346	10171		2.83
610.0	40.0	462	588	162188	16.6	6385	8782	324376	12771	1.92	2.17
	50.0	565	719	190885	16.3	7515	10530	381770	15030		1.77
	6.0	89.4	114	51924	21.4	1702	2189	103847	3405		11.2
	6.3	93.8	119	54439	21.3	1785	2296	108878	3570		10.7
	8.0	119	151	68551	21.3	2248	2899	137103	4495		8.42
	10.0	148	188	84847	21.2	2782	3600	169693	5564		6.76
	12.0	177	225	100814	21.1	3305	4292	201627	6611		5.65
	12.5	184	235	104755	21.1	3435	4463	209509	6869		5.43
	16.0	234	299	131781	21.0	4321	5647	263563	8641		4.27
	20.0	291	371	161490	20.9	5295	6965	322979	10589		3.44
711.0	25.0	361	459	196906	20.7	6456	8561	393813	12912	2.23	2.77
	30.0	429	547	230476	20.5	7557	10101	460952	15113		2.33
	40.0	562	716	292333	20.2	9585	13017	584666	19169		1.78
	50.0	691	880	347570	19.9	11396	15722	695140	22791		1.45
	6.0	104	133	82568	24.9	2323	2982	165135	4645		9.89
	6.3	109	139	86586	24.9	2436	3129	173172	4871		9.13
	8.0	139	177	109162	24.9	3071	3954	218324	6141		7.21
	10.0	173	220	135301	24.8	3806	4914	270603	7612		5.78
	12.0	207	264	160991	24.7	4529	5864	321981	9057		4.83
	12.5	215	274	167343	24.7	4707	6099	334686	9415		4.64
711.0	16.0	247	349	211040	24.6	5936	7730	422080	11873	2.23	3.65
	20.0	341	434	259351	24.4	7295	9552	518702	14591		2.93
	25.0	432	539	317357	24.3	8927	11770	634715	17854		2.36
	30.0	504	642	372790	24.1	10486	13922	745580	20973		1.98
	40.0	662	843	476242	23.8	13396	18031	952485	26793		1.51
	50.0	815	1038	570312	23.4	16043	21888	1140623	320085		1.23
	60.0	963	1227	655583	23.1	18441	25500	1311166	36882		1.04



Tabla 4.10. Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección circular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
762.0	6.0	112	143	101813	26.7	2672	3429	203626	5345	2.39	8.94
	6.3	117	150	106777	26.7	2803	3598	213555	5605		8.52
	8.0	149	190	134683	26.7	3535	4548	269366	7070		6.72
	10.0	185	236	167028	26.6	4384	5655	334057	8768		5.39
	12.0	222	283	198855	26.5	5219	6751	397710	10439		4.51
	12.5	231	294	206731	26.5	5426	7023	413462	10852		4.33
	16.0	294	375	260973	26.4	6850	8906	521947	13699		3.40
	20.0	366	466	321083	26.2	8427	11014	642166	16855		2.73
	25.0	454	579	393461	26.1	10327	13584	786922	20654		2.20
	30.0	542	690	462853	25.9	12148	16084	925706	24297		1.85
	40.0	712	907	593011	25.6	15565	20873	1186021	31129		1.40
813.0	50.0	878	1118	712207	25.2	18693	25389	1424414	37386	2.55	1.14
	8.0	159	202	163901	28.5	4032	5184	327801	8064		6.30
	10.0	198	252	203364	28.4	5003	6448	406728	10006		5.05
	12.0	237	302	242235	28.3	5959	7700	484469	11918		4.22
	12.5	247	314	251860	28.3	6196	8011	503721	12392		4.05
	16.0	314	401	318222	28.2	7828	10165	636443	15657		3.18
	20.0	391	498	391909	28.0	9641	12580	783819	19282		2.56
914.0	25.0	486	619	480856	27.9	11829	15529	961713	23658	2.87	2.06
	30.0	579	738	566374	27.7	13933	18402	1132748	27866		1.73
	8.0	179	28	233651	32.0	5113	6567	467303	10225		5.59
	10.0	223	284	290147	32.0	6349	8172	580294	12698		4.49
	12.0	267	340	345890	31.9	7569	9764	691779	15137		3.75
	12.5	278	354	359708	31.9	7871	10159	719417	15742		3.60
	16.0	354	451	455142	31.8	9959	12904	910284	19919		2.82
1016.0	20.0	441	562	561461	31.6	12286	15987	1122922	24572	3.19	2.27
	25.0	548	698	690317	31.4	15105	19763	1380634	30211		1.82
	30.0	654	833	814775	31.3	17829	23453	1629550	35658		1.53
	8.0	199	253	321780	35.6	6334	8129	643560	12668		5.03
	10.0	248	316	399850	35.6	7871	10121	799699	15742		4.03
	12.0	297	378	476985	35.5	9389	12097	953969	18779		3.37
	12.5	309	394	496123	35.5	9766	12588	992246	19532		3.23
1067.0	16.0	395	503	628479	35.4	12372	16001	1256959	24743	3.35	2.53
	20.0	491	626	776324	35.2	15282	19843	1552648	30564		2.04
	25.0	611	778	956086	35.0	18821	24557	1912173	37641		1.64
	30.0	729	929	1130352	34.9	22251	29175	2260704	44502		1.37
	10.0	261	332	463762	37.4	8693	11173	927585	17387		3.84
	12.0	312	398	553420	37.3	10373	13357	1106840	20747		3.20
	12.5	325	414	575666	37.3	10790	13900	1151332	21581		3.08
1168.0	16.0	415	528	729606	37.2	13676	17675	1459213	27352	3.67	2.41
	20.0	516	658	901755	37.0	16903	21927	1803509	33805		1.94
	25.0	642	818	1111355	36.9	20831	27149	2222711	41663		1.56
	30.0	767	977	1314864	36.7	24646	32270	2629727	49292		1.30
	10.0	286	364	609843	40.9	10443	13410	1219686	20885		3.50
	12.0	342	436	728050	40.9	12467	16037	1456101	24933		2.92
	12.5	356	454	757409	40.9	12969	16690	1514818	25939		2.81
1219.0	16.0	455	579	960774	40.7	16452	21235	1921547	32903	3.83	2.20
	20.0	566	721	1188632	40.6	20353	26361	2377264	40707		1.77
	25.0	705	898	1466717	40.4	25115	32666	2933434	50230		1.42
	10.0	298	380	694014	42.7	11387	14617	1388029	22773		3.35
	12.0	357	455	828716	42.7	135597	17483	1657433	27193		2.80
	12.5	372	474	862181	42.7	14146	18196	1724362	28291		2.69
	16.0	475	605	1094091	42.5	17951	23157	2188183	35901		2.11
1219.0	20.0	591	753	1354155	42.4	22217	28755	2708309	44435	3.83	1.69
	25.0	736	938	1671873	42.2	27430	35646	3343746	54860		1.36



Tabla 4-11 Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección cuadrada

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	m
20	2.0	1.10	1.40	0.739	0.727	0.739	0.930	1.22	1.07	0.0748	912
	2.5	1.32	1.68	0.835	0.705	0.835	1.08	1.41	1.20	0.0736	757
25	2.0	1.41	1.80	1.56	0.932	1.25	1.53	2.52	1.81	0.0948	709*
	2.5	1.71	2.18	1.81	0.909	1.44	1.82	2.97	2.08	0.0936	584
	3.0	2.00	2.54	2.00	0.886	1.60	2.06	3.35	2.30	0.0923	501
30	2.0	1.72	2.20	2.84	1.14	1.89	2.29	4.53	2.75	0.115	580
	2.5	2.11	2.68	3.33	1.11	2.22	2.74	5.40	3.22	0.114	475
	3.0*	2.47	3.14	3.74	1.09	2.50	3.14	6.16	3.60	0.112	405
40	2.5	2.89	3.68	8.54	1.52	4.27	5.14	13.6	6.22	0.154	346
	3.0*	3.41	4.34	9.78	1.50	4.89	5.97	15.7	7.10	0.152	293
	4.0*	4.39	5.59	11.8	1.45	5.91	7.44	19.5	8.54	0.150	228
	5.0	5.28	6.73	13.4	1.41	6.68	8.66	22.5	9.60	0.147	189
50	2.5	3.68	4.68	17.5	1.93	6.99	8.29	27.5	10.2	0.194	272
	3.0*	4.35	5.54	20.2	1.91	8.08	9.70	32.1	11.8	0.192	230
	4.0*	5.64	7.19	25.0	1.86	9.99	12.3	40.4	14.5	0.190	177
	5.0*	6.85	8.73	28.9	1.82	11.6	14.5	47.6	16.7	0.187	146
	6.0	7.99	10.2	32.0	1.77	12.8	16.5	53.6	18.4	0.185	125
	6.3	8.31	10.6	32.8	1.76	13.1	17.0	55.2	18.8	0.184	120
60	2.5	4.46	5.68	31.1	2.34	10.4	12.2	48.5	15.2	0.234	224
	3.0*	5.29	6.74	36.2	2.32	12.1	14.3	56.9	17.7	0.232	189
	4.0*	6.90	8.79	45.4	2.27	15.1	18.3	72.5	22.0	0.230	145
	5.0*	8.42	10.7	53.3	2.23	17.8	21.9	86.4	25.7	0.227	119
	6.0	9.87	12.6	59.9	2.18	20.0	25.1	98.6	28.8	0.225	101
	6.3	10.3	13.1	61.6	2.17	20.5	26.0	102	29.6	0.224	97.2
70	8.0	12.5	16.0	69.7	2.09	23.2	30.4	118	33.4	0.219	79.9
	3.0*	6.24	7.94	59.0	2.73	16.9	19.9	92.2	24.8	0.272	160
	4.0*	8.15	10.4	74.7	2.68	21.3	25.5	118	31.2	0.270	123
	5.0	9.99	12.7	88.5	2.64	25.3	30.8	142	36.8	0.267	100
	6.0*	11.8	15.0	101	2.59	28.7	35.5	163	41.6	0.265	85.1
	6.3	12.3	15.6	104	2.58	29.7	36.9	169	42.9	0.264	81.5
80	8.0	15.0	19.2	120	2.50	34.2	43.8	200	49.2	0.259	66.5
	3.0*	7.18	9.14	89.8	3.13	22.5	26.3	140	33.0	0.312	139
	4.0*	9.41	12.0	114	3.09	28.6	34.0	180	41.9	0.310	106
	5.0*	11.6	14.7	137	3.05	34.2	41.1	217	49.8	0.307	86.5
	6.0*	13.6	17.4	156	3.00	39.1	47.8	252	56.8	0.305	73.3
	6.3	14.2	18.1	162	2.99	40.5	49.7	262	58.7	0.304	70.2
90	8.0	17.5	22.4	189	2.91	47.3	59.5	312	68.3	0.299	57.0
	4.0*	10.7	13.6	166	3.50	37.0	43.6	260	54.2	0.350	93.7
	5.0	13.1	16.7	200	3.45	44.4	53.0	316	64.8	0.347	76.1
	6.0	15.5	19.8	230	3.41	51.1	61.8	367	74.3	0.345	64.4
	6.3	16.2	20.7	238	3.40	53.0	64.3	382	77.0	0.344	61.6
	8.0	20.1	25.6	281	3.32	62.6	77.6	459	90.5	0.339	49.9
100	4.0*	11.9	15.2	232	3.91	46.4	54.4	361	68.2	0.390	83.9
	5.0*	14.7	18.7	279	3.86	55.9	66.4	439	81.8	0.387	68.0
	6.0*	17.4	22.2	323	3.82	64.6	77.6	513	94.3	0.385	57.5
	6.3	18.2	23.2	336	3.80	67.1	80.9	534	97.8	0.384	54.9
	8.0*	22.6	28.8	400	3.73	79.9	98.2	646	116	0.379	44.3
	10.0	27.4	34.9	462	3.64	92.4	116	761	133	0.374	36.5
120	5.0*	17.8	22.7	498	4.68	83.0	97.6	777	122	0.467	56.0
	6.0	21.2	27.0	579	4.63	96.6	115	911	141	0.465	47.2
	6.3	22.2	28.2	603	4.62	100	120	950	147	0.464	45.1
	8.0	27.6	35.2	726	4.55	121	146	1160	176	0.459	36.2
	10.0	33.7	42.9	852	4.46	142	175	1382	206	0.454	29.7
	12.0	39.5	50.3	958	4.36	160	201	1578	230	0.449	25.3
140	12.5	40.9	52.1	982	4.34	164	207	1623	236	0.448	24.5
	5.0*	21.0	26.7	807	5.50	115	135	1253	170	0.547	47.7
	6.0	24.9	31.8	944	5.45	135	159	1475	198	0.545	40.1
	6.3	26.1	33.3	984	5.44	141	166	1540	206	0.544	38.3
	8.0*	32.6	41.6	1195	5.36	171	204	1892	249	0.539	30.7
	10.0	40.0	50.9	1416	5.27	202	246	2272	294	0.534	25.0
140	12.0	47.0	59.9	1609	5.18	230	284	2616	333	0.529	21.3
	12.5	48.7	62.1	1653	5.16	236	293	2696	342	0.528	20.5

* Medidas más comerciales.



Tabla 4.11. Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección cuadrada

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión	Radio de giro	Módulo de flexión elástico	Módulo de flexión plástico	Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
D	T	M	A	I	i	W _{el}	W _{pl}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	m ² /m	m
150	5.0	22.6	28.7	1002	5.90	134	156	1550	197	0.587	44.3
	6.0	26.8	34.2	1174	5.86	156	184	1828	230	0.585	37.3
	6.3	28.1	35.8	1223	5.85	163	192	1909	240	0.584	35.6
	8.0	35.1	44.8	1491	5.77	199	237	2351	291	0.579	28.5
	10.0	43.1	54.9	1773	5.68	236	286	2832	344	0.574	23.2
	12.0	50.8	64.7	2023	5.59	270	331	3272	391	0.569	19.7
	12.5	52.7	67.1	2080	5.57	277	342	3375	402	0.568	19.0
160	6.0	24.1	30.7	1225	6.31	153	178	1892	226	0.627	41.5
	6.0	28.7	36.6	1437	6.27	180	210	2233	264	0.625	34.8
	6.3	30.1	38.3	1499	6.26	187	220	2333	275	0.624	33.3
	8.0*	37.6	48.0	1831	6.18	229	272	2880	335	0.619	26.6
	10.0	46.3	58.9	2186	6.09	273	329	3478	398	0.614	21.6
	12.0	54.6	69.5	2502	6.00	313	382	4028	454	0.609	18.3
	12.5	56.6	72.1	2576	5.98	322	395	4158	467	0.608	17.7
180	6.0	27.3	34.7	1765	7.13	196	227	2718	290	0.707	36.7
	6.0	32.5	41.4	2077	7.09	231	269	3215	340	0.705	30.8
	6.3	34.0	43.3	2168	7.07	241	281	3361	355	0.704	29.4
	8.0*	42.7	54.4	2661	7.00	296	349	4162	434	0.699	23.4
	10.0	52.5	66.9	3193	6.91	355	424	5048	518	0.694	19.0
	12.0	62.1	79.1	3677	6.82	409	494	5873	595	0.689	16.1
	12.5	64.4	82.1	3790	6.80	421	511	6070	613	0.688	15.5
200	6.0	30.4	38.7	2445	7.95	245	283	3756	362	0.787	32.9
	6.0	36.2	46.2	2883	7.90	288	335	4449	426	0.785	27.6
	6.3	38.0	48.4	3011	7.89	301	350	4653	444	0.784	26.3
	8.0	47.7	60.8	3709	7.81	371	436	5778	545	0.779	21.0
	10.0	58.8	74.9	4471	7.72	447	531	7031	655	0.774	17.0
	12.0	69.6	88.7	5171	7.64	517	621	8208	754	0.769	14.4
	12.5	72.3	92.1	5336	7.61	534	643	8491	778	0.768	13.8
220	6.0	30.4	38.7	2445	7.95	245	283	3756	362	0.787	32.9
	6.0	36.2	46.2	2883	7.90	288	335	4449	426	0.785	27.6
	6.3	38.0	48.4	3011	7.89	301	350	4653	444	0.784	26.3
	8.0	47.7	60.8	3709	7.81	371	436	5778	545	0.779	21.0
	10.0	58.8	74.9	4471	7.72	447	531	7031	655	0.774	17.0
	12.0	69.6	88.7	5171	7.64	517	621	8208	754	0.769	14.4
	12.5	72.3	92.1	5336	7.61	534	643	8491	778	0.768	13.8
250	6.0	40.0	51.0	3875	8.72	352	408	5963	521	0.865	25.0
	6.3	41.9	53.4	4049	8.71	368	427	6240	544	0.864	23.8
	8.0	52.7	67.2	5002	8.63	455	532	7765	669	0.859	19.0
	10.0	65.1	82.9	6050	8.54	550	650	9473	807	0.854	15.4
	12.0	77.2	98.3	7023	8.45	638	762	11091	933	0.849	13.0
	12.5	80.1	102	7254	8.43	659	789	11481	963	0.848	12.5
	16.0	100	128	8749	8.27	795	969	14054	1156	0.839	10.0
260	6.0	45.7	58.2	5752	9.94	460	531	8825	681	0.985	21.9
	6.3	47.9	61.0	6014	9.93	481	556	9238	712	0.984	20.9
	8.0	60.3	76.8	7455	9.86	596	694	11525	880	0.979	16.6
	10.0	74.5	94.9	9055	9.77	724	851	14106	1065	0.974	13.4
	12.0	88.5	113	10556	9.68	844	1000	16567	1237	0.969	11.3
	12.5	91.9	117	10915	9.66	873	1037	17164	1279	0.968	10.9
	16.0	115	147	13267	9.50	1061	1280	21138	1546	0.959	8.67
300	6.0	47.6	60.6	6491	10.4	499	576	9951	740	1.02	21.0
	6.3	49.9	63.5	6788	10.3	522	603	10417	773	1.02	20.1
	8.0	62.8	80.0	8423	10.3	648	753	13006	956	1.02	15.9
	10.0	77.7	98.9	10242	10.2	788	924	15932	1159	1.01	12.9
	12.0	92.2	117	11954	10.1	920	1087	18729	1348	1.01	10.8
	12.5	95.8	122	12365	10.1	951	1127	19409	1394	1.01	10.4
	16.0	120	153	15061	9.91	1159	1394	23942	1689	0.999	8.30
350	6.0	55.1	70.2	10080	12.0	672	772	15407	997	1.18	18.2
	6.3	57.8	73.6	10547	12.0	703	809	16136	1043	1.18	17.3
	8.0	72.8	92.8	13128	11.9	875	1013	20194	1294	1.18	13.7
	10.0	90.2	115	16026	11.8	1068	1246	24807	1575	1.17	11.1
	12.0	107	137	18777	11.7	1252	1470	29249	1840	1.17	9.32
	12.5	112	142	19442	11.7	1296	1525	30333	1904	1.17	8.97
	16.0	141	179	23850	11.5	1590	1895	37622	2325	1.16	7.12
400	8.0	85.4	109	21129	13.9	1207	1392	32384	1789	1.38	11.7
	10.0	106	135	25884	13.9	1479	1715	39886	2185	1.37	9.44
	12.0	126	161	30435	13.8	1739	2030	47154	2563	1.37	7.93
	12.5	131	167	31541	13.7	1802	2107	48934	2654	1.37	7.62
	16.0	166	211	38942	13.6	2225	2630	60990	3264	1.36	6.04
	10.0	122	155	39128	15.9	1956	2260	60092	2895	1.57	8.22
	12.0	145	185	46130	15.8	2306	2679	71181	3405	1.57	6.90
400	12.5	151	192	47839	15.8	2392	2782	73906	3530	1.57	6.63
	16.0	191	243	59344	15.6	2967	3484	92442	4362	1.56	5.24
	20.0	235	300	71535	15.4	3577	4247	112489	5237	1.55	4.25

* Medidas más comerciales.

Tabla 4-12 Tubo estructural acabado en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección rectangular

Diámetro exterior		Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión		Radio de giro		Módulo de flexión elástico		Módulo de flexión plástico		Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada
H x B		T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{elxx}	W _{elyy}	W _{plxx}	W _{plyy}	I _t	C _t	A _s	m
mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m	
50	25	2.5	2.69	3.43	10.4	3.39	1.74	0.994	4.16	2.71	5.33	3.22	8.42	4.61	0.144	371
		3.0	3.17	4.04	11.9	3.83	1.72	0.973	4.76	3.06	6.18	3.71	9.64	5.20	0.142	315
	30	2.5	2.89	3.68	11.8	5.22	1.79	1.19	4.73	3.48	5.92	4.11	11.7	5.73	0.154	346
		3.0*	3.41	4.34	13.6	5.94	1.77	1.17	5.43	3.96	6.88	4.76	13.5	6.51	0.152	293
		4.0	4.39	5.59	16.5	7.08	1.72	1.13	6.60	4.72	8.59	5.88	16.6	7.77	0.150	228
60	40	5.0	5.28	6.73	18.7	7.89	1.67	1.08	7.49	5.26	10.0	6.80	19.0	8.67	0.147	189
		2.5	3.68	4.68	22.8	12.1	2.21	1.60	7.61	6.03	9.32	7.02	25.1	9.73	0.194	272
		3.0*	4.35	5.54	26.5	13.9	2.18	1.58	8.82	6.95	10.9	8.19	29.2	11.2	0.192	230
		4.0*	5.64	7.19	32.8	17.0	2.14	1.54	10.9	8.52	13.8	10.3	36.7	13.7	0.190	177
		5.0	6.85	8.73	38.1	19.5	2.09	1.50	12.7	9.77	16.4	12.2	43.0	15.7	0.187	146
	80	6.0	7.99	10.2	42.3	21.4	2.04	1.45	14.1	10.7	18.6	13.7	48.2	17.3	0.185	125
		6.3	8.31	10.6	43.4	21.9	2.02	1.44	14.5	11.0	19.2	14.2	49.5	17.6	0.184	120
		3.0*	5.29	9.74	54.2	18.0	2.84	1.63	13.6	9.00	17.1	10.4	43.8	15.3	0.232	189
		4.0*	6.90	8.79	68.2	22.2	2.79	1.59	17.1	11.1	21.8	13.2	55.2	18.9	0.230	145
		5.0*	8.42	10.7	80.3	25.7	2.74	1.55	20.1	12.9	26.1	15.7	65.1	21.9	0.227	119
90	50	6.0	9.87	12.6	90.5	28.5	2.68	1.50	22.6	14.2	30.0	17.8	73.4	24.2	0.225	101
		6.3	10.3	13.1	93.3	29.2	2.67	1.49	23.3	14.6	31.1	18.4	75.6	24.8	0.224	97.2
		8.0	12.5	16.0	106	32.1	2.58	1.42	26.5	16.1	36.5	21.2	85.8	27.4	0.219	79.9
		3.0	6.24	7.94	84.4	33.5	3.26	2.05	18.8	13.4	23.2	15.3	76.5	22.4	0.272	160
		4.0	8.15	10.4	107	41.9	3.21	2.01	23.8	16.8	29.8	19.6	97.5	28.0	0.270	123
	60	5.0	9.99	12.7	127	49.2	3.16	1.97	28.3	19.7	36.0	23.5	116	32.9	0.267	100
		6.0	11.8	15.0	145	55.4	3.11	1.92	32.2	22.1	41.6	27.0	133	37.0	0.265	85.1
		6.3	12.3	15.6	150	57.0	3.10	1.91	33.3	22.8	43.2	28.0	138	38.1	0.264	81.5
		8.0	15.0	19.2	174	65.6	3.01	1.84	38.6	25.8	51.4	32.9	160	43.2	0.259	66.5
		3.0*	6.71	8.54	110	36.8	3.58	2.08	21.9	14.7	27.3	16.8	88.4	25.0	0.292	149
		4.0*	8.78	11.2	140	46.2	3.53	2.03	27.9	18.5	35.2	21.5	113	31.4	0.290	114
		5.0*	10.8	13.7	167	54.3	3.48	1.99	33.3	21.7	42.6	25.8	135	36.9	0.287	92.8
		6.0	12.7	16.2	190	61.2	3.43	1.95	38.1	24.5	49.4	29.7	154	41.6	0.285	78.8
		6.3	13.3	16.9	197	63.0	3.42	1.93	39.4	25.2	51.3	30.8	160	42.9	0.284	75.4
		8.0	16.3	20.8	230	71.7	3.33	1.86	46.0	28.7	61.4	36.3	186	48.9	0.279	61.4
100	50	3.0*	7.18	9.14	124	55.7	3.68	2.47	24.7	18.6	30.2	21.2	121	30.7	0.312	139
		4.0*	9.41	12.0	158	70.5	3.63	2.43	31.6	23.5	39.1	27.3	156	38.7	0.310	106
		5.0	11.6	14.7	189	83.6	3.58	2.38	37.8	27.9	47.4	32.9	188	45.9	0.307	86.5
		6.0	13.6	17.4	217	95.0	3.53	2.34	43.4	31.7	55.1	38.1	216	52.1	0.305	73.3
		6.3	14.2	18.1	225	98.1	3.52	2.33	45.0	32.7	57.3	39.5	224	53.8	0.304	70.2
	60	8.0	17.5	22.4	264	113	3.44	2.25	52.8	37.8	68.7	47.1	265	62.2	0.299	57.0
		3.0*	10.7	13.6	249	83.1	4.28	2.47	41.5	27.7	51.9	31.7	201	47.1	0.350	93.7
		4.0*	13.1	16.7	299	98.8	4.23	2.43	49.9	32.9	63.1	38.4	242	56.0	0.347	76.1
		5.0*	15.5	19.8	345	113	4.18	2.39	57.5	37.5	73.6	44.5	279	63.8	0.345	64.4
		6.0	16.2	20.7	358	116	4.16	2.37	59.7	38.8	76.7	46.3	290	65.9	0.344	61.6
		6.3	20.1	25.6	425	135	4.08	2.30	70.8	45.0	92.7	55.4	344	76.6	0.339	49.9
		8.0	24.3	30.9	488	152	3.97	2.21	81.4	50.5	109	64.4	396	86.1	0.334	41.2
		4.0*	11.9	15.2	303	161	4.46	3.25	50.4	40.2	61.2	46.1	330	65.0	0.390	83.9
		5.0	14.7	18.7	365	193	4.42	3.21	60.9	48.2	74.6	56.1	401	77.9	0.387	68.0
		6.0	17.4	22.2	423	222	4.37	3.17	70.6	55.6	87.3	65.5	468	89.6	0.385	57.5
120	80	6.3	18.2	23.2	440	230	4.36	3.15	73.3	57.6	91.0	68.2	487	92.9	0.384	54.9
		8.0	22.6	28.8	525	273	4.27	3.08	87.5	68.1	111	82.6	587	110	0.379	44.3
		10.0	27.4	34.9	609	313	4.18	2.99	102	78.1	131	97.3	688	126	0.374	36.5
		4.0	13.2	16.8	441	184	5.12	3.31	62.9	46.0	77.1	52.2	411	76.5	0.430	75.9
		5.0	16.3	20.7	534	221	5.08	3.27	76.3	55.3	94.3	63.6	499	91.9	0.427	61.4
	100	6.0	19.3	24.6	621	255	5.03	3.22	88.7	63.8	111	74.4	583	106	0.425	51.8
		6.3	20.2	25.7	646	265	5.01	3.21	92.3	66.2	115	77.5	607	110	0.424	49.6
		8.0	25.1	32.0	776	314	4.93	3.14	111	78.5	141	94.1	733	130	0.419	39.9
		10.0	30.6	38.9	908	362	4.83	3.05	130	90.5	168	111	862	150	0.414	32.7
		4.0	15.1	19.2	607	324	5.63	4.11	81.0	64.8	97.4	73.6	660	105	0.490	66.4
		5.0	18.6	23.7	739	392	5.58	4.07	98.5	78.5	119	90.1	807	127	0.487	53.7
		6.0	22.1	28.2	862	456	5.53	4.02	115	91.2	141	106	946	147	0.485	45.2
		6.3	23.1	29.5	898	474	5.52	4.01	120	94.8	147	110	986	153	0.484	43.2
		8.0	28.9	36.8	1087	569	5.44	3.94	145	114	180	135	1203	183	0.479	34.7
		10.0	32.3	44.9	1282	665	5.34	3.85	171	133	216	161	1432	214	0.474	28.4
150	100	12.0	41.4	52.7	1450	745	5.25	3.76	193	149	249	185	1633	240	0.469	24.2
		12.5	42.8	54.6	1488	763	5.22	3.74	198	153	256	190	1679	246	0.468	23.3

* Medidas más comerciales.



Tabla 4.12. Tubo estructural acabados en caliente - Dimensiones nominales y características de los perfiles huecos de sección rectangular

Diámetro exterior	Espesor	Masa por unidad de longitud	Área de la sección transversal	Momento de inercia de flexión		Radio de giro		Módulo de flexión elástico		Módulo de flexión plástico		Momento de inercia de torsión	Módulo de torsión	Área superficial por metro lineal	Longitud nominal por tonelada			
H x B	T	M	A	I _{xx}	I _{yy}	i _{xx}	i _{yy}	W _{elxx}	W _{elyy}	W _{plxx}	W _{plyy}	I _t	C _t	A _s	m			
mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴	cm ³	m ² /m				
160	80	4.0	14.4	18.4	612	207	5.77	3.35	76.5	51.7	94.7	58.3	493	88.1	0.470	69.3		
		5.0	17.8	22.7	744	249	5.72	3.31	93.0	62.3	116	71.1	600	106	0.467	56.0		
		6.0	21.2	27.0	868	288	5.67	3.27	108	72.0	136	83.3	701	122	0.465	47.2		
		6.3	2.2	28.2	903	299	5.66	3.26	113	74.8	142	86.8	730	127	0.464	45.1		
		8.0	27.6	35.2	1091	356	5.57	3.18	136	89.0	175	106	883	151	0.459	36.2		
		10.0	33.7	42.9	1284	411	5.47	3.10	161	103	209	125	1041	175	0.454	29.7		
		12.0	39.5	50.3	1449	455	5.37	3.01	181	114	240	142	1175	194	0.449	25.3		
		12.5	40.9	52.1	1485	465	5.34	2.99	186	116	247	146	1204	198	0.448	24.5		
180	100	4.0	16.9	21.6	945	379	6.61	4.19	105	75.9	128	85.2	852	127	0.550	59.0		
		5.0	21.0	26.7	1153	460	6.57	4.15	128	92.0	157	104	1042	154	0.547	47.7		
		6.0	24.9	31.8	1350	536	6.52	4.11	150	107	186	123	1224	179	0.545	40.1		
		6.3	26.1	33.3	1407	557	6.50	4.09	156	111	194	128	1277	186	0.544	38.3		
		8.0	32.6	41.6	1713	671	6.42	4.02	190	134	239	157	1560	224	0.539	30.7		
		10.0	40.0	50.9	2036	787	6.32	3.93	226	157	288	188	1862	263	0.534	25.0		
		12.0	47.0	59.9	2320	886	6.22	3.85	258	177	333	216	2130	296	0.529	21.3		
		12.5	48.7	62.1	2385	908	6.20	3.82	265	182	344	223	2191	303	0.528	20.5		
200	120	4.0	18.2	23.2	1223	416	7.26	4.24	122	83.2	150	92.8	983	142	0.590	54.9		
		5.0	22.6	28.7	1495	505	7.21	4.19	149	101	185	114	1204	172	0.587	44.3		
		6.0	26.8	34.2	1754	589	7.16	4.15	175	118	218	134	1414	200	0.585	37.3		
		6.3	28.1	35.8	1829	613	7.15	4.14	183	123	228	140	1475	208	0.584	35.6		
		8.0	35.1	44.8	2234	739	7.06	4.06	223	148	282	172	1804	251	0.579	28.5		
		10.0	43.1	54.9	2664	869	6.96	3.98	266	174	341	206	2156	295	0.574	23.2		
		12.0	50.8	64.7	3047	979	6.86	3.89	305	196	395	237	2469	333	0.569	19.7		
		12.5	52.7	67.1	3136	1004	6.84	3.87	314	201	408	245	2541	341	0.568	19.0		
		16.0	65.2	83.0	3678	1147	6.66	3.72	368	229	491	290	2982	391	0.559	15.3		
		6.0	28.7	36.6	1980	892	7.36	4.94	198	149	242	169	1942	245	0.625	34.8		
		6.3	30.1	38.3	2065	929	7.34	4.92	207	155	253	177	2028	255	0.624	33.3		
		8.0	37.6	48.0	2529	1128	7.26	4.85	253	188	313	218	2495	310	0.619	26.6		
250	150	10.0	46.3	58.9	3026	1337	7.17	4.76	303	223	379	263	3001	367	0.614	21.6		
		12.0	54.6	69.5	3472	1520	7.07	4.68	347	253	440	305	3461	417	0.609	18.3		
		12.5	56.6	72.1	3576	1562	7.04	4.66	358	260	455	314	3569	428	0.608	17.7		
		6.0	36.2	46.2	3965	1796	9.27	6.24	317	239	385	270	3877	396	0.785	27.6		
		6.3	38.0	48.4	4143	1874	9.25	6.22	331	250	402	283	4054	413	0.784	26.3		
		8.0	47.7	60.8	5111	2298	9.17	6.15	409	306	501	350	5021	506	0.779	21.0		
		10.0	58.8	74.9	6174	2755	9.08	6.06	494	367	611	426	6090	605	0.774	17.0		
		12.0	69.6	88.7	7154	3168	8.98	5.98	572	422	715	497	7088	695	0.769	14.4		
		12.5	72.3	92.1	7387	3265	8.96	5.96	591	435	740	514	7326	717	0.768	13.8		
		16.0	90.3	115	8879	3873	8.79	5.80	710	516	906	625	8868	849	0.759	11.1		
		260	180	6.0	40.0	51.0	4942	2804	9.85	7.42	380	312	454	353	5554	502	0.865	25.0
				6.3	41.9	53.4	5166	2929	9.83	7.40	397	325	475	369	5810	524	0.864	23.8
8.0	52.7			67.2	6390	3608	9.75	7.33	492	401	592	459	7221	644	0.859	19.0		
10.0	65.1			82.9	7741	4351	9.66	7.24	595	483	724	560	8798	775	0.854	15.4		
12.0	77.2			98.3	8999	5034	9.57	7.16	692	559	849	656	10285	895	0.849	13.0		
12.5	80.1			102	9299	5196	9.54	7.13	715	577	879	679	10643	924	0.848	12.5		
16.0	100			128	11245	6231	9.38	6.98	865	692	1081	831	12993	1106	0.839	10.0		
300	200	6.0	45.7	58.2	7486	4013	11.3	8.31	499	401	596	451	8100	651	0.985	21.9		
		6.3	47.9	61.0	7829	4193	11.3	8.29	522	419	624	472	8476	681	0.984	20.9		
		8.0	60.3	76.8	9717	5184	11.3	8.22	648	518	779	589	10562	840	0.979	16.6		
		10.0	74.5	94.9	11819	6278	11.2	8.13	788	628	956	721	12908	1015	0.974	13.4		
		12.0	88.5	113	13797	7294	11.1	8.05	920	729	1124	847	15137	1178	0.969	11.3		
		12.5	91.9	117	14273	7537	11.0	8.02	952	754	1165	877	15677	1217	0.968	10.9		
		16.0	115	147	17390	9109	10.9	7.87	1159	911	1441	1080	19252	1468	0.959	8.67		
350	250	6.0	55.1	70.2	12616	7538	13.4	10.4	721	603	852	677	14529	967	1.18	18.2		
		6.3	57.8	73.6	13203	7885	13.4	10.4	754	631	892	709	15215	1011	1.18	17.3		
		8.0	72.8	92.8	16449	9798	13.3	10.3	940	784	1118	888	19027	1254	1.18	13.7		
		10.0	90.2	115	20102	11937	13.2	10.2	1149	955	1375	1091	23354	1525	1.17	11.1		
		12.0	107	137	23577	13957	13.1	10.1	1347	1117	1624	1286	27513	1781	1.17	9.32		
		12.5	112	142	24419	14444	13.1	10.1	1395	1156	1685	1334	28526	1842	1.17	8.97		
		16.0	141	179	30011	17654	12.9	9.93	1715	1412	2095	1655	35325	2246	1.16	7.12		
400	200	8.0	72.8	92.8	19562	6660	14.5	8.47	978	666	1203	743	15735	1135	1.18	13.7		
		10.0	90.2	115	23914	8084	14.4	8.39	1196	808	1480	911	19259	1376	1.17	11.1		
		12.0	107	137	28059	9418	14.3	8.30	1403	942	1748	1072	22622	1602	1.17	9.32		
		12.5	112	142	29063	9738	14.3	8.28	1453	974	1813	1111	23438	1656	1.17	8.97		
		16.0	141	179	35738	11824	14.1	8.13	1787	1182	2256	1374	28871	2010	1.16	7.12		
450	250	8.0	85.4	109	30082	12142	16.6	10.6	1337	971	1622	1081	27083	1629	1.38	11.7		
		10.0	106	135	36895	14819	16.5	10.5	1640	1185	2000	1331	33284	1986	1.37	9.44		
		12.0	126	161	43434	17359	16.4	10.4	1930	1389	2367	1572	39260	2324	1.37	7.93		
		12.5	131	167	45026	17973	16.4	10.4	2001	1438	2458	1631	40719	2406	1.37	7.62		
		16.0	166	211	55705	22041	16.2	10.2	2476	1763	3070	2029	50545	2947	1.36	6.04		
500	300	10.0	122	155	53762	24439	18.6	12.6	2150	1629	2595	1826	52450	2696	1.57	8.22		
		12.0	145	185	63446	28736	18.5	12.5	2538	1916	3077	2161	62039	3167	1.57	6.90		
		12.5	151	192	65813	29780	18.5	12.5	2633	1985	3196	2244	64389	3281	1.57	6.63		
		16.0	191	243	81783	36768	18.3	12.3	3271	2451	4005	2804	80329	4044	1.56	5.24		



□ **TOLERANCIAS: PERFILES HUECOS PARA CONSTRUCCIÓN ACABADOS EN CALIENTE. UNE EN 10210-2-98.**

Las esquinas interiores de los perfiles huecos de sección cuadrada o rectangular deben ser redondeadas. El redondeo interno del perfil no está especificado.

Tabla 4-13 Tubo estructural acabado en caliente de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancias de forma y masa

Característica	Perfiles huecos de sección circular	Perfiles huecos de sección cuadrada y rectangular
Dimensiones exteriores (D, B ó H)	$\pm 1\%$ con un mínimo de ± 0.5 mm y un máximo de ± 10 mm	$\pm 1\%$ con un mínimo de 0.5% mm
Espesor (T)	-10% ^{1) 2)}	
Ovalidad (O)	2% máximo, para perfiles huecos donde la relación diámetro/espesor no excede de 100 ³⁾	----
Concavidad / Convexidad ⁴⁾	----	1%
Rectangularidad	----	$90^\circ \pm 1^\circ$
Redondeo de las esquinas (C ₁ , C ₂ ó R) ⁵⁾	----	3T máximo en cada esquina
Revirado (V)	----	2 mm más 0.5 mm/m de longitud
Rectitud	0.2% de la longitud total	
Masa (M)	$\pm 6\%$ sobre las longitudes individuales ⁶⁾	

1) La tolerancia positiva está limitada por la tolerancia en masa.
 2) En los perfiles huecos sin soldadura, pueden presentarse espesores inferiores al 10% (pero no inferiores al 12.5%) del espesor nominal, en las zonas de transición sin que se supere el 25% de la circunferencia.
 3) Cuando la relación diámetro espesor exceda de 100, la ovalidad debe ser objeto de acuerdo.
 4) La tolerancia de concavidad y convexidad es independiente de la tolerancia de las dimensiones exteriores.
 5) Los lados no tienen que ser tangentes a los arcos de la circunferencia de las esquinas.
 6) La tolerancia positiva de la masa de los perfiles huecos sin soldadura debe ser 8%.

Tabla 4-14 Tubo estructural acabado en caliente de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancias de longitud¹⁾

Tipo de longitud	Gama en mm	Tolerancia
Longitud corriente	4000 a 16000 con un intervalo 2000 por cada partida de pedido	10% de los perfiles suministrados pueden ser inferiores al mínimo para el intervalo pedido, pero no inferiores al 75% del mínimo del intervalo
Longitud aproximada	4000 a 16000	$\pm 500\text{mm}$ ²⁾
Longitud exacta	≥ 2000 a 6000	$^{+10}_0$ mm
	> 6000	$^{+15}_0$ mm

1) El comprador debe indicar, al hacer la consulta o el pedido, el tipo de longitud requerida y la gama de longitud o la longitud adecuada.
 2) Opción 2.1. La tolerancia de longitud aproximada debe ser $^{+150}_0$ mm.

Tabla 4-15 Tubo estructural acabado en caliente de sección circular, cuadrada y rectangular - Tolerancia de la altura del cordón de soldadura interno y externo para los perfiles huecos SAW (soldados por arco sumergido)

Espesor T mm	Altura máxima del cordón de soldadura mm
≤ 14.2	3.5
> 14.2	4.8



4.3. TUBOS PARA APLICACIONES MECÁNICAS – TUBO FINO

4.3.1. PERFILES HUECOS PARA APLICACIONES MECÁNICAS. PERFILES TUBULARES DE PRECISIÓN Y CALBRADOS INTERIOR Y EXTERIORMENTE. UNE 36-593-86.

Tabla 4-16 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrados interior y exteriormente - Medidas

		Medidas en milímetros									
Diámetro exterior		Espesores									
		0.5	(0.8)	1	(1.2)	1.5	(1.8)	2	(2.2)	2.5	(2.8)
Series ¹⁾	Tolerancias	Diámetro interiores (valores nominales y tolerancias)									
2	3										
4		3 ± 0.30	2.4±0.30	2±0.30							
5		4 ± 0.30	3.4±0.30	3±0.30							
6		5 ± 0.25	4.4±0.25	4±0.25							
8		7 ± 0.20	6.4±0.20	6±0.20	5.6±0.30	5±0.30					
10		9±0.15	8.4±0.15	8±0.20	7.6±0.25	7±0.25	6.4±0.30	6±0.30			
12		11±0.15	10.4±0.15	10±0.15	9.5±0.20	9±0.20	8.4±0.25	8±0.25			
14		13±0.10	12.4±0.10	12±0.10	11.6±0.15	11±0.15	10.4±0.20	10±0.20	9.6±0.25	9±0.25	
16		15±0.10	14.4±0.10	14±0.10	13.6±0.10	13±0.10	12.4±0.15	12±0.15	11.6±0.20	11±0.20	
18		17±0.10	16.4±0.10	16±0.10	15.6±0.10	15±0.10	14.4±0.10	14±0.10	13.6±0.20	13±0.20	12.4±0.20
20		19±0.10	18.4±0.10	18±0.10	17.6±0.10	17±0.10	16.4±0.10	16±0.10	15.6±0.15	15±0.15	14.4±0.15
22		21±0.10	20.4±0.10	20±0.10	19.6±0.10	19±0.10	18.4±0.10	18±0.10	17.6±0.10	17±0.15	16.4±0.15
25		24±0.10	23.4±0.10	23±0.10	22.6±0.10	22±0.10	21.4±0.10	21±0.10	20.6±0.10	20±0.10	19.4±0.15
28		27±0.10	26.4±0.10	26±0.10	25.6±0.10	25±0.10	24.4±0.10	24±0.10	23.6±0.10	23±0.10	22.4±0.10
30		29±0.10	28.4±0.10	28±0.10	27.6±0.10	27±0.10	26.4±0.10	26±0.10	25.6±0.10	25±0.10	24.4±0.10
32		31±0.15	30.4±0.15	30±0.15	29.6±0.15	29±0.15	28.4±0.15	28±0.15	27.6±0.15	27±0.15	26.4±0.15
35		34±0.15	33.4±0.15	33±0.15	32.6±0.15	32±0.15	31.4±0.15	31±0.15	30.6±0.15	30±0.15	29.4±0.15
38		37±0.15	36.4±0.15	36±0.15	35.6±0.15	35±0.15	34.4±0.15	34±0.15	33.6±0.15	33±0.15	32.4±0.15
40		39±0.15	38.4±0.15	38±0.15	37.6±0.15	37±0.15	36.4±0.15	36±0.15	35.6±0.15	35±0.15	34.4±0.15
45			43.4±0.20	43±0.20	42.6±0.20	42±0.20	41.4±0.20	41±0.20	40.6±0.20	40±0.20	39.4±0.20
50			48.4±0.20	48±0.20	47.6±0.20	47±0.20	46.4±0.20	46±0.20	45.6±0.20	45±0.20	44.4±0.20
55			53.4±0.25	53±0.25	52.6±0.25	52±0.25	51.4±0.25	51±0.25	50.6±0.25	50±0.25	49.4±0.25
60			58.4±0.25	58±0.25	57.6±0.25	57±0.25	56.4±0.25	56±0.25	55.6±0.25	55±0.25	54.4±0.25
70			68.4±0.30	68±0.30	67.6±0.30	67±0.30	66.4±0.30	66±0.30	65.6±0.30	65±0.30	64.4±0.30
80			78.4±0.35	78±0.35	77.6±0.35	77±0.35	76.4±0.35	76±0.35	75.6±0.35	75±0.35	74.4±0.35
90					87.6±0.40	87±0.40	86.4±0.40	86±0.40	85.6±0.40	85±0.40	84.4±0.40
100					97.6±0.45	97±0.45	96.4±0.45	96±0.45	95.6±0.45	95±0.45	94.4±0.45
110					107.6±0.50	107±0.50	106.4±0.50	106±0.50	105.6±0.50	105±0.50	104.4±0.50
120							116.4±0.50	116±0.50	115.6±0.50	115±0.50	114.4±0.50
140							136.4±0.65	136±0.65	135.6±0.65	135±0.65	134.4±0.65
160							156.4±0.80	156±0.80	155.6±0.80	155±0.80	154.4±0.80

1) Para la definición de las series, véase la norma 19-011.

2) Los espesores entre paréntesis deben evitarse en lo posible.



Tabla 4-16 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrado interior y exteriormente - Medidas

Medidas en milímetros										
Diámetro exterior		Espesores								
		3	(3.5)	4	(4.5)	5	(5.5)	6	(7)	8
Series ¹⁾		Diámetros interiores (valores nominales y tolerancias)								
2	3									
4										
5										
6										
8										
10										
12										
14										
16										
18		12±0.20	11±0.35							
20		14±0.20	13±0.30	12±0.35						
22		16±0.15	15±0.20	14±0.30						
25		19±0.15	18±0.15	17±0.20						
28		22±0.15	21±0.15	20±0.15						
30		24±0.15	23±0.15	22±0.15	21±0.15					
32		26±0.15	25±0.15	24±0.15	23±0.15					
35		29±0.15	28±0.15	27±0.15	26±0.15					
38		32±0.15	31±0.15	30±0.15	29±0.15	28±0.15				
40		34±0.15	33±0.15	32±0.15	31±0.15	30±0.15				
45		39±0.20	38±0.20	37±0.20	36±0.20	35±0.20				
50		44±0.20	43±0.20	42±0.20	41±0.20	40±0.20				
55		49±0.25	48±0.25	47±0.25	46±0.25	45±0.25				
60		54±0.25	53±0.25	52±0.25	51±0.25	50±0.25	49±0.25			
70		64±0.30	63±0.30	62±0.30	61±0.30	60±0.30	59±0.30			
80		74±0.35	73±0.35	72±0.35	71±0.35	70±0.35	69±0.35	68±0.35		
90		84±0.40	83±0.40	82±0.40	81±0.40	80±0.40	79±0.40	78±0.40		
100		94±0.45	93±0.45	92±0.45	91±0.45	90±0.45	89±0.45	88±0.45	86±0.45	
110		104±0.50	103±0.50	102±0.50	101±0.50	100±0.50	99±0.50	98±0.50	96±0.50	
120		114±0.50	113±0.50	112±0.50	111±0.50	110±0.50	109±0.50	108±0.50	106±0.50	
140		134±0.65	133±0.65	132±0.65	131±0.65	130±0.65	129±0.65	128±0.65	126±0.65	124±0.65
160		154±0.80	153±0.80	152±0.80	151±0.80	150±0.80	149±0.80	148±0.80	146±0.80	144±0.80

1) Para la definición de las series, véase la norma 19-011.

2) Los espesores entre paréntesis deben evitarse en lo posible.

❑ TOLERANCIAS:

- **Diámetro:** Las desviaciones admisibles en el diámetro exterior e interior se indican en la tabla anterior.

No es posible aplicar simultáneamente las tolerancias sobre los diámetros interior y exterior y sobre el espesor. Con carácter general, se aplicará la tolerancia sobre el diámetro exterior y el espesor de la pared. No obstante, cuando se estime que el diámetro interior es la característica más importante, se acordará la aplicación de la tolerancia sobre el diámetro interior y el espesor de pared o sobre los diámetros interior y exterior.

Las tolerancias indicadas en la tabla anterior serán aplicables a perfiles suministrados en los estados BK(estirado duro ,sin tratamiento térmico)y BKW (estirado suave). Para los estados GBK (recocido en atmósfera controlada) y NBK (normalizado en atmósfera controlada), debido a las deformaciones ocasionadas por el tratamiento térmico, los valores dados en la tala deberán multiplicarse por el factor indicado en la siguiente tabla:



Factor de corrección para las tolerancias para suministros GBK (recocido en atmósfera controlada), GZF (recocido en atmósfera controlada y decapado), NBK (normalizado en atmósfera controlada) y NZF (normalizado en atmósfera controlada y decapado),.

Tabla 4-17 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrado interior y exteriormente - Factor de corrección para las tolerancias para suministros GBK, GZF, NBK y NZF.

Relación e/d		Factor
Desde excluido	Hasta incluido	
----	1/20	1
1/20	1/40	1.5
1/40	1/60	2
1/60	----	2.5

- **Espesor:** La desviación admisible sobre el espesor nominal para perfiles de diámetro de 4 y 5mm será del $\pm 20\%$ de dicho espesor nominal; para los de 6 a 8mm, el $\pm 15\%$ y para los restantes de $\pm 7.5\%$.
- **Ovalidad:** Las desviaciones establecidas para el diámetro exterior incluyen la ovalidad.
- **Longitud:** Las desviaciones admisibles, en los perfiles solicitados a longitud fija, se indican en la siguiente tabla:

Tabla 4-18 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrado interior y exteriormente - Tolerancia de longitud (para perfiles pedidos a longitud fija)

Longitud		Desviación en más ¹⁾ mm
Desde excluido	Hasta incluido	
----	500	2
500	2000	3
2000	5000	5
5000	7000	10
7000	----	por acuerdo

1) No se admiten desviaciones en menos.

- **Rectitud:** Los perfiles deben ser rectos. Para diámetros iguales o superiores a 16mm, la falta de rectitud no excederá del 0.2% de la longitud total del perfil. Además en cualquier longitud de 1m la flecha no será mayor de 1.5mm. La rectitud se medirá por la separación entre el perfil y una línea recta de 1m de longitud apoyada sobre una generatriz, en cualquier zona del perfil.
- **Extremos:** Los perfiles estarán cortados de forma que sus secciones extremas sean nominalmente perpendiculares a su eje longitudinal. Podrán establecerse acuerdos entre las partes para definir acabados especiales en los extremos.



4.3.2. TUBOS DE ACERO PARA APLICACIONES DE PRECISIÓN. PARTE 3: TUBOS SOLDADOS CALIBRADOS EN FRÍO. UNE EN 10305-3:2003

**Tabla 4-19 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrado exteriormente -
Medidas y masas por unidad de longitud**

Medidas en milímetros																													
Diámetro exterior			Espesores																										
			(0.8)	1	(1.2)	1.5	(1.8)	2	(2.2)	2.5	(2.8)	3	(3.5)	4	(4.5)	5	(5.5)	6											
Series ¹⁾		Tolerancias	Masas por unidad de longitud, kg/m																										
2	3		6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	140
		± 0.12	0.103	0.123																									
			0.142	0.173	0.201	0.240																							
			0.182	0.222	0.260	0.314																							
			0.221	0.271	0.320	0.398	0.453	0.493																					
	14		0.260	0.321	0.379	0.462	0.542	0.592																					
		± 0.15	0.300	0.370	0.438	0.536*	0.630	0.691	0.749																				
	18		0.39	0.419	0.497	0.610	0.719	0.789	0.857	0.956																			
			0.379	0.469	0.556	0.684*	0.808	0.888*	0.966	1.08	1.19	1.26																	
	22		0.418	0.518	0.616	0.758	0.897	0.986	1.07	1.20	1.33	1.41																	
			0.477	0.592	0.704	0.869*	1.03	1.13*	1.24	1.39	1.53	1.63																	
	28	± 0.20	0.537	0.666	0.793	0.980	1.16	1.28	1.40	1.57	1.74	1.85																	
	30		0.576	0.715	0.852	1.05*	1.25	1.38*	1.51	1.70	1.88	2.00	2.29																
	32		0.616	0.765	0.911	1.13	1.34	1.48	1.62	1.82	2.02	2.15	2.46																
	35			0.838	1.00	1.24*	1.47	1.63*	1.78	2.00	2.22	2.37	2.72																
				0.912	1.09	1.35	1.61	1.78	1.94	2.19	2.43	2.59	2.98	3.35															
	40	± 0.30		0.962	1.15	1.42*	1.70	1.87*	2.05	2.31	2.57	2.74	3.15	3.55															
	45					1.30	1.61	1.92	2.12	2.32	2.62	2.91	3.11	3.58	4.04														
	50					1.44	1.79*	2.14	2.37*	2.59	2.93	3.26	3.48	4.01	4.54	5.05													
	55					1.59	1.98	2.36	2.61	2.86	3.24	3.60	3.85	4.45	5.03	5.60													
						1.74	2.16	2.58	2.86*	3.14	3.55	3.95	4.22	4.88	5.52	6.16	6.78												
	60	± 0.40			2.04	2.53	3.03	3.35	3.68	4.16	4.64	4.96	5.74	6.51	7.27	8.01	8.75												
	70					2.33	2.90	3.47	3.85*	4.22	4.78	5.33	5.70	6.60	7.50	8.38	9.25	10.1											
	80																												
	90	± 0.50				3.27	3.92	4.34	4.76	5.39	6.02	6.44	7.47	8.48	9.49	10.5	11.5	12.4											
	100						3.64	4.36	4.83*	5.31	6.01	6.71	7.18	8.33	9.47	10.6	11.7	12.8	13.9										
	110	± 0.60						5.33	5.85	6.63	7.40	7.92	9.19	10.5	11.7	12.9	14.2	15.4											
	120								5.82	6.39	7.24	8.09	8.66	10.1	11.4	12.8	14.2	15.5	16.9										
	140	± 0.70											10.1	11.8	13.4	15.0	16.6	18.2	19.8										
	160	± 0.80													15.4	17.3	19.1	21.0	22.8										

1) Para la definición de las series, véase la norma UNE 19-011.

2) Los espesores entre paréntesis deben evitarse en lo posible.

* Medidas más comerciales.

1) Para la definición de las series, véase la norma UNE 19-011.

2) Los espesores entre paréntesis deben evitarse en lo posible.

* Medidas más comerciales.

□ TOLERANCIAS:

- **Diámetro:** Las desviaciones admisibles en el diámetro exterior e interior se indican en la tabla anterior.
Las tolerancias indicadas en la tabla anterior serán aplicables a perfiles suministrados en el estado KM. Para los estados GKM (recocido) y NKM (normalizado), debido a las deformaciones ocasionadas por el tratamiento térmico, los valores dados en la tala deberán multiplicarse por el factor indicado en la siguiente tabla:



Tabla 4-20 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrado exteriormente - Factor de corrección para las tolerancias para suministros GKM y NKM.

Relación e/D		Factor
Desde excluido	Hasta incluido	
----	1/20	1
1/20	1/40	1.5
1/40	1/60	2
1/60	----	2.5

- **Espesor:** La desviación admisible sobre el espesor nominal para perfiles de diámetro de 6 a 8mm será del $\pm 15\%$ de dicho espesor nominal; y para los restantes de $\pm 7.5\%$.
- **Ovalidad:** Las desviaciones establecidas para el diámetro exterior incluyen la ovalidad.
- **Longitud:** Las desviaciones admisibles, en los perfiles solicitados a longitud fija, se indican en la siguiente tabla:

Tabla 4-21 Tubo fino redondo para aplicaciones mecánicas calibrado exteriormente - Tolerancia de longitud (para perfiles pedidos a longitud fija)

Longitud		Desviación en más ¹⁾ mm
Desde excluido	Hasta incluido	
----	500	2
500	2000	3
2000	5000	5
5000	7000	10
7000	----	por acuerdo

1) No se admiten desviaciones en menos.

- **Rectitud:** Los perfiles deben ser rectos. Para diámetros iguales o superiores a 16mm, la falta de rectitud no excederá del 0.2% de la longitud total del perfil. Además en cualquier longitud de 1m la flecha no será mayor de 1.5mm. La rectitud se medirá por la separación entre el perfil y una línea recta de 1m de longitud apoyada sobre una generatriz, en cualquier zona del perfil.
- **Extremos:** Los perfiles estarán cortados de forma que sus secciones extremas sean nominalmente perpendiculares a su eje longitudinal. Podrán establecerse acuerdos entre las partes para definir acabados especiales en los extremos.



4.3.3. TUBOS DE ACERO PARA APLICACIONES DE PRECISIÓN. PARTE 5: TUBOS SOLDADOS Y CALBRADOS EN FRÍO DE SECCIÓN CUADRADA Y RECTANGULAR. UNE-EN 10305-3:2003

Los perfiles definidos son empleados principalmente en aquellos casos en los que interesa la exactitud de medidas, espesores de pared bajos y un buen acabado superficial de la cara exterior. No es aplicable a perfiles huecos fabricados en frío para la construcción metálica según UNE 36 537. Para el espesor de pared son válidas las siguientes desviaciones límite: $\pm 10\%$, pero máx, 0.35mm. Usualmente los tubos son fabricados en los tamaños situados dentro de las líneas escalonadas. Los tamaños para los cuales se dan masa referidas a la unidad de longitud, son usuales comercialmente.

Tabla 4-22 Tubo fino rectangular o cuadrado para aplicaciones mecánicas calibrado exteriormente - Medidas, masas referidas a la longitud

Longitud de los lados			Masas referidas a la longitud, en kg/m para espesores t							
Medida nominal h	Medida nominal b	Desviación de medidas límite h y b	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5
15	15	± 0.20	0.438	0.537	0.632*	0.810				
18	18	± 0.20	0.532	0.655	0.773	0.998				
20	10	± 0.20	0.438	0.537	0.632*	0.810				
	15		0.516	0.635	0.750*	0.967				
	20		0.595	0.733	0.868*	1.12*	----			
25	15	± 0.25	0.595	0.733	0.868	1.12	----			
			0.752	0.930	1.10	1.44	----	----		
30	10	± 0.25	0.595	0.733	0.868*	1.12	----	----		
	15		0.673	0.831	0.985*	1.28	----	----		
	20		0.752	0.930	1.10*	1.44	----	----		
	30		0.909	1.13	1.34*	1.75*	2.15	2.39	----	
34	20	± 0.25	0.815	1.01	1.20	1.56	----	----	----	
	34		1.03	1.28	1.53	2.00	2.46	2.77	----	
35	20	± 0.25	0.830	1.03	1.22*	1.59	1.95	----	----	
	25		0.909	1.13	1.34	1.75	2.15	2.39	----	
	35		1.07	1.32	1.57*	2.07*	2.54	2.86	----	
36	11	± 0.25	0.705	0.871	1.03	1.34	----	----	----	
40	20	± 0.30			1.34*	1.75*	2.15	2.39	----	
	25				1.46	1.91	2.34	2.63	----	
	30				1.57*	2.07*	2.54	2.86	----	
	40				1.81*	2.38*	2.93	3.33	4.25	
45	45	± 0.30			2.05	2.69	3.33	3.80	4.88	
50	20	± 0.30			1.57*	2.07*	2.54	2.86	----	
	25				1.69	2.22	2.74	3.10	----	
	30				1.81*	2.38*	2.93	3.33	4.25	
	34				1.90	2.51	3.09	3.52	4.50	
	40				2.05*	2.69*	3.33	3.80	4.88	
	50				2.28*	3.01*	3.72	4.28	5.51	----
55	34	± 0.40			2.02	2.66	3.29	3.76	4.82	----
60	20	± 0.40				2.38	2.93	3.33	----	
	30					2.69*	3.33	3.80	4.88	----
	40					3.01*	3.72	4.28	5.51	----
	50					3.32	4.11	4.75	6.14	----
	60					3.64*	4.50	5.22	6.76	8.13
70	40	± 0.50				3.32*	4.11	4.75	6.14	----
	70					4.26*	5.29	6.16	8.02	9.70
80	20	± 0.60				3.01	3.72	4.28	----	
	30					3.32*	4.11	4.75	----	
	40					3.64*	4.50	5.22	6.76	8.13
	50					3.95	4.90	5.69	7.39	8.91
	60					4.26	5.29	6.16	8.02	9.70
	80					4.89*	6.07	7.10	9.28	11.3
90	90	± 0.75				5.52	6.86	8.04	10.5	12.8
100	40	± 0.80				4.26*	5.29	6.16	8.02	9.70
	50					4.58*	5.68	6.63	8.65	10.5
	60					4.89	6.07	7.10	9.28	11.3
	80					5.52	6.86	8.04	10.5	12.8
	100					6.15*	7.64	8.99	11.8	14.4
120	40	± 0.80				4.89	6.07	7.10	9.29	11.3
	60					5.52*	6.86	8.04	10.5	12.8

* Medidas más comerciales.



□ TOLERANCIAS:

- **Medidas y masas:** Las alturas (h), anchuras (b) y espesores de pared (t) de los perfiles, así como sus tolerancias, están recogidas en la tabla anterior. Para medidas intermedias, que pueden ser suministradas bajo acuerdo, son válidas las desviaciones de medidas límite de la siguiente medida nominal mayor.
Las medidas para determinar la altura se deberían realizar a una distancia de los extremos de los perfiles de como mínimo 100mm.
Las tolerancias dadas para los espesores de pared no son válidas para las zonas de los cantos y del cordón de soldadura.
- **Redondeado de aristas:** Se admitirá que las aristas presenten redondeo con un radio no superior a tres veces el espesor nominal de pared. Bajo acuerdo para el pedido podrán ser acordados unos valores concretos con sus tolerancias permitidas.
- **Abombado:** Las superficies laterales pueden estar abombadas hacia fuera o hacia dentro, manteniéndose las tolerancias dentro de las tolerancias establecidas para la altura y la anchura.
- **Escuadrado:** La falta de perpendicularidad de dos lados adyacentes de una misma sección no será superior a 1°.
- **Revirado de torsión:** El revirado o giro de la sección transversal con respecto a su base no podrá ser superior a 1°/m. Se mide por la elevación o flecha de un extremo de la sección con relación al punto más bajo del perfil cuando éste se apoya sobre una superficie plana.
- **Rectitud:** La tolerancia de rectitud referida a la longitud, no puede sobrepasar el 0.25% de la longitud total del perfil. La rectitud se medirá por la separación entre el perfil y una línea recta apoyada sobre una generatriz.
Para la tolerancia de rectitud de perfiles galvanizados por inmersión, se tomará el doble de este valor.
- **Longitud:** En la longitud se distingue entre:
 - **Longitudes fijas:**
Entre 4000 y 12000mm con una tolerancia de medida de $^{+100}_0$ mm
Sin indicaciones especiales en el pedido, se suministrarán longitudes fijas de 6000mm.
Es admisible suministrar conjuntamente longitudes inferiores mayores o iguales a 2000mm, en un 5% de la cantidad del pedido.
 - **Longitud exacta:**
Mientras no se acuerde otra cosa, son admisibles las siguientes tolerancias.

hasta 500mm de longitud:	$^{+2}_0$ mm
más de 500mm hasta 2000mm de longitud:	$^{+3}_0$ mm
más de 2000mm hasta 5000mm de longitud:	$^{+5}_0$ mm
más de 5000mm hasta 7000mm de longitud:	$^{+10}_0$ mm
más de 7000mm de longitud:	según acuerdo
- **Extremos:** Los perfiles estarán cortados de forma que sus secciones extremas sean totalmente perpendiculares a su eje longitudinal, y serán suministrados con los finales que resulten de los procesos usuales de corte, pudiéndose establecer acuerdos entre las partes para definir acabados especiales en los extremos. Para longitudes exactas se acordará siempre el acabado de los finales del tubo.



4.4. TUBO ROSCA - CONDUCCIÓN

4.4.1. TUBOS DE ACERO SIN SOLDADURA ROSCABLES. UNE 19-046-93

Los tubos se fabricarán con acero S185 UNE EN 10025.

A título orientativo los tubos presentarán habitualmente las propiedades y características indicadas en la siguiente tabla, determinados en probetas tomadas del tubo en sentido longitudinal.

Tabla 4-23 Tubo rosca – Conducción - Tubos de acero sin soldadura roscables – Características mecánicas

Resistencia a la tracción		a% $I_0 = 5.65\sqrt{S_0}$ mínimo	Composición química análisis de colada	
N/mm ²	Kgf/mm ²		P % máx.	S % máx
320 / 520	33 / 53	15	0.06	0.06

□ TOLERANCIAS:

- **Longitudes:** Los tubos se suministrarán en longitudes de 4m a 8m. Se admitirá que un 6% del pedido se suministre en longitudes más cortas, siempre que éstas no sean inferiores a 2.5m. Por acuerdo pueden suministrarse en longitudes mayores, así como en longitudes limitadas o en longitudes fijas. La tolerancia comercial no será superior a un metro entre el tubo más largo y el tubo más corto.
- **Diámetros:** Los diámetros exteriores y sus tolerancias están recogidos más adelante en los distintos tipos de tubos roscables.
- **Espesores:** Los espesores nominales están recogidos mas adelante en los distintos tipos de tubos roscables y sus tolerancias serán:
+ sin límite
-12.5%
- **Masa:** Las masas nominales están recogidas en los diferentes tipos de tubos roscables. Se admite una tolerancia en cada tubo aislado de hasta $\pm 10\%$ de su masa teórica. En lotes de 10 toneladas como mínimo, se admite una desviación de hasta $\pm 7.5\%$.
- **Ovalidad y excentricidad:** Los tubos deberán tener una sección circular, la ovalidad debe permanecer dentro de los límites de tolerancia del diámetro y la excentricidad en los del espesor.

4.4.2. TUBOS DE ACERO SOLDADOS ROSCABLES. UNE 19045-96

Los tubos se fabricarán con acero de los tipos indicados en la norma UNE-EN 10025.

A título orientativo los tubos presentarán habitualmente las características indicadas en la siguiente tabla, determinados en probetas tomadas del tubo en el mismo sentido que el de la laminación de la banda y que excluyan la soldadura.

Tabla 4-24 Tubo rosca – Conducción - Tubos de acero soldados roscables - Características mecánicas (valores mínimos)

Límite elástico Re MPa ¹⁾	Resistencia a la tracción Rm MPa ¹⁾	Alargamiento de rotura A % ²⁾
185	290	18

1) 1 MPa = 1 N/mm² = 0.102 kgf/mm².
2) Sobre probeta $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$.

□ TOLERANCIAS:

- **Longitudes:** La longitud comercial será de 6m. La tolerancia será de ± 50 mm.
- **Diámetros:** Los diámetros exteriores y sus tolerancias vienen recogidos más adelante en los diferentes tipos de tubos roscables.



- **Espesores:** Los espesores vienen recogidos más adelante en los diferentes tipos de tubos roscables. Sus tolerancias son las siguientes:
 - Serie reforzada (Norma UNE 19041)
 - + sin límite
 - 12.5%
 - Serie normal (Norma UNE 19040)
 - + sin límite
 - 12.5%
 - Serie ligera (Norma UNE 19042)
 - + sin límite
 - 12.5%
 - Serie extraligera (Norma UNE19043)
 - + sin límite
 - 8%

NOTAS:

- 1) En los tubos correspondientes a las Normas UNE 19040, UNE 19041 y UNE 19042 se admitirán hasta una tolerancia de 15% en puntos aislados sobre una longitud que no exceda de dos veces el diámetro exterior.
 - 2) La altura del cordón de soldadura no será superior a 3mm. Si se ha acordado su eliminación, su valor no será superior a 0.3mm + 0.05 e, siendo e el espesor de la pared, expresado en mm.
- **Masa:** Las masas están recogidas más adelante en los diferentes tipos de tubos roscables. Las tolerancias de las masas serán:
 - Serie reforzada (Norma UNE 19041), serie normal (Norma UNE 19040), serie ligera (Norma UNE 19042). Se admite en cada tubo aislado de hasta $\pm 10\%$ de su masa teórica. En lotes de 10 toneladas como mínimo, se admite una desviación hasta $\pm 7.5\%$.
 - Seir extraligera (Norma UNE 19043). Se admite una tolerancia en cada tubo aislado de $+10\%$, -8% de su masa teórica. En lotes de 10 toneladas como mínimo, se admite una desviación de $\pm 5\%$.
 - **Ovalidad y excentricidad:** Los tubos deberán tener una sección circular, la ovalidad debe permanecer dentro de los límites de tolerancia del diámetro y la excentricidad en los del espesor.

4.4.3. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE NORMAL. UNE 19-040-93

Tabla 4-25 Tubo rosca – Conducción -. Serie normal - Medidas y masas lineales

Designación rosca	Diámetro nominal dn	Diámetro exterior en milímetros			Espesor en mm	Masa en kg/m		Longitud mínima ²⁾ mm
		Teórico ¹⁾	Máximo	Mínimo		Tubo sin roscar	Tubo roscado con manguito	
1/8	6	10.2	10.6	9.8	2.0	0.404	0.407	17
1/4	8	13.5	14.0	13.2	2.3	0.641	0.645	25
3/8	10	17.2	17.5	16.7	2.3	0.839	0.845	26
1/2	15	21.3	21.8	21.0	2.6	1.21	1.22	34
3/4	20	26.9	27.3	26.5	2.6	1.56	1.57	36
1	25	33.7	34.2	33.3	3.2	2.41	2.43	43
1 1/4	32	42.4	42.9	42.0	3.2	3.10	3.13	48
1 1/2	40	48.3	48.8	47.9	3.2	3.56	3.60	48
2	50	60.3	60.8	59.7	3.6	5.03	5.10	56
2 1/2	65	76.1	76.6	75.3	3.6	6.42	6.54	65
3	80	88.9	89.5	88.0	4.0	8.36	8.53	71
4	100	114.3	115.0	113.1	4.5	12.2	12.5	83
5	125	139.7	140.8	138.5	5.0	16.6	17.1	92
6	150	165.1	166.5	163.9	5.0	19.8	20.4	92

1) Diámetro exterior teórico es sólo válido a efectos de cálculo de masas.
 2) Longitud mínima de los manguitos de acero tanto en roscado cilíndrico como cónico.



4.4.4. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE REFORZADA. UNE 19-041-93

Tabla 4-26 Tubo rosca – Conducción - Serie reforzada- Medidas y masas lineales

Designación rosca	Diámetro nominal dn	Diámetro exterior en milímetros			Espesor en mm	Masa en kg/m		Longitud mínima ²⁾ mm
		Teórico ¹⁾	Máximo	Mínimo		Tubo sin roscar	Tubo roscado con manguito	
1/8	6	10.2	10.6	9.8	2.6	0.487	0.490	17
1/4	8	13.5	14.0	13.2	2.9	0.765	0.769	25
3/8	10	17.2	17.5	16.7	2.9	1.02	1.03	26
1/2	15	21.3	21.8	21.0	3.2	1.44	1.45	34
3/4	20	26.9	27.3	26.5	3.2	1.87	1.88	36
1	25	33.7	34.2	33.3	4.0	2.93	2.95	43
1 1/4	32	42.4	42.9	42.0	4.0	3.79	3.82	48
1 1/2	40	48.3	48.8	47.9	4.0	4.37	4.41	48
2	50	60.3	60.8	59.7	4.5	6.19	6.26	56
2 1/2	65	76.1	76.6	75.3	4.5	7.93	8.05	65
3	80	88.9	89.5	88.0	5.0	10.3	10.5	71
4	100	114.3	115.0	113.1	5.4	14.5	14.8	83
5	125	139.7	140.8	138.5	5.4	17.9	18.4	92
6	150	165.1	166.5	163.9	5.4	21.3	21.9	92

1) Diámetro exterior teórico es sólo válido a efectos de cálculo de masas.
2) Longitud mínima de los manguitos de acero tanto en roscado cilíndrico como cónico.

4.4.5. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE LIGERA. UNE 19-042-93

Tabla 4-27 Tubo rosca – Conducción - Serie ligera - Medidas y masas lineales

Designación rosca	Diámetro nominal dn	Diámetro exterior en milímetros			Espesor en mm	Masa en kg/m		Longitud mínima ²⁾ mm
		Teórico ¹⁾	Máximo	Mínimo		Tubo sin roscar	Tubo roscado con manguito	
1/8	6	10.2	10.4	9.7	1.8	0.366	0.369	17
1/4	8	13.5	13.9	13.2	2.0	0.570	0.574	25
3/8	10	17.2	17.4	16.7	2.0	0.742	0.748	26
1/2	15	21.3	21.7	21.0	2.3	1.08	1.09	34
3/4	20	26.9	27.1	26.4	2.3	1.39	1.40	36
1	25	33.7	34.0	33.2	2.9	2.20	2.22	43
1 1/4	32	42.4	42.7	41.9	2.9	2.82	2.85	48
1 1/2	40	48.3	48.6	47.8	2.9	3.24	3.28	48
2	50	60.3	60.7	59.6	3.2	4.49	4.56	56
2 1/2	65	76.1	76.3	75.2	3.2	5.73	5.85	65
3	80	88.9	89.4	87.9	3.6	7.55	7.72	71
4	100	114.3	114.9	113.0	4.0	10.8	11.1	83

1) Diámetro exterior teórico es sólo válido a efectos de cálculo de masas.
2) Longitud mínima de los manguitos de acero tanto en roscado cilíndrico como cónico.

4.4.6. TUBOS ROSCABLES DE ACERO DE USO GENERAL. SERIE EXTRALIGERA. UNE 19-043-93

Tabla 4-28 Tubo rosca – Conducción - Serie extraligera - Medidas y masas lineales

Designación rosca	Diámetro nominal dn	Diámetro exterior en milímetros			Espesor en mm	Masa en kg/m		Longitud mínima ²⁾ mm
		Teórico ¹⁾	Máximo	Mínimo		Tubo sin roscar	Tubo roscado con manguito	
1/8	6	10.2	10.1	9.7	1.8	0.360	0.363	17
1/4	8	13.5	13.6	13.2	1.8	0.515	0.519	25
3/8	10	17.2	17.1	16.7	1.8	0.670	0.676	26
1/2	15	21.3	21.4	21.0	2.0	0.947	0.956	34
3/4	20	26.9	26.9	26.4	2.3	1.38	1.39	36
1	25	33.7	33.8	33.2	2.6	1.98	2.00	43
1 1/4	32	42.4	42.5	41.9	2.6	2.54	2.57	48
1 1/2	40	48.3	48.4	47.8	2.9	3.23	3.27	48
2	50	60.3	60.2	59.6	2.9	4.08	4.15	56
2 1/2	65	76.1	76.0	75.2	3.2	5.71	5.83	65
3	80	88.9	88.7	87.9	3.2	6.72	6.89	71
4	100	114.3	113.9	113.0	3.6	9.75	10.0	83

1) Diámetro exterior teórico es sólo válido a efectos de cálculo de masas.
2) Longitud mínima de los manguitos de acero tanto en roscado cilíndrico como cónico.



Índice de Tablas:

Tubos

TABLA 4-1 MEDIDAS Y MASAS POR UNIDAD DE LONGITUD, GRUPO 1. TUBOS DE USO GENERAL	64
TABLA 4-2 MEDIDAS Y MASAS POR UNIDAD DE LONGITUD, GRUPO 2. TUBOS DE PRECISIÓN	66
TABLA 4-3 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO - DIMENSIONES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES HUECOS DE SECCIÓN CIRCULAR	67
TABLA 4-4 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO - DIMENSIONES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES HUECOS DE SECCIÓN CUADRADA	71
TABLA 4-5 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO - DIMENSIONES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES HUECOS DE SECCIÓN RECTANGULAR	73
TABLA 4-6 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIAS DE FORMA Y MASA	76
TABLA 4-7 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIAS EN EL REDONDEO EXTERIOR DE LAS ESQUINAS	76
TABLA 4-8 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIAS DE LONGITUD ¹⁾	76
TABLA 4-9 TUBO ESTRUCTURAL CONFORMADO EN FRÍO DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIA DE LA ALTURA DEL CORDÓN DE SOLDADURA INTERNO Y EXTERNO PARA LOS PERFILES HUECOS SAW (SOLDADOS POR ARCO SUMERGIDO)	76
TABLA 4-10 TUBO ESTRUCTURAL ACABADO EN CALIENTE - DIMENSIONES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES HUECOS DE SECCIÓN CIRCULAR	77
TABLA 4-11 TUBO ESTRUCTURAL ACABADO EN CALIENTE - DIMENSIONES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES HUECOS DE SECCIÓN CUADRADA	81
TABLA 4-12 TUBO ESTRUCTURAL ACABADO EN CALIENTE - DIMENSIONES NOMINALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES HUECOS DE SECCIÓN RECTANGULAR	83
TABLA 4-13 TUBO ESTRUCTURAL ACABADO EN CALIENTE DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIAS DE FORMA Y MASA	85
TABLA 4-14 TUBO ESTRUCTURAL ACABADO EN CALIENTE DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIAS DE LONGITUD ¹⁾	85
TABLA 4-15 TUBO ESTRUCTURAL ACABADO EN CALIENTE DE SECCIÓN CIRCULAR, CUADRADA Y RECTANGULAR - TOLERANCIA DE LA ALTURA DEL CORDÓN DE SOLDADURA INTERNO Y EXTERNO PARA LOS PERFILES HUECOS SAW (SOLDADOS POR ARCO SUMERGIDO)	85
TABLA 4-16 TUBO FINO REDONDO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADOS INTERIOR Y EXTERIORMENTE - MEDIDAS	86
TABLA 4-17 TUBO FINO REDONDO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADO INTERIOR Y EXTERIORMENTE - FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LAS TOLERANCIAS PARA SUMINISTROS GBK, GZF, NBK Y NZF.	88
TABLA 4-18 TUBO FINO REDONDO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADO INTERIOR Y EXTERIORMENTE - TOLERANCIA DE LONGITUD (PARA PERFILES PEDIDOS A LONGITUD FIJA)	88
TABLA 4-19 TUBO FINO REDONDO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADO EXTERIORMENTE - MEDIDAS Y MASAS POR UNIDAD DE LONGITUD	89
TABLA 4-20 TUBO FINO REDONDO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADO EXTERIORMENTE - FACTOR DE CORRECCIÓN PARA LAS TOLERANCIAS PARA SUMINISTROS GKM Y NKM.	90
TABLA 4-21 TUBO FINO REDONDO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADO EXTERIORMENTE - TOLERANCIA DE LONGITUD (PARA PERFILES PEDIDOS A LONGITUD FIJA)	90
TABLA 4-22 TUBO FINO RECTANGULAR O CUADRADO PARA APLICACIONES MECÁNICAS CALIBRADO EXTERIORMENTE - MEDIDAS, MASAS REFERIDAS A LA LONGITUD	91



TABLA 4-23 TUBO ROSCA – CONDUCCIÓN - TUBOS DE ACERO SIN SOLDADURA	
ROSCABLES – CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	93
TABLA 4-24 TUBO ROSCA – CONDUCCIÓN - TUBOS DE ACERO SOLDADOS ROSCABLES -	
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (VALORES MÍNIMOS).....	93
TABLA 4-25 TUBO ROSCA – CONDUCCIÓN -, SERIE NORMAL - MEDIDAS Y MASAS	
LINEALES.....	94
TABLA 4-26 TUBO ROSCA – CONDUCCIÓN - SERIE REFORZADA- MEDIDAS Y MASAS	
LINEALES.....	95
TABLA 4-27 TUBO ROSCA – CONDUCCIÓN - SERIE LIGERA - MEDIDAS Y MASAS LINEALES	
.....	95
TABLA 4-28 TUBO ROSCA – CONDUCCIÓN - SERIE EXTRALIGERA - MEDIDAS Y MASAS	
LINEALES.....	95

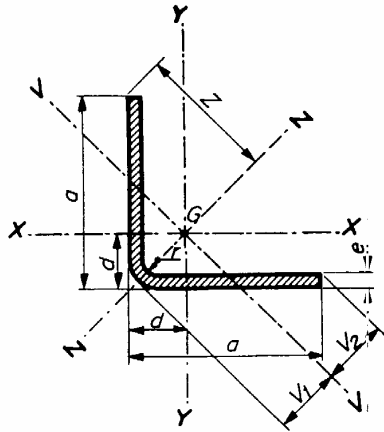


5. PERFILES DE CARPINTERÍA.....	96
5.1. PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS	96
5.1.1. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL LF. (UNE 36-571-79)	96
5.1.2. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL UF. UNE 36-572-80.	98
5.1.3. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL CF. UNE 36-573-79	101
5.1.4. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL NF. UNE 36-574-79	104
5.1.5. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL OF. UNE 36-575-79	104
5.1.6. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL ZF. UNE 36-576-79.	105
5.1.7. CORREAS	106
5.1.8. TOLERANCIAS PARA PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO, UNE EN 10162:2005.	110
5.2. PERFILES ABIERTOS NO NORMALIZADOS.....	111
5.2.1. PERFIL Y ACCESORIOS DE PUERTA CORREDERA.....	111
5.2.2. JUNQUILLOS	112
5.2.3. VIERTEAGUAS	112
5.2.4. PERFIL INVERNADERO.....	112
5.3. PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS.....	113
5.3.1. SIMPLE PESTAÑA.....	113
5.3.2. DOBLE PESTAÑA T.....	113
5.3.3. DOBLE PESTAÑA Z.....	114
5.3.4. PERFILES ASIMÉTRICOS CERRADOS DE CARPINTERÍA.....	114
5.3.5. PASAMANOS	116

5. PERFILES DE CARPINTERÍA

5.1. PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS

5.1.1. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL LF. (UNE 36-571-79)



Siendo:

- A = Área de la sección recta.
- M = Masa por metro.
- I = Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
- W = Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
- i = $\sqrt{I/A}$ = Radin de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
- d = Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
- u = Perimetro (superficie por metro lineal).

Tabla 5-1 Perfiles abiertos normalizados - Perfil L de alas iguales – Medidas

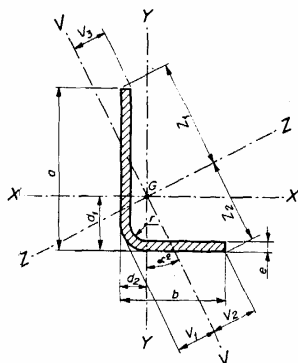
PERFIL	Dimensiones			A cm ²	M kg/m	u m ² /m	Distancia de los ejes			
	a mm	e mm	r mm				d cm	V ₁ cm	V ₂ cm	Z cm
LF 20 . 1.5	20	1.5	1.6	0.562	0.441	0.0780	0.570	0.678	0.714	1.41
LF 20 . 2.0	20	2.0	2.5	0.730	0.573	0.0770	0.596	0.657	0.712	1.41
LF 20 . 3.0	20	3.0	3.0	1.05	0.826	0.0761	0.641	0.657	0.720	1.41
LF 25 . 1.5	25	1.5	1.6	0.712	0.559	0.0980	0.695	0.854	0.891	1.77
LF 25 . 2.0	25	2.0	2.5	0.930	0.730	0.0970	0.721	0.833	0.890	1.77
LF 25 . 2.5	25	2.5	2.5	1.15	0.901	0.0968	0.741	0.841	0.897	1.77
LF 25 . 3.0	25	3.0	3.0	1.35	1.06	0.0961	0.765	0.833	0.898	1.77
LF 30 . 1.5	30	1.5	1.6	0.862	0.677	0.118	0.820	1.03	1.07	2.12
LF 30 . 2.0	30	2.0	2.5	1.13	0.887	0.117	0.845	1.01	1.07	2.12
LF 30 . 2.5	30	2.5	2.5	1.40	1.10	0.117	0.866	1.02	1.07	2.12
LF 30 . 3.0	30	3.0	3.0	1.65	1.30	0.116	0.889	1.01	1.08	2.12
LF 30 . 4.0	30	4.0	6.0	2.10	1.65	0.113	0.953	0.934	1.06	2.12
LF 40 . 2.0*	40	2.0	2.5	1.53	1.20	0.157	1.10	1.36	1.42	2.83
LF 40 . 3.0*	40	3.0	3.0	2.25	1.77	0.156	1.14	1.36	1.43	2.83
LF 40 . 4.0*	40	4.0	6.0	2.90	2.28	0.153	1.20	1.28	1.41	2.83
LF 50 . 2.0*	50	2.0	3.0	1.93	1.51	0.197	1.35	1.70	1.77	3.54
LF 50 . 3.0*	50	3.0	6.0	2.81	2.21	0.194	1.41	1.62	1.76	3.54
LF 50 . 4.0*	50	4.0	8.0	3.67	2.88	0.191	1.46	1.57	1.75	3.54
LF 60 . 3.0*	60	3.0	6.0	3.41	2.68	0.234	1.66	1.97	2.11	4.24
LF 60 . 4.0*	60	4.0	8.0	4.47	3.51	0.231	1.71	1.92	2.10	4.24
LF 60 . 5.0*	60	5.0	10.0	5.48	4.30	0.229	1.77	1.88	2.10	4.24
LF 80 . 4.0*	80	4.0	8.0	6.07	4.76	0.311	2.21	2.63	2.82	5.66
LF 80 . 5.0*	80	5.0	10.0	7.48	5.87	0.309	2.26	2.58	2.81	5.66
LF 80 . 6.0*	80	6.0	12.0	8.85	6.95	0.307	2.32	2.54	2.80	5.66
LF 100 . 5.0*	100	5.0	8.0	9.52	7.48	0.391	2.75	3.35	3.54	7.07
LF 100 . 6.0*	100	6.0	10.0	11.3	8.87	0.389	2.80	3.30	3.53	7.07
LF 100 . 7.0*	100	7.0	12.0	13.0	10.2	0.387	2.86	3.25	3.53	7.07
LF 120 . 5.0*	120	5.0	8.0	11.5	9.05	0.471	3.25	4.06	4.24	8.49
LF 120 . 6.0*	120	6.0	10.0	13.7	10.8	0.469	3.30	4.01	4.24	8.49
LF 120 . 7.0*	120	7.0	12.0	15.8	12.4	0.467	3.36	3.96	4.24	8.49

(*) Perfil utilizable en edificación.

Tabla 5-2 Perfiles abiertos normalizados - Perfil L de alas iguales – Momentos

PERFIL	Referencia al X-X=Y-Y			I_{kv} cm ⁴	Referido al eje Z-Z			Referido al eje V-V		
	$I_x=I_y$ cm ⁴	$W_x=W_y$ cm ³	$i_x=i_y$ cm		I_z cm ⁴	W_z cm ³	i_z cm	I_v cm ⁴	W_v cm ³	i_v cm
LF 20 . 1.5	0.219	0.153	0.625	0.138	0.357	0.252	0.797	0.0819	0.115	0.382
LF 20 . 2.0	0.279	0.199	0.618	0.179	0.458	0.324	0.792	0.0995	0.140	0.369
LF 20 . 3.0	0.384	0.282	0.604	0.251	0.635	0.449	0.777	0.133	0.184	0.355
LF 25 . 1.5	0.440	0.244	0.786	0.273	0.714	0.404	1.00	0.167	0.187	0.484
LF 25 . 2.0	0.565	0.317	0.779	0.358	0.923	0.522	0.996	0.207	0.233	0.472
LF 25 . 2.5	0.684	0.389	0.772	0.434	1.12	0.633	0.987	0.250	0.279	0.467
LF 25 . 3.0	0.792	0.456	0.765	0.509	1.30	0.736	0.981	0.283	0.315	0.458
LF 30 . 1.5	0.774	0.355	0.947	0.478	1.25	0.590	1.20	0.296	0.277	0.586
LF 30 . 2.0	1.00	0.464	0.941	0.627	1.63	0.767	1.20	0.373	0.349	0.574
LF 30 . 2.5	1.22	0.570	0.934	0.765	1.98	0.935	1.19	0.452	0.421	0.569
LF 30 . 3.0	1.42	0.672	0.927	0.901	2.32	1.09	1.18	0.518	0.481	0.560
LF 30 . 4.0	1.75	0.855	0.912	1.18	2.93	1.38	1.18	0.574	0.544	0.523
LF 40 . 2.0*	2.44	0.841	1.26	1.51	3.96	1.40	1.61	0.928	0.653	0.779
LF 40 . 3.0*	3.52	1.23	1.25	2.20	5.71	2.02	1.59	1.32	0.920	0.765
LF 40 . 4.0*	4.43	1.58	1.24	2.89	7.32	2.59	1.59	1.55	1.09	0.730
LF 50 . 2.0*	4.85	1.33	1.59	3.00	7.85	2.22	2.02	1.85	1.04	0.980
LF 50 . 3.0*	6.97	1.94	1.57	4.44	11.4	3.23	2.01	2.52	1.44	0.947
LF 50 . 4.0*	8.92	2.52	1.56	5.82	14.7	4.17	2.00	3.09	1.77	0.919
LF 60 . 3.0*	12.3	2.83	1.90	7.74	20.0	4.72	2.42	4.54	2.15	1.15
LF 60 . 4.0*	15.8	3.69	1.88	10.2	26.0	6.13	2.41	5.66	2.69	1.12
LF 60 . 5.0*	19.1	4.52	1.87	12.5	31.7	7.46	2.40	6.59	3.14	1.10
LF 80 . 4.0*	38.8	6.70	2.53	24.5	63.3	11.2	3.23	14.3	5.09	1.54
LF 80 . 5.0*	47.3	8.25	2.52	30.3	77.6	13.7	3.22	17.1	6.07	1.51
LF 80 . 6.0*	55.4	9.74	2.50	35.9	91.3	16.1	3.21	19.4	6.94	1.48
LF 100 . 5.0*	95.1	13.1	3.16	59.4	155	21.9	4.03	35.7	10.1	1.94
LF 100 . 6.0*	112	15.5	3.15	70.7	183	25.8	4.02	41.2	11.7	1.91
LF 100 . 7.0*	128	17.9	3.13	81.8	210	29.7	4.01	46.2	13.1	1.88
LF 120 . 5.0*	167	19.1	3.81	104	270	31.9	4.84	63.4	14.9	2.34
LF 120 . 6.0*	197	22.7	3.79	123	320	37.8	4.84	73.8	17.4	2.32
LF 120 . 7.0*	226	26.2	3.78	143	369	43.5	4.83	83.4	19.7	2.29

Tabla 5-3 Perfiles abiertos normalizados - Perfil L de alas desiguales – Medidas



Siendo:

A = Área de la sección recta.
 M = Masa por metro.
 I = Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
 W = Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
 i = $\sqrt{I/A}$ = Radin de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
 d = Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
 u = Perímetro (superficie por metro lineal).

PERFIL	Dimensiones				A cm ²	M kg/m	u m ² /m	Distancia de los ejes						tag α°	
	a mm	b mm	e mm	r mm				d ₁ cm	d ₂ cm	V ₁ cm	V ₂ cm	V ₃ cm	Z ₁ cm		Z ₂ cm
LF 30 . 20 . 1.5	30	20	1.5	1.6	0.712	0.559	0.0980	0.976	0.466	0.732	1.04	0.565	2.03	1.53	0.464
LF 30 . 20 . 2.0	30	20	2.0	2.5	0.930	0.730	0.0970	1.01	0.490	0.722	1.03	0.583	2.01	1.55	0.468
LF 30 . 20 . 3.0	30	20	3.0	3.0	1.35	1.06	0.0961	1.05	0.532	0.730	1.01	0.616	1.99	1.58	0.468
LF 40 . 20 . 2.0*	40	20	2.0	2.5	1.13	0.887	0.117	1.45	0.421	0.697	1.18	0.491	2.57	1.83	0.287
LF 40 . 20 . 3.0*	40	20	3.0	3.0	1.65	1.30	0.116	1.50	0.462	0.714	1.15	0.531	2.53	1.86	0.286
LF 50 . 25 . 2.0*	50	25	2.0	2.5	1.43	1.12	0.147	1.78	0.504	0.867	1.49	0.592	3.23	2.26	0.286
LF 50 . 25 . 3.0*	50	25	3.0	3.0	2.10	1.65	0.146	1.83	0.545	0.884	1.46	0.632	3.20	2.30	0.285
LF 60 . 30 . 3.0*	60	30	3.0	3.0	2.55	2.00	0.176	2.16	0.628	1.05	1.77	0.733	3.86	2.73	0.284
LF 60 . 30 . 4.0*	60	30	4.0	6.0	3.30	2.59	0.173	2.24	0.679	1.04	1.71	0.786	3.80	2.80	0.292
LF 60 . 40 . 3.0	60	40	3.0	3.0	2.85	2.24	0.196	1.95	0.931	1.47	2.09	1.13	4.07	3.06	0.463
LF 60 . 40 . 4.0	60	40	4.0	6.0	3.70	2.91	0.193	2.02	0.984	1.42	2.04	1.17	4.02	3.12	0.472
LF 70 . 40 . 3.0	70	40	3.0	3.0	3.15	2.47	0.216	2.38	0.856	1.44	2.27	1.02	4.64	3.30	0.354
LF 70 . 40 . 4.0	70	40	4.0	6.0	4.10	3.22	0.213	2.46	0.908	1.41	2.21	1.07	4.58	3.36	0.361
LF 70 . 50 . 5.0	70	50	5.0	8.0	5.52	4.34	0.231	2.32	1.28	1.76	2.42	1.52	4.73	3.80	0.535
LF 80 . 40 . 4.0*	80	40	4.0	6.0	4.50	3.53	0.233	2.91	0.845	1.38	2.34	0.988	5.13	3.67	0.289
LF 80 . 40 . 5.0*	80	40	5.0	8.0	5.52	4.34	0.231	2.97	0.893	1.38	2.29	1.04	5.07	3.73	0.293
LF 90 . 60 . 5.0	90	60	5.0	8.0	7.02	5.51	0.291	2.98	1.43	2.13	3.08	1.72	6.06	4.64	0.471
LF 100 . 50 . 5.0*	100	50	5.0	8.0	7.02	5.51	0.291	3.64	1.06	1.72	2.91	1.24	6.40	4.59	0.290
LF 100 . 50 . 6.0*	100	50	6.0	10.0	8.30	6.52	0.289	3.71	1.11	1.72	2.86	1.29	6.35	4.65	0.293
LF 120 . 60 . 5.0*	120	60	5.0	8.0	8.52	6.69	0.351	4.30	1.22	2.06	3.53	1.44	7.73	5.46	0.289
LF 120 . 60 . 6.0*	120	60	6.0	10.0	10.1	7.93	0.349	4.37	1.27	2.06	3.49	1.49	7.68	5.52	0.291
LF 140 . 60 . 6.0	140	60	6.0	10.0	11.3	8.87	0.389	5.29	1.17	1.99	3.68	1.37	8.76	6.22	0.226
LF 150 . 80 . 6.0	150	80	6.0	10.0	13.1	10.3	0.449	5.25	1.66	2.78	4.61	1.97	9.79	6.94	0.321
LF 200 . 100 . 6.0	200	100	6.0	10.0	17.3	13.6	0.589	7.03	1.94	3.42	5.98	2.30	13.0	8.98	0.287

(*) Perfil utilizable en edificación.

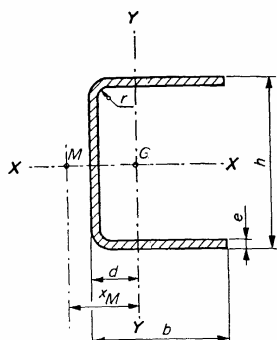
(*) Perfil utilizable en edificación.

**Tabla 5-4 Perfiles abiertos normalizados - Perfil L de alas desiguales – Momentos**

PERFIL	Referido al eje X-X			Referido al eje Y-Y			I_{xy} cm ⁴	Referido al eje Z-Z			Referido al eje V-V		
	I_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm		I_z cm ⁴	W_z cm ³	i_z cm	I_v cm ⁴	W_v cm ³	i_v cm
LF 30 . 20 . 1.5	0.673	0.333	0.972	0.249	0.162	0.591	0.251	0.789	0.388	1.05	0.132	0.127	0.431
LF 30 . 20 . 2.0	0.864	0.433	0.964	0.318	0.211	0.585	0.328	1.02	0.505	1.05	0.165	0.160	0.421
LF 30 . 20 . 3.0	1.22	0.625	0.948	0.442	0.301	0.572	0.464	1.43	0.721	1.03	0.225	0.223	0.408
LF 40 . 20 . 2.0*	1.90	0.746	1.30	0.344	0.218	0.552	0.487	2.04	0.796	1.34	0.204	0.174	0.425
LF 40 . 20 . 3.0*	2.71	1.08	1.28	0.480	0.312	0.539	0.693	2.91	1.15	1.33	0.282	0.246	0.413
LF 50 . 25 . 2.0*	3.81	1.18	1.63	0.692	0.347	0.696	0.969	4.09	1.26	1.69	0.415	0.279	0.539
LF 50 . 25 . 3.0*	5.48	1.73	1.62	0.980	0.501	0.683	1.39	5.88	1.84	1.67	0.583	0.399	0.527
LF 60 . 30 . 3.0*	9.69	2.52	1.95	1.74	0.735	0.827	2.46	10.4	2.69	2.02	1.05	0.590	0.640
LF 60 . 30 . 4.0*	12.3	3.26	1.93	2.20	0.948	0.816	3.22	13.2	3.48	2.00	1.26	0.736	0.617
LF 60 . 40 . 3.0	10.8	2.66	1.94	3.98	1.30	1.18	4.01	12.6	3.11	2.10	2.13	1.02	0.864
LF 60 . 40 . 4.0	13.8	3.46	1.93	5.07	1.68	1.17	5.27	16.2	4.04	2.09	2.58	1.27	0.835
LF 70 . 40 . 3.0	16.4	3.56	2.28	4.15	1.32	1.15	4.97	18.2	3.92	2.40	2.39	1.05	0.871
LF 70 . 40 . 4.0	21.0	4.63	2.26	5.30	1.71	1.14	6.54	23.4	5.11	2.39	2.93	1.33	0.846
LF 70 . 50 . 5.0	27.7	5.91	2.24	12.1	3.25	1.48	11.7	33.9	7.18	2.48	5.85	2.41	1.03
LF 80 . 40 . 4.0*	30.3	5.95	2.60	5.49	1.74	1.10	7.84	32.6	6.36	2.69	3.22	1.38	0.846
LF 80 . 40 . 5.0*	36.6	7.29	2.58	6.59	2.12	1.09	9.62	39.4	7.77	2.67	3.77	1.65	0.826
LF 90 . 60 . 5.0	59.4	9.86	2.91	22.0	4.81	1.77	22.6	70.0	11.6	3.16	11.3	3.68	1.27
LF 100 . 50 . 5.0*	73.9	11.6	3.24	13.4	3.40	1.38	19.2	79.5	12.4	3.36	7.81	2.68	1.06
LF 100 . 50 . 6.0*	86.2	13.7	3.22	15.6	4.00	1.37	22.7	92.9	14.6	3.34	8.90	3.11	1.04
LF 120 . 60 . 5.0*	130	16.9	3.91	23.7	4.97	1.67	33.6	140	18.1	4.05	14.0	3.97	1.28
LF 120 . 60 . 6.0*	153	20.1	3.89	27.7	5.86	1.66	39.8	165	21.4	4.04	16.1	4.63	1.26
LF 140 . 60 . 6.0	233	26.8	4.54	28.8	5.96	1.60	48.8	244	27.9	4.65	17.7	4.82	1.25
LF 150 . 80 . 6.0	314	32.2	4.90	67.3	10.6	2.27	88.3	342	35.0	5.11	38.9	8.44	1.72
LF 200 . 100 . 6.0	745	57.5	6.56	137	16.9	2.81	190	800	61.5	6.80	82.0	13.7	2.18

(*) Perfil utilizable en edificación.

5.1.2. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL UF. UNE 36-572-80.

**Tabla 5-5 Perfiles abiertos normalizados - Perfil U - Medidas**

PERFIL	Dimensiones				A cm ²	M kg/m	u m ² /m	d cm	x _M cm
	h mm	b mm	e mm	r mm					
UF 25 x 25 x 1.5	25	25	1.5	1.6	1.05	0.823	0.143	0.917	1.91
UF 30 x 30 x 1.5	30	30	1.5	1.6	1.27	1.00	0.173	1.08	2.29
UF 30 x 30 x 2.0	30	30	2.0	2.5	1.66	1.30	0.170	1.12	2.29
UF 30 x 30 x 3.0	30	30	3.0	3.0	2.40	1.88	0.166	1.17	2.27
UF 20 x 40 x 2.0	40	20	2.0	2.5	1.46	1.14	0.150	0.597	1.24
UF 20 x 40 x 3.0	40	20	3.0	3.0	2.10	1.65	0.146	0.641	1.22
UF 20 x 40 x 4.0	40	20	4.0	6.0	2.60	2.04	0.138	0.710	1.20
UF 30 x 40 x 2.0	40	30	2.0	2.5	1.86	1.46	0.190	1.01	2.13
UF 30 x 40 x 3.0	40	30	3.0	3.0	2.70	2.12	0.186	1.05	2.11
UF 30 x 40 x 4.0	40	30	4.0	6.0	3.40	2.67	0.178	1.13	2.11
UF 40 x 40 x 2.0	40	40	2.0	2.5	2.26	1.77	0.230	1.45	3.06
UF 40 x 40 x 3.0	40	40	3.0	3.0	3.30	2.59	0.226	1.50	3.05
UF 40 x 40 x 4.0	40	40	4.0	6.0	4.20	2.30	0.218	1.58	3.05
UF 30 x 50 x 2.0	50	30	2.0	2.5	2.06	1.62	0.210	0.918	1.99
UF 30 x 50 x 3.0	50	30	3.0	3.0	3.00	2.36	0.206	0.964	1.97
UF 30 x 50 x 4.0	50	30	4.0	6.0	3.80	2.98	0.198	1.03	1.97
UF 40 x 50 x 2.0	50	40	2.0	2.5	2.46	1.93	0.250	1.34	2.90
UF 40 x 50 x 3.0	50	40	3.0	3.0	3.60	2.83	0.246	1.39	2.88
UF 40 x 50 x 4.0	50	40	4.0	6.0	4.60	3.61	0.238	1.46	2.89

(*) Perfil utilizable en edificación.

Tabla 5.5. Perfiles abiertos normalizados - Perfil U - Medidas

PERFIL	Dimensiones				A cm ²	M kg/m	u m ² /m	d cm	x _M cm
	h mm	b mm	e mm	r mm					
UF 50 x 50 x 2.0	50	50	2.0	2.5	2.86	2.24	0.290	1.78	3.83
UF 50 x 50 x 3.0	50	50	3.0	3.0	4.20	3.30	0.286	1.83	3.81
UF 50 x 50 x 4.0	50	50	4.0	6.0	5.40	4.24	0.278	1.91	3.83
UF 30 x 60 x 2.0*	60	30	2.0	2.5	2.26	1.77	0.230	0.846	1.87
UF 30 x 60 x 3.0*	60	30	3.0	3.0	3.30	2.59	0.226	0.890	1.85
UF 30 x 60 x 4.0*	60	30	4.0	6.0	4.20	3.30	0.218	0.954	1.85
UF 40 x 60 x 2.0	60	40	2.0	2.5	2.66	2.09	0.270	1.24	2.75
UF 40 x 60 x 3.0	60	40	3.0	3.0	3.90	2.06	0.266	1.29	2.73
UF 40 x 60 x 4.0	60	40	4.0	6.0	5.00	3.92	0.258	1.36	2.74
UF 50 x 60 x 2.0	60	50	2.0	2.5	3.06	2.40	0.310	1.67	3.66
UF 50 x 60 x 3.0	60	50	3.0	3.0	4.50	3.53	0.306	1.72	3.64
UF 50 x 60 x 4.0	60	50	4.0	6.0	5.80	4.55	0.298	1.79	3.66
UF 40 x 70 x 2.0	70	40	2.0	2.5	2.86	2.24	0.290	1.16	2.61
UF 40 x 70 x 3.0	70	40	3.0	3.0	4.20	3.30	0.286	1.21	2.60
UF 40 x 70 x 4.0	70	40	4.0	6.0	5.40	4.24	0.278	1.28	2.61
UF 50 x 70 x 2.0	70	50	2.0	2.5	3.26	2.56	0.330	1.57	3.51
UF 50 x 70 x 3.0	70	50	3.0	3.0	4.80	3.77	0.326	1.62	3.49
UF 50 x 70 x 4.0	70	50	4.0	6.0	6.20	4.87	0.318	1.69	3.51
UF 40 x 80 x 3.0*	80	40	3.0	3.0	4.50	3.53	0.306	1.14	2.48
UF 40 x 80 x 4.0*	80	40	4.0	6.0	5.80	4.55	0.298	1.20	2.49
UF 40 x 80 x 5.0*	80	40	5.0	8.0	7.04	5.52	0.292	1.26	2.48
UF 60 x 80 x 3.0	80	60	3.0	3.0	5.70	4.48	0.386	1.95	4.25
UF 60 x 80 x 4.0	80	60	4.0	6.0	7.40	5.81	0.378	2.02	4.28
UF 60 x 80 x 5.0	80	60	5.0	8.0	9.04	7.10	0.372	2.09	4.28
UF 45 x 90 x 3.0	90	45	3.0	3.0	5.10	4.00	0.346	1.26	2.79
UF 45 x 90 x 4.0	90	45	4.0	6.0	6.60	5.18	0.338	1.32	2.81
UF 45 x 90 x 5.0	90	45	5.0	8.0	8.04	6.31	0.332	1.38	2.80
UF 50 x 100 x 3.0*	100	50	3.0	3.0	5.70	4.48	0.386	1.39	3.10
UF 50 x 100 x 4.0*	100	50	4.0	6.0	7.40	5.81	0.378	1.45	3.12
UF 50 x 100 x 5.0*	100	50	5.0	8.0	9.04	7.10	0.372	1.50	3.12
UF 50 x 100 x 6.0*	100	50	6.0	10.0	10.6	8.32	0.366	1.56	3.11
UF 60 x 100 x 3.0	100	60	3.0	6.0	6.22	4.88	0.421	1.80	4.02
UF 60 x 100 x 4.0	100	60	4.0	8.0	8.13	6.38	0.415	1.86	4.02
UF 60 x 100 x 5.0	100	60	5.0	10.0	9.95	7.81	0.409	1.92	4.02
UF 60 x 120 x 4.0*	120	60	4.0	6.0	9.00	7.06	0.458	1.70	3.75
UF 60 x 120 x 5.0*	120	60	5.0	8.0	11.0	8.66	0.452	1.75	3.75
UF 60 x 120 x 6.0*	120	60	6.0	10.0	13.0	10.2	0.446	1.81	3.75
UF 70 x 140 x 4.0*	140	70	4.0	6.0	10.6	8.32	0.538	1.95	4.38
UF 70 x 140 x 5.0*	140	70	5.0	8.0	13.0	10.2	0.532	2.00	4.38
UF 70 x 140 x 6.0*	140	70	6.0	10.0	15.4	12.1	0.526	2.06	4.38
UF 80 x 160 x 7.0	160	80	7.0	12.0	20.5	16.1	0.599	2.36	5.01
UF 80 x 160 x 8.0	160	80	8.0	16.0	22.9	18.0	0.590	2.44	5.02
UF 90 x 180 x 7.0	180	90	7.0	12.0	23.3	18.3	0.679	2.61	5.64
UF 90 x 180 x 8.0	180	90	8.0	16.0	26.1	20.5	0.670	2.68	5.66
UF 100 x 200 x 6.0	200	100	6.0	10.0	22.6	17.7	0.766	2.80	6.27
UF 100 x 200 x 7.0	200	100	7.0	12.0	26.1	20.5	0.759	2.86	6.27
UF 100 x 200 x 8.0	200	100	8.0	16.0	29.3	23.0	0.750	2.93	6.29
UF 100 x 220 x 6.0	220	100	6.0	10.0	23.8	18.7	0.806	2.68	6.05
UF 100 x 220 x 7.0	220	100	7.0	12.0	27.5	21.6	0.799	2.73	6.05
UF 100 x 220 x 8.0	220	100	8.0	16.0	30.9	24.3	0.790	2.80	6.07
UF 100 x 250 x 6.0	250	100	6.0	10.0	25.6	20.1	0.866	2.51	5.75
UF 100 x 250 x 7.0	250	100	7.0	12.0	29.6	23.2	0.859	2.56	5.74
UF 100 x 250 x 8.0	250	100	8.0	16.0	33.3	26.2	0.850	2.63	5.77
UF 100 x 300 x 7.0	300	100	7.0	12.0	33.1	26.0	0.959	2.33	5.31
UF 100 x 300 x 8.0	300	100	8.0	16.0	37.3	29.3	0.950	2.39	5.32

(*) Perfil utilizable en edificación.

Siendo:

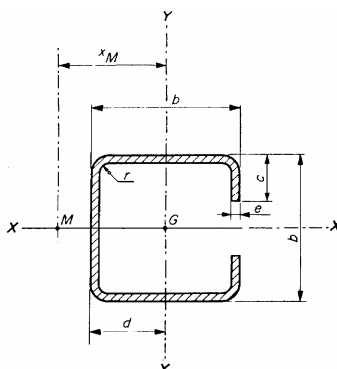
A	=	Área de la sección recta.
M	=	Masa por metro.
I	=	Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
W	=	Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
i	=	$\sqrt{I/A}$ = Radio de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
d	=	Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
x _M	=	Distancia del centro de presión M al eje Y-Y.
I _T	=	Módulo de torsión.
I _A	=	Módulo de alabeo.
u	=	Perímetro (superficie por metro lineal).

Tabla 5-6 Perfiles abiertos normalizados - Perfil U - Momentos

PERFIL	Referido al eje X - X			Referido al eje Y - Y			I_T cm ⁴	I_A cm ⁶
	I_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm ³		
UF 25 x 25 x 1.5	1.12	0.899	1.03	0.684	0.432	0.807	0.00787	0.637
UF 30 x 30 x 1.5	2.01	1.34	1.26	1.21	0.631	0.974	0.00956	1.68
UF 30 x 30 x 2.0	2.52	1.68	1.23	1.54	0.819	0.965	0.0221	2.00
UF 30 x 30 x 3.0	3.39	2.26	1.19	2.15	1.18	0.947	0.0721	2.50
UF 20 x 40 x 2.0	3.43	1.72	1.53	0.558	0.397	0.618	0.0195	1.27
UF 20 x 40 x 3.0	4.65	2.32	1.49	0.769	0.566	0.605	0.0631	1.57
UF 20 x 40 x 4.0	5.24	2.62	1.42	0.912	0.707	0.592	0.139	1.36
UF 30 x 40 x 2.0	4.87	2.44	1.62	1.73	0.867	0.964	0.0248	4.09
UF 30 x 40 x 3.0	6.71	3.35	1.58	2.43	1.25	0.949	0.0811	5.27
UF 30 x 40 x 4.0	7.84	3.92	1.52	2.94	1.57	0.930	0.182	5.20
UF 40 x 40 x 2.0	6.32	3.16	1.67	3.81	1.49	1.30	0.0301	9.33
UF 40 x 40 x 3.0	8.77	4.38	1.63	5.42	2.17	1.28	0.0991	12.3
UF 40 x 40 x 4.0	10.4	5.22	1.58	6.64	2.75	1.26	0.224	12.9
UF 30 x 50 x 2.0	8.16	3.6	1.99	1.88	0.902	0.955	0.0275	7.10
UF 30 x 50 x 3.0	11.4	4.55	1.95	2.66	1.30	0.941	0.0901	9.33
UF 30 x 50 x 4.0	13.5	5.41	1.89	3.25	1.66	0.926	0.203	9.62
UF 40 x 50 x 2.0	10.5	4.19	2.06	4.14	1.56	1.30	0.0328	16.0
UF 40 x 50 x 3.0	14.7	5.88	2.02	5.92	2.27	1.28	0.108	21.5
UF 40 x 50 x 4.0	17.8	7.10	1.97	7.34	2.89	1.26	0.246	23.3
UF 50 x 50 x 2.0	12.8	5.11	2.11	7.62	2.36	1.63	0.0381	30.1
UF 50 x 50 x 3.0	18.0	7.20	2.07	11.0	3.46	1.62	0.126	41.0
UF 50 x 50 x 4.0	22.0	8.80	2.02	13.7	4.44	1.59	0.288	45.9
UF 30 x 60 x 2.0*	12.5	4.16	2.35	2.00	0.928	0.941	0.0301	11.1
UF 30 x 60 x 3.0*	17.5	5.85	2.31	2.84	1.34	0.927	0.0991	14.8
UF 30 x 60 x 4.0*	21.1	7.03	2.24	3.51	1.72	0.914	0.224	15.8
UF 40 x 60 x 2.0	15.8	5.28	2.44	4.43	1.61	1.29	0.0355	24.9
UF 40 x 60 x 3.0	22.4	7.47	2.40	6.35	2.34	1.28	0.117	33.8
UF 40 x 60 x 4.0	27.4	9.12	2.34	7.93	3.01	1.26	0.267	37.6
UF 50 x 60 x 2.0	19.2	6.40	2.51	8.14	2.45	1.63	0.0408	46.6
UF 50 x 60 x 3.0	27.3	9.10	2.46	11.8	3.58	1.62	0.135	64.0
UF 50 x 60 x 4.0	33.6	11.2	2.41	14.8	4.62	1.60	0.310	73.0
UF 40 x 70 x 2.0	22.6	6.44	2.81	4.67	1.65	1.28	0.0381	36.2
UF 40 x 70 x 3.0	32.1	9.19	2.76	6.71	2.41	1.26	0.126	49.6
UF 40 x 70 x 4.0	39.5	11.3	2.70	8.44	3.10	1.25	0.288	56.1
UF 50 x 70 x 2.0	27.2	7.76	2.89	8.61	2.51	1.62	0.0435	67.4
UF 50 x 70 x 3.0	38.8	11.1	2.84	12.4	3.68	1.61	0.144	93.3
UF 50 x 70 x 4.0	48.2	13.8	2.79	15.8	4.76	1.59	0.331	108
UF 40 x 80 x 3.0*	43.9	11.0	3.12	7.03	2.46	1.25	0.135	69.0
UF 40 x 80 x 4.0*	54.3	13.6	3.06	8.88	3.17	1.24	0.310	79.3
UF 40 x 80 x 5.0*	63.4	15.9	3.00	10.5	3.84	1.22	0.587	85.7
UF 60 x 80 x 3.0	61.7	15.4	3.29	21.6	5.32	1.94	0.171	216
UF 60 x 80 x 4.0	77.4	19.4	3.23	27.5	6.92	1.93	0.395	257
UF 60 x 80 x 5.0	91.6	22.9	3.18	33.0	8.44	1.91	0.754	288
UF 45 x 90 x 3.0	63.6	14.1	3.53	10.2	3.14	1.41	0.153	128
UF 45 x 90 x 4.0	79.4	17.6	3.47	12.9	4.06	1.40	0.352	151
UF 45 x 90 x 5.0	93.6	20.8	3.41	15.4	4.95	1.38	0.671	167
UF 50 x 100 x 3.0*	88.4	17.7	3.94	14.1	3.90	1.57	0.171	223
UF 50 x 100 x 4.0*	111	22.3	3.88	18.0	5.07	1.56	0.395	266
UF 50 x 100 x 5.0*	132	26.4	3.82	21.6	6.19	1.55	0.754	299
UF 50 x 100 x 6.0*	150	30.0	3.76	24.9	7.24	1.53	1.27	319
UF 60 x 100 x 3.0	101	20.1	4.02	23.1	5.50	1.92	0.187	355
UF 60 x 100 x 4.0	128	25.6	3.97	29.7	7.17	1.91	0.434	432
UF 60 x 100 x 5.0	152	30.5	3.91	35.7	8.76	1.90	0.830	489
UF 60 x 120 x 4.0*	198	33.1	4.70	31.9	7.42	1.88	0.480	702
UF 60 x 120 x 5.0*	238	39.6	4.64	38.6	9.08	1.87	0.921	808
UF 60 x 120 x 6.0*	273	45.5	4.58	44.8	10.7	1.86	1.56	886
UF 70 x 140 x 4.0*	322	46.0	5.51	51.6	10.2	2.21	0.566	1580
UF 70 x 140 x 5.0*	388	55.5	5.46	62.7	12.5	2.19	1.09	1850
UF 70 x 140 x 6.0*	449	64.2	5.40	73.1	14.8	2.18	1.85	2060
UF 80 x 160 x 7.0	777	97.2	6.16	127	22.5	2.49	3.35	4620
UF 80 x 160 x 8.0	850	106	6.09	140	25.2	2.48	4.90	4780
UF 90 x 180 x 7.0	1130	126	6.98	184	28.8	2.81	3.80	8740
UF 90 x 180 x 8.0	1250	139	6.91	204	32.4	2.80	5.58	9190
UF 100 x 200 x 6.0	1390	139	7.85	224	31.1	3.15	2.71	13800
UF 100 x 200 x 7.0	1590	159	7.80	256	35.9	3.13	4.26	15400
UF 100 x 200 x 8.0	1750	175	7.73	286	40.4	3.12	6.26	16400
UF 100 x 220 x 6.0	1740	158	8.56	231	31.6	3.12	2.86	17500
UF 100 x 220 x 7.0	1980	180	8.50	264	36.4	3.10	4.49	19500
UF 100 x 220 x 8.0	2200	200	8.43	295	41.0	3.09	6.60	20800
UF 100 x 250 x 6.0	2350	188	9.59	241	32.1	3.07	3.07	23900
UF 100 x 250 x 7.0	2690	215	9.53	276	37.1	3.05	4.83	26800
UF 100 x 250 x 8.0	2980	238	9.46	308	41.8	3.04	7.11	28800
UF 100 x 300 x 7.0	4160	277	11.2	291	37.9	2.97	5.40	42000
UF 100 x 300 x 8.0	4620	308	11.1	326	42.9	2.96	7.97	45500

(*) Perfil utilizable en edificación.

5.1.3. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL CF. UNE 36-573-79



PERFIL C CUADRADO CONFORMADO EN FRÍO

Tabla 5-7 Perfiles abiertos normalizados – Perfil C cuadrado - Medidas

PERFIL	Dimensiones				A cm ²	M kg/m	u m ² /m	d cm	x _M cm
	b mm	c mm	e mm	r mm					
CF 20 x 1.5	20	8	1.5	1.6	0.988	0.776	0.135	0.944	1.91
CF 25 x 1.5	25	10	1.5	1.6	1.27	0.999	0.173	1.18	2.57
CF 25 x 2.0	25	10	2.0	2.5	1.62	1.27	0.166	1.18	2.23
CF 30 x 1.5	30	10	1.5	1.6	1.50	1.18	0.203	1.36	2.98
CF 30 x 2.0	30	10	2.0	2.5	1.92	1.50	0.196	1.35	2.68
CF 40 x 1.5	40	15	1.5	1.6	2.10	1.65	0.283	1.86	4.42
CF 40 x 2.0	40	15	2.0	2.5	2.72	2.13	0.276	1.86	4.11
CF 50 x 2.0	50	20	2.0	2.5	3.52	2.76	0.356	2.36	5.56
CF 50 x 3.0	50	20	3.0	3.0	5.10	4.00	0.347	2.36	5.19
CF 65 x 4.0	65	25	4.0	6.0	8.60	6.75	0.439	3.04	6.13

Tabla 5-8 Perfiles abiertos normalizados – Perfil C cuadrado - Momentos

PERFIL	Referido al eje X - X			Referido al eje Y - Y			I _T cm ⁴	I _A cm ⁶
	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm ³		
CF 20 x 1.5	0.578	0.578	0.765	0.524	0.496	0.728	0.00742	1.12
CF 25 x 1.5	1.21	0.967	0.974	1.10	0.834	0.930	0.00956	3.44
CF 25 x 2.0	1.45	1.16	0.947	1.31	0.993	0.901	0.0216	4.76
CF 30 x 1.5	2.17	1.45	1.20	1.85	1.13	1.11	0.0112	6.63
CF 30 x 2.0	2.66	1.77	1.18	2.24	1.36	1.08	0.0256	9.16
CF 40 x 1.5	5.46	2.73	1.61	4.88	2.28	1.52	0.0158	32.8
CF 40 x 2.0	6.84	3.42	1.59	6.08	2.84	1.50	0.0363	45.2
CF 50 x 2.0	14.0	5.60	2.00	12.8	4.86	1.91	0.0469	151
CF 50 x 3.0	19.4	7.76	1.95	17.7	6.70	1.86	0.153	217
CF 65 x 4.0	54.9	16.9	2.53	49.0	14.2	2.39	0.459	1120

Siendo:

A	=	Área de la sección recta.
M	=	Masa por metro.
I	=	Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
W	=	Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
i	=	$\sqrt{I/A}$ = Radio de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
d	=	Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
x _M	=	Distancia del centro de presión M al eje Y-Y.
I _T	=	Módulo de torsión.
I _A	=	Módulo de alabeo.
u	=	Perímetro (superficie por metro lineal).

PERFIL C RECTANGULAR CONFORMADO EN FRÍO

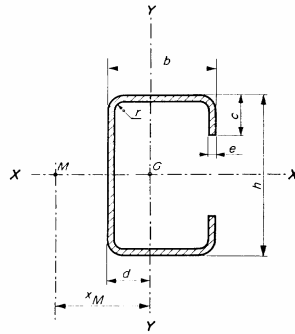


Tabla 5-9 Perfiles abiertos normalizados – Perfil C rectangular - Medidas

PERFIL	Dimensiones					A cm ²	M kg/m	u m ² /m	d cm	x _M cm
	h mm	b mm	c mm	e mm	r mm					
CF 60 x 2.0	60	40	15	2.0	2.5	3.12	2.45	0.316	1.63	3.72
CF 60 x 2.5	60	40	15	2.5	2.5	3.84	3.01	0.312	1.63	3.62
CF 60 x 3.0	60	40	15	3.0	3.0	4.50	3.53	0.307	1.63	3.45
CF 80 x 2.0	80	40	15	2.0	2.5	3.52	2.76	0.356	1.46	3.40
CF 80 x 2.5	80	40	15	2.5	2.5	4.34	3.40	0.352	1.46	3.31
CF 80 x 3.0	80	40	15	3.0	3.0	5.10	4.00	0.347	1.46	3.17
CF 100 x 2.0	100	40	15	2.0	2.5	3.92	3.08	0.396	1.32	3.14
CF 100 x 2.5	100	40	15	2.5	2.5	4.84	3.80	0.392	1.32	3.06
CF 100 x 3.0	100	40	15	3.0	3.0	5.70	4.48	0.387	1.32	2.94
CF 120 x 2.0	120	50	20	2.0	2.5	4.92	3.86	0.496	1.72	4.22
CF 120 x 2.5	120	50	20	2.5	2.5	6.08	4.78	0.492	1.72	4.14
CF 120 x 3.0	120	50	20	3.0	3.0	7.20	5.65	0.487	1.72	4.02
CF 140 x 2.0	140	50	20	2.0	2.5	5.32	4.17	0.536	1.60	3.97
CF 140 x 2.5	140	50	20	2.5	2.5	6.58	5.17	0.532	1.60	3.89
CF 140 x 3.0	140	50	20	3.0	3.0	7.80	6.12	0.527	1.60	3.78
CF 160 x 2.0	160	60	20	2.0	2.5	6.12	4.80	0.616	1.86	4.62
CF 160 x 2.5	160	60	20	2.5	2.5	7.58	5.95	0.612	1.86	4.54
CF 160 x 3.0	160	60	20	3.0	3.0	9.00	7.07	0.607	1.86	4.43
CF 180 x 2.0	180	60	20	2.0	2.5	6.52	5.12	0.656	1.75	4.40
CF 180 x 2.5	180	60	20	2.5	2.5	8.08	6.35	0.652	1.76	4.33
CF 180 x 3.0	180	60	20	3.0	3.0	9.60	7.54	0.647	1.75	4.22
CF 200 x 2.0	200	60	20	2.0	2.5	6.92	5.43	0.696	1.66	4.20
CF 200 x 2.5	200	60	20	2.5	2.5	8.58	6.74	0.692	1.66	4.13
CF 200 x 3.0	200	60	20	3.0	3.0	10.2	8.01	0.687	1.66	4.04
CF 225 x 2.5	225	80	25	2.5	2.5	10.5	8.21	0.842	2.38	5.96
CF 225 x 3.0	225	80	25	3.0	3.0	12.5	9.78	0.837	2.38	5.86
CF 225 x 4.0	225	80	25	4.0	6.0	16.2	12.7	0.819	2.36	5.53
CF 250 x 2.5	250	80	25	2.5	2.5	11.1	8.70	0.892	2.25	5.70
CF 250 x 3.0	250	80	25	3.0	3.0	13.2	10.4	0.887	2.25	5.60
CF 250 x 4.0	250	80	25	4.0	6.0	17.2	13.5	0.869	2.23	5.30
CF 275 x 2.5	275	80	25	2.5	2.5	11.7	9.19	0.942	2.14	5.47
CF 275 x 3.0	275	80	25	3.0	3.0	14.0	11.0	0.937	2.14	5.37
CF 275 x 4.0	275	80	25	4.0	6.0	18.2	14.3	0.919	2.12	5.09
CF 300 x 2.5	300	80	25	2.5	2.5	12.3	9.68	0.992	2.04	5.25
CF 300 x 3.0	300	80	25	3.0	3.0	14.7	11.5	0.987	2.04	5.16
CF 300 x 4.0	300	80	25	4.0	6.0	19.2	15.1	0.969	2.02	4.89

Nota: Perfiles utilizables en edificación.

PERFIL C RECTANGULAR CONFORMADO EN FRÍO

Tabla 5-10 Perfiles abiertos normalizados – Perfil C rectangular - Momentos

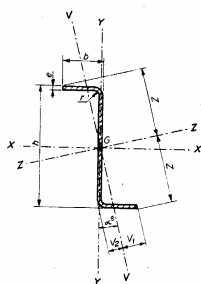
PERFIL	Referido al eje X – X			Referido al eje Y - Y			I_T cm ⁴	I_A cm ⁶
	I_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm ³		
CF 60 x 2.0	17.8	5.93	2.39	7.16	3.03	1.52	0.0416	74.9
CF 60 x 2.5	21.5	7.16	2.37	8.56	3.62	1.49	0.0800	90.4
CF 60 x 3.0	24.6	8.22	2.34	9.71	4.10	1.47	0.135	109
CF 80 x 2.0	34.9	8.74	3.15	8.00	3.15	1.51	0.0469	122
CF 80 x 2.5	42.4	10.6	3.13	9.57	3.77	1.49	0.0904	148
CF 80 x 3.0	49.0	12.3	3.10	10.9	4.28	1.46	0.153	179
CF 100 x 2.0	59.2	11.8	3.89	8.67	3.24	1.49	0.0523	189
CF 100 x 2.5	72.1	14.4	3.86	10.4	3.87	1.46	0.101	228
CF 100 x 3.0	83.6	16.7	3.83	11.8	4.40	1.44	0.171	275
CF 120 x 2.0	109	18.1	4.70	17.9	5.47	1.91	0.0656	547
CF 120 x 2.5	133	22.2	4.68	21.7	6.61	1.89	0.127	668
CF 120 x 3.0	156	25.9	4.65	25.0	7.60	1.86	0.216	808
CF 140 x 2.0	156	22.3	5.42	18.9	5.56	1.89	0.0709	751
CF 140 x 2.5	192	27.4	5.40	22.9	6.72	1.86	0.137	917
CF 140 x 3.0	225	32.1	5.37	26.3	7.74	1.84	0.234	1100
CF 160 x 2.0	240	30.0	6.26	30.5	7.37	2.23	0.0816	1490
CF 160 x 2.5	295	36.8	6.23	37.0	8.95	2.21	0.158	1830
CF 160 x 3.0	346	43.3	6.20	42.9	10.4	2.18	0.270	2190
CF 180 x 2.0	316	35.1	6.97	31.7	7.46	2.20	0.0869	1930
CF 180 x 2.5	389	43.2	6.94	38.5	9.06	2.18	0.169	2360
CF 180 x 3.0	458	50.9	6.90	44.5	10.5	2.15	0.288	2830
CF 200 x 2.0	406	40.6	7.66	32.7	7.53	2.17	0.0923	2440
CF 200 x 2.5	500	50.0	7.63	39.7	9.15	2.15	0.179	2980
CF 200 x 3.0	588	58.8	7.60	46.0	10.6	2.12	0.306	3560
CF 225 x 2.5	806	71.7	8.78	90.8	16.2	2.95	0.218	8320
CF 225 x 3.0	953	84.7	8.75	106	18.9	2.92	0.374	9980
CF 225 x 4.0	1210	108	8.66	131	23.3	2.85	0.865	14100
CF 250 x 2.5	1030	82.6	9.65	93.8	16.3	2.91	0.231	10500
CF 250 x 3.0	1220	97.7	9.62	110	19.1	2.88	0.396	12600
CF 250 x 4.0	1560	125	9.52	136	23.5	2.81	0.916	17600
CF 275 x 2.5	1290	94.1	10.5	96.5	16.5	2.87	0.244	13100
CF 275 x 3.0	1530	111	10.5	113	19.2	2.84	0.419	15600
CF 275 x 4.0	1960	142	10.4	140	23.8	2.77	0.971	21700
CF 300 x 2.5	1590	106	11.4	98.9	16.6	2.83	0.257	15900
CF 300 x 3.0	1890	126	11.3	116	19.4	2.80	0.441	19000
CF 300 x 4.0	2410	161	11.2	143	24.0	2.73	1.02	26200

Nota: Perfiles utilizables en edificación.

Siendo:

A	=	Area de la sección recta.
M	=	Masa por metro.
I	=	Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
W	=	Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
i	=	$\sqrt{I/A}$ = Radio de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
d	=	Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
x_M	=	Distancia del centro de presión M al eje Y-Y.
I_T	=	Módulo de torsión.
I_A	=	Módulo de alabeo.
u	=	Perímetro (superficie por metro lineal).

5.1.4. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL NF. UNE 36-574-79



A	=	Área de la sección recta.
M	=	Masa por metro.
I	=	Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
W	=	Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
i	=	$\sqrt{I/A}$ = Radio de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
u	=	Perímetro (superficie por metro lineal).

Tabla 5-11 Perfiles abiertos normalizados - Perfil N - Medidas

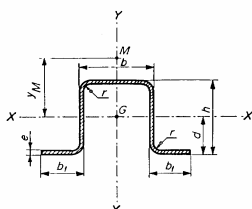
PERFIL	Dimensiones				A cm ²	M kg/m	u m ² /m	Distancia de los ejes			tag α°
	h mm	b mm	e mm	r mm				V ₁ cm	V ₂ cm	Z cm	
NF 30 x 2.0	30	15	2.0	2.5	1.06	0.832	0.110	0.669	0.557	1.94	0.445
NF 40 x 2.0	40	20	2.0	2.5	1.46	1.15	0.150	0.938	0.751	2.59	0.438
NF 50 x 2.0	50	20	2.0	2.5	1.66	1.30	0.170	1.06	0.731	2.95	0.315
NF 60 x 2.0	60	20	2.0	2.5	1.86	1.46	0.190	1.15	0.705	3.36	0.240

Tabla 5-12 Perfiles abiertos normalizados - Perfil N - Momentos

PERFIL	Referido al eje X-X			Referido al eje Y-Y			I _{xy} cm ⁴	Referido al eje Z-Z			Referido al eje V-V		
	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm		I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm	I _v cm ⁴	W _v cm ³	i _v cm
NF 30 x 2.0	1.34	0.894	1.12	0.368	0.263	0.589	0.540	1.61	0.815	1.23	0.128	0.191	0.347
NF 40 x 2.0	3.43	1.72	1.53	0.918	0.483	0.793	1.36	4.05	1.56	1.67	0.320	0.341	0.468
NF 50 x 2.0	5.86	2.35	1.88	0.918	0.483	0.744	1.73	6.42	2.17	1.96	0.375	0.353	0.475
NF 60 x 2.0	9.12	3.04	2.22	0.919	0.484	0.703	2.09	9.63	2.86	2.27	0.418	0.363	0.474

5.1.5. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL OF. UNE 36-575-79

Siendo:



A	=	Área de la sección recta.
M	=	Masa por metro.
I	=	Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
W	=	Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
i	=	$\sqrt{I/A}$ = Radio de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
d	=	Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
y _M	=	Distancia del centro de presión M al eje X-X.
I _T	=	Módulo de torsión.
I _A	=	Módulo de alabeo.
U	=	Perímetro (superficie por metro lineal).

Tabla 5-13 Perfiles abiertos normalizados - Perfiles omega - Medidas

PERFIL	Dimensiones					A cm ²	M kg/m	u m ² /m	d cm	y _M cm
	h mm	b mm	b ₁ mm	e mm	r mm					
OF 25 x 25 x 1.5	25	25	15	1.5	1.6	1.42	1.12	0.190	1.19	1.94
OF 25 x 25 x 2.0	25	25	15	2.0	2.5	1.82	1.43	0.182	1.19	1.91
OF 30 x 30 x 1.5	30	30	15	1.5	1.6	1.65	1.29	0.220	1.50	2.47
OF 30 x 30 x 2.0	30	30	15	2.0	2.5	2.12	1.66	0.212	1.50	2.45
OF 40 x 25 x 2.0	40	25	15	2.0	2.5	2.42	1.90	0.242	1.92	3.27
OF 40 x 25 x 3.0	40	25	15	3.0	3.0	3.46	2.71	0.231	1.92	3.20
OF 40 x 40 x 2.0*	40	40	15	2.0	2.5	2.72	2.13	0.272	2.14	3.46
OF 40 x 40 x 2.5*	40	40	15	2.5	2.5	3.34	2.62	0.267	2.14	3.42
OF 40 x 40 x 3.0*	40	40	15	3.0	3.0	3.91	3.07	0.261	2.14	3.39
OF 50 x 50 x 2.0*	50	50	17	2.0	2.5	3.40	2.67	0.340	2.73	4.38
OF 50 x 50 x 2.5*	50	50	17	2.5	2.5	4.19	3.29	0.335	2.73	4.34
OF 50 x 50 x 3.0*	50	50	17	3.0	3.0	4.93	3.87	0.329	2.73	4.31
OF 60 x 40 x 2.0*	60	40	20	2.0	2.5	3.72	2.92	0.372	3.00	5.19
OF 60 x 40 x 2.5*	60	40	20	2.5	2.5	4.59	3.60	0.367	3.00	5.15
OF 60 x 40 x 3.0*	60	40	20	3.0	3.0	5.41	4.25	0.361	3.00	5.12
OF 80 x 50 x 2.5*	80	50	25	2.5	2.5	6.09	4.78	0.487	4.00	6.95
OF 80 x 50 x 3.0*	80	50	25	3.0	3.0	7.21	5.66	0.481	4.00	6.92
OF 100 x 50 x 2.5*	100	50	30	2.5	2.5	7.34	5.76	0.587	4.83	8.48
OF 100 x 50 x 3.0*	100	50	30	3.0	3.0	8.71	6.84	0.581	4.83	8.45

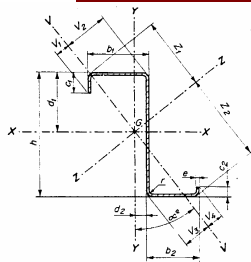
(*) Perfil utilizable en edificación.

Tabla 5-14 Perfiles abiertos normalizados - Perfiles omega - Momentos

PERFIL	Referido al eje X - X			Referido al eje Y - Y			I_T cm ⁴	I_A cm ⁶
	I_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	I_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm ³		
OF 25 x 25 x 1.5	1.31	1.00	0.958	2.65	1.02	1.36	0.0107	1.30
OF 25 x 25 x 2.0	1.57	1.20	0.930	3.26	1.28	1.34	0.0243	1.47
OF 30 x 30 x 1.5	2.18	1.46	1.15	3.93	1.38	1.54	0.0124	2.57
OF 30 x 30 x 2.0	2.67	1.78	1.12	4.88	1.74	1.52	0.0283	2.94
OF 40 x 25 x 2.0	5.04	2.42	1.44	4.06	1.59	1.29	0.0323	5.43
OF 40 x 25 x 3.0	6.69	3.21	1.39	5.33	2.18	1.24	0.104	6.61
OF 40 x 40 x 2.0*	6.08	2.84	1.50	9.84	2.98	1.90	0.0363	10.5
OF 40 x 40 x 2.5*	7.24	3.38	1.47	11.7	3.61	1.88	0.0696	12.0
OF 40 x 40 x 3.0*	8.7	3.81	1.45	13.3	4.17	1.85	0.117	12.9
OF 50 x 50 x 2.0*	12.0	4.40	1.88	18.9	4.72	2.36	0.0453	33.2
OF 50 x 50 x 2.5*	14.4	5.29	1.86	22.8	5.76	2.33	0.0873	38.8
OF 50 x 50 x 3.0*	16.5	6.04	1.83	26.1	6.70	2.30	0.148	42.7
OF 60 x 40 x 2.0*	18.2	6.08	2.21	15.3	4.01	2.03	0.0496	43.0
OF 60 x 40 x 2.5*	22.0	7.34	2.19	18.3	4.89	2.00	0.0956	50.6
OF 60 x 40 x 3.0*	25.3	8.44	2.16	21.0	5.68	1.97	0.162	56.1
OF 80 x 50 x 2.5*	52.6	13.1	2.94	38.8	8.17	2.52	0.127	198
OF 80 x 50 x 3.0*	61.0	15.3	2.91	45.0	9.57	2.50	0.216	225
OF 100 x 50 x 2.5*	96.9	18.8	3.63	50.7	9.66	2.63	0.153	471
OF 100 x 50 x 3.0*	113	21.9	3.60	59.0	11.3	2.60	0.261	539

(*) Perfil utilizable en edificación.

5.1.6. PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO. PERFIL ZF. UNE 36-576-79



Siendo:

A	=	Área de la sección recta.
M	=	Masa por metro.
I	=	Momento de inercia (referido al eje correspondiente de flexión).
W	=	Momento resistente (referido al eje correspondiente de flexión).
i	=	$\sqrt{I/A}$ = Radio de giro (referido al eje correspondiente de flexión).
d	=	Distancia del centro de gravedad a la cara exterior.
u	=	Perímetro (superficie por metro lineal).

Tabla 5-15 Perfiles abiertos normalizados - Perfil Z - Medidas

PERFIL	Dimensiones							A cm ²	M kg/m	u m ² /m	Distancia de los ejes								tag α°
	h mm	b ₁ mm	b ₂ mm	c ₁ mm	c ₂ mm	e mm	r mm				d ₁ cm	d ₂ cm	V ₁ cm	V ₂ cm	V ₃ cm	V ₄ cm	Z ₁ cm	Z ₂ cm	
ZF 100 x 2.0	100	60	53	20	17	2.0	2.5	4.72	3.70	0.476	4.81	0.178	3.12	2.81	2.55	2.63	6.95	7.18	0.667
ZF 100 x 2.5	100	60	53	20	17	2.5	2.5	5.84	4.58	0.472	4.81	0.153	3.12	2.80	2.54	2.62	6.91	7.14	0.662
ZF 100 x 3.0	100	60	53	20	17	3.0	3.0	6.91	5.42	0.467	4.81	0.128	3.11	2.77	2.51	2.62	6.85	7.09	0.657
ZF 120 x 2.0	120	60	53	20	17	2.0	2.5	5.12	4.02	0.516	5.79	0.157	3.31	2.79	2.53	2.81	7.57	7.86	0.510
ZF 120 x 2.5	120	60	53	20	17	2.5	2.5	6.34	4.98	0.512	5.79	0.131	3.31	2.78	2.51	2.81	7.53	7.82	0.505
ZF 120 x 3.0	120	60	53	20	17	3.0	3.0	7.51	5.89	0.507	5.79	0.106	3.31	2.75	2.48	2.81	7.47	7.77	0.501
ZF 140 x 2.0	140	60	53	20	17	2.0	2.5	5.52	4.33	0.556	6.77	0.138	3.44	2.73	2.46	2.95	8.27	8.61	0.407
ZF 140 x 2.5	140	60	53	20	17	2.5	2.5	6.84	5.37	0.552	6.77	0.112	3.44	2.72	2.45	2.95	8.23	8.58	0.404
ZF 140 x 3.0	140	60	53	20	17	3.0	3.0	8.11	6.36	0.547	6.77	0.087	3.44	2.69	2.42	2.95	8.19	8.54	0.400
ZF 160 x 2.0	160	60	53	20	17	2.0	2.5	5.92	4.65	0.596	7.75	0.12	3.55	2.65	2.39	3.05	9.04	9.43	0.336
ZF 160 x 2.5	160	60	53	20	17	2.5	2.5	7.34	5.76	0.592	7.75	0.096	3.55	2.64	2.38	3.05	9.00	9.40	0.333
ZF 160 x 3.0	160	60	53	20	17	3.0	3.0	8.71	6.84	0.587	7.75	0.071	3.55	2.62	2.36	3.05	8.96	9.36	0.329
ZF 180 x 2.0	180	60	53	20	17	2.0	2.5	6.32	4.96	0.636	8.73	0.108	3.64	2.58	2.32	3.14	9.85	10.3	0.284
ZF 180 x 2.5	180	60	53	20	17	2.5	2.5	7.84	6.15	0.632	8.73	0.082	3.64	2.56	2.31	3.14	9.82	10.3	0.281
ZF 180 x 3.0	180	60	53	20	17	3.0	3.0	9.31	7.31	0.627	8.73	0.056	3.64	2.54	2.29	3.14	9.78	10.2	0.278
ZF 200 x 2.0	200	80	70	25	22	2.0	2.5	7.66	6.01	0.770	9.68	0.203	4.66	3.58	3.23	3.97	11.6	12.0	0.366
ZF 200 x 2.5	200	80	70	25	22	2.5	2.5	9.51	7.47	0.766	9.68	0.177	4.66	3.57	3.22	3.97	11.5	12.0	0.364
ZF 200 x 3.0	200	80	70	25	22	3.0	3.0	11.3	8.88	0.761	9.68	0.151	4.67	3.54	3.19	3.97	11.5	12.0	0.361
ZF 225 x 2.5	25	80	70	25	22	2.5	2.5	10.1	7.96	0.816	10.9	0.158	4.79	3.47	3.13	4.09	12.5	13.1	0.307
ZF 225 x 3.0	225	80	70	25	22	3.0	3.0	12.1	9.47	0.811	10.9	0.133	4.79	3.44	3.10	4.09	12.5	13.0	0.304
ZF 225 x 4.0	225	80	70	25	22	4.0	6.0	15.7	12.3	0.792	10.9	0.081	4.80	3.34	3.00	4.10	12.4	12.9	0.299
ZF 250 x 2.5	250	80	70	25	22	2.5	2.5	10.8	8.45	0.866	12.1	0.142	4.89	3.37	3.03	4.18	13.6	14.1	0.264
ZF 250 x 3.0	250	80	70	25	22	3.0	3.0	12.8	10.1	0.861	12.1	0.116	4.90	3.34	3.01	4.18	13.5	14.1	0.262
ZF 250 x 4.0	250	80	70	25	22	4.0	6.0	16.7	13.1	0.842	12.1	0.064	4.91	3.25	2.92	4.19	13.4	14.0	0.256
ZF 275 x 2.5	275	80	70	25	22	2.5	2.5	11.4	8.94	0.916	13.4	0.127	4.99	3.27	2.95	4.27	14.6	15.3	0.230
ZF 275 x 3.0	275	80	70	25	22	3.0	3.0	13.6	10.6	0.911	13.4	0.101	4.99	3.25	2.93	4.27	14.6	15.2	0.228
ZF 275 x 4.0	275	80	70	25	22	4.0	6.0	17.7	13.9	0.892	13.4	0.050	5.00	3.16	2.84	4.28	14.5	15.1	0.223
ZF 300 x 2.5	300	80	70	25	22	2.5	2.5	12.0	9.43	0.966	14.6	0.114	5.07	3.18	2.86	4.34	15.8	16.4	0.203
ZF 300 x 3.0	300	80	70	25	22	3.0	3.0	14.3	11.2	0.961	14.6	0.088	5.07	3.16	2.84	4.35	15.7	16.4	0.201
ZF 300 x 4.0	300	80	70	25	22	4.0	6.0	18.7	14.7	0.942	14.6	0.036	5.09	3.07	2.76	4.36	15.6	16.3	0.197

Tabla 5-16 Perfiles abiertos normalizados - Perfil Z - Momentos

PERFIL	Referido al eje X-X			Referido al eje Y-Y			I _{xy} cm ⁴	Referido al eje Z-Z			Referido al eje V-V		
	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm		I _z cm ⁴	W _z cm ³	i _z cm	I _v cm ⁴	W _v cm ³	i _v cm
ZF 100 x 2.0	76.4	14.7	4.02	40.8	12.2	2.94	42.8	105	14.6	4.72	12.3	3.94	1.61
ZF 100 x 2.5	93.5	18.0	4.00	49.3	14.7	2.91	52.0	128	17.9	4.68	14.9	4.78	1.60
ZF 100 x 3.0	109	21.0	3.97	56.8	16.6	2.87	60.3	149	21.0	4.64	17.2	5.51	1.58
ZF 120 x 2.0	117	18.8	4.77	40.8	12.6	2.82	52.2	143	18.2	5.29	14.2	4.29	1.67
ZF 120 x 2.5	143	23.0	4.75	49.3	15.1	2.79	63.5	175	22.4	5.25	17.2	5.21	1.65
ZF 120 x 3.0	167	26.9	4.72	56.8	17.1	2.75	73.8	204	26.3	5.21	19.9	6.01	1.63
ZF 140 x 2.0	167	23.1	5.50	40.8	12.9	2.72	61.6	192	22.3	5.90	15.7	4.56	1.69
ZF 140 x 2.5	205	28.4	5.48	49.4	15.6	2.69	75.1	235	27.4	5.87	19.1	5.54	1.67
ZF 140 x 3.0	240	33.2	5.44	56.9	17.5	2.65	87.2	275	32.2	5.83	22.0	6.39	1.65
ZF 160 x 2.0	228	27.7	6.21	40.8	13.2	2.63	71.1	252	26.8	6.53	17.0	4.78	1.69
ZF 160 x 2.5	281	34.0	6.19	49.4	15.9	2.59	86.6	310	32.9	6.50	20.6	5.80	1.67
ZF 160 x 3.0	330	40.0	6.15	56.9	17.9	2.56	101	363	38.8	6.45	23.8	6.70	1.65
ZF 180 x 2.0	302	32.6	6.91	40.9	13.5	2.54	80.6	325	31.6	7.17	18.0	4.95	1.69
ZF 180 x 2.5	371	40.1	6.88	49.4	16.1	2.51	98.1	399	38.9	7.13	21.8	6.01	1.67
ZF 180 x 3.0	436	47.1	6.85	56.9	18.3	2.47	114	468	45.8	7.09	25.3	6.94	1.65
ZF 200 x 2.0	472	45.8	7.85	97.3	23.8	3.56	159	531	44.1	8.32	39.1	8.39	2.26
ZF 200 x 2.5	583	56.5	7.83	119	28.9	3.53	195	654	54.4	8.29	47.8	10.2	2.24
ZF 200 x 3.0	688	66.6	7.80	138	33.0	3.49	228	770	64.4	8.25	55.8	12.0	2.22
ZF 225 x 2.5	769	66.3	8.71	119	29.5	3.42	220	836	64.1	9.08	50.9	10.6	2.24
ZF 225 x 3.0	908	78.3	8.67	138	33.7	3.38	258	987	75.8	9.04	59.4	12.4	2.22
ZF 225 x 4.0	1150	99.5	8.58	169	37.5	3.29	323	1250	97.0	8.93	73.0	15.2	2.16
ZF 250 x 2.5	986	76.7	9.57	119	30.1	3.32	246	1050	74.3	9.88	53.6	11.0	2.23
ZF 250 x 3.0	1170	90.6	9.54	138	34.3	3.28	289	1240	88.0	9.84	62.6	12.8	2.21
ZF 250 x 4.0	1490	115	9.44	169	38.1	3.19	361	1580	113	9.72	76.9	15.7	2.15
ZF 275 x 2.5	1240	87.6	10.4	119	30.5	3.23	272	1300	85.2	10.7	56.0	11.2	2.22
ZF 275 x 3.0	1460	104	10.4	138	34.9	3.19	319	1540	101	10.6	65.4	13.1	2.20
ZF 275 x 4.0	1870	132	10.3	170	38.6	3.10	399	1960	129	10.5	80.4	16.1	2.13
ZF 300 x 2.5	1520	99.0	11.3	119	30.9	3.14	298	1580	96.6	11.5	58.2	11.5	2.20
ZF 300 x 3.0	1800	117	11.2	138	35.4	3.11	349	1870	114	11.4	67.9	13.4	2.18
ZF 300 x 4.0	2310	150	11.1	170	39.2	3.01	437	2390	147	11.3	83.6	16.4	2.12

5.1.7. CORREAS

CORREAS ZETAVOR

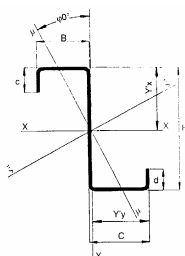


Tabla 5-17 Perfiles abiertos normalizados - Correas – Correas Zetavor

Perfil	H mm	e mm	S cm ²	Peso kg/m	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm
100 x 2	100	2	4.34	3.40	69	27	13	5.30	3.99	2.49
100 x 2.5	100	2.5	5.36	4.21	84	33	16	6.60	3.96	2.48
100 x 3	100	3	6.37	5.00	99	40	19	8	3.93	2.50
125 x 2	125	2	4.84	3.80	116	27	18	5.40	4.89	2.36
125 x 2.5	125	2.5	5.99	4.70	142	33	21	6.60	4.87	2.35
125 x 3	125	3	7.12	5.59	167	40	25	8	4.84	2.37
150 x 2	150	2	5.34	4.19	178	27	23	5.50	5.77	2.25
150 x 2.5	150	2.5	6.61	5.19	218	33	28	6.70	5.75	2.25
150 x 3	150	3	7.87	6.20	257	40	33	8	5.72	2.25
175 x 2	175	2	6.10	4.79	273	34	31	7	6.69	2.37
175 x 25	175	2.5	7.56	5.94	336	43	38	8	6.66	2.37
175 x 3	175	3	9.01	7.10	397	51	44	10	6.64	2.38
200 x 2	200	2	7.50	5.90	464	88	45	11	7.86	3.43
200 x 2.5	200	2.5	9.31	7.31	572	109	56	14	7.84	3.42
200 x 3	200	3	11.11	8.72	677	130	66	17	7.81	3.42
200 x 4	200	4	14.59	11.45	876	174	85	22	7.75	3.45

Tabla 5.17. Perfiles abiertos normalizados - Correas – Correas Zetavor

Perfil	H mm	e mm	S cm ²	Peso kg/m	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	W _{xx} cm ³	W _{yy} cm ³	i _x cm	i _y cm
225 x 2	225	2	8.00	6.28	610	88	53	12	8.74	3.32
225 x 2.5	225	2.5	9.91	7.88	751	109	65	14	8.70	3.28
225 x 3	225	3	11.83	9.46	890	127	77	17	8.67	3.28
225 x 4	225	4	15.55	12.60	1153	171	99	22	8.61	3.31
250 x 2	250	2	8.50	6.67	782	88	61	11	9.59	3.22
250 x 2.5	250	2.5	10.54	8.36	963	107	75	14	9.56	3.18
250 x 3	250	3	12.55	10.03	1138	125	89	16	9.52	3.15
250 x 3.5	250	3.5	14.52	11.70	1307	143	102	19	9.48	3.14
250 x 4	275	4	16.47	13.37	1470	165	115	22	9.45	3.16
275 x 2	275	2	9.00	7.10	968	109	70	13	10.40	3.48
275 x 2.5	275	2.5	11.20	8.80	1270	132	92	16	10.60	3.43
275 x 3	275	3	13.50	10.60	1541	133	112	16	10.60	3.14
275 x 4	300	4	18.00	14.20	2010	201	146	25	10.50	3.34
300 x 2	300	2	9.52	7.40	1266	107	84	13	11.50	3.35
300 x 2.5	300	2.5	11.90	9.30	1469	132	97	16	11.10	3.34
300 x 3	300	3	14.20	11.20	1889	133	125	16	11.50	3.06
300 x 4	300	4	18.90	14.80	2475	201	165	25	11.40	3.25
325 x 2.5	325	2.5	12.50	9.80	1925	132	118	16	12.40	3.25
325 x 3	325	3	15.00	11.70	2288	133	140	16	12.30	2.97
325 x 4	325	4	20.00	15.80	2897	189	178	23	12.00	3.07

CORREAS CEZETA

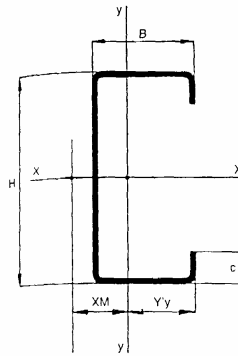


Tabla 5-18 Perfiles abiertos normalizados - Correas – Correas Cezeta

Perfil	H mm	e mm	S cm ²	Peso kg/m	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	W _{xx} cm ³	W _{yy} cm ³	i _x cm	i _y cm
100 x 2	100	2	4.75	3.73	77	18	15	4.30	4.02	1.92
100 x 2.5	100	2.5	5.87	4.61	93	21	18	5.20	3.99	1.91
100 x 3	100	3	6.96	5.46	109	25	21	6.00	3.96	1.89
125 x 2	125	2	5.25	4.12	129	18	20	4.30	4.95	1.85
125 x 2.5	125	2.5	6.49	5.10	157	22	25	5.20	4.92	1.83
125 x 3	125	3	7.71	6.05	184	25	29	6.00	4.89	1.81
150 x 2	150	2	5.75	4.51	197	18	26	4.30	5.86	1.78
150 x 2.5	150	2.5	7.12	5.59	241	22	32	5.20	5.82	1.76
150 x 3	150	3	8.46	6.64	284	26	37	6.10	5.79	1.74
175 x 2	175	2	6.25	4.90	284	18	32	4.30	6.74	1.72
175 x 2.5	175	2.5	7.74	6.08	348	22	39	5.20	6.70	1.70
175 x 3	175	3	9.21	7.23	409	26	46	6.10	6.67	1.68
200 x 2	200	2	6.75	5.30	389	19	39	4.30	7.60	1.66
200 x 2.5	200	2.5	8.37	6.57	478	22	47	5.20	7.56	1.64
200 x 3	200	3	9.96	7.82	564	26	56	6.10	7.53	1.62
225 x 2	225	2	7.25	5.69	516	19	46	4.30	8.44	1.61
225 x 2.5	225	2.5	8.99	7.06	635	23	56	5.20	8.40	1.59
225 x 3	225	3	10.71	8.41	750	27	66	6.10	8.37	1.57
250 x 2	250	2	7.75	6.08	666	19	53	4.30	9.27	1.56
250 x 2.5	250	2.5	9.62	7.55	820	23	65	5.20	9.23	1.54
250 x 3	250	3	11.46	9.00	969	27	77	6.10	9.20	1.53

CORREAS ZETA

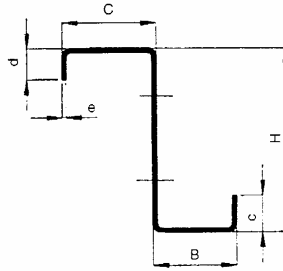


Tabla 5-19 Perfiles abiertos normalizados - Correos – Correos Zeta

Perfil	h mm	e mm	s cm ²	peso kg/m	I_{xx} cm ⁴	I_{yy} cm ⁴	W_{xx} cm ³	W_{yy} cm ³	i_x cm	i_y cm
200 x 2	200	2	7.50	5.90	474.29	47.42	7.95	90.43	10.89	3.27
200 x 2.5	200	2.5	9.31	7.31	585.23	58.52	7.92	112.22	13.55	3.47
200 x 3	200	3	11.11	8.72	701.91	70.19	7.94	133.14	16.13	3.46
200 x 4	200	4	14.59	11.45	925.09	92.50	7.96	194.36	23.70	3.65
225 x 2	225	2	8.00	6.28	625.51	55.60	8.84	90.43	10.9	3.27
225 x 2.5	225	2.5	9.9	7.88	777.41	69.10	8.86	112.22	13.58	3.47
225 x 3	225	3	11.83	9.46	926.70	82.37	8.85	133.16	16.14	3.46
225 x 4	225	4	15.55	12.60	1222.15	108.63	8.86	194.37	23.70	3.53
250 x 2	250	2	8.52	6.67	801.10	64.08	9.69	90.44	10.89	3.26
250 x 2.5	250	2.5	10.54	8.36	997.69	79.81	9.72	112.23	13.55	3.26
250 x 3	250	3	12.55	10.03	1189.97	95.19	9.73	133.15	16.14	3.26
250 x 4	275	4	16.47	13.37	1570.22	125.61	9.76	194.36	23.70	3.44
275 x 2	275	2	9.00	7.10	1006.64	73.21	10.57	90.44	10.90	3.17
275 x 2.5	275	2.5	11.20	8.80	1251.96	91.05	10.57	112.23	13.55	3.16
275 x 3	275	3	13.50	10.60	1493.72	108.63	10.52	133.16	16.14	3.14
275 x 4	300	4	18.00	14.20	1972.01	143.42	10.46	194.40	23.70	3.28

CORREAS CEBRAU

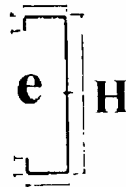
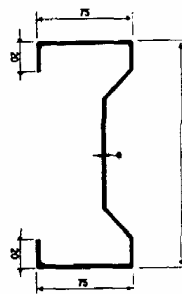


Tabla 5-20 Perfiles abiertos normalizados - Correos – Correos Cebrau

Perfil	H mm	e mm	S cm ²	Peso kg/m	I_{xx} cm ⁴	I_{yy} cm ⁴	W_{xx} cm ³	W_{yy} cm ³	i_x cm	i_y cm
100 x 2	100	2	4.33	3.40	69.10	14.94	13.82	4.56	3.99	1.85
100 x 2.5	100	2.5	5.33	4.18	83.78	17.84	16.75	5.44	3.96	1.82
100 x 3	100	3	6.29	4.94	97.46	20.43	19.49	6.22	3.93	1.80
125 x 2	125	2	4.83	3.79	116.20	16.13	18.59	4.68	4.90	1.82
125 x 2.5	125	2.5	5.95	4.67	141.35	19.27	22.61	5.59	4.87	1.79
125 x 3	125	3	7.04	5.53	164.97	22.08	26.39	6.40	4.83	1.77
150 x 2	150	2	5.33	4.18	178.39	17.09	23.78	4.77	5.78	1.79
150 x 2.5	150	2.5	6.58	5.16	217.53	20.43	29.00	5.70	5.74	1.76
150 x 3	150	3	7.79	6.12	254.52	23.41	33.93	6.53	5.71	1.73
175 x 2	175	2	5.83	4.57	257.26	17.89	29.40	4.84	6.64	1.75
175 x 2.5	175	2.5	7.20	5.65	314.28	21.38	35.91	5.78	6.60	1.72
175 x 3	175	3	8.54	6.71	368.43	24.31	42.10	6.63	6.56	1.69

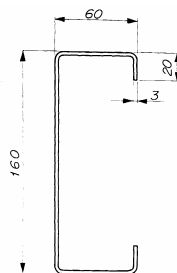
Tabla 5.20. Perfiles abiertos normalizados - Correas – Correas Cebrau

Perfil	H mm	e mm	S cm ²	Peso kg/m	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	W _{xx} cm ³	W _{yy} cm ³	i _x cm	i _y cm
200 x 2	200	2	7.67	6.02	466.45	60.03	46.64	11.53	7.79	2.79
200 x 2.5	200	2.5	9.33	7.33	573.14	64.50	57.31	12.12	7.83	2.62
200 x 3	200	3	11.10	8.71	676.12	85.61	67.61	16.13	7.80	2.77
200 x 4	200	4	14.54	11.41	870.46	99.80	87.04	18.78	7.73	2.61
225 x 2	225	2	8.17	6.41	614.20	62.30	54.59	11.66	8.66	2.76
225 x 2.5	225	2.5	9.96	7.82	755.42	69.17	67.14	12.69	8.70	2.63
225 x 3	225	3	11.85	9.30	892.02	82.55	79.29	15.18	8.67	2.63
225 x 4	225	4	15.54	12.20	1150.74	103.49	102.28	19.02	8.60	2.59
250 x 2	250	2	8.67	6.87	787.06	64.30	62.96	11.78	9.52	2.72
250 x 3	250	3	10.58	8.31	968.83	71.60	77.50	12.87	9.56	2.60
250 x 3.5	250	3.5	12.60	9.89	1154.35	85.13	92.34	15.34	9.56	2.59
250 x 4	275	4	16.54	12.98	1479.60	106.75	118.36	19.22	9.45	2.53
275 x 2	275	2	9.0	7.08	1000.70	63.64	72.70	11.32	10.50	2.65
275 x 2.5	275	2.5	11.2	8.85	1242.40	74.20	90.30	13.20	10.50	2.56
275 x 3	275	3	13.6	10.62	1481.80	91.46	107.27	16.27	10.40	2.59
275 x 4	300	4	18.0	14.16	1938.0	116.83	111.70	20.82	10.30	2.54
300 x 2	300	2	9.5	7.47	1248.20	65.14	83.20	11.38	11.40	2.61
300 x 2.5	300	2.5	11.9	9.34	1549.80	79.53	103.30	13.92	11.40	2.58
300 x 3	300	3	14.2	11.20	1847.70	93.60	123.20	16.39	11.30	2.56
300 x 4	300	4	19.0	14.90	2388.0	119.55	159.20	20.97	11.10	2.50

CORREAS SIGMA**Tabla 5-21 Perfiles abiertos normalizados - Correas – Correas Sigma**

Perfil	H mm	e mm	S cm ²	Peso kg/m	I _{xx} cm ⁴	I _{yy} cm ⁴	W _{xx} cm ³	W _{yy} cm ³	i _x cm	i _y cm
160 x 2	160	2	7.02	5.49	304.90	38.11	6.59	29.20	6.04	1.91
160 x 2.5	160	2.5	8.75	6.86	355.02	44.40	6.36	32.76	7.28	1.98
160 x 3	160	3	10.40	8.24	432.64	54.08	6.24	36.93	8.20	1.82
180 x 2	180	2	7.40	5.80	388.22	43.13	7.24	27.41	6.05	1.92
180 x 2.5	180	2.5	9.25	7.26	479.61	53.29	7.20	33.03	7.29	1.73
180 x 3	180	3	11.10	8.71	553.54	61.50	7.00	38.62	8.52	1.86
200 x 2	200	2	7.97	6.12	495.66	49.56	7.79	27.57	6.03	1.85
200 x 2.5	200	2.5	9.75	7.65	615.06	61.50	7.94	33.23	7.27	1.84
200 x 3	200	3	11.70	9.18	729.58	72.95	7.89	38.31	8.38	1.81
200 x 4	200	4	15.60	12.24	952.00	95.20	7.81	47.43	10.42	1.74
220 x 2	220	2	8.20	6.43	620.30	47.30	8.68	27.74	6.03	1.83
220 x 2.5	220	2.5	10.25	8.04	762.92	69.35	8.65	33.41	7.26	1.80
220 x 3	220	3	12.30	9.65	913.28	83.02	8.61	38.51	8.37	1.77
220 x 4	220	4	16.40	12.87	1193.06	108.46	8.53	47.86	10.40	1.71
250 x 2	250	2	8.80	6.90	839.84	67.18	9.77	28.48	6.13	1.80
250 x 2.5	250	2.5	11	8.63	1039.49	83.16	9.72	33.64	7.44	1.74
250 x 3	250	3	13.20	10.36	1236.22	98.89	9.67	38.78	8.35	1.72
250 x 4	275	4	17.60	13.81	1588.02	122.04	9.50	47.94	10.37	1.65

5.1.8. PERFILES DE ACERO CONFORMADOS EN FRÍO. TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL. UNE-EN 10162:2005



Tolerancias transversales: No existen valores generales para las tolerancias en las medidas transversales que dependen de la anchura del desarrollo del perfil, de la forma, del espesor y de la posición de la dimensión de la medida. Las tolerancias deberán medirse en todos los casos a más de 250 mm de los extremos de una barra. Para los perfiles de forma más usual, estas tolerancias se recogen en las siguientes tablas, y pueden servir de orientación para otras condiciones y perfiles.

Tabla 5-22 Perfiles abiertos conformados en frío - Tolerancias de una barra comprendida entre dos pliegues 1)

Espesor nominal mm	Tolerancia en milímetros		
	$B \leq 50$	$50 < B \leq 100$	$100 \leq B \leq 200$
1.5 a 2.9	± 0.60	± 0.75	± 1.00
3 a 4.9	± 0.75	± 1.00	± 1.25
5 a 6.9	± 1.00	± 1.25	± 1.50
7 a 8		± 1.50	± 1.75

1) Los ángulos entre dos lados consecutivos, iguales a 90° y la dimensión menor B de una rama comprendida entre dos pliegues es igual o superior a diez veces el espesor.

Tabla 5-23 Perfiles abiertos conformados en frío - Tolerancia de una rama comprendida entre un borde y un pliegue 1)

Espesor nominal mm	Tolerancia en milímetros		
	$L \leq 40$	$40 < L \leq 80$	$80 < L < 100$
1.5 a 2.9	± 0.60	± 0.75	± 1.00
3 a 4.9	± 0.75	± 1.00	± 1.25
5 a 6.9	± 1.00	± 1.25	± 1.50
7 a 8		± 1.50	± 1.75

1) La dimensión menor L de una rama que tenga un borde por extremo es igual o superior a cinco veces el espesor para aceros de alto límite elástico diez veces el espesor y la relación de longitudes de alas libres inferior o igual a dos.

La tabla de tolerancia de una rama comprendida entre un borde y un pliegue es aplicable a perfiles conformados con bobinas cizalladas. Para bandas con bordes brutos las tolerancias de la tabla de tolerancia de una rama comprendida entre un borde y un pliegue deben duplicarse. Cuando la longitud esté formada por varios tramos, la tolerancia se aplicará a la longitud total de forma que la tolerancia de la medida total no sea la suma de las tolerancias parciales.

Tolerancias angulares: La desviación angular admisible sobre el ángulo teórico del perfil viene expuesto en la siguiente tabla.

Tabla 5-24 Perfiles abiertos conformados en frío - Desviación angular

Longitud más corta de las dos ramas que forman el ángulo	Hasta 30 mm incluido	Superior a 30 hasta 50 mm incluido	Superior a 50 hasta 80 mm incluido	Superior a 80 hasta 120 mm incluido	Superior a 120
Desviación admisible	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 45'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	1°

Tolerancias en los radios de acuerdo: Las tolerancias sobre los valores de los radios de plegado se indican en la siguiente tabla.

A lo largo de un mismo perfil la diferencia entre los radios de plegado máximo y mínimo queda limitada al valor absoluto de la tolerancia dada en la siguiente tabla.

Tabla 5-25 Perfiles abiertos conformados en frío - Tolerancia en los radios de plegado

Espesor nominal mm	Tolerancia mm
hasta 2.9	± 0.75
de 3 a 4.9	± 1.00
de 5 a 6.9	± 1.25
de 7 a 8	± 1.50

Tolerancia en el enderezado: La flecha máxima que puede presentar un producto apoyado sobre un mármol será 0.25% de la longitud del perfil.

Tolerancia de revirado: La tolerancia en el revirado para los perfiles usuales será de 1° por metro. Para otros perfiles, en especial, los perfiles asimétricos, esta tolerancia será fijada por el fabricante. El control se efectuará estando el producto colocado sobre un mármol con una de sus extremidades sujeta sobre él y de forma que la longitud mayor sea paralela al plano de descanso.

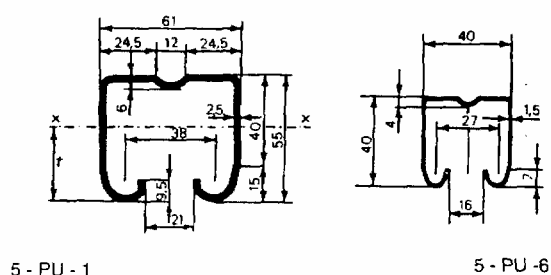
Tolerancias de longitud: Este apartado es aplicable a los perfiles solicitados a longitud fija. La tolerancia se indica en la siguiente tabla. Previo acuerdo esta tolerancia puede aplicarse toda en más o menos.

Tabla 5-26 Perfiles abiertos conformados en frío - Tolerancia en longitud (para corte a longitud fija)

Longitud nominal mm	Tolerancia mm
hasta 2 m	± 1
de 2.01 a 6.0	± 2
de 6.01 a 10.0	± 3
superior a 10.0	± 5

5.2. PERFILES ABIERTOS NO NORMALIZADOS

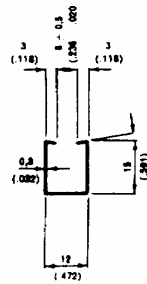
5.2.1. PERFIL Y ACCESORIOS DE PUERTA CORREDERA

**Tabla 5-27 Perfiles abiertos no normalizados - Perfil y accesorios de puerta corredera**

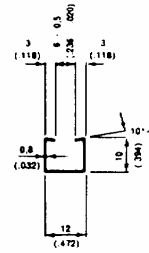
Referencia	A x B x e mm	Sección cm ²	P kg/m	Longitud barras M	Datos técnicos de la sección			
					t cm	J cm ⁴	W cm ³	i cm
Corredera 1. 5-PU-1	61 x 55 x 2.5	4.80	3.76	6	3.31	17.45	5.26	3.62
Corredera 2. 5-PU-6	40 x 40 x 1.5	1.99	1.59	6				

Fuente: Catálogos de diversos distribuidores y fabricantes

5.2.2. JUNQUILLOS



R: 5.492
Peso: 0,210 kg/m

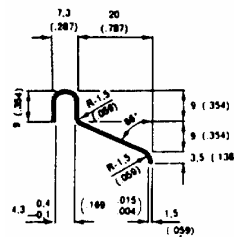


R: 5.518
Peso: 0,270 kg/m

Tabla 5-28 Perfiles abiertos no normalizados - Junquillos

A x B x e mm	P kg/m	Referencia
12 x 10 x 0.8	0.21	5492
12 x 15 x 0.8	0.27	5518

5.2.3. VIERTEAGUAS



R: 5.533
Peso: 0,529 kg/m

Tabla 5-29 Perfiles abiertos no normalizados - Vierendeel

e mm	P kg/m	Referencia
1.5	0.55	5533

5.2.4. PERFIL INVERNADERO

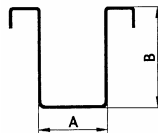


Tabla 5-30 Perfiles abiertos no normalizados - Perfil invernadero

A x B x e mm	P kg/m
25 x 38 x 1.5	1.46
30 x 44.5 x 1.5	1.80

Fuente: Catálogos de diversos distribuidores y fabricantes

5.3. PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS

5.3.1. SIMPLE PESTAÑA

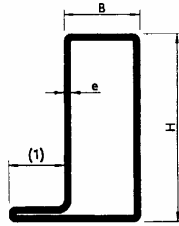


Tabla 5-31 Perfiles cerrados no normalizados - Simple pestaña

H x B mm	e mm	P kg/m	Referencias	Serie
35 x 15	1.5	1.410	5851	A
			PDS 4	
			PC-1	
40 x 30	1.5	1.860	6345	
			PDS 26	
			PA-1	
			Aleta 1	
50 x 35		2.308	PAC-28	
80 x 35		2.970	PAC-20	
50 x 20	2	2.470	5479	B
			CB-11	
50 x 40	2	3.240	5858	C
			PC-58	

5.3.2. DOBLE PESTAÑA T

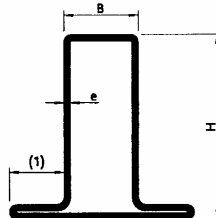


Tabla 5-32 Perfiles cerrados no normalizados - Doble pestaña T

H x B mm	e mm	P kg/m	Referencias	Serie
35 x 15	1.5	1.760	5852	A
			PDS-17	
			PA-2	
			PC-2	
40 x 30	1.5	2.210	PDS-41	
			Aleta 2	B
50 x 20	2	2.860	5481	
			CB-12	
50 x 40	2	3.850	5860	C
			PC-60	

Fuente: Catálogos de diversos distribuidores y fabricantes

5.3.3. DOBLE PESTAÑA Z

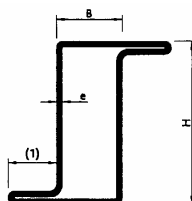
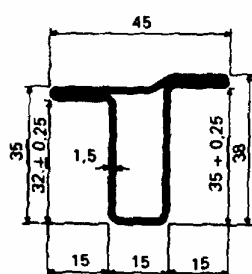


Tabla 5-33 Perfiles cerrados no normalizados - Doble pestaña Z

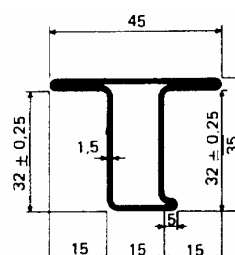
H x B mm	e mm	P kg/m	Referencias	Serie
35 x 15	1.5	1.760	5853	A
			PDS-21	
			PC-3	
50 x 20	2.	2.860	5482	B
			CB-13	
50 x 40	2	3.850	5859	C
			PC-59	

5.3.4. PERFILES ASIMÉTRICOS CERRADOS DE CARPINTERÍA

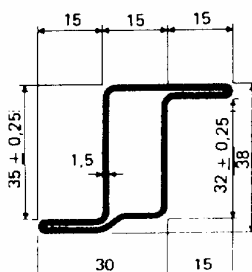
SERIE A



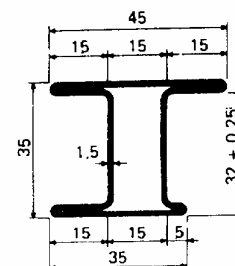
R: 5.855
Peso: 1,789 kg/m



R: 5.854
Peso: 1,866 kg/m



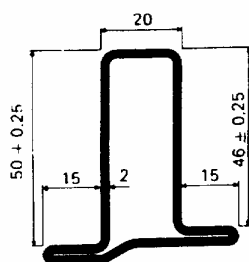
R: 5.856
Peso: 1,789 kg/m



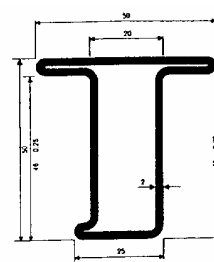
R: 5.857
Peso: 2,207 kg/m

Fuente: Catálogos de diversos distribuidores y fabricantes

SERIE B

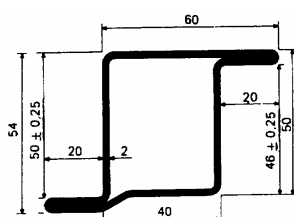


R: 5.480
Peso: 2,983 kg/m

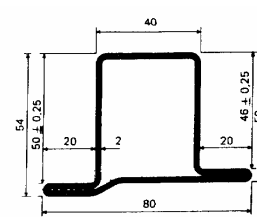


R: 5.735
Peso: 3,014 kg/m

SERIE C



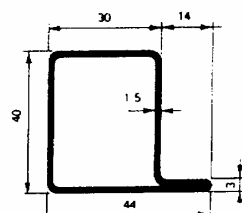
R: 5.862
Peso: 3,940 kg/m



R: 5.861
Peso: 3,940 kg/m

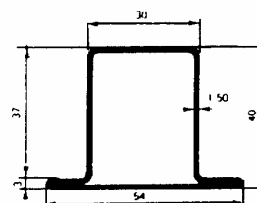
OTROS PERFILES:

PDS - 26



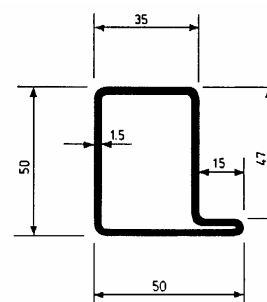
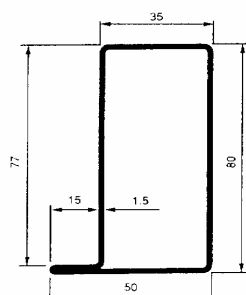
Peso: 1,868 kg/m

PDS - 41



Peso: 2,053 kg/m

PDS - 20



REF. PDS 28
Peso: 2,425 kg

Fuente: Catálogos de diversos distribuidores y fabricantes

5.3.5. PASAMANOS

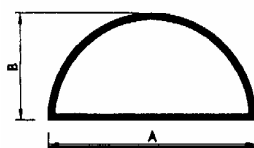


Tabla 5-34 Perfiles cerrados no normalizados - Pasamanos Simple

A x B mm	e mm	P kg/m
40 x 20	1.5	1.21
	2.5	1.95
50 x 25	1	1.03
	3	3.00
60 x 25	1	1.20
	2.5	2.87

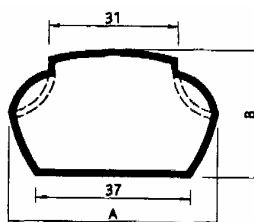


Tabla 5-35 Perfiles cerrados no normalizados - Pasamanos Decorativo

A x B mm	e mm	P kg/m
50 x 30	1	1.03
	1.5	1.50
	3	3.00

Fuente: Catálogos de diversos distribuidores y fabricantes

Índice de Tablas:

Perfiles de carpintería

TABLA 5-1 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL L DE ALAS IGUALES – MEDIDAS.....	96
TABLA 5-2 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL L DE ALAS IGUALES – MOMENTOS	97
TABLA 5-3 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL L DE ALAS DESIGUALES – MEDIDAS.....	97
TABLA 5-4 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL L DE ALAS DESIGUALES – MOMENTOS	98
TABLA 5-5 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL U - MEDIDAS	98
TABLA 5-6 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL U - MOMENTOS.....	100
TABLA 5-7 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS – PERFIL C CUADRADO - MEDIDAS.....	101
TABLA 5-8 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS – PERFIL C CUADRADO - MOMENTOS	101
TABLA 5-9 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS – PERFIL C RECTANGULAR - MEDIDAS	102
TABLA 5-10 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS – PERFIL C RECTANGULAR - MOMENTOS	103
TABLA 5-11 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL N - MEDIDAS	104
TABLA 5-12 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL N - MOMENTOS.....	104
TABLA 5-13 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFILES OMEGA - MEDIDAS	104
TABLA 5-14 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFILES OMEGA - MOMENTOS.....	105
TABLA 5-15 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL Z - MEDIDAS	105
TABLA 5-16 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - PERFIL Z - MOMENTOS	106
TABLA 5-17 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - CORREAS – CORREAS ZETAVER.....	106
TABLA 5-18 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - CORREAS – CORREAS CEZETA	107
TABLA 5-19 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - CORREAS – CORREAS ZETA	108
TABLA 5-20 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - CORREAS – CORREAS CEBRAU	108
TABLA 5-21 PERFILES ABIERTOS NORMALIZADOS - CORREAS – CORREAS SIGMA.....	109
TABLA 5-22 PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO - TOLERANCIAS DE UNA BARRA COMPRENDIDA ENTRE DOS PLIEGUES 1)	110
TABLA 5-23 PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO - TOLERANCIA DE UNA RAMA COMPRENDIDA ENTRE UN BORDE Y UN PLIEGUE 1)	110
TABLA 5-24 PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO - DESVIACIÓN ANGULAR	110
TABLA 5-25 PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO - TOLERANCIA EN LOS RADIOS DE PLEGADO	111
TABLA 5-26 PERFILES ABIERTOS CONFORMADOS EN FRÍO - TOLERANCIA EN LONGITUD (PARA CORTE A LONGITUD FIJA)	111
TABLA 5-27 PERFILES ABIERTOS NO NORMALIZADOS - PERFIL Y ACCESORIOS DE PUERTA CORREDERA	111
TABLA 5-28 PERFILES ABIERTOS NO NORMALIZADOS - JUNQUILLOS	112
TABLA 5-29 PERFILES ABIERTOS NO NORMALIZADOS - VIERTEAGUAS	112
TABLA 5-30 PERFILES ABIERTOS NO NORMALIZADOS - PERFIL INVERNADERO	112
TABLA 5-31 PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS - SIMPLE PESTAÑA.....	113
TABLA 5-32 PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS - DOBLE PESTAÑA T	113
TABLA 5-33 PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS - DOBLE PESTAÑA Z	114
TABLA 5-34 PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS - PASAMANOS SIMPLE.....	116
TABLA 5-35 PERFILES CERRADOS NO NORMALIZADOS - PASAMANOS DECORATIVO	116

6. ACEROS PARA HORMIGÓN.....	117
6.1. BARRAS CORRUGADAS	117
6.1.1. BARRAS CORRUGADAS DE ACERO SOLDABLE PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 068-94	117
6.1.2. BARRAS CORRUGADAS DE ACERO SOLDABLE CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE DUCTILIDAD PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36065 2000 EX.	122
6.2. ALAMBRÓN PARA PRODUCTOS DE ACERO PARA HORMIGÓN	124
6.2.1. ALAMBRÓN DE ACERO NO ALEADO, DESTINADO A LA FABRICACIÓN, POR DEFORMACIÓN EN FRÍO, DE ALAMBRES LISOS O CORRUGADOS PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 066.	124
6.3. ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS).....	125
6.3.1. ALAMBRES LISOS DE ACERO PARA MALLAS ELECTROSOLDADAS Y PARA ARMADURAS BÁSICAS PARA VIGUETAS ARMADAS. UNE 36 731:96.....	125
6.3.2. ALAMBRES CORRUGADOS DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 099: 1996.....	126
6.4. MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO.	128
6.4.1. MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 092: 1996.	128
6.5. ARMADURAS BÁSICAS	130
6.5.1. ARMADURAS BÁSICAS DE ACERO ELECTROSOLDADAS EN CELOSÍA PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36739 EX: 1995	130
6.6. ALAMBRES, TORZALES Y CORDONES PARA HORMIGÓN PRETENSADO.....	132
6.6.1. ALAMBRES Y CORDONES DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN PRETENSADO. UNE 36 094: 1997, UNE 36-094: 1997 ERRATUM.....	132
6.7. ARMADURAS PASIVAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL. FERRALLA.....	136
6.7.1. ARMADURAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL. CORTE DOBLADO Y COLOCACIÓN DE BARRAS Y MALLAS. UNE 36831: 1997.	136
6.8. REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO. UNE 36–097: 1981.	142
6.8.1. ANEXO: EQUIVALENCIA ENTRE LOS TÉRMINOS Y SÍMBOLOS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA Y EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.....	144
6.9. ACEROS PARA ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SISMICAS. NORMA EHE, 1998.....	144
6.10. CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES. NORMA EHE, 1998.	150

6. ACEROS PARA HORMIGÓN

6.1. BARRAS CORRUGADAS

□ IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE ACERO.

Se normalizan y certifican los siguientes tipos de acero, que se pueden distinguir por la disposición de las corrugas:

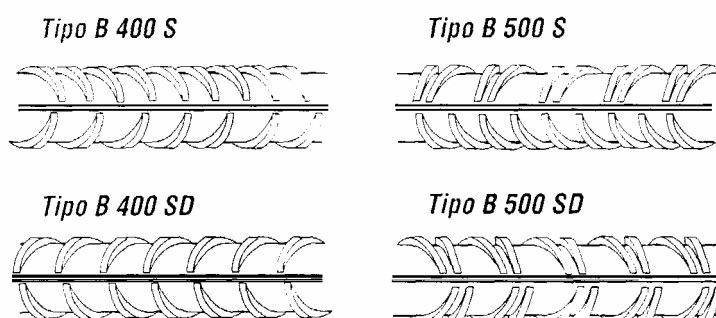


Tabla 6-1 Barras Corrugadas - Identificación del tipo de acero

Características	Barras corrugadas			
Tipo de acero	B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Norma de producto	UNE 36068	UNE 36068	UNE 36065	UNE 36065
Límite elástico R_e (MPa)	400	500	400	500
Carga unitaria de rotura R_m (MPa)	440	550	480	575
Relación R_m / R_e	1.05	1.05	≥ 1.20 ≤ 1.35	≥ 1.15 ≤ 1.35
Relación R_e real / R_e nominal	----	----	≤ 1.20	≤ 1.25
Alargamiento de rotura A_5 (%)	14	12	20	16
Alargamiento total bajo carga máxima A_{gt} (%)	----	----	9	8

6.1.1. BARRAS CORRUGADAS DE ACERO SOLDABLE PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 068-94

□ DEFINICIONES:

- **Corrugas:** Estrías, resaltos o nervaduras discontinuas y no paralelas al eje longitudinal de la barra.
- **Aletas:** Resaltos continuos, paralelos al eje longitudinal de la barra y diametralmente opuestos.
- **Núcleo:** Parte de la barra no afectada por las corrugas ni por las aletas.
- **Altura máxima de la corruga (a) o de la aleta (a_1):** Distancia existente entre el punto más alto de la corruga o de la aleta y el núcleo de la barra, medida en dirección normal al eje de la barra y en un plano que contenga a dicho eje y a la mencionada normal.

- Separación de corrugas (c): Distancia existente entre los planos ortogonales al eje de la barra que pasan por los puntos homólogos de dos corrugas consecutivas.
- Inclinación de la corruga (β): Ángulo que forma el eje de la corruga con el eje longitudinal de la barra.
- Perímetro sin corrugas (Σf_i): Longitud, medida en la proyección de la barra sobre un plano ortogonal a su eje, de los arcos de la circunferencia del núcleo sobre los que no se proyectan las corrugas (a efectos prácticos se sustituye la medición del arco por su cuerda).
- Diámetro nominal: Número nominal, a partir del cual se establecen las tolerancias. A partir del diámetro nominal, se determinan los valores nominales del área de la sección recta transversal y de la masa por metro lineal, adoptando convencionalmente, como masa específica del acero, el valor 7.85 kg/dm^3 .
- Valor característico: A efectos de aplicación, se considera como valor característico el límite inferior del intervalo estadístico de tolerancia para el que existe el 90% de probabilidad de que el 95% de los valores obtenidos no sean inferiores a dicho valor. Esta definición se refiere al nivel de calidad, a largo plazo, del producto.
- Valor especificado: El valor especificado (valor garantizado) es el valor fijado para cada característica. Para considerar que una unidad de inspección cumple las especificaciones establecidas, es preciso que la estimación de su valor sea igual o superior al valor especificado.

❑ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los límites especificados para la composición química, referida al análisis de colada, y los valores admisibles en el análisis de producto se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6-2 Composición química: Tipos B400S y B500S

Análisis	C % máx.	C _{eq} ¹⁾ % máx.	P % máx.	S % máx.	N ²⁾ % máx.
Colada	0.22	0.50	0.050	0.050	0.012
Producto	0.24	0.52	0.055	0.055	0.013

1) $\%C_{eq} = \%C + (\%Mn/6) + ((\%Cr + \%Mo + \%V)/5) + ((\%Ni + \%Cu)/15)$
 2) Si existen elementos fijadores del nitrógeno, tales como aluminio, vanadio, etc., en cantidad suficiente, se pueden admitir contenidos superiores.

❑ MARCAS DE IDENTIFICACIÓN:

El acero se identificará mediante la disposición de las corrugas en los dos sectores opuestos de la barra.

- Acero B 400 S: Las corrugas de cada uno de los dos sectores opuestos presentan diferente separación. Todas las corrugas tendrán la misma inclinación.
- Acero B 500 S: Las corrugas de un sector presentan una misma inclinación y están uniformemente separadas. Las corrugas del sector opuesto están agrupadas en dos series de corrugas, de igual separación pero distinta inclinación.

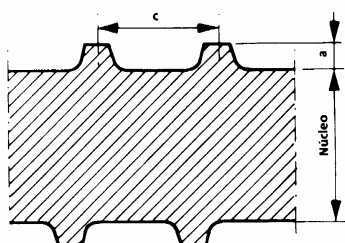


Tabla 6-3 Barras Corrugadas - Características mecánicas: Ensayo de tracción

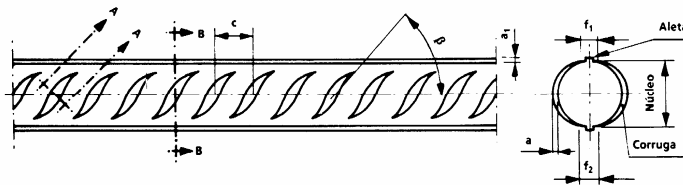
Tipo de Acero	$R_e^{1) 2) 3)}$	$R_m^{1) 2) 3)}$	$A_5^{2) 4)}$	$R_m / R_e^{5)}$ mín.
	MPa	MPa	%	
B 400 S	400	440	14	1.05
B 500 S	500	550	12	1.05

1) 1 MPa = 1 N/mm² = 0.102 kgf/mm².
 2) Valor característico especificado.
 3) Para el cálculo de las cargas unitarias (tensiones) se utilizará la sección nominal.
 4) El alargamiento total bajo carga máxima será superior al 5%.
 5) Relación mínima admisible entre los valores de la resistencia a tracción y el límite elástico obtenidos en cada ensayo.

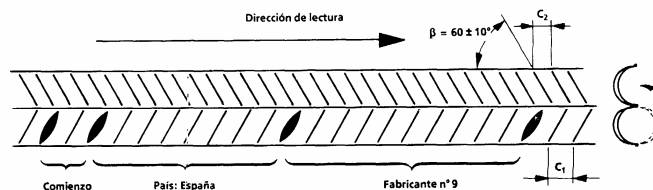
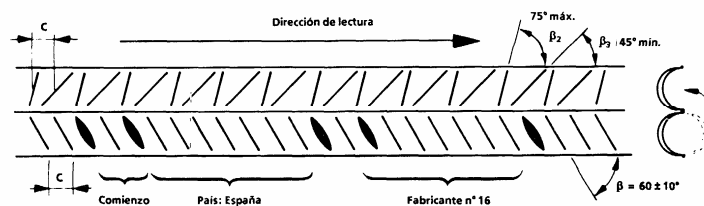
Tabla 6-4 Barras Corrugadas - Geometría del corrugado

Diámetro nominal mm	Altura mínima de corrugas ¹⁾ mm	Separación de corrugas ²⁾			Índice f, de las corrugas mín.
		Acero B 400 S		Acero B 500 S	
		C ₁	C ₂	C	
6	0.39	5.8	4.2	5.0	0.039
8	0.52	6.6	4.8	5.7	0.045
10	0.65	7.5	5.5	6.5	0.052
12	0.78	8.3	6.1	7.2	0.056
14	0.91	9.7	7.1	8.4	0.056
16	1.04	11.0	8.2	9.6	0.056
20	1.30	13.8	10.2	12.0	0.056
25	1.63	17.3	12.7	15.0	0.056
32	2.08	22.1	16.3	19.2	0.056
40	2.60	27.6	20.4	24.0	0.056

1) Medida en el centro de la corruga.
 2) Tolerancia: ± 15% para diámetros superiores a 8mm y ± 20% para los diámetros de 6mm y 8mm.

**Tabla 6-5 Barras Corrugadas - Medidas nominales**

Diámetro nominal mm	Área de la sección transversal S mm ²	Masa kg/m
6	28.3	0.222
8	50.3	0.395
10	78.5	0.617
12	113	0.888
14	154	1.21
16	201	1.58
20	314	2.47
25	491	3.85
32	804	6.31
40	1260	9.86

**Grabado del tipo de acero B400S**

Grabado del tipo de acero B500S

Tabla 6-6 Barras Corrugadas - Características de adherencia (valores mínimos)

Diámetro nominal mm	Tensión media τ_m MPa	Tensión de rotura τ_u MPa
inferior a 8	6.90	11.30
de 8 a 32	7.80 – 0.12d	12.70 – 0.19d
superior a 32	4.10	6.80

Tabla 6-7 Barras Corrugadas - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

□ **TOLERANCIAS:**

- **Tolerancia en masa:** Las desviaciones admisibles en la masa, respecto a los valores nominales, se indican en la siguiente tabla.

Tabla 6-8 Barras Corrugadas - Tolerancia en masa

Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa %
Desde 6 hasta 40	± 4.5

NOTA: Los valores a los cuales se refiere este apartado tienen exclusivamente un carácter técnico, para la clasificación de una unidad de inspección como conforme o no conforme. No se refieren ni a las posibles variaciones de peso, respecto al pedido, ni a las diferencias de pesada por expedición.

- **Tolerancia en ovalidad:** En las barras corrugadas rectas, la diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de un misma sección recta, sin tener en cuenta las corrugas ni, las aletas cuando existan, no será superior a los valores indicados en la siguiente tabla.

Tabla 6-9 Barras Corrugadas - Tolerancia en ovalidad

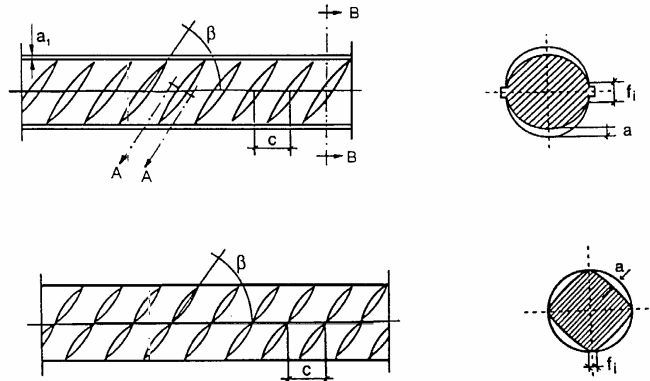
Diámetro nominal mm	Diferencia máxima mm
6	1
8	
10	
12	1.50
14	
16	
20	2.00
25	
32	2.50
40	

- **Tolerancia en longitud:** Si las barras se solicitan a longitud fija, la desviación admisible respecto a la longitud solicitada, será de $^{+200}_0$ mm.

6.1.2. BARRAS CORRUGADAS DE ACERO SOLDABLE CON CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE DUCTILIDAD PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36065 EX.

- Ductilidad:** Capacidad de un acero para deformarse plásticamente sin romperse una vez superado su límite elástico. A efectos de este tipo de barras, la ductilidad se caracteriza mediante los siguientes parámetros: alargamiento de rotura, alargamiento bajo carga máxima y la relación entre la carga de rotura y el límite elástico.

Barra corrugada de acero B400SD



Barra corrugada de acero B500SD

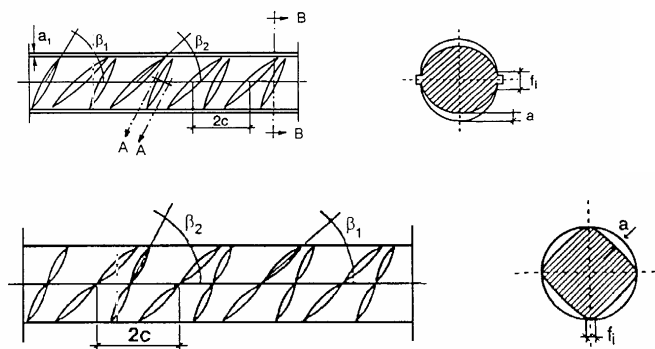


Tabla 6-10 Barras corrugadas SD- Composición química

Análisis	C % máx.	C _{eq} ¹⁾ % máx.	P % máx.	S % máx.	N ²⁾ % máx.
Colada	0.22	0.50	0.050	0.050	0.012
Producto	0.24	0.52	0.055	0.055	0.013

1) $\%C_{eq} = \%C + (\%Mn/6) + ((\%Cr + \%Mo + \%V)/5) + ((\%Ni + \%Cu)/15)$.
2) Se pueden sobrepasar los valores especificados a condición de que por cada 0.001% de aumento en nitrógeno, el contenido máximo en fósforo se reduzca en 0.005% sobre el valor máximo especificado. En cualquier caso, el contenido en nitrógeno, en el análisis de producto, no debe sobrepasar el 0.014%.

Tabla 6-11 Barras Corrugadas SD - Características mecánicas: Ensayo de tracción

Tipo de acero	R _e ^{1) 2)} MPa	R _m ^{1) 2)} MPa	R _e real ³⁾ /R _e nominal	A ₅ ¹⁾ %	A _{GT} ¹⁾ %	R _m / R _e ¹⁾
B 400 SD	400	480	≤ 1.20	≥ 20	9	≥ 1.20 ≤ 1.35 ³⁾
B 500 SD	500	575	≤ 1.25	≥ 16	8	≥ 1.15 ≤ 1.35 ³⁾

1) Valor característico específico.

2) Para el cálculo de las cargas unitarias (tensiones) se utilizará la sección nominal.

3) Valor real obtenido en ensayo.

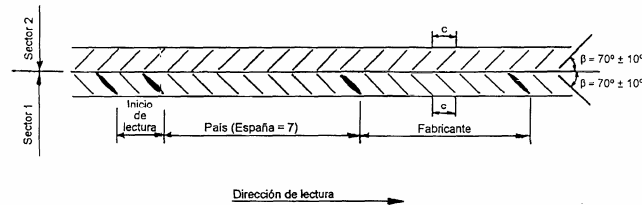
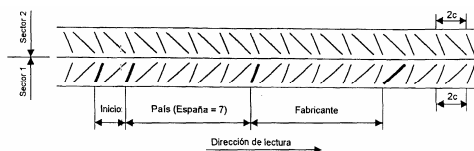
Para R_e y R_m fractil del 5% (nivel de calidad del 95% y nivel de confianza del 90%). Para A_{gt} y R_m / R_e fractil del 10% (nivel de calidad del 90% y nivel de confianza del 90%).

Tabla 6-12 Barras Corrugadas SD- Medidas nominales

Diámetro nominal mm	Área de la sección transversal s mm ²	Masa kg/m
6	28.3	0.222
8	50.3	0.395
10	78.5	0.617
12	113	0.888
14	154	1.21
16	201	1.58
20	314	2.47
25	491	3.85
32	804	6.31
40	1260	9.86

Tabla 6-13 Barras Corrugadas SD – Características de adherencia (valores mínimos)

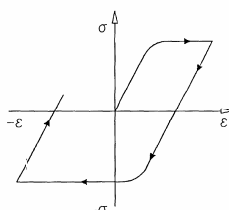
Diámetro nominal mm	Tensión media τ_m MPa	Tensión de rotura τ_u MPa
inferior a 8	6.90	11.30
de 8 a 32	$7.80 - 0.12d$	$12.70 - 0.19d$
superior a 32	4.10	6.80

Identificación del tipo de acero B 400 SD, país y fabricante**Identificación del tipo de acero B 500 SD, país y fabricante****Tabla 6-14 Barras Corrugadas SD - Coeficiente k de aceptación en función del tamaño (n) de la muestra (para un nivel de calidad del 95% y un nivel de confianza del 90%)**

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

Tabla 6-15 Barras Corrugadas SD - Coeficiente k de aceptación para A_{gt} y R_m y R_e en función del tamaño (n) de la muestra (para un nivel de calidad del 90% y un nivel de confianza del 90%)

n	k	n	k
5	2.74	30	1.66
6	2.49	40	1.60
7	2.33	50	1.56
8	2.22	60	1.53
9	2.13	70	1.51
10	2.07	80	1.49
11	2.01	90	1.48
12	1.97	100	1.7
13	1.93	150	1.43
14	1.90	200	1.41
15	1.87	250	1.40
16	1.84	300	1.39
17	1.82	400	1.37
18	1.80	500	1.36
19	1.78	1000	1.34
20	1.77	∞	1.282



□ **TOLERANCIAS:**

- **Tolerancia en masa:** Las desviaciones admisibles en la masa, respecto a los valores nominales, se indican en la siguiente tabla.

Tabla 6-16 Barras Corrugadas - Tolerancia en masa

Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa %
Desde 6 hasta 40	± 4.5

NOTA: Los valores a los cuales se refiere este apartado tienen exclusivamente un carácter técnico, para la clasificación de una unidad de inspección como conforme o no conforme. No se refieren ni a las posibles variaciones de peso, respecto al pedido, ni a las diferencias de pesada por expedición.

- **Tolerancia en longitud:** Si las barras se solicitan a longitud fija, la desviación admisible respecto a la longitud solicitada, será de $^{+200}_0$ mm.

6.2. ALAMBRÓN PARA PRODUCTOS DE ACERO PARA HORMIGÓN

6.2.1. **ALAMBRÓN DE ACERO NO ALEADO, DESTINADO A LA FABRICACIÓN, POR DEFORMACIÓN EN FRÍO, DE ALAMBRES LISOS O CORRUGADOS PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 066.**

□ **DEFINICIONES:**

- **Alambrón:** Producto laminado en caliente de sección maciza redonda, elíptica o poligonal, de diámetro, o dimensión nominal de su sección no inferior a 5mm, presentado en rollos.
- **Alambre:** Producto de sección maciza, procedente de un proceso de deformación en frío (estirado, trefilado o laminación) del alambrón. Normalmente se presenta en rollos.

- Diámetro nominal: Es el número convencional respecto al cual se establecen las tolerancias. A partir del diámetro nominal se obtienen los valores nominales del área de la sección y de la masa por metro lineal.
- Ovalidad: Diferencia entre los diámetros máximo y mínimo de una misma sección recta.

Tabla 6-17 Alambros de acero - Dimensiones nominales y tolerancias

Diámetro d mm	Tolerancia sobre		Sección S mm ²	Masa kg/m
	d mm	Ovalidad máxima mm		
5.0	± 0.3	0.5	19.63	0.15
5.5			23.76	0.19
6.0			28.27	0.22
6.5			33.18	0.26
7.0			38.48	0.30
7.5			44.18	0.35
8.0			50.27	0.39
8.5	± 0.4	0.6	56.75	0.45
9.0			63.62	0.45
9.5			70.88	0.56
10.0			78.54	0.62
10.5			86.59	0.68
11.0			95.03	0.75
11.5			103.9	0.82
12.0	± 0.4	0.7	113.1	0.89
12.5			122.7	0.96
13.0			132.7	1.04
13.5			143.1	1.12
14.0			153.9	1.21
14.5			165.1	1.30
15.0			176.7	1.39
15.5			188.7	1.48
16.0			201.1	1.58

Los valores nominales del diámetro, de la sección y de la masa, así como las tolerancias sobre diámetro y ovalidad son las que se indican en la tabla anterior.

Las medidas de tolerancia en diámetro y ovalidad se comprobarán en probetas tomadas, como mínimo, a una distancia de 10m de los extremos de los rollos.

6.3. ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS)

6.3.1. ALAMBRES LISOS DE ACERO PARA MALLAS ELECTROSOLDADAS Y PARA ARMADURAS BÁSICAS PARA VIGUETAS ARMADAS. UNE 36 731:96.

□ DEFINICIONES:

- Unidad de inspección: Conjunto de alambres lisos de acero para mallas electrosoldadas y para armaduras básicas para viguetas armadas, del mismo tipo de acero y del mismo diámetro nominal, pertenecientes a una misma colada, que se inspeccionan o controlan conjuntamente y que son susceptibles de aceptarse o rechazarse conjuntamente.

Tabla 6-18 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Características mecánicas

Designación		Ensayo de tracción ¹⁾				Ensayo de doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ ⁴⁾ $\beta = 20^\circ$ ⁵⁾
Antigua	Nueva	R _{p0.2} Mpa	R _m MPa	A % L ₀ = 5 do ²⁾	R _m / R _{p0.2} ³⁾	Diámetro de mandril D' D'
AEH 500 T	B 500 T	500	550			8d

1) Valores característicos inferiores garantizados.
2) A% = $20 - 0.02 r_{pr}$, y no menor al 8%, donde R_{pr} es el límite medido en cada ensayo.
3) $r_{mr} / r_{pr} = 1.05 - 0.1 [r_{pr} / r_p - 1]$ no menor de 1.03, donde R_{pr} y R_{mr} son los valores obtenidos en cada ensayo.
4) α = ángulo de doblado.
5) β = ángulo de desdoblado.

Tabla 6-19 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Medidas nominales

Diámetro d mm	Área de la sección recta S mm ²	Masa por metro lineal M kg/m
4.0 ¹⁾	12.6	0.099
5.0	19.6	0.154
6.0	28.3	0.222
7.0	38.5	0.302
8.0	50.3	0.395
9.0	63.3	0.499
10.0	78.5	0.617
12.0	113	0.888

1) Para el empleo exclusivo en armaduras básicas para viguetas armadas, fabricadas en instalaciones industriales fijas.

Tabla 6-20 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra para p = 0 0.95 y 1-x = 0.90

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

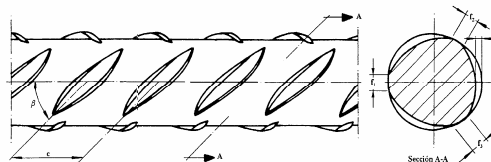
□ TOLERANCIAS:

- Tolerancias en masa y en área de la sección recta transversal:** Los valores tienen exclusivamente un carácter técnico para aceptación o rechazo de inspección.

Tabla 6-21 Alambres Trefilados (Lisos – Corrugados) - Tolerancia en masa

Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa y sección recta transversal %
Desde 4 hasta 12	± 4.5

- Tolerancia en longitud:** Las desviaciones admisibles en los alambres enderezados y cortados a longitud fija serán: $^{+5}_0$ %, con un máximo de +100mm.

6.3.2. ALAMBRES CORRUGADOS DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 099: 1996**Tabla 6-22 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Características mecánicas**

Designación		Ensayo de tracción ¹⁾				Ensayo de doblado-desdoblado $\alpha = 90^\circ$ ⁴⁾ $\beta = 20^\circ$ ⁵⁾
Antigua	Nueva	R _{p0.2} MPa	R _m MPa	A % L ₀ = 5 do	R _m / R _{p0.2}	Diámetro de mandril D'
AEH 500 T	B 500 T	500	550	²⁾	³⁾	8d

1) Valores característicos inferiores garantizados.
2) A% = 20 – 0.02 R_{p0.2}, y no menor al 8%, donde R_{p0.2} es el límite medido en cada ensayo.
3) R_m / R_{p0.2} = 1.05 – 0.1 [R_{p0.2} / R_{p0.2} – 1] no menor de 1.03, donde R_{p0.2} y R_m son los valores obtenidos en cada ensayo.

- 4) α = ángulo de doblado.
5) β = ángulo de desdoblado.

Tabla 6-23 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Características de adherencia

Diámetro d mm	Tensión media τ_m N/mm ²	Tensión de rotura τ_u N/mm ²
inferior a 8	6.90	11.30
igual o superior a 8	7.80 – 0.12d	12.70 – 0.19d

Tabla 6-24 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Medidas nominales

Diámetro nominal mm	Área de la sección recta mm ²	Masa por metro lineal kg/m
5.0	19.6	0.15
6.0	28.3	0.22
7.0 ¹⁾	38.5	0.30
8.0	50.3	0.39
9.0	63.3	0.50
10.0	78.5	0.62
12.0	113	0.89

1) Para el empleo exclusivo en mallas electrosoldadas (Norma UNE 36092) y otras armaduras prefabricadas en instalaciones industriales fijas.

Tabla 6-25 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra para p = 0.95 y 1-x = 0.90

n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

□ TOLERANCIAS:

- Tolerancias en masa y en área de la sección recta transversal:** Los valores de la tolerancia tabulados en este apartado tienen exclusivamente un carácter técnico para aceptación o rechazo de una unidad de inspección.

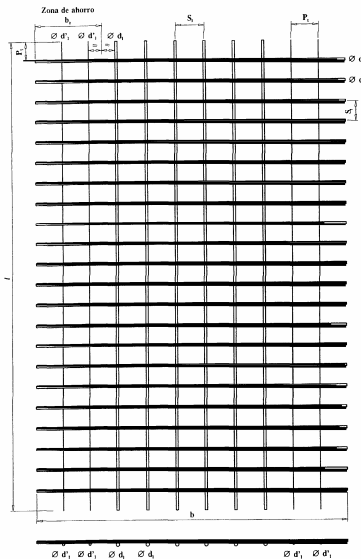
Tabla 6-26 Alambres Corrugados (Lisos – Corrugados) - Tolerancia en masa

Diámetro nominal mm	Tolerancia en masa y sección recta transversal %
Desde 5 hasta 12	± 4.5

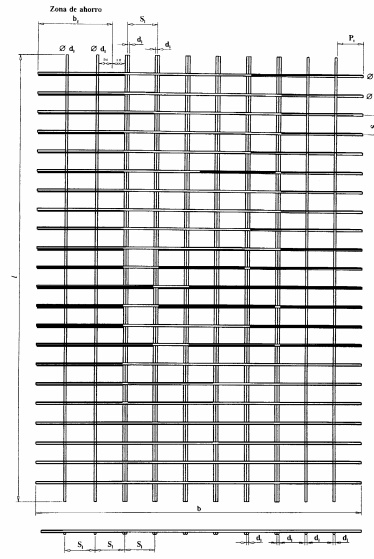
- Tolerancia en longitud:** Las desviaciones admisibles en los alambres enderezados y cortados a longitud fija serán: $^{+5}_0$ %, con un máximo de +100mm.
- Geometría del corrugado:** Los valores que definen la geometría del corrugado se indicarán en el certificado de homologación de adherencia y estarán sujetos a las tolerancias indicadas en dicho certificado.

6.4. MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO.

6.4.1. MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36 092: 1996.



Mallas simples



Mallas dobles

□ DEFINICIONES:

- Malla electrosoldada: Es el producto formado por dos sistemas de elementos (barras y alambres) que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso de producción en serie en instalación fija. En las mallas no cuadradas se definen como elementos longitudinales a los de mayor longitud. Atendiendo a los elementos longitudinales se distinguen:
 - Malla simple: El sistema longitudinal está constituido por una serie de elementos individuales.
 - Malla doble: El sistema longitudinal está constituido por parejas de elementos tangentes.
- Elemento: Cada una de las barras o alambres individuales que componen la malla. En particular se denomina elemento de borde a cada uno de los elementos extremos de cada panel.
- Separación de elementos S_l y S_t :
 - En malla simple: Es la separación entre los ejes de dos elementos consecutivos longitudinales (S_l) o transversales (S_t).
 - En malla doble: La separación entre los ejes de simetría de dos parejas consecutivas de elementos.
- Salientes (P_l y P_t): Son las longitudes que sobresalen de los elementos de borde.
- Zona de ahorro: Es la parte de la malla compuesta por elementos de diferente diámetro y/o separación que el resto de la misma. Se define por el número, diámetro y separación de elementos que la componen. Las zonas de ahorro se localizan en los extremos longitudinales del panel. Las longitudes de las zonas de ahorro (b_n) se definen como la distancia desde el extremo del saliente hasta el punto medio de la retícula formada por la última barra y la primera de diámetro normal.
- Panel: Es una malla electrosoldada de longitud y anchura determinados.
- Longitud del panel (l): Es la de sus elementos longitudinales.
- Anchura de panel (b): Es la longitud de los elementos transversales. Se designa por b_n la longitud de la anchura menos la longitud de la zona de ahorro transversal ($b_n = b - 2b_z$).
- Sección de acero por metro lineal: Es el área total de los elementos longitudinales (S_l) o transversales (S_t) comprendidos en 1 m lineal del panel fuera de la zona de ahorro. S_l se determina dividiendo por b_n la suma de las áreas de los elementos longitudinales comprendidos en la distancia b_n . S_t se determina dividiendo por l la suma de las áreas de los elementos longitudinales comprendidos en la distancia l .

- **Masa nominal del panel:** Es el número convencional obtenido sumando la masa nominal de todos los elementos del panel (incluidos los elementos de ahorro).

Tabla 6-27 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado - Mallas estándar

$S_t = S_l$	$S_t = S_l / 2$
15 x 15 Ø 5 – 5	15 x 30 Ø 5 – 5
15 x 15 Ø 6 – 6	15 x 30 Ø 6 – 6
15 x 15 Ø 8 – 8	15 x 30 Ø 8 – 8
15 x 15 Ø 10 – 10	15 x 30 Ø 10 – 10
20 x 20 Ø 8 – 8	
30 x 30 Ø 5 – 5	

Tabla 6-28 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado - Composición de las mallas estándar ¹⁾

Tipo de malla	Nº de elementos principales longitudinales ²⁾	Nº de elementos de ahorro en cada borde	Diámetros de los elementos de ahorro	Nº de elementos transversales
$S_t = S_l$	15 x 15 Ø 5 – 5	15	----	40
	15 x 15 Ø 6 – 6	15	----	40
	15 x 15 Ø 8 – 8	11	2	40
	15 x 15 Ø 10 – 10	9	3	40
	20 x 20 Ø 8 – 8	7	2	30
$S_t = S_l / 2$	30 x 30 Ø 5 – 5	8	----	20
	15 x 30 Ø 5 – 5	15	----	20
	15 x 30 Ø 6 – 6	15	----	20
	15 x 30 Ø 8 – 8	11	2	20
	15 x 30 Ø 10 – 10	11	2	20

1) Medidas estándar de los paneles 6.00m x 2.20m.
2) En este número no se incluyen los elementos de ahorro, cuando los haya.

Tabla 6-29 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado - Masa nominal de paneles estándar ²⁾

Tipo de malla	Masa por panel kg	Secciones de acero por metro lineal ¹⁾ cm ² /m	
		Longitudinal	Transversal
$S_t = S_l$	15 x 15 Ø 5 – 5	27.44	1.31
	15 x 15 Ø 6 – 6	39.52	1.89
	15 x 15 Ø 8 – 8	66.09	3.35
	15 x 15 Ø 10 – 10	101.8	5.24
	20 x 20 Ø 8 – 8	47.94	2.51
	30 x 30 Ø 5 – 5	14.18	0.65
$S_t = S_l / 2$	15 x 30 Ø 5 – 5	20.65	1.31
	15 x 30 Ø 6 – 6	29.74	1.89
	15 x 30 Ø 8 – 8	48.73	3.35
	15 x 30 Ø 10 – 10	77.29	5.24

1) A título informativo.
2) Medidas estándar de los paneles 6.00m x 2.20m.

Tabla 6-30 Mallas Electrosoldables de acero para hormigón armado - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra

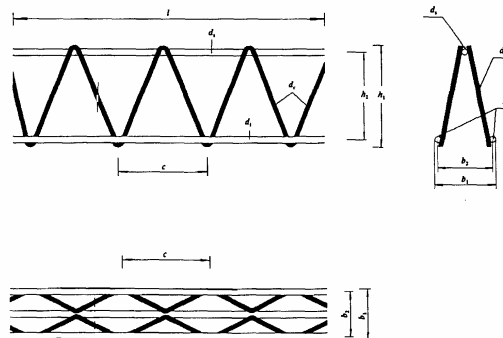
n	k	n	k
5	3.40	30	2.08
6	3.09	40	2.01
7	2.89	50	1.97
8	2.75	60	1.93
9	2.65	70	1.90
10	2.57	80	1.89
11	2.50	90	1.87
12	2.45	100	1.86
13	2.40	150	1.82
14	2.36	200	1.79
15	2.33	250	1.78
16	2.30	300	1.77
17	2.27	400	1.75
18	2.25	500	1.74
19	2.23	1000	1.71
20	2.21	∞	1.64

□ TOLERANCIAS:

- **Dimensiones del panel:** Todo panel deberá quedar comprendido entre dos rectángulos concéntricos y paralelos definidos por las longitudes $l \pm 0.005l$ (si $l \leq 5m$ el segundo término se tomará igual a 25mm) y de anchura $b \pm 0.005b$, sin que ningún elemento individual pueda sobresalir o no alcanzar dichos rectángulos.
- **Salientes:** La longitud de los salientes tendrá una tolerancia de $\pm 15mm$.
- **Separaciones entre elementos:** La tolerancia en la separación entre los elementos será de $\pm 10mm$.
- **Número de soldaduras despegadas:** Un nudo despegado es aquel en el que los alambres se encuentran físicamente separados.
Los nudos despegados no se consideran a efectos de cálculo del valor medio de la carga de despegue.
El número máximo admisible de nudos despegados, será del 2% del número total de nudos del panel (redondeado siempre a la unidad superior).
En una misma barra no se admitirá mas del 20% de nudos despegados del total de nudos de la barra (redondeado siempre a la unidad superior).
- **Tolerancias de los elementos:** Cada elemento individual cumplirá con lo especificado en la norma UNE correspondiente a dicho elemento en lo relativo a características geométricas y ponderales.

6.5. ARMADURAS BÁSICAS.

6.5.1. ARMADURAS BÁSICAS DE ACERO ELECTROSOLDADAS EN CELOSÍA PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN ARMADO. UNE 36739 EX: 1995



Armatura básica electrosoldada en celosía

□ DEFINICIONES:

- **Armatura básica:** Producto formado por tres sistemas de elementos (barras o alambres), con una estructura espacial y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso automático. Se compone de un elemento superior, dos elementos inferiores y dos elementos de conexión que forman la celosía. El elemento superior y los elementos inferiores están formados por barras o alambres corrugados. La celosía, o elementos de conexión entre los elementos superior e inferiores está formada por barras o alambres, lisos o corrugados, generalmente en forma de zig-zag.
- **Altura de la armatura básica:**
 - **Altura total de la armatura básica (h_1):** Distancia entre el plano de base y el punto más alejado de él, medida perpendicularmente.
 - **Altura entre ejes de las barras o los alambres longitudinales (h_2):** Distancia entre el eje del elemento longitudinal superior y el plano definido por los ejes de los elementos longitudinales inferiores.

- Anchura de la base de la armadura básica:
 - Anchura total de la base (b_1): Distancia entre los planos ideales perpendiculares al plano de la base y tangentes a las generatrices exteriores de los elementos inferiores, medida perpendicularmente al eje de la armadura básica.
 - Anchura entre ejes de las barras o alambres longitudinales inferiores (b_2): Distancia entre los ejes de los elementos longitudinales inferiores, medida perpendicularmente al eje de la armadura básica.
- Separación entre elementos de conexión (paso de celosía) (c): Distancia entre cada dos puntos consecutivos de inflexión de la celosía, medida sobre el mismo elemento.
- Longitud de la armadura básica (l): Distancia entre dos planos ideales perpendiculares al eje longitudinal de la armadura básica en sus puntos extremos.
- Secciones:
 - Sección nominal del elemento superior (S_s): Sección transversal del elemento superior.
 - Sección nominal de los elementos inferiores (S_i): Suma de las secciones transversales de los elementos inferiores.
 - Sección nominal de los elementos de conexión (celosía) (S_c): Suma de las secciones transversales de los dos elementos de conexión.
- Masa nominal de la armadura básica: Número convencional obtenido sumando la masa nominal de todos los elementos que constituyen la armadura básica.

MEDIDAS DE LAS ARMADURAS BÁSICAS.

□ ARMADURAS BÁSICAS ESTANDAR.

Son aquellas armaduras básicas cuyos diámetros y pasos de celosía son los que se incluyen en la siguiente tabla:

Tabla 6-31 Armaduras Básicas - Características de las armaduras básicas estandar

Altura de la armadura básica mm	Tipo de armadura básica	Diámetro de los elementos inferiores mm	Diámetro del elemento superior mm	Diámetro de los elementos de la celosía y paso de la celosía mm - mm	Masa nominal por metro lineal ¹⁾ kg
100	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.12
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.20
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.64
120	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.17
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.25
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.69
150	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.24
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.32
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.76
170	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.29
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.37
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.81
200	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.37
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.45
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.89
230	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.45
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.53
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	1.97
250	Ø6-2Ø5-2Ø6	6	6	5-200	1.51
	Ø7-2Ø5-2Ø6	6	7	5-200	1.59
	Ø8-2Ø5-2Ø8	8	8	5-200	2.03

1) La tolerancia en masa de cada uno de los elementos que integran la armadura básica cumplirá lo especificado en la Norma UNE correspondiente a cada producto.

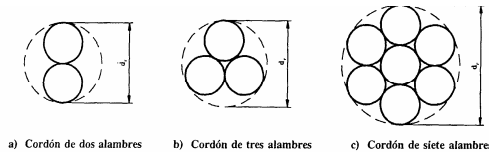
□ TOLERANCIAS:

- Longitud: La tolerancia respecto a la longitud nominal será $\pm 0.5\%$ de la longitud, con un máximo de $\pm 50\text{mm}$.
- Anchura de la base: La tolerancia respecto a la anchura de la base nominal será de $\pm 10\text{mm}$.

- Altura: La tolerancia respecto a la altura nominal será de $\pm 5\text{mm}$.
- Paso de celosía: La tolerancia respecto al paso de celosía nominal será de $\pm 15\text{mm}$, tomando como valor la media de tres pasos consecutivos.
- Tolerancias en los elementos: Cada elemento individual cumplirá, en cuanto a tolerancias se refiere, con lo especificado en la norma UNE correspondientes al producto que lo constituye.

6.6. ALAMBRES, TORZALES Y CORDONES PARA HORMIGÓN PRETENSADO.

6.6.1. ALAMBRES Y CORDONES DE ACERO PARA ARMADURAS DE HORMIGÓN PRETENSADO. UNE 36 094: 1997, UNE 36-094: 1997 ERRATUM.



□ DEFINICIONES:

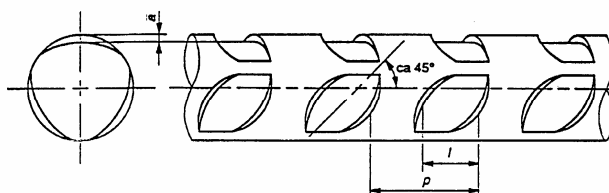
- Alambre: Producto de sección maciza, liso o grafilado, procedente de un estirado en frío o trefilado de alambrón, posteriormente sometido a un tratamiento de estabilización, que se suministra normalmente en rollos.
 - Alambre liso: Es aquél cuya superficie es la obtenida directamente en la hilera, que mantiene su sección transversal recta constante con independencia de la forma de ésta, y no presenta irregularidades periódicas en sentido longitudinal. Su eje es teóricamente recto.
 - Alambre grafilado: Es aquél cuya superficie presenta rehundidos o resaltos (grafilas) periódicamente distribuidos a lo largo de su longitud, con objeto de mejorar su adherencia con el hormigón.
 - Cordón: Producto formado por un número de alambres arrollados helicoidalmente en el mismo sentido y con igual paso, posteriormente sometido a un tratamiento de estabilización. Los cordones se diferencian por el número de alambres en :
 - Cordones de 2 alambres: Dos alambres, del mismo diámetro nominal, arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y en el mismo sentido, sobre un eje ideal común.
 - Cordones de 3 alambres: Tres alambres, del mismo diámetro nominal, arrollados helicoidalmente, con el mismo paso y en el mismo sentido, sobre un eje ideal común.
 - Cordones de 7 alambres: Seis alambres, del mismo diámetro nominal, arrollados helicoidalmente, en el mismo sentido y con igual paso, alrededor de un alambre central recto.
- Los cordones pueden ser lisos o grafilados. Los cordones grafilados se fabrican con alambres grafilados.
- Trefilado: Proceso mediante el cual se reduce la sección de un alambrón, haciéndolo pasar por una hilera.
 - Tratamiento de estabilización: Tratamiento termomecánico que, además de los objetivos de eliminación de tensiones, da lugar a una reducción adicional de la relajación.
 - Relajación: Pérdida de tensión que, en función del tiempo, experimenta un alambre tesado, mantenido a longitud constante. La relajación se expresa en tanto por ciento de la tensión inicial a que se somete el alambre.
 - Valor característico a nivel k:
 - Valor característico inferior: Para una determinada propiedad, se define como valor característico inferior a nivel k, aquel valor que es superado por el k% de los productos. Para la aplicación de esta norma el valor de k se fija en 95, con lo que el valor característico inferior a nivel 95 coincide con el fractil 5%.
 - Valor característico superior: Para una determinada propiedad, se define como valor característico a nivel k, aquel valor que no es superado por el k% de los productos. Para aplicación de esta norma el valor de k se fija en 95, con lo que el valor característico superior a nivel 95, coincide con el fractil 95%.

- Estimación del valor característico: El valor característico (superior o inferior) es un concepto teórico y se estima, en cada caso, para la interpretación estadística de los resultados del ensayo.
- Valor característico especificado: El valor característico especificado (o valor garantizado) es un valor fijado en las normas. Para que una unidad de inspección se considere que cumple las especificaciones de las mismas, es preciso que su valor característico estimado sea igual o superior al valor característico inferior o igual o inferior al valor característico superior especificados.
- Diámetro nominal:
 - Diámetro nominal de los alambres: El diámetro nominal de un alambre grafilado se define como el que corresponde a un cilindro de revolución, de sección circular, de igual masa por unidad de longitud que la de la muestra dada.
Es un número convencional respecto al cual se establecen las tolerancias, y que se indica en las tablas de esta norma a defectos de designación.
A partir del diámetro se obtienen los valores nominales del perímetro, área de la sección transversal recta y masa por metro lineal, adoptando convencionalmente como masa específica del acero el valor 7.85 kg/dm^3 .
 - Diámetro nominal de los cordones: Número que coincide con el diámetro del círculo circunscrito a una sección recta ideal, perfectamente conformada, con alambre de medida y forma teóricas. Se utiliza para designar el cordón y para establecer las tolerancias.
 - Diámetro real del cordón: Es el que resulta de la medición de un cordón con un micrómetro o pie de rey adecuado, excepto para los cordones de 3 alambres.
- Paso de cordoneado: Distancia entre dos puntos homólogos consecutivos de un mismo alambre, medida paralelamente al eje del cordón.
- Sección metálica:
 - Sección metálica nominal del alambre: Área correspondiente al diámetro nominal, que se toma como base para establecer las tolerancias.
 - Sección metálica nominal del cordón: Suma aritmética de las secciones metálicas nominales de los alambres que forman el cordón.
- Masa unitaria:
 - Masa unitaria nominal: Masa de 1m de alambre o de cordón, cuyo valor figura en las tablas, que se toma como base para el establecimiento de las tolerancias.
 - Masa unitaria real: La obtenida dividiendo la masa correspondiente a la longitud medida de un alambre o un cordón, por dicha longitud.
- Longitud de fabricación del cordón: Longitud del cordón que generalmente se fabrica con una misma carga de máquina. Una longitud de fabricación puede presentarse en uno o varios rollos, bobinas o carretes.

ALAMBRES

Tabla 6-32 Alambres de Acero - Dimensiones nominales de las grafilas

Diámetro nominal del alambre mm	Dimensiones nominales de las grafilas			
	Profundidad (a) centésimas de mm		Longitud (l) mm	Separación (p) mm
	Tipo 1	Tipo 2		
3	2 a 6		3.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5
4	3 a 7	5 a 9		
5	4 a 8	6 a 10		
6	5 a 10	8 a 13	5.0 ± 0.5	8.0 ± 0.5
≥ 7	6 a 12	10 a 20		



Grafilas

Tabla 6-33 Alambres de Acero - Dimensiones y propiedades de los alambres

Designación del acero	Valores nominales			Valores especificados						
	Diámetro mm	Resistencia a la tracción MPa	Masa ¹⁾	Sección transversal recta mm ²	Tolerancia de la sección transversal recta mm ²	Valor característico mínimo de la carga de rotura kN	Carga máxima de rotura kN	Valor característico del límite elástico al 0.1% ²⁾ kN	Valor característico del límite elástico al 0.2% ³⁾ kN	Diámetro del mandril para el ensayo de doblado alternativo mm
Y 1770 C	3.0	1770	55.5	7.07	± 0.14	12.5	14.6	10.4	10.6	15
Y 1770 C	4.0	1770	98.6	12.6	± 0.25	22.3	26.1	18.5	19.0	20
Y 1860 C	4.0	1860	98.6	12.6	± 0.25	23.4	27.4	19.4	19.9	20
Y 1770 C	5.0	1770	154	19.6	± 0.39	34.7	40.6	28.8	29.5	30
Y 1860 C	5.0	1860	154	19.6	± 0.39	36.5	42.7	30.3	31.0	30
Y 1770 C	6.0	1770	222	28.3	± 0.47	50.1	58.6	41.6	42.6	37
Y 1670 C	7.0	1670	302	38.5	± 0.58	64.3	75.2	53.4	54.7	45
Y 1670 C	7.5	1670	347	44.2	± 0.66	73.8	86.3	61.3	62.7	50
Y 1670 C	8.0	1670	395	50.3	± 0.75	84.0	98.3	69.7	71.4	55
Y 1570 C	9.4	1570	545	69.4	± 1.00	109	127	90.5	92.7	70
Y 1570 C	10.0	1570	616	78.5	± 1.10	123	144	102	105	75

1) La masa se calcula a partir de la sección transversal recta especificada y dando un valor a la masa específica del acero 7.85 kg/dm³.
 2) El valor característico del límite elástico al 0.1% se calcula como el 83% de la carga característica de rotura.
 3) El valor característico del límite elástico al 0.2% se calcula como el 85% de la carga característica de rotura. El valor del límite elástico al 0.2% de un alambre estará comprendido entre el 85% y el 95% de la carga característica de rotura.

Tabla 6-34 Alambres de Acero - Requisitos adicionales para los alambres

Propiedad	Especificación
Módulo elástico	205 kN/mm ² ± 7%
Mínimo alargamiento bajo carga máxima ¹⁾ (A _{gt}) L ₀ ≥ 100 mm	3.5%
Estricción a la rotura Alambres lisos Alambres grafilados	≥ 25% Visible a simple vista
Número mínimo de doblados alternativos ¹⁾ Alambres lisos Alambres grafilados	4 3
Relajación máxima a 1000 h ²⁾ Al 60% Al 70% Al 80%	1.5% 2.5% 4.5%
Fatiga Alambres lisos Alambres grafilados	200 N/mm ² 180 N/mm ²
Corrosión bajo tensión Valor mínimo individual Valor mínimo de la media de los ensayos	1.5 h 4 h

1) Para alambres destinados a la armadura transversal de tuberías y aquellos que deban cumplir exigencias especiales de durabilidad, el alargamiento bajo carga máxima será del 5% y el número mínimo de ciclos de doblado alternativo que debe soportar el alambre será de 7.
 2) El valor de la relajación es el obtenido empleando una carga inicial igual al 60%, 70% u 80% de la carga de rotura real, medida en probeta contigua. En aquellos casos en los que las exigencias de enderezado sean muy severas, como la fabricación de traviesas de ferrocarril (diámetros 7 – 7.5 – 9.4 y 10 mm), se podrán acordar con el cliente el suministro de alambres de relajación normal, en cuyo caso se aplicarán los siguientes límites de relajación a 1000 h:
 Al 60% 4.5%
 Al 70% 8.0%
 Al 80 % 12%

CORDONES

Tabla 6-35 Cordones - Dimensiones nominales de las grafilas

Profundidad centésimas de mm	Longitud mm	Separación mm
2 a 12	3.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5

Tabla 6-36 Cordones - Dimensiones y propiedades de los cordones

Clase	Designación del acero	Valores nominales			Valores especificados					
		Diámetro mm	Resistencia a la tracción MPa	Masa ¹⁾	Sección transversal recta mm ²	Tolerancia del área de la sección transversal recta ²⁾ mm ²	Valor característico mínimo de la carga de rotura kN	Carga máxima de rotura kN	Valor característico del límite elástico al 0.1% ³⁾ kN	Valor característico del límite elástico al 0.2% ⁴⁾ kN
A	Y 1770 S2 ⁵⁾	5.6	1770	96.7	12.3	± 0.25	21.8	25.5	18.5	19.2
	Y 1770 S2 ⁵⁾	6.0	1770	111	14.1	± 0.28	25.0	29.3	21.3	22.
	Y 1960 S3 ⁵⁾	5.2	1960	107	13.6	± 0.27	26.7	31.2	22.7	23.5
	Y 1860 S3 ⁵⁾	6.5	1860	166	21.1	± 0.43	39.2	45.9	33.3	34.3
	Y 1860 S3 ⁵⁾	6.8	1860	184	23.4	± 0.47	43.5	50.9	37.0	38.3
	Y 1860 S3 ⁵⁾	7.5	1860	227	29.0	± 0.58	54.0	63.2	45.9	47.5
	Y 1860 S7	9.3	1860	408	52	± 1.04	96.7	113	82.2	85.1
	Y 1860 S7	13.0	1860	785	100	± 2.00	186	218	158	164
B	Y 1770 S7	16.0	1770	1176	150	± 3.00	265	310	225	233
	Y 2060 S3 ⁵⁾	5.2	2060	107	13.6	± 0.27	28.0	32.8	23.8	24.6
	Y 1860 S7	15.2	1860	1101	140	± 2.80	260	304	221	229
	Y 1860 S7	16.0	1860	1176	150	± 3.00	279	326	237	246

1) La masa se calcula a partir de la sección transversal recta especificada y dando un valor a la masa específica del acero 7.85 kg/dm³.
2) La tolerancia del área de la sección transversal está basada en un ± 2% del área de la sección transversal.
3) El valor característico del límite elástico al 0.1% se calcula como el 85% de la carga característica de rotura.
4) El valor característico del límite elástico al 0.2% se calcula como el 88% de la carga característica de rotura.
5) Los cordones de 2 y 3 alambres se emplean normalmente para pretensado por adherencia.

Tabla 6-37 Cordones - Requisitos adicionales para los cordones

Propiedad	Especificación
Módulo elástico	195 kN/mm ² ± 7%
Mínimo alargamiento bajo carga máxima (A _{gt}) L ₀ ≥ 500 mm	3.5%
Estricción a la rotura	Visible a simple vista
Relajación máxima a 1000 h ¹⁾ Al 60% Al 70% Al 80%	1.5% 2.5% 4.5%
Fatiga Cordones lisos Cordones grafilados	190 N/mm ² 170 N/mm ²
Tracción desviada aplicable a cordones de 7 alambres de diámetro nominal del cordón ≥ 13 mm	D _{máx} = 28%
Corrosión bajo tensión Valor mínimo individual Valor mínimo de la media de los ensayos	1.5 h 4 h

1) El valor de la relajación es el obtenido empleando una carga inicial igual al 60%, 70% u 80% de la carga de rotura real, medida en probeta contigua.

Tabla 6-38 Cordones - Coeficiente de aceptación k en función del tamaño de la muestra

n	k	n	k
5	4.21	30	2.22
6	3.71	40	2.13
7	3.40	50	2.07
8	3.19	60	2.02
9	3.03	70	1.99
10	2.91	80	1.97
11	2.82	90	1.94
12	2.74	100	1.93
13	2.67	120	1.91
14	2.61	150	1.87
15	2.57	200	1.84
16	2.52	250	1.81
17	2.49	300	1.80
18	2.45	400	1.78
19	2.42	500	1.76
20	2.40	1000	1.73
25	2.29	∞	1.64

6.7. ARMADURAS PASIVAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL. FERRALLA.

6.7.1. ARMADURAS DE ACERO PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL. CORTE DOBLADO Y COLOCACIÓN DE BARRAS Y MALLAS. UNE 36831: 1997.

• FORMAS DE CORTE

Las barras y mallas pueden cortarse con cizalla o sierra o cualquier otro procedimiento que no altere en una longitud significativa las características geométricas y mecánicas de las barras o alambres de las mallas. El corte para preparación de bordes, en algunos empalmes por soldadura, debe ser realizado con sierra. Algunos procedimientos de empalme requieren condiciones especiales de corte.

• DOBLADO

El doblado debe realizarse en frío, con dobladoras mecánicas. En algunos casos excepcionales y correspondientes a barras parcialmente hormigonadas, puede realizarse el doblado en obra con herramientas manuales. En este último caso, deben mantenerse los radios mínimos que más adelante se indican y deberá cuidarse especialmente de no realizar tales operaciones con temperatura ambiente en las barras inferior a +5 °C. Los doblados de las zonas de solape de la armadura longitudinal de pilares, de una planta con otra, deben ser realizados previamente a la colocación de las armaduras en el encofrado.

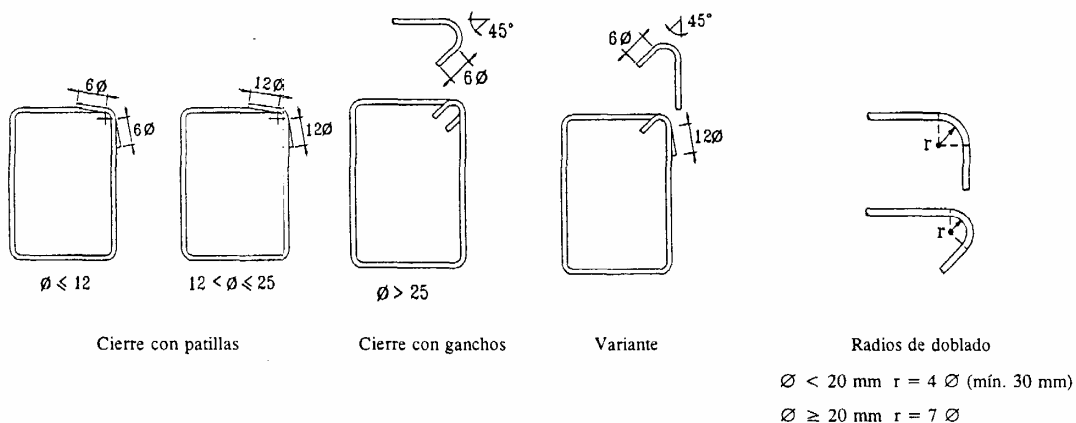
□ DIÁMETROS DE DOBLADO

El doblado de las barras, salvo indicación en contrario del proyecto, se realizará con mandriles que garanticen unos diámetros de doblado "d" que cumplan las siguientes condiciones:

- No ser inferiores a 10 veces el diámetro de la barra. Para aceros de calidad 500 y diámetros superiores a los 25 mm esta limitación se eleva a 12 veces el diámetro de la barra.
- no ser inferiores al valor que resulte de la siguiente expresión:

$$d = \frac{2 f_{yk}}{3 f_{ck}} \varnothing$$

siendo $\varnothing$ el diámetro nominal de la barra, f_{yk} el límite elástico de proyecto del acero y f_{ck} la resistencia característica de proyecto del hormigón, ambos valores expresados en las mismas unidades. En el caso de que el recubrimiento lateral de la barra doblada sea superior a dos veces el diámetro de la barra, podrá reducirse esta limitación, multiplicando por 0.6 el valor dado por la fórmula anterior.



• ATADO

□ SISTEMAS DE ATADO

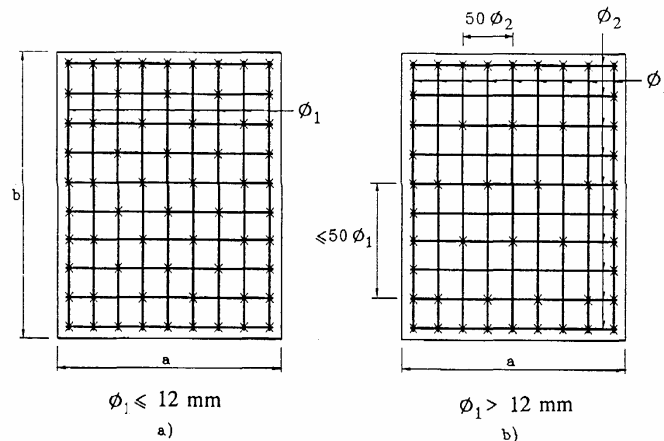
Se consideran dos sistemas de atado:

- Atado con puntos de soldadura: Su sujeción está cubierta por la Norma UNE 36832.
- Atado con alambre: Se realiza con alambre de acero. Se puede utilizar el atado con alambres provistos de ganchos terminales, realizando con la herramienta manual correspondiente, o el realizado con alambre y atadora mecánica o bien con alambre y tenaza. El atado puede ser realizado también con clips de alambre. En cualquier caso el sistema empleado debe garantizar el atado de barras durante el transporte y montaje de las armaduras y durante el vertido y compactación del hormigón.

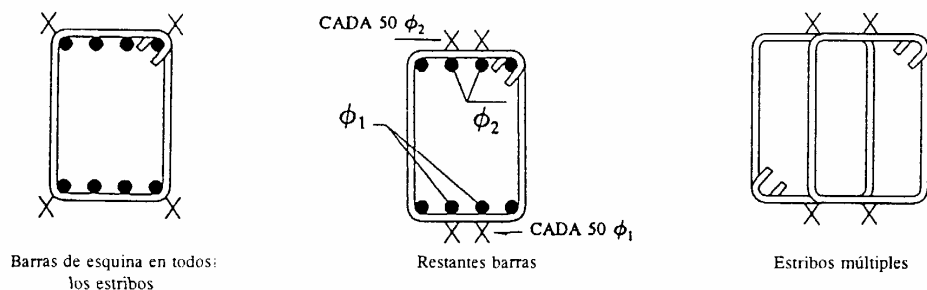
□ PUNTOS DE ATADO

Con independencia de que el atado se realice con alambre o por puntos de soldadura, cumplirá con las especificaciones siguientes:

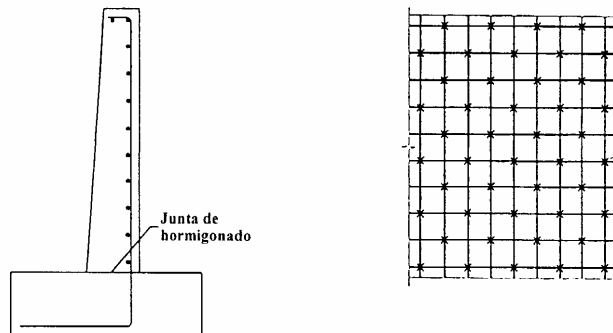
- Losas y placas: Deben atarse todos los cruces de barras del perímetro del panel de la armadura. Cuando las barras de la armadura principal tengan un diámetro igual o inferior a 12mm, se sujetan en el resto del panel los cruces de las barras de forma alternativa. Cuando dicho diámetro sea superior a 12mm, los cruces atados no deben distanciarse más de 50 diámetros, disponiéndose también de forma alternativa.



- Pilares y vigas: Debe atarse cada cruce de esquina de los estribos con la armadura principal. Si se emplea malla electrosoldada para formar los estribos o armadura simplemente de sujeción de estribos, la armadura principal debe atarse en las esquinas a una distancia no mayor de cincuenta veces el diámetro de la armadura principal. Las otras barras diferentes de las de esquina deben atarse a éstos a distancias no superiores a cincuenta veces el diámetro de la barra. Los estribos múltiples formados por estribos simples deben atarse entre sí.



- Muros: Se atan las barras en intersecciones alternadas. Los muros prefabricados, hormigonados con su plano medio en posición horizontal, se consideran, a efectos de atado, como losas.



• COLOCACIÓN

□ RECUBRIMIENTOS

La colocación de armaduras debe realizarse de forma que se cumplan los recubrimientos especificados, de acuerdo con lo prescrito en el proyecto y según la legislación vigente.

Los recubrimientos anteriormente considerados se entienden como recubrimientos mínimos ($C_{\min}$), correspondientes al tipo de separador o calzo empleado, deberán cumplir las condiciones siguientes:

- Piezas prefabricadas en instalación industrial fija y obras sometidas a control intenso.

$$C_{\text{nom}} = C_{\min} + 5 \text{ mm}$$

- Obras en general:

$$C_{\text{nom}} = C_{\min} + 10 \text{ mm}$$

□ SEPARACIÓN ENTRE BARRAS

Las separaciones entre barras, tanto en sentido horizontal como vertical, se adecuarán a lo especificado en proyecto y a las distancias mínimas prescritas por la legislación aplicable.

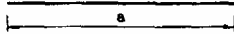
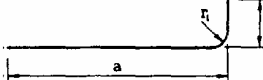
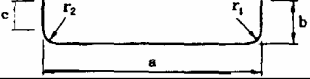
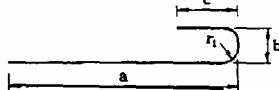
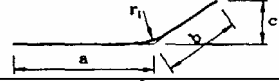
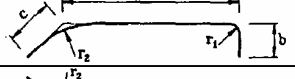
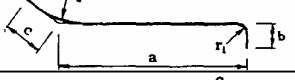
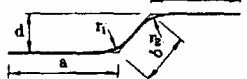
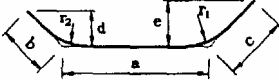
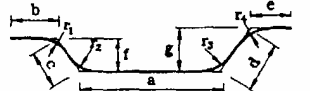
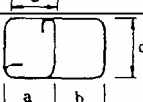
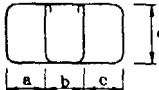
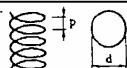
□ INSPECCIÓN

La comprobación de la aptitud y calidad del acero debe hacerse previamente a su corte y doblado. Las comprobaciones de corte, doblado, colocación y recubrimientos deben ser siempre realizadas antes del hormigonado de la pieza correspondiente, no debiendo autorizarse el hormigonado hasta no resultar conforme la inspección correspondiente.

□ FORMAS PREFERENTES DE ARMADO

La optimización del coste en las armaduras se consigue mediante la racionalización de los esquemas de armado, a través de la simplificación y repetición de formas. Además, una de las finalidades perseguidas en este proceso es el evitar errores de colocación en obra. Para ello debe procurarse siempre que la longitud total de corte de las barras sea múltiplo de 5 cm, y unificar las longitudes de las barras pertenecientes a elementos semejantes que vayan a montarse en el mismo período de tiempo, siempre que difieran menos de 20 cm. En este sentido la siguiente tabla contiene las formas preferentes de armado, que cubren la mayoría de las necesidades prácticas.

Tabla 6-39 Armaduras de Acero - Formas preferentes de armado

Código de forma	Forma	Clave (código - Ø - a - b - c - d - e - r ₁ - r ₂)
01*		01 Ø - a
02*		02 Ø - a - b - r ₁
03*		03 Ø - a - b - c - r ₁ - r ₂
04		04 Ø - a - b - c - r ₁
05		05 Ø - a - b - c - r ₁
06*		06 Ø - a - b - c - r ₁ - r ₂
07*		07 Ø - a - b - c - r ₁ - r ₂
08*		08 Ø - a - b - c - d - r ₁ - r ₂
09		09 Ø - a - b - c - d - e - r ₁ - r ₂
10		10 Ø - a - b - c - d - e - f - g - r ₁ - r ₂ - r ₃ - r ₄
11*		11 Ø - a - b
12		12 Ø - a - b
13		13 Ø - a - b - d
14		14 Ø - a - b - c - d
15		15 Ø - a - d
16	 n = número de espiras	16 Ø - d - n - p

NOTAS:

1) Las estructuras ordinarias en edificación pueden generalmente proyectarse con el uso exclusivo de las siete formas que llevan la señal *. (Seis si las zapatas tienen solo barras rectas).

Las cotas deben indicarse en cm, salvo los recubrimientos que se indicarán en mm.

□ **TOLERANCIAS:**

- Las tolerancias se aplican a las cotas indicadas en los planos. Deberá evitarse el doble dimensionamiento, pero en principio si a una dimensión o posición le corresponden varias tolerancias en el sistema descrito, se entiende que rige la más estricta salvo que se indique otra cosa.
- En el caso de dimensiones fraccionadas que forman parte de una dimensión total, las tolerancias deben interpretarse individualmente y no son acumulativas.
- Los solapes deben figurar en los planos con definición de su longitud y posición.

Tabla 6-40 Armaduras de Acero - Corte de barras

$L \leq 6 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
$L > 6 \text{ m}$	+ 20 mm - 30 mm

□ **FORMA Y DOBLADO**

• **Barras**

Tabla 6-41 Armaduras de acero - Cotas en general

$L_i \leq 6 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
$L_i > 6 \text{ m}$	$\pm 30 \text{ mm}$
$L \leq 6 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
$L > 6 \text{ m}$	+ 20 mm - 30 mm

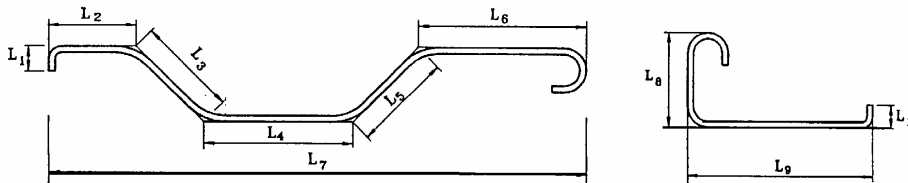


Tabla 6-42 Armaduras de acero - Cotas que afectan al canto

$L \leq 1 \text{ m}$	$\pm 10 \text{ mm}$
$1 \text{ m} < L \leq 2 \text{ m}$	+ 12 mm - 16 mm
$L > 2 \text{ m}$	+ 16 mm - 20 mm



Tabla 6-43 Armaduras de acero - Radios de doblado

$\varnothing \leq 25 \text{ mm}$	$\pm 15 \text{ mm}$
$\varnothing > 25 \text{ mm}$	$\pm 25 \text{ mm}$

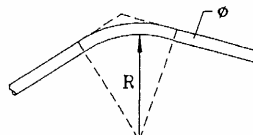
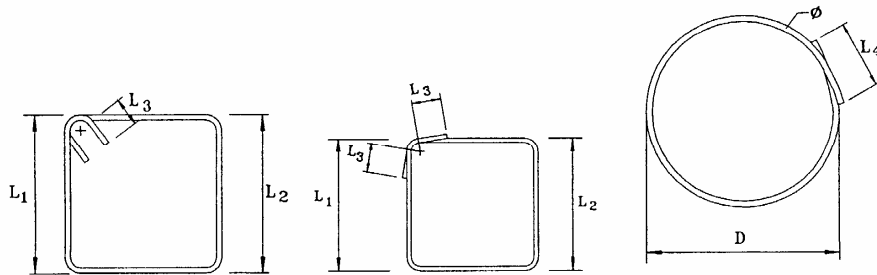


Tabla 6-44 Armaduras de acero - Estribos y cercos

Todas las dimensiones en mm	$\varnothing \leq 25$	$\varnothing > 25$
$L_1^{1)}$	± 16	+20 -24
$L_2^{1)}$	± 16	+20 -24
L_3	± 16	+20 -24
L_4	± 16	+20 -24
D	± 15	+20 -24

1) $|L_1 - L_2| \leq 10$



□ **COLOCACIÓN**

Tabla 6-45 Armaduras de acero - Recubrimientos

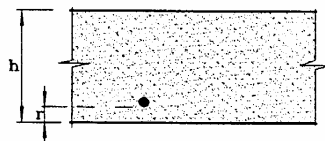
Desviación en menos: ¹⁾	Control de Calidad Normal: -10 mm
	Control de Calidad Intenso: -5 mm
1) Los valores indicados corresponden al establecimiento de recubrimientos en los planos iguales a los mínimos establecidos en la norma, incrementados en 5mm en caso de control de ejecución intenso y 10mm en caso de control de ejecución normal. Los valores nominales de los recubrimientos corresponden a los separadores a emplear.	

Desviaciones en más:

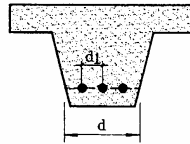
Dimensión h de la pieza en el sentido del recubrimiento

Tabla 6-46 Armaduras de acero – Dimensión h de la pieza en sentido del recubrimiento

$h \leq 10$ cm	6 mm
$10 \text{ cm} < h \leq 30 \text{ cm}$	10 mm
$30 \text{ cm} < h \leq 60 \text{ cm}$	12 mm
$h > 60 \text{ cm}$	16 mm

**Tabla 6-47 Armaduras de acero -Desviaciones en sentido transversal respecto a la posición básica**

$d \leq 100$ mm	± 6 mm
$100 \text{ mm} < d \leq 300 \text{ mm}$	± 10 mm
$300 \text{ mm} < d \leq 600 \text{ mm}$	± 16 mm
$d > 600 \text{ mm}$	± 24 mm



Distancia entre armaduras consecutivas: Se admite una desviación de la distancia d_1 no mayor de $\pm 24\text{mm}$ sin exceder $\pm(d_1/4)$. El valor mínimo en cualquier caso debe cumplir con lo establecido en las normas.

Desviación de la posición básica del eje de una barra, en serie de barras paralelas, en muros, losas, zapatas, etc.

$\pm 50\text{ mm}$

(El número total de barras no debe ser inferior al especificado)

Desviación de la posición básica de estribos

$\pm (h/12)$ ó $\pm (b/6)$, (Lo que sea menor)

Siendo h el canto de la viga y b el ancho.

El número total de estribos de cada campo de secuencia de estribos no debe ser inferior al especificado. La desviación en menos de la distancia del primer estribo en los apoyos de una viga, a la cara del apoyo es de -22mm .

Desviación en la posición básica de cercos

$\pm (b/12)$

Siendo b el lado menor de sección rectangular del pilar.

El número total de cercos por tramo del pilar no debe ser inferior al especificado.

Situación en la dirección del eje de la pieza de puntos medios de arcos de doblado, puntos de tangencia y extremos de barras

En semiluces de vanos simplemente apoyados o articulados:

$\pm 24\text{ mm}$

En los casos restantes:

Longitudes L , de anclaje y solape

$+ 0.10 L \quad \nlessgtr 50\text{mm}$

$- 0.05 L \quad \nlessgtr -50\text{mm}$, con mínimo de 12mm

6.8. REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO. UNE 36-097: 1981.

Tabla 6-48 Redondo liso para hormigón armado - Características mecánicas

Diámetro nominal en mm	Re mínimo		R		A L0 = 5d mínimo	Ensayo de doblado Diámetro de mandril			
	kgf/mm ²	kgf/mm ²	kgf/mm ²	MPa		D		D'	
						R ≤ 45	R > 45	R ≤ 45	R > 45
						1d	1d	2d	2d
d ≤ 16	22	215	34 / 50	330 / 490	23	1d	1d	2d	2d
d > 16						1d	2d	2d	4d

Tabla 6-49 Redondo liso para hormigón armado - Características geométricas y ponderales

Diámetro d mm	Masa por metro M kg/m	Área de la sección recta S mm ²
6	0.222	28.3
8	0.395	50.3
10	0.617	78.5
12	0.888	113.1
14	1.208	153.9
16	1.578	201
20	2.47	314
25	3.85	491
32	6.31	804
40	9.86	1257
50	15.41	1963

Tabla 6-50 Redondo liso para hormigón armado - Ensayo de tracción

Diámetro nominal en mm	CARGA TOTAL					
	en el límite elástico		mínimo		máximo	
	10 ³ kgf	10 ³ N	10 ³ kgf	10 ³ N	10 ³ kgf	10 ³ N
6	0.623	6.08	0.962	9.34	1.415	13.87
8	1.107	10.81	1.710	16.60	2.52	24.6
10	1.727	16.88	2.67	25.9	3.92	38.5
12	2.49	24.3	3.85	37.3	5.66	55.4
14	3.39	33.1	5.23	50.8	7.70	75.4
16	4.42	43.2	6.83	66.3	10.05	98.5
20	6.91	67.5	10.68	103.6	15.70	153.9
25	10.80	105.5	16.69	162.0	24.6	241
32	17.69	172.9	27.3	265	40.2	394
40	27.7	270	42.7	415	62.8	616
50	43.2	422	66.7	648	98.2	962

□ **TOLERANCIAS:**

Tolerancias en masa y en área de la sección transversal: Las tolerancias en masa y área respecto a los valores nominales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6-51 Redondo liso para hormigón armado - Tolerancias en masas y en área

Diámetro nominal en mm	Tolerancia sobre barra individual %	Tolerancia sobre lote %
6	-5	+ 10
8		- 4
10		
12	-5	+ 6
14		- 4
16		
20	-5	± 4
25		
32		
40	-4	± 3
50		

Los valores de tolerancia tabulados en este apartado, tienen exclusivamente un carácter técnico para aceptación o rechazo de un lote. No se refieren ni a las posibles variaciones de peso suministrado respecto al pedido, ni a las posibles diferencias de pesada por expedición.

Tolerancias de ovalidad: Las diferencias entre el diámetro máximo y mínimo de una sección recta cualquiera, no serán superiores a los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6-52 Redondo liso para hormigón armado - Tolerancias de ovalidad

Diámetro nominal en mm	Diferencia máxima en mm
6	1.00
8	
10	
12	1.50
14	
16	
20	2.00
25	
32	
40	2.50
50	

Esta tolerancia se establece fundamentalmente para evitar confusiones en obra entre diámetros consecutivos.

Tolerancia en longitud: Las desviaciones en las barras solicitadas a longitud fija serán:
+ 200 mm

6.8.1. ANEXO: EQUIVALENCIA ENTRE LOS TÉRMINOS Y SÍMBOLOS EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA Y EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

A nivel internacional los términos y símbolos empleados en la industria de la construcción son diferentes a los empleados en la industria siderúrgica. Esta disparidad se traslada a las normas UNE por lo que a continuación se establece una equivalencia entre ambas notaciones.

Tabla 6-53 Equivalencia entre los términos y símbolos de la industria siderúrgica y de la construcción

Término	Ind. Siderúrgica Símbolo	Ind. Construcción Símbolo
Sección inicial de la probeta de tracción	S_0	A_i
Sección mínima después de la rotura	S_u	A_u
Distancia entre puntos de la probeta de tracción	L_0	L_i
Distancia final entre puntos	L_u	L_u
Carga a que está sometida la probeta en cualquier momento del ensayo	$F = R \times S_0$	$F = \sigma_s \times A_i$
Carga de rotura	$F_m = R_m \times S_0$	$F_{\text{máx}} = f_s \times A_i$
Límite elástico	R_e	f_y
Límite elástico aparente superior	R_{eH}	f_{yH} ó $f_{ysup.}$
Límite elástico aparente inferior	R_{eL}	f_{yL} ó $f_{yinf.}$
Límite elástico convencional n%aptdo.	R_{pn}	f_n
Resistencia a la tracción	R_m	f_s
Alargamiento remanente	A_r	ϵ
Alargamiento de rotura	A	ϵ_u
Estricción	Z	η

6.9. ACEROS PARA ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SISMICAS. NORMA EHE, 1998.

Los aceros de armaduras pasivas recomendados para garantizar un comportamiento de ductilidad elevada son los que cumplen las siguientes condiciones:

$$1.20 \leq \frac{f_s}{f_y} \leq 1.35$$

$$\epsilon_{\text{max}} \geq 9\%$$

Un tipo de acero que cumple las condiciones de ductilidad exigidas es el acero soldable con características especiales de ductilidad B 400 SD, normalizado en la UNE 36065:00 EX. Dicho acero, constituido por barras corrugadas cuyos diámetros se ajustan a la serie: 6-8-10-12-14-16-20-25-32-40 mm, debe cumplir los requisitos técnicos fijados en dicha norma, entre los cuales se hallan los de adherencias y los relativos a características mecánicas mínimas garantizadas, que se recogen en la tabla siguiente:

Tabla 6-54 Aceros para estructuras sometidas a acciones sismicas - Características mecánicas garantizadas de las barras corrugadas de acero B400SD

Designación	Clase de acero	F_y no menor que 1) N/mm ²	f_s no menor que 1) N/mm ²	f_y real/ $f_{y\text{nominal}}$	Alargamiento de rotura sobre base de 5 diámetros	ϵ_{max}	F_s / f_y en ensayo 2)
B 400 SD	Soldable con características especiales de ductilidad	400	480	≤ 1.20	$\geq 20\%$	$\geq 9\%$	≥ 1.20 ≤ 1.35

1) Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.
2) Relación mínima y máxima admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenido en cada ensayo.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En lo que se establecen unos requisitos dimensionales y de disposición de armaduras que aseguran un comportamiento de ductilidad alta para las diferentes magnitudes de la acción sísmica, de acuerdo con la experimentación disponible y el comportamiento real de estructuras sometidas a sismo.

Los requisitos relativos a dimensiones mínimas o a cuantías máximas están, en general, establecidos para evitar una excesiva concentración de armaduras o una inadecuada ejecución de las zonas de mayor responsabilidad estructural.

Los requisitos relativos a armaduras longitudinales, en cuanto a cuantías mínimas en secciones y distribuciones a lo largo del elemento, están establecidos teniendo en cuenta, principalmente la reversibilidad de momentos y el cambio de las leyes de esfuerzos a lo largo del elemento debido al comportamiento no lineal supuesto.

Los requisitos relativos a armaduras transversales están establecidos, principalmente, con el fin de confinar el hormigón comprimido, evitar el pandeo de la armadura comprimida y aumentar la resistencia a cortante.

Por último los criterios generales relativos a las condiciones de anclaje se establecen para tener en cuenta el deterioro de estas características resistentes debido a la acción de las cargas cíclicas alternadas.

VIGAS

Nos referimos a elementos que trabajan fundamentalmente a flexión y cumplen las siguientes condiciones:

- El esfuerzo axial de compresión de cálculo reducido, debido a la situación sísmica, cumple:

$$N_d / (A_c f_{cd}) \leq 0.10$$

- La relación ancho/canto no será menor de 0.3.
- La luz del vano no será menor que cuatro veces el canto útil del elemento.
- El ancho de la viga no será inferior a 250mm ni superior al ancho del apoyo o pilar que la recibe más 0.75 del canto de la viga.

En relación con el anclaje y solapo de las armaduras se cumplirán las siguientes aplicaciones:

- Las longitudes de anclaje de las armaduras se aumentarán 10ϕ respecto a las definidas para cargas estáticas.
- Los empalmes de las armaduras se alejarán, en lo posible, de las zonas próximas a los extremos, en una longitud de dos veces el canto de la viga, o de las zonas donde se prevea la formación de rótulas plásticas.

Para estructuras en las que se quiera conseguir un nivel de ductilidad muy alto las vigas deberán cumplir los siguientes requisitos, relativos a disposición de armaduras.

- Armadura longitudinal.

La armadura longitudinal estará constituida, al menos, por $4\phi 16$ dispuestos a lo largo de toda la longitud, dos en cada cara. En cualquier caso no se dispondrá, en un parámetro traccionado, una cuantía geométrica superior al 2.5%.

La capacidad resistente a flexión positiva en el apoyo no será inferior a la mitad de la capacidad resistente de esta sección a flexión negativa. Simplificadamente, esta condición se cumple si se dispone en los extremos de las vigas una armadura comprimida no inferior a la mitad de la traccionada. En cualquier caso, ninguna sección a lo largo de la viga tendrá una capacidad resistente a flexión positiva o negativa inferior al 25% de la capacidad resistente máxima a flexión negativa de los extremos.

- Armadura transversal.

La capacidad resistente a cortante de las secciones será, al menos, un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para situación sísmica.

En cuanto a la disposición de la armadura transversal se seguirán las siguientes indicaciones: (figura 1)

- En las zonas extremas de la viga, en una longitud igual al menos a dos veces el canto desde la cara de apoyo hacia el interior del vano, se dispondrán cercos cerrados de

diámetro mayor o igual que 6 mm y separados a distancias no mayores que la menor de las siguientes:

- Un cuarto de la viga.
- 6 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
- 24 veces el diámetro utilizado para la armadura transversal.
- 150 mm.
- En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

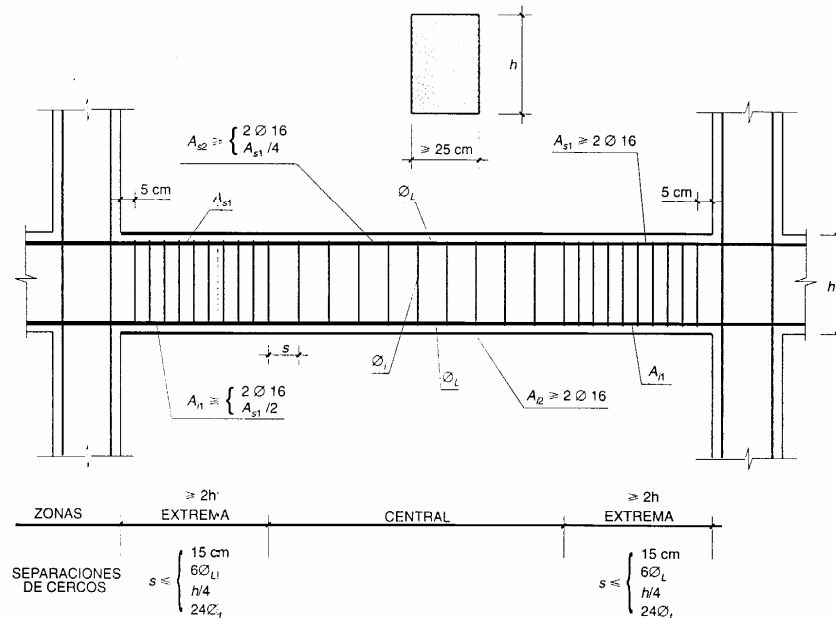


Figura 1

Para estructuras en las que se quiera conseguir un nivel de ductilidad alto, las vigas deben cumplir los siguientes requisitos, relativos a disposición de armaduras.

- **Armadura longitudinal:**
La armadura longitudinal estará constituida, al menos, por 4Ø14 dispuestos a lo largo de toda la longitud, dos en cada cara. En cualquier caso, en el parámetro traccionado, no se dispondrá una cuantía geométrica superior al 2.5%.
La capacidad resistente a flexión positiva en el apoyo no será inferior al tercio de la capacidad resistente de esta sección a flexión negativa. Simplificadamente, esta condición se cumple si se dispone en los extremos de las vigas una armadura comprimida no inferior al tercio de la traccionada. En cualquier caso, ninguna sección a lo largo de la viga tendrá una capacidad resistente a flexión positiva o negativa inferior al 20% de la capacidad resistente máxima a flexión negativa en los extremos.
- **Armadura transversal:**
La capacidad resistente a cortante de las secciones será, al menos, un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para situación sísmica.
En cuanto a la disposición de la armadura transversal se seguirán las siguientes indicaciones.(figura 2)
 - En las zonas extremas de la viga, en una longitud igual al menos a dos veces el canto desde la cara del apoyo hacia el interior del vano, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual que 6mm y separados a distancias no mayores que la menor de las siguientes:
 - Un cuarto del canto de la viga.
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
 - 24 veces el diámetro utilizado para la armadura transversal.
 - 200mm-
 - En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

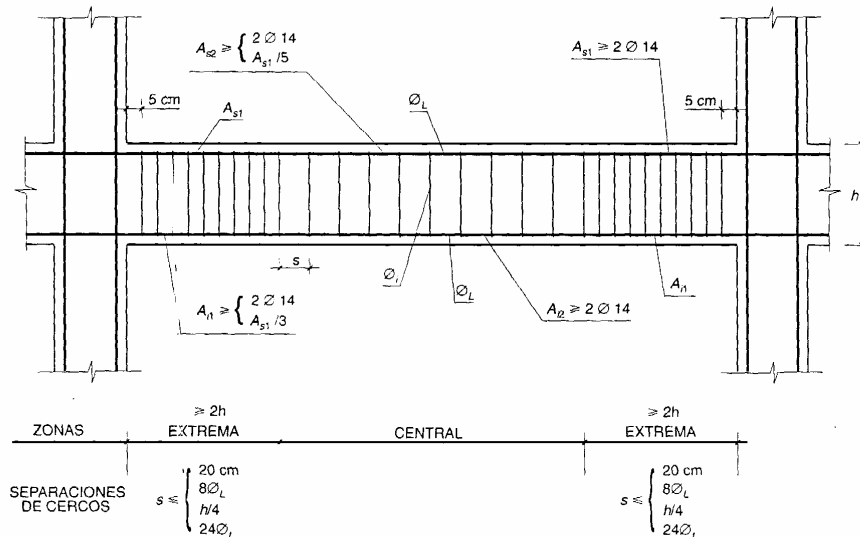


Figura 2

SOPORTES

Este apartado se refiere a elementos que trabajan fundamentalmente a compresión compuesta y cumplen las siguientes condiciones:

- El esfuerzo axial de compresión de cálculo reducido, debido a la situación sísmica, es:

$$N_d / (A_c f_{cd}) \geq 0.10$$

En relación con el anclaje y el soplado de las armaduras se cumplirán las siguientes indicaciones:

- Las longitudes de anclaje de las armaduras se aumentarán $10\varnothing$ respecto a las definidas para cargas estáticas.
- Los empalmes de las armaduras se alejarán, en lo posible, de las zonas próximas a los extremos o de las zonas donde se prevea la formación de rótulas plásticas.

Para conseguir estructuras de ductilidad muy alta, los soportes deben cumplir los siguientes requisitos:

- La dimensión mínima no será inferior a 30cm.
- Armadura longitudinal:
La armadura longitudinal estará constituida, como mínima, por tres barras por cara y con una separación no superior a 150mm. En cualquier caso, no se dispondrá una cuantía geométrica total inferior al 1% ni superior al 6%.

- Armadura transversal:
La capacidad resistente a cortante de las secciones será un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para la situación sísmica.

En cuanto a la disposición de la armadura transversal se seguirán las siguientes indicaciones(figura3)

- En las zonas extremas del pilar, en una longitud mayor o igual al doble de la menor dimensión o la sexta parte de la longitud libre del soporte, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual a 6mm y separados a distancia son mayores que la menor de las tres siguientes:
 - Un cuarto de la menor dimensión del soporte.
 - 6 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
 - 100mm.

En ningún caso, en esta zona, se dispondrá una cuantía mecánica volumétrica de armadura menor que:

$$\omega_w = (W_{sc} / W_c) (f_{yd} / f_{cd}) > 0.12$$

donde:

ω_w	Cuantía mecánica volumétrica de confinamiento.
W_{sc}	Volumen de horquillas y estribos de confinamiento.
W_c	Volumen de hormigón confinado.

La armadura definida para estas zonas extremas se prolongará dentro del nudo.

- En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

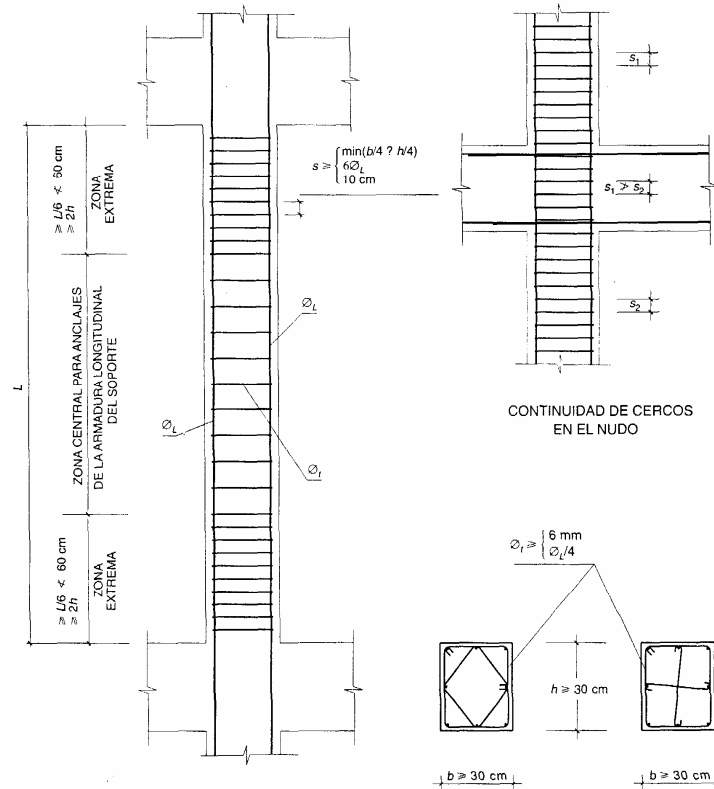


Figura 3

Cuando se deseen conseguir estructuras de ductilidad alta, los soportes deben cumplir los siguientes requisitos, relativos a disposición de armaduras:

- Armadura longitudinal:**
La armadura longitudinal estará construida, como mínimo, por tres barras por cara y con una separación no superior a 150mm. En cualquier caso, no se dispondrá una cuantía geométrica total inferior al 1% ni superior al 6%.
- Armadura transversal:**
La capacidad resistente a cortante de las secciones será un 25% superior a la requerida por el cortante de cálculo para la situación sísmica.
En cuanto a la disposición de la armadura transversal, se seguirán las siguientes indicaciones:(figura 4)
 - En las zonas extremas del pilar, en una longitud mayor o igual al doble de la menor dimensión o la sexta parte de la longitud libre del soporte, se dispondrán cercos cerrados de diámetro mayor o igual a 6mm y separados a distancias no mayores que la menor de las siguientes:
 - Un tercio de la menor dimensión del soporte.
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal comprimida de menor diámetro.
 - 24 veces el diámetro de la armadura transversal.
 - 150mm.
 La armadura definida para estas zonas se prolongará dentro del nudo.
 - En las zonas centrales son de aplicación los requisitos generales.

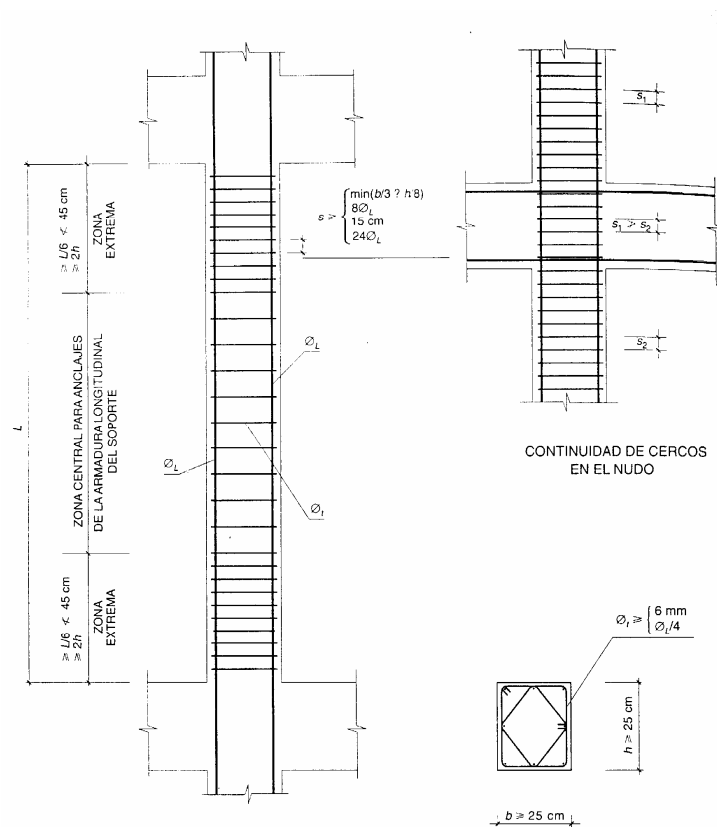


Figura 4

NUDOS

Para la comprobación de las condiciones de los nudos deberá procederse utilizando un modelo de bielas y tirantes, definido de acuerdo con los criterios generales y estableciendo las comprobaciones de los distintos elementos.

PANTALLAS

Este apartado se refiere a elementos de gran rigidez cuya función fundamental es la de resistir esfuerzos horizontales producidos por la acción sísmica y que cumplen las siguientes condiciones:

- El espesor mínimo de la pantalla será de 150mm.
- Las condiciones de rigidez y, por tanto, las dimensiones, no variarán significativamente a lo largo de la altura.
- En el caso de que presenten huecos, éstos estarán alineados verticalmente.

En relación con el anclaje y solape de las armaduras, se cumplirán las siguientes indicaciones:

- Las longitudes de anclaje de las armaduras se aumentarán 10ϕ respecto a las definidas para cargas estáticas.

Para estructuras sometidas a una $a_c \geq 0.16g$ deben cumplirse los siguientes requisitos, relativos a la disposición de armaduras:

- La armadura longitudinal y transversal estará constituida por un emparillado en ambas caras, con una separación no superior a 150mm. En cualquier caso, no se dispondrá una cuantía geométrica inferior al 2.5 por ‰ ni superior al 4%.
- Es conveniente, asimismo, disponer de una zona confinada por cercos, en los bordes de la pantalla, en un ancho de al menos la quinta parte del ancho de la pantalla o el duplo de su espesor, con cercos de diámetro igual o superior a 8mm y separados a una distancia no mayor que la menor de las siguientes:
 - La tercera parte del espesor de la pantalla.
 - 10 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada situada en la zona confinada.

DIAGRAMAS HORIZONTALES

Los diagramas horizontales pueden estar constituidos por losas de hormigón o la capa de compresión de los forjados unidireccionales o bidireccionales siempre que su espesor sea mayor o igual que 50mm, se disponga una armadura de reparto y se garantice una adecuada vinculación con los elementos perimetrales (vigas o zunchos).

6.10. CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS. ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLICITACIONES NORMALES. NORMA EHE, 1998.

□ DISPOSICIONES RELATIVAS A LAS ARMADURAS.

Si existen armaduras pasivas en compresión, para poder tenerlas en cuenta en el cálculo será preciso que vayan sujetas por cercos o estribos, cuya separación s_t sea igual o inferior a quince veces el diámetro $\varnothing_{\min}$ de la barra comprimida más delgada y cuyo diámetro $\varnothing_t$ sea igual o superior a la cuarta parte de $\varnothing_{\max}$, siendo $\varnothing_{\max}$ el diámetro de la armadura comprimida más gruesa. Si la separación s_t entre cercos es inferior a $15\varnothing_{\min}$, su diámetro $\varnothing_t$ podrá disminuirse de tal forma que la relación entre la sección del cerco y la separación s_t siga siendo la misma que cuando se adopta:

$$\varnothing_t = 1/4 \varnothing_{\max} \text{ y } s_t = 15 \varnothing_{\min}$$

Para piezas comprimidas, en cualquier caso, s_t debe ser inferior que la dimensión menor del elemento y no mayor que 30cm.

La armadura pasiva longitudinal resistente, o la de piel, habrá de quedar distribuida convenientemente para evitar que queden zonas de hormigón sin armaduras, de forma que la distancia entre dos barras longitudinales consecutivas (s) cumpla las siguientes limitaciones:

$$s \leq 30 \text{ cm}$$

$s \leq$ tres veces el espesor bruto de la parte de la sección del elemento, alma o alas, en las que vayan situadas.

En zonas de solapo o de doblado de las barras puede ser necesario aumentar la armadura transversal.

Para que los cercos arriostren eficazmente longitudinal, es preciso que sujeten realmente las barras longitudinales en compresión, evitando su pandeo. Así, por ejemplo, si en un soporte la armadura longitudinal se dispone no solo en las esquinas sino también a lo largo de las caras, para que las barras centrales queden realmente sujetas, convendrá adoptar disposiciones que sujeten, al menos, una de cada dos barras consecutivas de la misma cara y todas aquellas que se dispongan a una distancia $a > 15 \text{ cm}$.

En muros o pantallas sometidas a compresión dominante es conveniente sujetar con estribos una de cada dos barras, alternándolas tanto vertical como horizontalmente.

En los bordes o extremos convendrá disponer armadura transversal suficiente atando todos los nudos.

□ FLEXIÓN SIMPLE O COMPUESTA

En todos aquellos casos en los que el agotamiento de una sección se produzca por flexión simple o compuesta, la armadura resistente longitudinal traccionada deberá cumplir la siguiente limitación:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \geq 0.25 (W_1 / h) f_{cd}$$

Donde:

A_p	Área de la armadura activa adherente.
A_s	Área de la armadura pasiva.
f_{pd}	Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción.
f_{yd}	Resistencia de cálculo del acero de la armadura pasiva en tracción.
f_{cd}	Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.
W_1	Módulo resistente de la sección bruta relativo a la fibra más traccionada.
h	Canto total de la sección.

La limitación impuesta a la armadura de tracción aparece justificada por la necesidad de evitar que, debido a la insuficiencia de dicha armadura para asegurar la transmisión de los esfuerzos en el momento en que el hormigón se fisura, puede romperse la pieza sin aviso previo al alcanzar el hormigón su resistencia a tracción. Por lo tanto, deberá disponerse de una armadura suficiente para resistir una fuerza de tracción igual a la del bloque traccionado de la sección antes de producirse la fisuración. Para secciones armadas sometidas a flexión compuesta, la fórmula anterior, que no tiene en cuenta el efecto del axil, es conservadora. Para secciones pretensadas sometidas a flexión, la fórmula anterior supone una simplificación. Se llama la atención sobre que, a los únicos efectos de la expresión anterior, para el cálculo de f_{pd} deberá restarse la tensión correspondiente a la predeformación de la armadura activa. La condición de cuantía mínima puede calcularse también, de forma más precisa, con la siguiente expresión:

$$A_p f_{pd} (d_p / d_s) + A_s f_{yd} \geq 0.25 f_{cd} (W_1 / h) + 1.25 (P_k / h) ((W_1 / A_c) + e)$$

Siendo:

- d_p Profundidad, desde la fibra superior de la sección, de la armadura activa.
- d_s Profundidad, desde la fibra superior de la sección, de la armadura pasiva.
- A_c Área de la sección bruta.
- P_k Fuerza de pretensado.
- e Excentricidad del pretensado respecto del centro de gravedad de la sección bruta.
- f_{pd} Resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción, incluyendo la tensión correspondiente a la predeformación.

Para secciones de hormigón armado se admite una reducción de la armadura mínima utilizando el factor α que se indica seguidamente:

$$\alpha = 1.5 - 1.95 (A_s h f_{yd} / f_{cd} W_1)$$

Para secciones rectangulares de hormigón armado, los criterios anteriores conducen a las siguientes expresiones:

$$A_s \geq 0.04 A_c (f_{cd} / f_{yd})$$

Siendo A_c el área de la sección total de hormigón y

$$\alpha = 1.5 - 12.5 (A_s f_{yd} / A_c f_{cd})$$

En los casos de flexión compuesta, se recomienda que se disponga una armadura mínima de compresión que cumpla la condición:

$$A_s' f_{yd} \geq 0.05 N_d$$

Siendo A_s' la sección de la armadura comprimida.

□ COMPRESIÓN SIMPLE O COMPUESTA

En las secciones sometidas a compresión simple o compuesta, las armaduras principales en compresión A_{s1}' y A_{s2}' deberán cumplir las limitaciones siguientes:

$$A_{s1}' f_{yc,d} \geq 0.05 N_d$$

$$A_{s1}' f_{yc,d} \leq 0.5 f_{cd} A_c$$

$$A_{s2}' f_{yc,d} \geq 0.05 N_d$$

$$A_{s2}' f_{yc,d} \leq 0.5 f_{cd} A_c$$

Donde:

$f_{yc,d}$ Resistencia de cálculo del acero a compresión $f_{yc,d} = f_{yc} \square 400 \text{ N/mm}^2$.

N_d Esfuerzo actuante normal mayorado de compresión.

f_{cd} Resistencia de cálculo del hormigón en compresión.

A_c Área de la sección total de hormigón.

En los casos de compresión simple, con armadura simétrica, las cuatro fórmulas limitativas, incluidas anteriormente, quedan reducidas a:

$$A_s' f_{yc,d} \geq 0.1 N_d$$

$$A_{s1}' f_{yc,d} \leq 0.5 f_{cd} A_c$$

siendo A_s' la sección total de las armaduras longitudinales comprimidas.

□ TRACCIÓN SIMPLE O COMPUESTA

En el caso de secciones de hormigón sometidas a tracción simple o compuesta, provistas de dos armaduras principales, deberán cumplirse las limitaciones:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \geq 0.20 A_c f_{cd}$$

Para secciones armadas sometidas a tracción simple, la fórmula anterior, que no tiene en cuenta el efecto del momento es conservadora.

Para secciones pretensadas sometidas a tracción, la fórmula anterior supone una simplificación. Se llama la atención sobre que, a los únicos efectos de la expresión, para el cálculo de f_{pd} deberá restarse la tensión correspondiente a la predeformación de la armadura activa.

Esta condición puede calcularse también de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} \leq 0.20 A_c f_{cd} + P_k$$

donde f_{pd} es la resistencia de cálculo del acero de la armadura activa adherente en tracción, incluyendo la tensión correspondiente a la predeformación.

Esta fórmula no tiene en cuenta la influencia del momento en la evaluación de la resultante de tensiones de tracción en la sección previamente a la fisuración y, por lo tanto, constituye una aproximación del lado de la seguridad.

□ CUANTÍAS GEOMÉTRICAS MÍNIMAS

En la tabla siguiente se indican los valores de las cuantías geométricas que, en cualquier caso, deben disponerse en los diferentes tipos de elementos estructurales, en función del acero utilizado, siempre que dichos valores resultan más exigentes que los señalados en los tres apartados anteriores:

Tabla 6-55 Norma EHE - Cuantías geométricas mínimas, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón

Tipo de elemento estructural	Tipo de acero	
	B 400 S	B 500 S
Pilares	4.0	4.0
Losas ⁽¹⁾	2.0	1.8
Vigas ⁽²⁾	3.3	2.8
Muros ⁽³⁾	Armadura horizontal	3.2
	Armadura vertical	0.9

1) Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Las losas apoyadas sobre el terreno requieren un estudio especial.

2) Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

3) La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. Para muros vistos por una sola cara podrán disponerse hasta 2/3 de la armadura total en la cara vista. En el caso en que se disponga de juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7.5m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse a la mitad.

La armadura a disponer por cuantía geométrica mínima que se define en la tabla anterior para el caso de losas debe estar repartida en ambas caras del elemento, de forma que su suma sea superior a los valores indicados.

Las cuantías geométricas mínimas para elementos traccionados, parcial o totalmente (debido a flexión simple, compuesta o tracción simple o compuesta), se definen para controlar la fisuración debida a las deformaciones impuestas producidas por temperatura y retracción.

En el caso de elementos sometidos a acciones debidas a cargas exteriores o cuando los esfuerzos de retracción y temperatura se hayan considerado en el cálculo de la armadura, las cuantías obtenidas según los cálculos anteriores son suficientes para el control de las deformaciones impuestas.

Para aquellos elementos sometidos sólo a deformaciones impuestas de este tipo, en los que la estabilidad estructural está asegurada por otros mecanismos (la dirección secundaria en losas estructuralmente unidireccionales, dirección horizontal en muros, etc.), y en los que no se hayan cuantificado explícitamente estos efectos, deberán adoptarse las cuantías mínimas.

Para pilares, elementos estructurales principalmente comprimidos, las cuantías mínimas geométricas tienen una justificación principalmente constructiva.

Índice de Tablas:

Acero para hormigón

TABLA 6-1 BARRAS CORRUGADAS - IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE ACERO	117
TABLA 6-2 COMPOSICIÓN QUÍMICA: TIPOS B400S Y B500S	118
TABLA 6-3 BARRAS CORRUGADAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS: ENSAYO DE TRACCIÓN	119
TABLA 6-4 BARRAS CORRUGADAS - GEOMETRÍA DEL CORRUGADO	119
TABLA 6-5 BARRAS CORRUGADAS - MEDIDAS NOMINALES	119
TABLA 6-6 BARRAS CORRUGADAS - CARACTERÍSTICAS DE ADHERENCIA (VALORES MÍNIMOS)	121
TABLA 6-7 BARRAS CORRUGADAS - COEFICIENTE DE ACEPTACIÓN K EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	121
TABLA 6-8 BARRAS CORRUGADAS - TOLERANCIA EN MASA	121
TABLA 6-9 BARRAS CORRUGADAS - TOLERANCIA EN OVALIDAD	121
TABLA 6-10 BARRAS CORRUGADAS SD- COMPOSICIÓN QUÍMICA	122
TABLA 6-11 BARRAS CORRUGADAS SD - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS: ENSAYO DE TRACCIÓN	122
TABLA 6-12 BARRAS CORRUGADAS SD- MEDIDAS NOMINALES	123
TABLA 6-13 BARRAS CORRUGADAS SD - CARACTERÍSTICAS DE ADHERENCIA (VALORES MÍNIMOS)	123
TABLA 6-14 BARRAS CORRUGADAS SD - COEFICIENTE K DE ACEPTACIÓN EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO (N) DE LA MUESTRA (PARA UN NIVEL DE CALIDAD DEL 95% Y UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 90%)	123
TABLA 6-15 BARRAS CORRUGADAS SD - COEFICIENTE K DE ACEPTACIÓN PARA A_{GT} Y R_m Y R_E EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO (N) DE LA MUESTRA (PARA UN NIVEL DE CALIDAD DEL 90% Y UN NIVEL DE CONFIANZA DEL 90%)	124
TABLA 6-16 BARRAS CORRUGADAS - TOLERANCIA EN MASA	124
TABLA 6-17 ALAMBRÓN DE ACERO - DIMENSIONES NOMINALES Y TOLERANCIAS	125
TABLA 6-18 ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS) - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	125
TABLA 6-19 ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS) - MEDIDAS NOMINALES	126
TABLA 6-20 ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS) - COEFICIENTE DE ACEPTACIÓN K EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA $P = 0.95$ Y $1-X = 0.90$	126
TABLA 6-21 ALAMBRES TREFILADOS (LISOS – CORRUGADOS) - TOLERANCIA EN MASA	126
TABLA 6-22 ALAMBRES CORRUGADOS (LISOS – CORRUGADOS) - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	126
TABLA 6-23 ALAMBRES CORRUGADOS (LISOS – CORRUGADOS) - CARACTERÍSTICAS DE ADHERENCIA	127
TABLA 6-24 ALAMBRES CORRUGADOS (LISOS – CORRUGADOS) - MEDIDAS NOMINALES	127
TABLA 6-25 ALAMBRES CORRUGADOS (LISOS – CORRUGADOS) - COEFICIENTE DE ACEPTACIÓN K EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA $P = 0.95$ Y $1-X = 0.90$	127
TABLA 6-26 ALAMBRES CORRUGADOS (LISOS – CORRUGADOS) - TOLERANCIA EN MASA	127
TABLA 6-27 MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO - MALLAS ESTÁNDAR	129
TABLA 6-28 MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO - COMPOSICIÓN DE LAS MALLAS ESTÁNDAR ¹⁾	129
TABLA 6-29 MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO - MASA NOMINAL DE PANELES ESTÁNDAR ²⁾	129
TABLA 6-30 MALLAS ELECTROSOLDABLES DE ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO - COEFICIENTE DE ACEPTACIÓN K EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	129
TABLA 6-31 ARMADURAS BÁSICAS - CARACTERÍSTICAS DE LAS ARMADURAS BÁSICAS ESTÁNDAR	131
TABLA 6-32 ALAMBRES DE ACERO - DIMENSIONES NOMINALES DE LAS GRAFILAS	133
TABLA 6-33 ALAMBRES DE ACERO - DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE LOS ALAMBRES	134
TABLA 6-34 ALAMBRES DE ACERO - REQUISITOS ADICIONALES PARA LOS ALAMBRES	134
TABLA 6-35 CORDONES - DIMENSIONES NOMINALES DE LAS GRAFILAS	134
TABLA 6-36 CORDONES - DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE LOS CORDONES	135
TABLA 6-37 CORDONES - REQUISITOS ADICIONALES PARA LOS CORDONES	135
TABLA 6-38 CORDONES - COEFICIENTE DE ACEPTACIÓN K EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	135
TABLA 6-39 ARMADURAS DE ACERO - FORMAS PREFERENTES DE ARMADO	139
TABLA 6-40 ARMADURAS DE ACERO - CORTE DE BARRAS	140
TABLA 6-41 ARMADURAS DE ACERO - COTAS EN GENERAL	140
TABLA 6-42 ARMADURAS DE ACERO - COTAS QUE AFECTAN AL CANTO	140
TABLA 6-43 ARMADURAS DE ACERO - RADIOS DE DOBLADO	140
TABLA 6-44 ARMADURAS DE ACERO - ESTRIBOS Y CERCOS	141
TABLA 6-45 ARMADURAS DE ACERO - RECUBRIMIENTOS	141
TABLA 6-46 ARMADURAS DE ACERO - DIMENSIÓN H DE LA PIEZA EN SENTIDO DEL RECUBRIMIENTO	141
TABLA 6-47 ARMADURAS DE ACERO - DESVIACIONES EN SENTIDO TRANSVERSAL RESPECTO A LA POSICIÓN BÁSICA	141
TABLA 6-48 REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	142
TABLA 6-49 REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y PONDERALES	142
TABLA 6-50 REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO - ENSAYO DE TRACCIÓN	143
TABLA 6-51 REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO - TOLERANCIAS EN MASAS Y EN ÁREA	143
TABLA 6-52 REDONDO LISO PARA HORMIGÓN ARMADO - TOLERANCIAS DE OVALIDAD	143
TABLA 6-53 EQUIVALENCIA ENTRE LOS TÉRMINOS Y SÍMBOLOS DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA Y DE LA CONSTRUCCIÓN	144
TABLA 6-54 ACEROS PARA ESTRUCTURAS SOMETIDAS A ACCIONES SÍSMICAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS GARANTIZADAS DE LAS BARRAS CORRUGADAS DE ACERO B400SD	144
TABLA 6-55 NORMA EHE - CUANTÍAS GEOMÉTRICAS MÍNIMAS, EN TANTO POR 1000, REFERIDAS A LA SECCIÓN TOTAL DE HORMIGÓN	152



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: 1998.	152
7.1.2. FLEJE DE ACERO LAMINADO EN CALIENTE. UNE EN 10048:97.	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: 1994.	175
7.3.4. ACEROS PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA CON RESISTENCIA MEJORADA A LA CORROSIÓN ATMOSFÉRICA. UNE-EN 10155:1994.	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: 2001.	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: 2004.	184
7.5.3. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO EN ESTADO NORMALIZADO. UNE-EN 10028-3: 2004.	189
7.5.4. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO PARA APLICACIONES A PRESIÓN. ACEROS SOLDABLES DE GRANO FINO, LAMINADOS TERMOMECAÁNICAMENTE. UNE-EN 10028-5: 2004.	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: 1997.	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: 1998.

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 $\leq 4\text{mm}$;
 - 0.17mm para los espesores nominales $> 4\text{mm}$ y $\leq 8\text{mm}$;
 - 0.20mm para los espesores nominales $> 8\text{mm}$;
- 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				
	≤ 3.0	$> 3.0 \leq 5.0$	$> 5.0 \leq 7.0$	$> 7.0 \leq 10.0$	< 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 estén 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.

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

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
$\geq 3 < 5$	- 0.4	+ 0.8	- 0.3	+ 0.9	- 0	+ 1.2	- 0.6	+ 0.6	0.8	0.9	0.9	---	---	---
$\geq 5 < 8$	- 0.4	+ 1.1	- 0.3	+ 1.2	- 0	+ 1.5	- 0.75	+ 0.75	0.9	0.9	1.0	1.0	---	---
$\geq 8 < 15$	- 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
$\geq 15 < 25$	- 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
$\geq 25 < 40$	- 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
$\geq 40 < 80$	- 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
$\geq 80 < 150$	- 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
$\geq 150 < 250$	- 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

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

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

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.

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).

$\geq 150t$: $-0.2 \times MA$

$\geq 75t < 150t$: $-0.1 \times MA$

$\geq 25t < 75t$: valores de la tabla

$\geq 10t < 25t$: $+0.2 \times MA$

$< 10t$: $+0.4 \times MA$

Para chapas suministradas individualmente, se deberá convenir por acuerdo un valor superior a $+0.4 \times MA$.

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
		R _{eL} N/mm ²		R _m máx. N/mm ²	Alargamiento mínimo %				
EN10027-1 e IC10	EN10027-2	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 arañosos que puedan afectar negativamente a su empleo. Están permitidos poros, pequeñas picaduras, pequeñas marcas, pequeños arañosos, 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 % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx. ²⁾	Al _{total} % mín.	Nb % máx. ¹⁾	V % máx. ¹⁾	Ti % máx. ¹⁾	Mo % máx.	B % máx.
Simbólica	Númerica											
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		
				< 3	≥ 3	
Simbólica	Númerica			$L_0 = 80\text{mm}$	$L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$	
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	Númerica	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 % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx. ¹⁾	Al ^{total} % mín. ²⁾	Nb % máx. ³⁾	V % máx. ³⁾	Ti % máx. ³⁾
Simbólica	Númerica									
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} N/mm ² ¹⁾	Resistencia a la tracción R_m N/mm ² ¹⁾	Alargamiento de rotura A % ¹⁾ Espesor nominal en mm		Doblado a 180° con un diámetro mínimo de mandril de ²⁾
Simbólica	Númerica			< 3	≥ 3	
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	Númerica	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

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

Medidas en milímetros

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	+ 0.04
	$> 0.35 \leq 0.70$	+ 0.07
N	≤ 0.025	+ 0.002
Al _{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 $\leq 1500\text{mm}$ para los tipos S275, S355 y S420 y con espesores $\leq 100\text{mm}$ 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	Númerica	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 $\leq 16\text{mm}$.
 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 $> 0.35 \leq 0.70$	+ 0.04 + 0.07
N	≤ 0.025	+ 0.002
Al _{total}	≤ 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 $\leq 0.22\%$ y Mo+Cr $\leq 0.30\%$. * 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⁾								Alargamiento de rotura ²⁾ (L ₀ =5.65√S ₀) %min.
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 _{eh} para un espesor nominal de producto, en milímetros						
		≤ 100	> 100 ≤ 150	≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 63	> 63 ≤ 80	> 80 ≤ 100	> 100 ≤ 150	
		N/mm ²		N/mm ² min.						
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 > 100 mm del tipo S460 y de espesor > 150 mm 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 ≤ 3 mm, para los que se utilizarán probetas de longitud entre puntos de $L_0 = 80$ mm, 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 > 100 mm y de los tipos S275, S355 y S420, de espesor > 150 mm, 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 10113-3:1994.

Características de los productos planos de espesor nominal $\leq 63\text{mm}$ 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 % máx.	Ni % máx.	Mo % máx.	N % máx.
Simbólica	Númerica												
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 $\leq 16\text{mm}$.
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 $> 0.35 \leq 0.70$	+ 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 IC 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: $V+Ti+Nb \leq 0.22\%$ y $Mo+Cr \leq 0.30\%$.
* 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 > 63 mm, 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 > 63 mm, 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 10155:1994.

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 ECIS 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 ECIS 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				máx 0.040	0.040	0.009 ^{2) 5)}	----			
S355J2G1W	1.8963	FF				máx 0.035	0.035	----	sí			
S355J2G2W	1.8965	FF	0.16	0.50	0.50-1.50	máx 0.035	0.035	----	sí	0.40-0.80	0.25-0.55	3) 4)
S355K2G1W	1.8966	FF				máx 0.035	0.035	----	sí			
S355K2G2W	1.8967	FF				máx 0.035	0.035	----	sí			

1) Los aceros deben contener, al menos, uno de los siguientes elementos $Al_{total} \geq 0.020\%$, 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
	≤ 0.15	+ 0.02
V		- 0.01
		+ 0.02
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 ECCI IC 10	Según EN 10027-2	Espesor nominal mm					Espesor nominal mm			$L_0 = 80\text{mm}$ Espesor nominal mm			$L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ 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														
S355J2G2W	1.8965														
S355K2G1W	1.8966								t	14	15	16	20	19	18
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 ECIS 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 ≤ 20 mm 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 ECIS 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														

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 desgarró 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	Númerica								
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	Tracción									
Simbólica	Numérica		R _e mín. N/mm ² ₂₎	R _m N/mm ² ₂₎	% 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_{p0.5} 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: 2001.

❑ 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: 2004.

❑ 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 máx
Simbólica	Númér.															
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 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 _{elH} 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	235	360 a 480	25 ⁴⁾	0	27
			16	40	225				
			40	60	215				
			60	100	200	350 a 480	24		
			100	150	185				
			150		3)		3)		
P235GH	1.0425	N		16	265	410 a 530	23 ⁵⁾	0	27
			16	40	255				
			40	60	245				
			60	100	215	400 a 530	22		
			100	150	200				
			150		3)		3)		
P235GH	1.0481	N		16	295	460 a 580	22	0	27
			16	40	290				
			40	60	285				
			60	100	260	440 a 570	21		
			100	150	235				
			150		3)		3)		
P235GH	1.0473	N		16	355	510 a 650	21	0	27
			16	40	345				
			40	60	335				
			60	100	315	490 a 630	20		
			100	150	295				
			150		3)		3)		
16Mo3	1.5415	N ⁶⁾		16	275	440 a 590	24	+ 20	31 ⁷⁾
			16	40	270				
			40	60	260		23		
			60	100	240	430 a 580	22		
			100	150	220		19		
			150		3)		3)		
13CrMo4-5	1.7335	N + T		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		3)		3)		
10CrMo9-10	1.7380	N + T		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				
		QL	150		3)	460 a 610	3)		
11CrMo9-10	1.7383	N + T o QA o QL		60	310	520 a 670	18	+ 20	31 ⁸⁾
			60	100			17		

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_{elH}. 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	Númerica	mm por encima	hasta	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
P235GH	1.0345		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	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	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	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	----	----	----	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	----	----	----	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	----	----	----	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	----	----	----	----	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	Númerica		10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	200000h N/mm ²
P235GH P265GH	1.0345 1.0425	380	164	118	229	165	145
		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⁾		
Simbólica	Númérica		10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	10000h N/mm ²	100000h N/mm ²	200000h N/mm ²
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
10Cr-Mo9-10	1.7380	560	64	30	91	40	32
		570	53	24	76	33	26
		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
11CrMo9-10	1.7383	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
		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: 2004.

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		Clase ¹⁾	% por masa ²⁾														
Designación			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
Símbol.	Númer.																
P275N	1.0486	UQ	0.18	0.40	0.50 a 1.40	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															
P275NL1	1.0488	UQ	0.16	0.40	0.50 a 1.50	0.030	0.020	0.020 2)	0.30 3)	0.30 3)	0.08 3)	0.020	0.05	0.50	0.03	0.05	0.05
P275NL2	1.1104	UE			0.025	0.015											
P355N	1.0562	UQ	0.20	0.50	0.90 a 1.70	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			0.030	0.020											
P355NL1	1.0566	UQ	0.18	0.50	0.90 a 1.70	0.030	0.020	0.020 2)	0.30 3)	0.30 3)	0.08 3)	0.020	0.05	0.50	0.03	0.10	0.12
P355NL2	1.1106	UE			0.025	0.015											
P460N	1.8905	LE	0.20	0.60	1.00 a 1.70	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			0.030	0.020											
P460NL1	1.8915	LE			0.030	0.020											
P460NL2	1.8918	LE			0.025	0.015											

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 de 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
	≤ 0.30	+ 0.05
Cu	> 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√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
Simbó.	Númer.															
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/mm² inferior al R_{eH} para valores menores de 355N/mm² y 15N/mm² para valores de R_{eH} mayores de 355N/mm².

2) Por acuerdo.

3) Para espesores ≤ 16mm, se admite un valor máximo de 730N/mm².

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	Normalizado	5 a 150 ¹⁾	----	----	40	47	55	----	----	20	27	31
P....NL1			27	34	47	55	63	16	20	27	34	40
P....NL2			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 $R_{p0.2}^1$ 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 máx.	Si máx	Mn máx.	P máx	S máx	Al ⁽²⁾ mín.	Mo ⁽⁴⁾ máx.	N máx.	Nb ⁽⁵⁾ máx	Ni máx	Ti ⁽⁵⁾ máx	V ⁽⁵⁾ máx	Otros
Simbólica	Númerica													
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					
P420ML1	1.8835				0.020	0.015								
P420ML2	1.8828													
P460M	1.8826	0.16	0.60	1.70	0.025	0.020								
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 ($L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$) A % mín.
Designación		t ≤ 16	16 < t ≤ 40	40 < t ≤ 63		
Simbó.	Numér.	N/mm ² mín.				
P355M	1.8821	355			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/		R _e mín. ¹⁾ para un espesor nominal, en mm de			R _m ¹⁾ N/mm ²	KV ₁ long		A _{long} mín. ^{1) 2)}			
		≤ 16	> 16 ≤ 40	> 40 ≤ 60		a °C	mín. J	L ₀ = 80mm		L ₀ = 5.65 √S ₀	
Simból.	Numér.	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.



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	Númerica			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)	182
TABLA 7-61 PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE PARA CONSTRUCCIÓN NAVAL - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS (ESPESOR INFERIOR A 50MM)	182
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

8. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO.....	192
8.1. NORMAS GENERALES DE PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO.....	192
8.1.1. FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO.	192
UNE-EN 10140; 1997	192
8.2. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO PARA CONFORMADO EN FRÍO / EMBUTICIÓN	194
8.2.1. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA EMBUTICIÓN O CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10130: 1999. .	194
8.2.2. FLEJES DE ACERO BAJO EN CARBONO, NO RECUBIERTOS PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10139: 1998.	196
8.2.3. BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CONTENIDO EN CARBONO Y DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, PARA EMBUTICIÓN Y PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).	198
8.2.4. BANDA Y FLEJE DE ACERO SOLDABLE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, LAMINADA EN FRÍO, PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE 36-122-89.	201
8.2.5. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO DE ACEROS MICROALEADOS SOLDABLES DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10268; 1999	203
8.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS	204
8.3.1. BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA. UNE 36-121-85.	204
8.4. PRODUCTOS LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO	207
8.4.1. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. UNE-EN 10132-1: 2001.	207
8.4.2. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA CEMENTACIÓN. UNE-EN 10132-2: 2001.	208
8.4.3. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO. UNE-EN 10132-3: 2000.	209
8.4.4. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES. UNE-EN 10132-4: 2000. ..	212
8.5. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO CON PROPIEDADES MAGNÉTICAS	215
8.5.1. MATERIALES MAGNÉTICOS*. ESPECIFICACIONES PARA LAS CHAPAS Y BANDAS DE ACERO CON CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y PERMEABILIDAD MAGNÉTICA GARANTIZADAS. UNE-EN 10265: 1996.*(Laminados en frío y en caliente)	215
8.5.2. CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS, LAMINADAS EN FRÍO, DE GRANO NO ORIENTADO EN ESTADO FINAL DE SUMINISTRO. UNE-EN 10106; 1995.	218
8.5.3. CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO EN ESTADO FINAL DE SUMINISTRO. UNE-EN 10107. 1996.	222
8.5.4. CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE ACERO NO ALEADO, LAMINADAS EN FRÍO, EN ESTADO SEMIACABADO. UNE-EN 10126; 1996.	224
8.6. OTROS PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO	226
8.6.1. FLEJE PARA EMBALAJE. UNE 36-141-86.	226

8. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO

8.1. NORMAS GENERALES DE PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO

8.1.1. FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO. UNE-EN 10140; 1997

Aplicable para los flejes en bobinas y flejes cizallados, de hasta 10mm de espesor y anchura inferior a 600mm, de acero aleado y no aleado con la excepción de los aceros inoxidables y refractarios.

□ TOLERANCIAS DIMENSIONALES:

Espesor:

Tabla 8-1 Fleje y Banda cortada de acero laminado en frío - Tolerancias en espesor

Medidas en milímetros

Espesor nominal (mm)		Tolerancias de espesor para anchuras nominales de								
		< 125			≥ 125 < 250			≥ 250 < 600		
>	≤	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	0.10	± 0.008	± 0.006	± 0.004	± 0.010	± 0.008	± 0.005	± 0.015	± 0.012	± 0.008
0.10	0.15	± 0.010	± 0.008	± 0.005	± 0.015	± 0.012	± 0.010	± 0.020	± 0.015	± 0.010
0.15	0.25	± 0.015	± 0.012	± 0.010	± 0.020	± 0.015	± 0.010	± 0.025	± 0.015	± 0.012
0.25	0.40	± 0.020	± 0.015	± 0.010	± 0.025	± 0.020	± 0.015	± 0.030	± 0.020	± 0.015
0.40	0.60	± 0.025	± 0.020	± 0.015	± 0.030	± 0.025	± 0.015	± 0.035	± 0.025	± 0.020
0.60	1.00	± 0.030	± 0.025	± 0.015	± 0.035	± 0.030	± 0.020	± 0.040	± 0.030	± 0.025
1.00	1.50	± 0.035	± 0.030	± 0.020	± 0.040	± 0.035	± 0.025	± 0.050	± 0.040	± 0.030
1.50	2.50	± 0.045	± 0.035	± 0.025	± 0.050	± 0.040	± 0.030	± 0.060	± 0.045	± 0.035
2.50	4.00	± 0.055	± 0.040	± 0.030	± 0.060	± 0.050	± 0.035	± 0.075	± 0.055	± 0.040
4.00	6.00	± 0.070	± 0.050	± 0.035	± 0.075	± 0.060	± 0.040	± 0.090	± 0.065	± 0.045
6.00	8.00	± 0.080	± 0.060	± 0.040	± 0.090	± 0.070	± 0.045	± 0.100	± 0.075	± 0.050
8.00	10.00	± 0.090	± 0.070	± 0.045	± 0.100	± 0.080	± 0.050	± 0.110	± 0.085	± 0.055

Anchura

La forma de los bordes requerida – brutos de laminación, cizallados o especiales- debe ser objeto de acuerdo al hacer el pedido. Salvo indicación de lo contrario, los productos se suministran con los bordes cizallados (GK). Por acuerdo particular y según las posibilidades técnicas del fabricante, los productos planos se pueden suministrar con bordes especiales (SK), por ejemplo con aristas vivas o aristas redondeadas. Las tolerancias en anchura para flejes y flejes en longitudes cortadas con bordes en estado bruto de laminación (NK) ó bordes cizallados (GK) se indican en las siguientes tablas. Por acuerdo al hacer el pedido, los productos con bordes cizallados (GK) se pueden suministrar sin ninguna tolerancia en menos (por ejemplo todas las tolerancias en más) o sin ninguna tolerancia en más (por ejemplo todas las tolerancias en menos) sobre la anchura nominal. En esta caso, la tolerancia debe ser igual a todos los intervalos admisibles indicados en las siguientes tablas. Las tolerancias en anchura de los productos con bordes especiales (SK) deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Tabla 8-2 Fleje y Banda cortada de acero laminado en frío - Tolerancias en anchura para flejes con bordes brutos de laminación

Valores en milímetros

Anchura nominal		Tolerancias en anchura
	< 40	0/+ 1.6
≥ 40	< 80	0/+ 2.0
≥ 80	< 125	0/+ 2.4
≥ 125	< 250	0/+ 3.0
≥ 250	< 400	0/+ 3.6
≥ 400	< 500	0/+ 4.2
≥ 500	< 600	0/+ 4.5

Tabla 8-3 Fleje y Banda cortada de acero laminado en frío - Tolerancias en anchura para flejes con bordes cizallados

Valores en milímetros

Espesor nominal		Tolerancias de anchura para anchuras nominales de					
		< 125		≥ 125	< 250	≥ 250	< 600
>	≤	A	B	A	B	A	B
	0.60	± 0.15	± 0.10	± 0.20	± 0.13	± 0.25	± 0.18
0.60	1.50	± 0.20	± 0.13	± 0.25	± 0.18	± 0.30	± 0.20
1.50	2.50	± 0.25	± 0.18	± 0.30	± 0.20	± 0.35	± 0.25
2.50	4.00	± 0.30	± 0.20	± 0.35	± 0.25	± 0.40	± 0.30
4.00	6.00	± 0.35	± 0.25	± 0.40	± 0.30	± 0.45	± 0.35
6.00	8.00	± 0.40		± 0.50		± 0.55	
8.00	10.00	± 0.50		± 0.55		± 0.60	

1) Para los flejes en estado de temple y revenido las tolerancias en anchura se deben acordar al hacer el pedido.
2) Para espesores superiores a 6mm, se debe acordar en método de medida al hacer el pedido.

Longitud:

Los flejes en longitudes cortadas se deben suministrar en una longitud, con un tipo de tolerancias definido en la siguiente tabla, todas en más.

Tabla 8-4 Fleje y Banda cortada de acero laminado en frío - Tolerancias en longitud

Medidas en milímetros

Longitud nominal (L)	Tolerancias por exceso respecto a la longitud nominal para	
	Clase A	Clase B
L ≤ 1000	+ 10	+ 6
1000 < L ≤ 2500	+ 0.01L	+ 6
L > 2500	+ 0.01L	+ 0.003L

□ TOLERANCIAS DE FORMA:

Rectitud:

Las clases A y B de tolerancias en rectitud se indican en la siguiente tabla para una longitud de medida de 1000mm.

Tabla 8-5 Fleje y Banda cortada de acero laminado en frío - Tolerancias en rectitud

Medidas en milímetros

Anchura nominal (W)	Clase A (desviación máxima)	Clase B (FS) (desviación máxima)
10 ≤ W < 25	5.00	2.00
25 ≤ W < 40	3.50	1.50
40 ≤ W < 125	2.50	1.25
125 ≤ W < 600	2.00	1.00

1) Las tolerancias de esta tabla sólo son aplicables a los flejes cuya anchura es al menos 10 veces el espesor.
2) Para los flejes en estado de temple y revenido, las tolerancias en rectitud se pueden reducir por acuerdo al hacer el pedido.

Cuando no sea practicable medir sobre una longitud de 1000mm, se deben calcular las tolerancias equivalentes mediante la fórmula siguiente, el resultado se redondea al milímetro superior:

$$\text{Tolerancias en rectitud} = \frac{(\text{longitud no estandar})^2}{(\text{longitud estandar})^2} \times \text{tolerancia en rectitud (tabla)}$$

Planicidad de los flejes cortados longitudinalmente:

La tolerancia en planicidad de los flejes cortados longitudinalmente en el sentido de laminación es de 10mm máximo sobre 1000mm. Cualquier otro requisito relativo a la planicidad debe ser objeto de un acuerdo particular al hacer el pedido. En caso de requisitos particulares para la planicidad en el sentido transversal, la desviación máxima admisible y el método de medida deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Falta de escuadría:

La falta de escuadría de los flejes en longitudes cortadas, de anchura inferior a 100mm, la falta de escuadría no debe superar el 1% de la anchura real de la longitud cortada del fleje.

8.2. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO PARA CONFORMADO EN FRÍO / EMBUTICIÓN

8.2.1. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA EMBUTICIÓN O CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10130: 1999.

Aplicable a los productos planos laminados en frío, de acero de bajo contenido en carbono, no recubiertos, de anchura igual o superior a 600mm y de un espesor al menos igual a 0.35mm y, salvo que se acuerde lo contrario en el pedido, igual o inferior a 3mm, destinados a la embutición y conformación en frío, suministrados en forma de chapas, de bobinas, de bobinas de fleje obtenidas por corte longitudinal de una banda o de fleje en tiras. No es aplicable a los flejes obtenidos directamente por laminación (anchura de laminación < 600mm) ni a los productos planos para los que exista otra norma específica.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS:

Tabla 8-6 Productos laminados en frío de acero bajo en carbono para embutición o conformado en frío - Características mecánicas¹⁾

Designación		Clasificación según EN 10020	Estado de deoxidación	Validez de las propiedades mecánicas	Aspecto superficial	Ausencia de líneas de cedencia	R _e N/mm ² 2)	R _m N/mm ² 2)	A ₈₀ % mín. 3)	r ₉₀ mín. 4) y 5)	n ₉₀ mín. 4)	Com %	
Simbólica según EN10027-1 y CR10260	Númerica según EN10027-2											C	P
DC01 ⁶⁾	1.0330	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	A elección del fabricante	----	A	----	-280 ⁸⁾ 10)	270/410	28	----	----	0.12	0.04
				----	B	3 meses							
DC03	1.0347	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Completamente calmado	6 meses	A	6 meses	-240 ⁸⁾	270/370	34	1.3	----	0.10	0.03
				6 meses	B	6 meses							
DC04	1.0338	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Completamente calmado	6 meses	A	6 meses	-210 ⁸⁾	270/350	38	1.6	0.180	0.08	0.03
				6 meses	B	6 meses							
DC05	1.0312	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Completamente calmado	6 meses	A	6 meses	-180 ⁸⁾	270/330	40	1.9	0.200	0.06	0.02
				6 meses	B	6 meses							
										r mín. 4) y 5)	n mín. 4)		
DC06	1.0873	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses	A	Ilimitada	-180 ⁹⁾	270/350	38	1.8	0.220	0.02	0.02
				6 meses	B	Ilimitada							

- 1) Las características mecánicas sólo son aplicables a los productos temperados.
- 2) Los valores del límite elástico se refieren al límite de elasticidad convencional al 0.2%, para los productos que no presenten límite de cedencia. En caso contrario, se refiere al límite elástico inferior, R_{eL}. Si el espesor nominal e es 0.5mm < e ≤ 0.7mm, se debe aumentar en 20 N/mm² el límite elástico máximo especificado y en 40 N/mm² para valores de e > 0.7mm.
- 3) Si el espesor nominal e es 0.5mm < e ≤ 0.7mm, el valor mínimo del alargamiento de rotura se debe disminuir en 2 unidades y en 4 unidades para valores de e > 0.7mm.
- 4) Los valores de r₉₀ y n₉₀ o de r y n sólo son aplicables a espesores e ≥ 0.5mm.
- 5) Si el espesor nominal e > 2mm, el valor de r₉₀ o de r debe disminuirse en 0.2.
- 6) Se aconseja utilizar los productos de grado DC01 en un plazo no superior a 6 semanas a partir de su puesta a disposición.
- 7) Salvo que se acuerde lo contrario al hacer el pedido, los grados DC01, DC03, DC04 y DC05 pueden suministrarse como aceros aleados (por ejemplo boro o titanio).
- 8) A efectos del cálculo, el límite elástico inferior, R_{eL}, para los grados DC01, DC03, DC04 y DC05, se puede considerar igual a 140 N/mm².
- 9) A efectos de cálculo, el límite elástico inferior, R_{eL}, para el grado DC06, se puede considerar igual a 120 N/mm².
- 10) El límite superior R_e de 280 N/mm², para el grado DC01, sólo es aplicable durante los 8 días siguientes a la puesta a disposición del producto.
- 11) El titanio puede reemplazarse por niobio. El carbono y el nitrógeno deben estar combinados en su totalidad.

Las características mecánicas indicadas en la tabla anterior sólo son aplicables a los productos temperados (con "skin-pass"). Estas características mecánicas son válidas dentro del plazo indicado en dicha tabla, contado a partir de la puesta a disposición del producto. En el caso de

productos no temperados (sin “skin-pass”), las características mecánicas se deben establecer por acuerdo al hacer el pedido. Debe ser comunicada al comprador la fecha en que los productos van a ser puestos a su disposición, con una antelación suficiente y compatible con la validez de las características mecánicas. Un almacenamiento prolongado de los productos del grado DC01 puede dar lugar a una modificación de las características mecánicas que disminuya la aptitud a la conformación y a la embutición.

□ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Las características superficiales son el aspecto y el acabado. El comprador debe indicarlo al hacer el pedido. No se puede solicitar el aspecto B ni ningún requisito de acabado superficial para los productos no temperados. Aspecto superficial: Los productos se pueden suministrar con uno de los aspectos superficiales designados como A y B.

- Aspecto superficial A: Son admisibles algunos defectos tales como poros, ligeras rayas, pequeñas marcas, o ligeras coloraciones que no afecten a la conformidad o a la adherencia de los recubrimientos superficiales.
- Aspecto superficial B: La cara de mejor aspecto deberá estar prácticamente libre de defectos y no debe afectar al aspecto uniforme de una pintura de calidad o de un recubrimiento electrolítico. La otra cara deberá tener, al menos, el aspecto A. En el caso de suministro de bobinas, de banda o de fleje, el tanto por ciento admisible de defectos superficiales puede ser más elevado que en el caso de suministro en chapas o en bandas. El comprador debe tener esto en cuenta y el tanto por ciento defectuoso admisible debe fijarse al hacer el pedido.

Salvo que se acuerde lo contrario, sólo una cara debe responder a los criterios especificados. La otra debe tener un aspecto tal que no tenga repercusiones desfavorables sobre la calidad de la cara de mejor aspecto en los tratamientos ulteriores. Acabado superficial: El acabado superficial puede ser brillante, semibrillante, normal o rugoso. Si en el pedido no se hace indicación respecto al acabado, los productos se deben suministrar con un acabado normal. La rugosidad media de cada uno de los cuatro acabados superficiales se recogen en la tabla anterior. La medición de la rugosidad se debe realizar según la EURONORMA 49.

Por acuerdo al hacer el pedido, para aplicaciones específicas, se pueden suministrar otras gamas de rugosidad.

Tabla 8-7 Productos laminados en frío de acero bajo en carbono para embutición o conformado en frío - Acabados superficiales: valores de rugosidad

Acabado superficial	Símbolo	Rugosidad
Brillante	b	$R_a \leq 0.4\mu\text{m}$
Semibrillante	g	$R_a \leq 0.9\mu\text{m}$
Normal	m	$0.6\mu\text{m} < R_a \leq 1.9\mu\text{m}$
Rugoso	r	$R_a > 1.69\mu\text{m}$

□ LÍNEAS DE CEDENCIA:

En general, el fabricante somete a todos los productos a una ligera pasada de temperado (“skin-pass”), después del recocido, para evitar la formación de líneas de cedencia durante la conformación ulterior. La tendencia a la deformación de estas líneas de cedencia, puede reaparecer después de haber transcurrido un cierto tiempo desde la aplicación del temperado; en consecuencia, el utilizador debe transformar los productos dentro de un plazo lo más corto posible. Los productos de grado DC06 no presentan riesgos de formación de líneas de cedencia aún cuando hayan sido suministrados sin temperado. Productos temperados: El fabricante debe asegurar la ausencia de líneas de cedencia: durante 6 meses a partir de la puesta a disposición de los productos para los grados DC03, DC04 y DC05, aspectos superficiales A y B; durante 3 meses a partir de la puesta a disposición de los productos para el grado DC01 y aspecto superficial B. Productos no temperados: Son admisibles las líneas de cedencia, tanto en los productos en estado de suministro, como en las piezas embutidas. Aptitud a los recubrimientos superficiales: Los productos pueden destinarse para recibir un recubrimiento metálico, ya sea por inmersión en caliente o por vía electrolítica, y/o un recubrimiento orgánico de otro tipo. Si está prevista tal aplicación, debe indicarse al hacer el pedido. Soldabilidad: Se asegura la soldabilidad por los procedimientos industriales habituales.

No obstante, es deseable que se indique al hacer el pedido el procedimiento de soldeo que va a utilizarse. Este requisito es indispensable en el caso de soldeo con gas.

Tolerancias dimensionales y de forma. UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).

8.2.2. **FLEJES DE ACERO BAJO EN CARBONO, NO RECUBIERTOS PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10139: 1998.**

Aplicable para los flejes en bobinas y flejes cizallados, de hasta 100mm de espesor y anchura inferior a 600mm, de acero bajo en carbono, aleado y no aleado. Estos productos son aptos para el conformado en frío. También son susceptibles de recibir un recubrimiento superficial. Por el contrario, no son aptos para temple y revenido.

□ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y TECNOLÓGICAS:**

Tabla 8-8 Flejes de acero bajo en carbono para conformado en frío – Condiciones de suministro

Designación		Clasificación según EN 10020	Tipo de desoxidación	Características mecánicas garantizadas durante	Condición de suministro	Símbolo	R _e N/mm ² 5)	R _m N/mm ²
Según EN 10027-1 y ECIS IC 10	Según EN 10027-2							
DC01	1.0330	Aceros no aleados de calidad	A la discreción del fabricante	3 meses	Recocido	A	----	270-390
					Ligera pasada de temperado	LC	máx.280 ¹⁾⁴⁾	270-410 ⁴⁾
					temperado	C290	200-380	290-430
						C340	mín.250	340-490
						C390	mín.310	390-540
						C440	mín.360	440-590
						C490	mín.420	490-640
C590	mín.520	590-740						
C690	mín.630	mín.690 ¹⁰⁾						
DC03	1.0347	Aceros no aleados de calidad	Totalmente calmado	6 meses	Recocido	A	----	270-370
					Ligera pasada de temperado	LC	máx.240 ¹⁾⁴⁾	270-370 ⁴⁾
					temperado	C290	210-355	290-390
						C340	mín.240	340-440
						C390	mín.330	390-490
						C440	mín.380	440-540
						C490	mín.440	490-590
C590	mín.540	mín. 590						
DC04	1.0338	Aceros no aleados de calidad	Totalmente calmado	6 meses	Recocido	A	----	270-350
					Ligera pasada de temperado	LC	máx.210 ¹⁾⁴⁾	270-350 ⁴⁾
					temperado	C290	220-325	290-390
						C340	mín.240	340-440
						C390	mín.350	390-490
						C440	mín.400	440-590
						C490	mín.460	490-590
C590	mín.560	590-690						
DC05	1.0312	Aceros no aleados de calidad	Totalmente calmado	6 meses	Ligera pasada de temperado	LC	máx. 180 ^{1) 4)}	270-330 ⁴⁾
DC06	1.0873	Aceros no aleados de calidad	Totalmente calmado	6 meses	Ligera pasada de temperado	LC	máx180 ¹⁾⁴⁾⁶⁾	270-350 ⁴⁾

1)

Los valores del límite elástico son, el límite elástico convencional a 0.2% para los productos que no presentan un punto de deformación bien definido, y el límite inferior de resistencia al punto cedente (R_{eL}) para los demás.
Cuando el espesor es inferior o igual a 0.7mm pero superior a 0.5mm, se permite aumentar en 20N/mm² el valor máximo del límite elástico y en 5 unidades el valor máximo de HV. En el caso de espesores inferiores o iguales a 0.5mm, se permite aumentar en 40N/mm² el valor máximo del límite elástico y en 10 unidades el valor máximo de HV.

2)

Para espesores 0.5mm<e≤0.7mm, se permite disminuir en 2 unidades el valor mínimo del alargamiento de rotura. Par espesores entre 0.2mm<e≤0.5mm, se permite disminuir en 4 unidades el valor mínimo del alargamiento de rotura. Para e≤0.2mm, se permite disminuir en 6 unidades el valor mínimo del alargamiento de rotura.

3)

Para espesores inferiores a 1.5mm, se permite un valor máximo del límite elástico de 235N/mm².

4)

Los valores indicados en la tabla se aplican solo a superficies con aspecto MA. Para superficies con aspecto MB y MC, los valores del límite elástico y la resistencia a la tracción se aumentan en 20N/mm² y los valores del alargamiento de rotura se disminuyen en 2 unidades. Asimismo el valor de HV se aumenta en 5 unidades.

Estas características son válidas para el período indicado en la tabla a partir de la fecha en que los productos estén disponibles para ser suministrados. La fecha de disponibilidad debe ser

comunicada al comprador mediante una notificación enviada con un período de antelación razonable y compatible con la validez de las características mecánicas. El almacenamiento de los productos tipo DC01 durante más de 3 meses puede provocar una modificación de las características mecánicas susceptible de entrañar una disminución de la aptitud al conformado y a la embutición. El ensayo para la verificación de las características mecánicas indicadas en la tabla, es el ensayo de tracción. Sin embargo, por acuerdo al hacer el pedido, se pueden especificar valores de dureza en vez de las propiedades del ensayo de tracción, pero no ambos. Los valores del ensayo de tracción se refieren a probetas longitudinales.

Tabla 8-9 Flejes de acero bajo en carbono para conformado en frío – Características mecánicas y composición química

Designación		Alargamiento de rotura (%mín.)			r_{90}	n_{90}	Dureza HV		Composición química en % en masa (máx.) sobre colada				
Según EN 10027-1 y ECIS IC 10	Según EN 10027-2	A80	A50	L_0 $5.65\sqrt{S_0}$	mín ⁸⁾⁹⁾	mín ⁸⁾	mín.	máx.	C	P	S	Mn	Ti
DC01	1.0330	28	30	32	----	----	----	105	0.12 ¹⁰⁾	0.045	0.045	0.60 ¹⁰⁾	
		28 ²⁾⁴⁾	30 ²⁾⁴⁾	32 ²⁾⁴⁾	----	----	----	115 ⁴⁾					
		18	20	24	----	----	95	125					
		----	----	----	----	----	105	155					
		----	----	----	----	----	117	172					
		----	----	----	----	----	135	185					
		----	----	----	----	----	155	200					
		----	----	----	----	----	185	225					
DC03	1.0347	34	36	37	----	----	----	100	0.10	0.035	0.035	0.45	
		34 ²⁾⁴⁾	36 ²⁾⁴⁾	37 ²⁾⁴⁾	1.3 ¹¹⁾	----	----	110 ⁴⁾					
		22	24	26	----	----	95	117					
		----	----	----	----	----	105	130					
		----	----	----	----	----	117	155					
		----	----	----	----	----	135	172					
		----	----	----	----	----	155	185					
		----	----	----	----	----	185	----					
DC04	1.0338	38	40	40	----	----	----	95	0.08	0.030	0.30	0.40	
		38 ²⁾⁴⁾	40 ²⁾⁴⁾	40	1.6 ¹¹⁾	0.180	----	105 ⁴⁾					
		24	26	28	----	----	95	117					
		----	----	----	----	----	105	130					
		----	----	----	----	----	117	155					
		----	----	----	----	----	135	172					
		----	----	----	----	----	155	185					
		----	----	----	----	----	185	215					
DC05	1.0312	40 ²⁾⁸⁾	42 ⁴⁾	42 ⁴⁾	1.9 ¹¹⁾	0.200	----	100 ⁴⁾	0.06	0.0250	0.025	0.35	
					r	n							
DC06	1.0873	38 ²⁾⁴⁾	40 ²⁾⁴⁾	40 ²⁾⁴⁾	1.8	0.220	----	----	0.02	0.020	0.020	0.25	0.3 ¹⁾

- 5) A efectos de cálculo, el límite inferior (R_e) se puede considerar igual a 140N/mm² para los tipos DC01, DC03, DC04 y DC05 en las condiciones A y LC.
- 6) A efectos de cálculo, el límite inferior (R_e) se puede considerar igual a 120N/mm² para el tipo DC06.
- 7) El titanio se puede reemplazar por niobio. El carbono y el nitrógeno deben estar completamente combinados.
- 8) Para espesores 5mm < e < 3mm, se puede determinar los valores de r y n por acuerdo al hacer el pedido.
- 9) Para espesores superiores a 2mm, el valor de r se reduce en 0.2.
- 10) Para el tipo DC01 en la condición de suministro C690, los contenidos de C y Mn se pueden sobrepasar.
- 11) Los valores longitudinales de r (r_0) para los tipos DC03, DC04 y DC05 son respectivamente 1.1, 1.3 y 1.6.

❑ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES:

Las características superficiales se refieren al aspecto superficial y al acabado superficial, y deben ser especificadas por el comprador. Salvo que se especifique lo contrario al hacer el pedido, los productos se deben suministrar con un aspecto superficial MA y un acabado superficial normal (RL; con $R_a \leq 6\mu\text{m}$).

Aspecto superficial: Los productos planos amparados por esta norma europea se pueden suministrar con aspecto superficial MA, MB o MC, según se describe en la siguiente tabla. El aspecto superficial requerido se debe indicar en la designación.

Tabla 8-10 Flejes de acero bajo en carbono - Aspectos y acabados superficiales

Aspecto superficial			Acabado superficial
Símbolo	Características	Campo de aplicación	
MA	Superficie reluciente, metálicamente limpia. Se admiten poros, pequeños defectos y arañazos	Todos los espesores y todos los tratamientos térmicos	RR, RM, RL ²⁾
MB	Superficie reluciente, metálicamente limpia. Se admiten poros, arañazos y estrías, en la medida que a simple vista no se aprecie que el aspecto liso y uniforme se modifique.	Espesores $\leq 2.0\text{mm}^{1)}$. Todos los tratamientos térmicos excepto A	RM, RL ²⁾
MC	Superficie reluciente, metálicamente limpia. Se admiten poros, arañazos y estrías, en la medida que no afecte al aspecto brillante de la superficie.	Espesores $\leq 1.0\text{mm}^{1)}$. Todos los tratamientos térmicos excepto A	RN ²⁾

1) Los productos de espesor mayor pueden suministrarse con este aspecto superficial, por acuerdo particular al hacer el pedido.
2) No es necesario que este símbolo figure en la designación.

Las características indicadas en esta tabla son válidas para la superficie efectivamente inspeccionada, es decir, generalmente la superficie exterior para las bobinas y la superior para las longitudes. La superficie no inspeccionada debe presentar como mínimo las características de aspecto superficial MA.

Estas características no se deben aplicar ni a la primera espira interior, ni a la primera espira exterior de las bobinas, ni a las longitudes cortadas de ellas. Acabado superficial: El acabado superficial puede ser rugoso, mate, normal o brillante, según las indicaciones de la tabla anterior. Los productos con aspecto superficial MA y MB se suministran generalmente con acabado superficial normal (RL). Si se solicita acabado superficial rugoso (RR) o mate (RM), se debe indicar el símbolo correspondiente en la designación. El aspecto superficial MC se debe suministrar con un acabado superficial brillante (RN). Los diferentes acabados superficiales se caracterizan por los siguientes valores de referencia de la rugosidad media R_a : Rugoso: $R_a \geq 1.5\mu\text{m}$; Mate: $0.6\mu\text{m} > R_a \leq 1.8\mu\text{m}$; Normal: $R_a \leq 0.6\mu\text{m}$; Brillante: $R_a \leq 0.2\mu\text{m}$. Líneas de cedencia: La tendencia a la formación de fracturas o de líneas de cedencia durante la conformación ulterior, se puede evitar durante cierto tiempo con una ligera pasada de temperado ("skin-pass") (LC). Se puede garantizar la ausencia de líneas de cedencia durante tres meses para el tipo DC01 y seis meses para los otros tipos, a contar desde la fecha acordada en que los productos están disponibles para ser suministrados. Aptitud a la aplicación de recubrimientos superficiales: Los productos amparados por esta norma europea son aptos para el recubrimiento superficial, teniendo en cuenta los siguientes requisitos: Todos los productos son aptos para el recubrimiento orgánico; Todos los productos pueden ser recubiertos con un revestimiento metálico, por ejemplo cinc, estaño, plomo, por inmersión en caliente o por pulverización en caliente; Todos los productos con aspecto superficial MB o MC son aptos para el recubrimiento electrolítico. La aplicación de un recubrimiento superficial requiere una preparación adecuada de la superficie por la persona encargada. El tipo de recubrimiento debe acordarse al hacer el pedido si se va a utilizar uno de los tipos de recubrimiento previstos anteriormente. Si se va a aplicar un recubrimiento metálico de acuerdo con lo expuesto anteriormente, se debe tener en cuenta para las condiciones de suministro C290 a C690 una posible influencia de la relajación de tensiones o de recristalización por la acción de temperaturas elevadas, sobre las características mecánicas del producto. Soldabilidad: La aptitud al soldeo con los medios apropiados debe estar garantizada para todos los tipos y para todas las condiciones de suministro. Para las condiciones de suministro C290 a C690, se debe tener en cuenta que la elevación de temperatura durante las operaciones de soldeo, podría afectar a las propiedades mecánicas y a la microestructura.

Tolerancias dimensionales y de forma. UNE-EN 10140; 1997

8.2.3. BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CONTENIDO EN CARBONO Y DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, PARA EMBUTICIÓN Y PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).

Aplicable a las bandas laminadas en frío para conformación en frío, no recubiertas, de bajo contenido en carbono y las de acero de alto límite elástico, de espesor igual o superior a 0.35mm y, salvo acuerdo establecido al hacer el pedido, de espesor igual o inferior a 3mm,

suministradas en chapas cortadas, en bobinas, o como fleje obtenido por corte longitudinal, en bobinas o en fleje en tiras. No es aplicable al fleje de anchura de laminación inferior a 600mm o a los productos planos laminados en frío para los cuales existe una norma específica.

□ **ESPESOR:**

Tabla 8-11 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono para conformación en frío - Medidas y tolerancias en espesor

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Tolerancias normales ¹⁾ para una anchura nominal de:			Tolerancias restringidas(S) ¹⁾ para una anchura nominal de:		
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500
≥ 0.35 a 0.40	± 0.04	± 0.05	----	± 0.025	± 0.035	----
> 0.40 a 0.60	± 0.05	± 0.06	± 0.07	± 0.035	± 0.045	± 0.05
> 0.60 a 0.80	± 0.06	± 0.07	± 0.08	± 0.04	± 0.05	± 0.05
> 0.80 a 1.00	± 0.07	± 0.08	± 0.09	± 0.045	± 0.06	± 0.06
> 1.00 a 1.20	± 0.08	± 0.09	± 0.10	± 0.055	± 0.07	± 0.07
> 1.20 a 1.60	± 0.10	± 0.11	± 0.11	± 0.07	± 0.08	± 0.08
> 1.60 a 2.00	± 0.12	± 0.13	± 0.13	± 0.08	± 0.09	± 0.09
> 2.00 a 2.50	± 0.14	± 0.15	± 0.15	± 0.10	± 0.11	± 0.11
> 2.50 a 3.00	± 0.16	± 0.17	± 0.17	± 0.11	± 0.12	± 0.12

1) Para las bandas y el fleje obtenido por corte longitudinal, la tolerancia en la zona de la soldadura puede incrementarse en un 60% en una longitud de 15m. Este incremento es aplicable a todos los espesores y, salvo que se haya acordado otra cosa al hacer el pedido, a las desviaciones en más y en menos de las tolerancias normal y especial.

Tabla 8-12 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono y alto límite elástico para conformación en frío - Tanto por ciento de incremento de la tolerancia en espesor para bandas de acero de alto límite elástico

Límite elástico, R _e mínimo especificado N/mm ²	Tanto por ciento de incremento para las tolerancias en espesor, sobre los valores especificados para los aceros de bajo contenido en carbono %
< 280	0
≥ 1200 < 360	20
≥ 360	40

□ **ANCHURA:**

Tabla 8-13 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono y alto límite elástico para conformación en frío - Medidas y tolerancias en anchura de bandas en chapa cortada o en bobina

Medidas en milímetros

Anchura nominal	Tolerancia normal		Tolerancia restringida (S)	
	Desviación en menos	Desviación en más	Desviación en menos	Desviación en más
≤ 1200	0	+ 4	0	+ 2
> 1200 ≤ 1500	0	+ 5	0	+ 2
> 1500	0	+ 6	0	+ 3

Tabla 8-14 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono y alto límite elástico para conformación en frío - Medidas y tolerancias en anchura de flejes obtenidos por corte longitudinal

Tipo de tolerancia	Espesor nominal	Anchura nominal							
		< 125		≥ 125 a < 250		≥ 250 a < 400		≥ 400 a < 600	
		Desviación en menos	Desviación en más	Desviación en menos	Desviación en más	Desviación en menos	Desviación en más	Desviación en menos	Desviación en más
Normal	< 0.6	0	+ 0.4	0	+ 0.5	0	+ 0.7	0	+ 1.0
	≥ 0.6a<1.0	0	+ 0.5	0	+ 0.6	0	+ 0.9	0	+ 1.2
	≥ 1.0a<2.0	0	+ 0.6	0	+ 0.8	0	+ 1.1	0	+ 1.4
	≥ 2.0a<3.0	0	+ 0.7	0	+ 1.0	0	+ 1.3	0	+ 1.6
Restringida (S)	< 0.6	0	+ 0.2	0	+ 0.2	0	+ 0.3	0	+ 0.5
	≥ 0.6a<1.0	0	+ 0.2	0	+ 0.3	0	+ 0.4	0	+ 0.6
	≥ 1.0a<2.0	0	+ 0.3	0	+ 0.4	0	+ 0.5	0	+ 0.7
	≥ 2.0a<3.0	0	+ 0.4	0	+ 0.5	0	+ 0.6	0	+ 0.8

□ LONGITUD:

Tabla 8-15 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono y alto límite elástico para conformación en frío - Medidas y tolerancias en longitud

Medidas en milímetros

Longitud nominal	Tolerancia normal		Tolerancia restringida (S)	
	en menos	en más	en menos	en más
< 2000	0	6	0	
≥ 2000	0	0.3% de la longitud	0	0.15% de la longitud

□ PLANICIDAD

La tolerancia sobre la planicidad sólo es aplicable a los suministros es forma de chapa cortada. Para las bandas solicitadas sin pasada de temperado (skin-pass) sólo es aplicable la tolerancia normal. Por acuerdo especial al hacer el pedido, se puede aplicar tolerancias más estrechas. Bandas de acero de bajo contenido en carbono y con $R_e < 280 \text{ N/mm}^2$: La tolerancia sobre planicidad de las chapas de acero de bajo contenido en carbono y con $R_e < 280 \text{ N/mm}^2$, se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 8-16 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono para conformación en frío - Tolerancia de planicidad de chapas

Medidas en milímetros

Tipo de tolerancia	Anchura nominal	Espesor nominal		
		< 0.7	≥ 0.7 < 1.2	≥ 1.2
Normal	≥ 600 < 1200	12	10	8
	≥ 1200 < 1500	15	12	10
	≥ 1500	19	17	15
Restringida (S)	≥ 600 < 1200	5	4	3
	≥ 1200 < 1500	6	5	4
	≥ 1500	8	7	6

Cuando las chapas de acero de bajo contenido en carbono se solicitan con la tolerancia restringida de la tabla anterior, es necesario, pero sólo en caso de litigio, comprobar que la flecha de una onda en el canto, sobre una longitud de 200mm, es siempre menor que:

- 1% de su longitud, si la longitud nominal es < 1500mm.
- 1.5% de su longitud, si la longitud nominal es ≥ 1500mm.

Si la longitud de una onda es menor de 200mm, se debe comprobar que su altura máxima no es superior a 2mm.

Bandas de acero de alto límite elástico: La tolerancia sobre la planicidad de las chapas de acero de alto límite elástico se recogen en la siguiente tabla y es aplicable a los aceros con un límite elástico mínimo especificado comprendido entre 280 N/mm^2 (incluido) y 360 N/mm^2 (excluido).

Tabla 8-17 Banda laminada en frío, no recubierta de acero de bajo carbono y alto límite elástico para conformación en frío - Tolerancia sobre la planicidad para chapas ($280 \text{ N/mm}^2 \leq R_e < 360 \text{ N/mm}^2$)

Medidas en milímetros

Tipo de tolerancia	Anchura nominal	Espesor nominal		
		< 0.7	≥ 0.7 < 1.2	≥ 1.2
Normal	≥ 600 < 1200	15	13	10
	≥ 1200 < 1500	18	15	13
	≥ 1500	22	20	19
Restringida (S)	≥ 600 < 1200	8	6	5
	≥ 1200 < 1500	9	8	6
	≥ 1500	12	10	9

Para aceros con límite elástico mínimo especificado igual o superior a 360 N/mm^2 , la tolerancia en planicidad deberá acordarse al hacer el pedido.

□ FALTA DE ESCUADRADO:

La falta de escuadrado no debe exceder el 1% de la anchura real de la chapa.

❑ FLECHA AL CANTO:

La flecha no debe ser superior a 6mm en una longitud de m. Para una longitud inferior a 2m, la flecha no debe ser superior al 0.3% de la longitud real. Para flejes (anchura < 600mm) obtenidos por corte longitudinal, puede especificarse una tolerancia restringida (CS) máxima de 2mm en una longitud de 2m. Esta flecha restringida no es aplicable a los flejes de acero de alto límite elástico.

❑ FORMATO

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

8.2.4. BANDA Y FLEJE DE ACERO SOLDABLE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, LAMINADA EN FRÍO, PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE 36-122-89.

Características de las bandas y flejes de acero laminados en frío, de alto límite elástico, soldables, destinados a ser conformados en frío. s aplicable a bandas de espesor igual o superior a 0.5mm y generalmente hasta 3mm. No es aplicable a bandas de acero de uso general, a las de acero al carbono, con características especiales de soldabilidad, ni a las de chapa laminada en frío para conformación. La chapa puede suministrarse en bobinas o en paquetes de chapa y fleje cortados.

❑ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Como la forma de las inclusiones de azufre tiene una cierta influencia en la aptitud a la conformación, se puede influir en la forma de estas inclusiones mediante la adición de ciertos elementos de aleación (tales como calcio, cerio, etc.) o reducir el azufre contenidos muy bajos.

Tabla 8-18 Banda y fleje de acero soldable de alto límite elástico, laminada en frío, para conformación en frío - Composición química. Análisis de colada

Denominación	C % máx.	Mn % máx.	Si % máx.	P % máx.	S % máx.	Al % máx.	Nb % ¹⁾ máx.	Ti % ¹⁾ máx.	V % ¹⁾ máx.
AE 275 HF	0.09	0.80	0.50	0.030	0.030	0.020/0.080	0.010/0.060	0.010/0.120	0.010/0.080
AE 335 HF	0.10	1.00	0.50	0.030	0.030	0.020/0.080	0.010/0.060	0.010/0.120	0.010/0.080
AE 390 HF	0.12	1.20	0.50	0.030	0.030	0.020/0.080	0.010/0.060	0.010/0.120	0.010/0.080
AE 430 HF	0.12	1.30	0.50	0.030	0.030	0.020/0.080	0.010/0.060	0.010/0.120	0.010/0.080

1) Estos elementos pueden ser utilizados sólo o en combinación.

Tabla 8-19 Banda y fleje de acero soldable de alto límite elástico, laminada en frío, para conformación en frío - Análisis sobre el producto

Elemento	Desviaciones máximas (%)
C	+ 0.02
Mn	+ 0.10
Si	+ 0.05
P y S	+ 0.005
Al Nb	- 0.005 + 0.01
V y Ti	-0.005 + 0.02

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Para bandas suministradas sin pasada de acondicionamiento, deberán establecerse por acuerdo.

Tabla 8-20 Banda y fleje de acero soldable de alto límite elástico, laminada en frío, para conformación en frío - Características mecánicas

Denominación	R _e mín. MPa	R _m mín. MPa	A % L ₀ = 80	Doblado: diámetro del madril
AE 275 HF	275	360	28	a tope
AE 335 HF	335	410	24	0.5e
AE 390 HF	390	450	20	0.5e
AE 430 HF	430	490	16	1e

❑ SOLDABILIDAD:

Los aceros de esta norma son, generalmente, soldables por los procedimientos normales de soldeo. En los grados de acero de más elevadas características, se cuidará que estos procedimientos sean compatibles con la composición química y con el espesor del producto. En todo caso, se cuidará que la temperatura del acero en el momento del soldeo sea superior a 10°C.

Recomendaciones para el plegado y el conformado en frío.

El radio de plegado de las piezas es función de las condiciones prácticas de ejecución y es difícil indicar un valor mínimo del radio de plegado que puede utilizarse. No obstante, en condiciones normales de utilización se pueden indicar los siguientes radios de plegado: Grados AE 275 HF; AE 335 HF: una vez el espesor Grados AE 390 HF y AE 430 HF: entre 1.5 y 2 veces el espesor. Estos valores deberán aumentarse en función de las condiciones prácticas de ejecución del plegado tales como longitud del plegado, tipo de preparación, etc. En particular, los radios indicados deberán aumentarse si los productos se han sometido a un decapado mecánico (por ejemplo granallado). En general y especialmente en los casos de operaciones de plegado difíciles, el utilizador deberá consultar al fabricante sobre el grado de acero y las condiciones de utilización.

❑ APTITUD AL RECUBRIMIENTO

Las bandas pueden destinarse al cincado, al estañado o a cualquier otro recubrimiento por vía electrolítica. Debe especificarse en el pedido que los productos solicitados están destinados a ser recubiertos, indicando el tipo de recubrimiento.

❑ ASPECTO SUPERFICIAL

Se distinguen las dos clases de aspecto superficial siguientes: Aspecto X: En ambas caras de la banda se admitirán pequeños poros, rayas, marcas de laminación o defectos análogos, así como ligeras manchas coloreadas. Sin embargo, tales imperfecciones no deberán representar peligro alguno de deterioro del utillaje o dificultades de soldeo en el curso de la utilización de la chapa. Aspecto Z: La cara de mejor aspecto estará exenta de defectos que comprometan su aspecto uniforme después de aplicar una capa de pintura de calidad o un recubrimiento electrolítico. Salvo acuerdo en contrario, se inspeccionará solamente la cara de la banda presentada habitualmente como superior en los paquetes o exterior en las bobinas.

En el caso de suministro de bobinas, la presencia de imperfecciones superficiales es, en general, más elevada que cuando el suministro se efectúa en chapas, particularmente para el aspecto superficial Z. Por acuerdo en el pedido, deberá fijarse un porcentaje máximo de rechazos admisibles por este concepto.

❑ LIMPIEZA

Las bandas estarán libres de residuos (carbonosos, metálicos, etc) apreciables a simple vista que no se eliminan en el desengrasado usual de la banda y que perjudiquen su normal utilización. Podrán establecerse limitaciones especiales por acuerdo entre fabricantes y comprador.

❑ ACABADO SUPERFICIAL

En cada uno de los grados y para cada uno de los dos aspectos de superficie X y Z se establecen respectivamente, las clases de acabado superficial siguientes: Para el aspecto superficial X: acabados, rugoso, mate y liso; Para el aspecto superficial Z: acabados, rugoso, mate, liso y pulido. No habiendo actualmente ningún método normalizado adoptado con carácter general para la medición de los acabados superficiales, los acabados R, M, L y P podrán ser definidos por convenio particular, bien por placas patrón, o bien por rugosidades valoradas por un procedimiento de medición previamente acordado. El acabado superficial deberá acordarse en el pedido.

Tolerancias. UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).

8.2.5. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO DE ACEROS MICROALEADOS SOLDABLES DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMADO EN FRÍO. UNE-EN 10268; 1999

Se definen las propiedades químicas y mecánicas, y las condiciones de ensayo de los productos planos laminados en frío de alto límite elástico para conformado en frío. Los tipos de acero son de alto límite elástico (HSLA) o microaleados, cuyo principal mecanismo de endurecimiento consiste en adiciones de microaleaciones de elementos dispersados tales como Nb, Ti o V. Esta norma es aplicable a productos planos laminados en frío de espesor menor o igual a 3mm.

Tabla 8-21 Productos planos de aceros microaleados para conformado en frío - Composición química del análisis de colada

Designación del acero		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Al %	Nb %	Ti %
Simbólica	Númerica	máx.	máx.	máx.	máx.	máx. ¹⁾	mín.	máx. ²⁾	máx. ²⁾
H 240 LA	1048	0.10	0.50	0.60	0.025	0.025	0.015	0.090	0.15
H 280 LA	1048	0.10	0.50	0.80	0.025	0.025	0.015	0.090	0.15
H 320 LA	1054	0.10	0.50	1.00	0.025	0.025	0.015	0.090	0.15
H 360 LA	1055	0.10	0.50	1.20	0.025	0.025	0.015	0.090	0.15
H 400 LA	1055	0.10	0.50	1.40	0.025	0.025	0.015	0.090	0.15

1) Si se acuerda en el momento de la consulta y del pedido, se pueden suministrar contenidos de azufre $\leq 0.012\%$ en el análisis de producto.
2) Estos elementos adicionales pueden ser utilizados individualmente o en combinación cuando figuren en la definición del acero con los límites de composición indicados. El vanadio también puede ser utilizado. La suma de los contenidos de los 3 elementos dispersantes no debe exceder el 0.22%.

Tabla 8-22 Productos planos de aceros microaleados para conformado en frío - Desviaciones admisibles del análisis de producto respecto de los contenidos límites especificados en el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo del análisis de colada %	Desviación admisible del análisis de producto respecto de los límites especificados en el análisis de colada %
C	≤ 0.10	± 0.02
Mn	≤ 1.40	± 0.10
Si	≤ 0.50	± 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	≤ 0.15	± 0.01

□ PROPIEDADES MECÁNICAS:

Tabla 8-23 Productos planos de aceros microaleados para conformado en frío - Características mecánicas

Designación del acero		R _{eH} N/mm ² 1)			R _m N/mm ² mín. long.	A % mín.		Diámetro de doblado mín. a 180° en sentido transversal
Simbólica	Numérica	mín. long.	máx.			L ₀ = 80 long.	L ₀ = 50 long.	
			long.	trans. 2)				
H 240 LA	10480	240	310	330	340	27	L ₀ 80 + 2%	Oe
h 280 LA	10489	280	360	380	370	24		Oe
H 320 LA	10548	320	410	440	400	22		Oe
H 360 LA	10550	360	460	500	430	20		0.5e
H 400 LA	10556	400	500	540	460	18		0.5e

1)

En ausencia de fenómenos de cedencia, el valor R_{p0.2} debe ser determinado.

2)

A título orientativo.

Para los productos no temperados (sin skin-pass), las características mecánicas deben ser acordadas con el comprador al hacer la consulta y el pedido. Por acuerdo entre el fabricante y el comprador al hacer la consulta y el pedido, puede ser definidos criterios particulares de conformabilidad.

□ SOLDABILIDAD

Se garantiza la idoneidad para el proceso de sondeo utilizado en los procedimientos industriales habituales. No obstante, se debe especificar al hacer la consulta y el pedido, el

procedimiento de soldadura que se va a utilizar, este requisito es indispensable en el caso de soldadura con gas.

❑ **CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES**

Las características superficiales se refieren al aspecto y al acabado superficial. Para los productos no temperados (sin skin-pass), deben acordarse especialmente las características superficiales. Aspecto superficial: Los productos amparados por esta norma europea sólo pueden suministrarse con el aspecto superficial A especificado en la Norma Europea EN 10130: son admisibles algunos defectos como poros, ligeras rayas, pequeñas marcas, o ligeras coloraciones que no afecten a la conformabilidad o a la adherencia de los recubrimientos superficiales. Acabado superficial: El acabado superficial de los productos amparados por esta norma europea debe cumplir los requisitos de la Norma Europea En 10130 para productos con ancho de laminación $\geq 600\text{mm}$, y los requisitos de la Norma Europea EN 10139 para productos con ancho de laminación $< 600\text{mm}$. Aptitud a la aplicación de recubrimientos superficiales: Los productos pueden ser destinados a recibir un recubrimiento metálico por inmersión en caliente o por vía electrolítica, y/o recubrimiento orgánicos u otros. Si tal recubrimiento está previsto, debe ser acordado al hacer la consulta y el pedido.

Tolerancias dimensionales y de forma para los productos con ancho de laminación $< 600\text{mm}$.
UNE-EN 10140; 1997

Tolerancias dimensionales y de forma para los productos con ancho de laminación $\geq 600\text{mm}$.
UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).

8.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO PARA CONSTRUCCIONES METÁLICAS

8.3.1. BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA. UNE 36-121-85.

Características de la banda laminada en frío, de acero no aleado, destinada a ser empleada en estructuras metálicas, plegadas, conformadas, o soldadas.

❑ **DEFINICIONES:**

- Banda laminada en frío: Producto obtenido por reducción en frío, hasta un espesor prefijado, partiendo de una banda laminada en caliente y decapada y que, con la excepción del tipo A 551, posteriormente sufre un recocido de recristalización. Este producto se suministra generalmente con un temperado o "skin-pass", pero, si el cliente así el cliente lo solicita en el pedido, puede suministrarse en estado de recocido, es decir, sin haber sufrido el temperado. Se presenta en bobina o en paquetes de chapa cortada.
- Temperado ("skin-pass"): Laminación en frío de la bobina recocida por la que ésta sufre una reducción muy ligera (inferior al 2). Esta operación tiene uno o varios de los objetivos siguientes: Disminuir temporalmente la tendencia a la aparición de líneas de cedencias (bandas de Lüder) y de aristas durante la conformación. Obtener en estado superficial adecuado. Controlar la forma.
- Aspecto superficial: El aspecto superficial alude al grado de perfección superficial por referencia a la cantidad, magnitud y proporción de los defectos que pueden tolerarse en las bandas en función de su aplicación. La valoración objetiva del aspecto superficial es difícil y generalmente deberá ser objeto de acuerdos particulares en cada caso concreto. Las bandas suministradas como chapa cortada estarán exentas de cualquier defecto que las inutilice para el fin previsto. El suministro en bobinas no permite al fabricante eliminar zonas defectuosas tal como se hace en el caso de chapa cortada. Deberá convenirse previamente el porcentaje admisible defectuoso.
- Acabado: El acabado corresponde al grado de rugosidad de la chapa así como a la unanimidad de la misma. Normalmente las bandas laminadas en frío presentan un acabado mate que las hace adecuadas para recibir las pinturas decorativas usuales, pero que no son recomendables para aplicación de depósitos electrolíticos.

- **Aceitado:** Las bandas pueden solicitarse aceitadas o no. En el primer caso tendrán las dos caras protegidas por una capa, repartida uniformemente, de aceite neutro, no secante, y exento de materias extrañas. En condiciones normales de embalaje, transporte y almacenado, las bandas así protegidas, no deben presentar trazas de oxidación, como mínimo, en un plazo de tres meses. La capa de aceite deberá poderse eliminar fácilmente por medio de soluciones alcalinas. Previa solicitud en el pedido, el fabricante deberá indicar el tipo de aceite utilizado.
- **Dimensión de la bobina:** Cuando la banda laminada en frío se solicite en bobinas es preciso especificar una medida, o un intervalo de medidas, admisible para el diámetro inferior (D.I.). Además, se especificará el diámetro exterior máximo y la masa máxima admisible de la bobina.
- **Elección del tipo y grado del acero:** Es deseable que se indique la utilización final de las bandas de acero laminadas en frío, bien por la designación de la pieza, bien por su aplicación prevista.

❑ **COMPOSICIÓN QUÍMICA:**

Análisis de colada: La composición química, referida al análisis de colada se indica en la tabla siguiente. El análisis de colada servirá de base para la recepción técnica y será comunicado al comprador por el fabricante.

Tabla 8-24 Banda de acero laminada en frío para construcción metálica - Composición química (referida al análisis de colada)

Designación		Estado de oxidación (1)	%C máx.	%Mn máx.	%P máx.	%S máx.	%N máx.
Simbólica							
Tipo	Grado						
AE 220-1	B	FU o FN	0.15	----	0.040	0.040	0.009
	D	FF	0.15	----	0.035	0.035	0.015
AE 250-1	B	FN	0.20	----	0.040	0.040	0.009
	D	FF	0.20	----	0.035	0.035	0.015
AE 320-1	B	FN	0.20	1.50	0.040	0.040	0.009
	D	FF	0.20	1.50	0.030	0.030	0.015
AE 550-1	----	----	0.20	1.50	0.040	0.040	----

1) FU = efervescente; FN = no efervescente; FF = calmado especial de grano fino.

1) FU = efervescente; FN = no efervescente; FF = calmado especial de grano fino.

❑ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

En el momento de la entrega, las características mecánicas de los distintos tipos de acero, determinadas sobre probetas, se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8-25 Banda de acero laminada en frío para construcción metálica - Características mecánicas

Designación		R _e mín. Mpa ¹⁾	R _m mín. ²⁾ Mpa ¹⁾	A % mínimo		Diámetro del mandril ³⁾
Simbólica				L ₀ = 50mm	L ₀ = 80mm	
Tipo	Grado					
AE 220-1	B	220	300	22	20	1e
	D					
AE 250-1	B	330	330	20	18	2e
	D					
AE 320-1	B	320	400	18	14	3e
	D					
AE 550-1	----	550	4)	no aplicable	no aplicable	no aplicable

1)

1Mpa = 1N/mm² = 0.102Kgf/mm².

2)

Los valores de R_m sólo se dan a título informativo.

3)

El ensayo de doblado sólo se realizará si se ha convenido expresamente en el pedido.

4)

Para este tipo, la carga de rotura está muy próxima al límite elástico.

1) 1Mpa = 1N/mm² = 0.102Kg/mm².

2) Los valores de R_m sólo se dan a título informativo.

3) El ensayo de doblado sólo se realizará si se ha convenido expresamente en el pedido.

4) Para este tipo, la carga de rotura está muy próxima al límite elástico.

❑ **SOLDABILIDAD**

Las bandas definidas en esta norma son soldables, en condiciones adecuadas. El soldeo por puntos se hace tanto más difícil cuanto más se sobrepasa en carbono el límite de 0.15%. El tipo A 550-1 no es apto para el soldeo, ya que el calentamiento provoca una disminución significativa de su resistencia a la tracción.

□ TOLERANCIAS

Las tolerancias incluidas son aplicables, en general, a bandas suministradas en bobinas y en chapas o flejes cortados. Para bandas de dimensiones mayores a las recogidas en las tablas, las tolerancias deberán ser objeto de acuerdo. Previo acuerdo podrán aplicarse al fleje (anchura inferior a 600mm) obtenido por corte longitudinal de una banda. Tolerancias en espesor: La medición en espesor se podrá hacer en cualquier punto del producto situado a no menos de 40mm de los bordes longitudinales. Las tolerancias en espesor se indican en la siguiente tabla, en la que se recogen las desviaciones máximas, en más y en menos, que puede presentar cualquier medida respecto al espesor nominal. Para el tipo AE 320-1, serán aplicables los valores de la tabla siguiente aumentados en un 20%, aplicando las reglas de redondeo habituales.

Tabla 8-26 Banda de acero laminada en frío para construcción metálica - Tolerancias en espesor: desviaciones en más y en menos¹⁾

Valores en milímetros

Anchura nominal		Espesor nominal								
desde	hasta	hasta 0.40	0.41 a 0.60	0.61 a 0.80	0.81 a 1.00	1.01 a 1.20	1.21 a 1.60	1.61 a 2.00	2.01 a 2.50	2.51 a 3.00
600	1200	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20
1201	1500	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23
1501	1800	----	0.10	0.11	0.13	0.14	0.17	0.19	0.22	0.23
1800	----	----	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.21	0.24	0.26

1) Estos valores deben aumentarse en el 20% para el tipo AE 320-1.

En bobinas, en un entorno de soldadura de 15m, son admisibles desviaciones en más, dobles a las indicadas en la tabla anterior. En el suministro en bobinas, la longitud de banda que en sus extremos pueda estar fuera de tolerancia deberá ser objeto de acuerdo.

□ TOLERANCIA EN ANCHURA Y LONGITUD:

Tabla 8-27 Banda de acero laminada en frío para construcción metálica - Tolerancias en anchura y longitud: Desviación en más¹⁾

Valores en milímetros

Anchura nominal		Tolerancia en anchura	Longitud nominal		Tolerancia en longitud
desde (excl.)	hasta (incl.)		desde (incl.)	hasta (excl.)	
----	1200	5	----	3000	20
1200	1500	7	3000	6000	30
1500	----	9	6000	----	0.5% x longitud

1) No se admite desviación en menos.

Planicidad: La tolerancia en planicidad es la distancia máxima admisible entre la chapa y una superficie plana y horizontal sobre la que se apoya libremente, midiendo la flecha entre la concavidad y la superficie de referencia.

La tolerancia de planicidad se indica en la tabla siguiente para los tipos AE 220-1 y AE 250-1. Para el tipo AE 320-1 se aumentarán en un 25%. Para el tipo AE 550-1 deberán ser objeto de acuerdo.

Tabla 8-28 Banda de acero laminada en frío para construcción metálica - Tolerancias de planicidad (para chapas)¹⁾

Valores en milímetros

Espesor nominal	Anchura nominal	Tolerancia de planicidad
hasta 0.7 (incluido)	hasta 1200 (incluido)	23
	desde 1200 hasta 1500	27
	superior a 1500	33
superior a 0.7 hasta 1.2 (incluido)	hasta 1200 (incluido)	18
	desde 1200 hasta 1500	23
	superior a 1500	29
superior a 1.2	hasta 1200 (incluido)	15
	desde 1200 hasta 1500	19
	superior a 1500	26

1) Aplicables a los tipos AE 220-1 y AE 250-1. Para el tipo AE 320-1 deben aumentarse en un 25%. Para el tipo AE 550-1 deben establecerse por acuerdo.

Son aplicables a chapas cortadas por el cliente siempre que hayan sido sometidas a un aplanado adecuado. Si no se manipulan correctamente las chapas, puede deteriorarse la planicidad original obtenida en fábrica. Falta de escuadrado: Se define la falta de escuadrado a

la existencia de una longitud u proyección ortogonal de un borde transversal sobre el longitudinal. El valor máximo admisible será el 1% de la anchura de la chapa. Previo acuerdo se pueden solicitar con las tolerancias restringidas incluidas en la siguiente tabla.

Tabla 8-29 Banda de acero laminada en frío para construcción metálica - Tolerancias restringidas de escuadrado

Valores en milímetros		
Longitud nominal	Anchura nominal	Tolerancia
hasta 3000	hasta 1200	+ 2
	más de 1200	+ 3
más de 3000	todas las anchuras	+ 3

Curvado o efecto de sable: 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. Para chapas cortadas, la base de medida será la longitud de la chapa y la flecha no será superior al 0.4% de dicha longitud. Para bobinas, la base de medida será 5000mm (situada en cualquier zona de la bobina) y la flecha no será superior a 20mm.

Formato: Por acuerdo en el pedido, las tolerancias en la falta de escuadrado y en curvado pueden sustituirse por la condición de que el formato de la chapa permita inscribir un rectángulo de las medidas solicitadas.

8.4. PRODUCTOS LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO

8.4.1. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. UNE-EN 10132-1: 2001.

Condiciones técnicas de suministro generales de los flejes laminados en frío de acero no aleado y aleado, con anchos de laminación menores de 600mm, para tratamiento térmico.

❑ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Análisis de colada: La composición química del acero definida por el análisis de colada debe ser conforme a los valores especificados en las tablas correspondientes de las Normas Europeas EN 10132-2, EN 10132-3 y EN 10132-4.

Análisis de producto: Las desviaciones admisibles entre el análisis de producto con relación a los límites especificados para el análisis de colada están indicadas en las tablas correspondientes de las Normas EN 10132-2, EN 10132-3 y EN 10132-4.

❑ PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de los productos deben ser conformes a los valores de las tablas correspondientes de las Normas EN 10132-2, EN 10132-3 y EN 10132-4.

❑ ESTRUCTURA

Tamaño de grano: Salvo acuerdo en contrario en el momento de hacer el pedido, la elección del tamaño de grano queda a la elección del fabricante. **Inclusiones no metálicas:** Los aceros deben tener un grado de limpieza que corresponda a la calidad del acero especificado. Es posible acordar el grado de limpieza en el momento de solicitar la oferta y de hacer el pedido. **Decarburación:** Independientemente del tratamiento térmico, ninguno de los aceros indicados en la Norma Europea EN 10132-3 con un contenido mínimo de carbono superior a 0.50%, ni de los aceros de la Norma Europea EN 10132-4, deben tener niveles de decarburación que sobrepasen los límites que figuran en las Normas Europeas EN 10132-2 y EN 10132-4.

❑ ACABADO SUPERFICIAL

Todos los productos deben tener un acabado liso, conforme a las descripciones de las Normas Europeas EN 10132-3 y EN 10132-4. Los requisitos relativos a la rugosidad pueden ser acordados en el momento de solicitar la oferta y de hacer el pedido.

□ DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

Las dimensiones nominales y las tolerancias dimensionales y de forma de los productos deben ser conformes a la Norma Europea EN 10140, salvo acuerdo en contrario en el momento de solicitar la oferta y de hacer el pedido. Las tolerancias en anchura especificadas en la Norma Europea EN 10140 no pueden ser solicitadas en la condición de templado y revenido (+QT).

8.4.2. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA CEMENTACIÓN. UNE-EN 10132-2: 2001.

Aplicable a los flejes laminados en frío aleados y no aleados de aceros para cementación, de 10mm de espesor como máximo, para aplicaciones generales.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 8-30 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para cementación - Tipos de acero y composición química ¹⁾ (análisis de colada)

Designación del acero		% en masa					
Simbólica	Númerica	C	Si máx.	Mn	P máx.	S máx.	Cr
C10E	1.1121	0.07 a 0.13	0.40	0.30 a 0.60	0.035	0.035	máx. 0.40
C15E	1.1141	0.12 a 0.18	0.40	0.30 a 0.60	0.035	0.035	máx. 0.40
16MnCr5	1.7131	0.14 a 0.19	0.40	1.00 a 1.30	0.035	0.035	0.80 a 1.10
17Cr3	1.7016	0.14 a 0.20	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	0.70 a 1.00

1) Los elementos no mencionados en esta tabla no deben ser añadidos intencionadamente al acero sin el acuerdo con el usuario excepto aquellos que sean destinados a la elaboración de la colada. Todas las precauciones razonables deben ser tomadas para prevenir la adición, en la materia prima utilizada en el transcurso de la fabricación (chatarra), de tales elementos que afectan a las características mecánicas y a la puesta en obra.

Tabla 8-31 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para cementación - Desviaciones máximas para el análisis de producto con respecto a los valores límites dados en la tabla de composición química para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo autorizado en el análisis de colada % en masa	Desviación admisible ¹⁾ % en masa
C	≤ 0.20	± 0.02
Si	≤ 0.40	+ 0.03
Mn	≤ 1.00	± 0.04
	> 1.00 ≤ 1.30	± 0.05
P	≤ 0.035	+ 0.005
S	≤ 0.035	+ 0.005
Cr	≤ 0.40	+ 0.03
	> 0.40 ≤ 1.10	± 0.04

1) ± significa que en una colada la desviación puede ocurrir por encima del valor superior o por debajo del valor inferior del rango especificado en la tabla de composición química, pero no los dos al mismo tiempo.

□ PROPIEDADES MECÁNICAS

Tabla 8-32 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para cementación - Propiedades mecánicas y requisitos de dureza ^{1) 2)}

Designación del acero		Condición de suministro					
Simbólica	Númerica	Recocido (+A) o recocido y skin-passed (+LC)				Laminado en frío ³⁾ (+CR)	
		R _{p0.2} ⁴⁾ N/mm ² máx.	R _m ⁴⁾ N/mm ² máx.	A ₈₀ ⁴⁾ % mín.	HV ⁴⁾ máx.	R _m ⁴⁾ N/mm ² máx.	HV ⁴⁾ máx.
C10E	1.1121	345	430	26	135	830	250
C15E	1.1141	360	450	25	140	870	260
16MnCr5	1.7131	420	550	21	170	⁵⁾	⁵⁾
17Cr3	1.7016	420	550	21	170	⁵⁾	⁵⁾

1) El cliente puede especificar los valores de dureza o de resistencia a la tracción, pero no los dos. Si no se indica ninguno de los dos valores, el valor deducido es el de la resistencia a tracción.
2) Los valores se aplican a los espesores 0.30mm ≤ t < 3.00mm. Si los flejes tienen un espesor mayor, las propiedades mecánicas deben ser convenidas en el momento de la licitación y del pedido.
3) Para el material laminado en frío, se debe aplicar un rango de 150N/mm² ó 50HV, por ejemplo de 650N/mm² a 800N/mm² ó 150HV a 200HV.
4) R_{p0.2} es el límite de elasticidad convencional al 0.2%; R_m es la resistencia a la tracción; A₈₀ es el alargamiento para una longitud entre marcas de 80mm; HV es la dureza Vickers.
5) El reparto en el estado de laminado en frío puede hacerse sobre pedido. En este caso, las propiedades mecánicas deben ser convenidas en el momento de la oferta y del pedido.

Para aquellos clientes que especifican antes la dureza Rockwell que la Vickers o la resistencia a la tracción, en la siguiente tabla se especifican los valores de dureza Rockwell:

Tabla 8-33 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para cementación - Valores de referencia de la dureza Rockwell para los aceros para cementación

Designación del acero		Condición de suministro Recocido (+A) o recocido y skin-passed (+LD) HRB ²⁾ máx.
Simbólica	Númerica	
C10E	1.1121	73
C15E	1.1141	76
16MnCr5	1.7131	84
17Cr3	1.7016	84

1) Si el espesor es inferior a los valores admisibles especificados en la Norma Europea ISO 6508-1, la escala de dureza Rockwell debe ser convenida en el momento de la oferta y del pedido.
2) HRB es la dureza Rockwell (escala B).

❑ ACABADO SUPERFICIAL

Los flejes laminados en frío deben tener un acabado superficial final brillante, conforme a lo que se obtiene durante el laminado o recocido en atmósfera controlada.

❑ DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

Las dimensiones nominales y las tolerancias dimensionales y de forma de los productos deben ser conformes a la Norma Europea EN 10140, salvo acuerdo en contrario en el momento de solicitar la oferta y de hacer el pedido. Las tolerancias en anchura especificadas en la Norma Europea En 10140 no pueden ser solicitadas en la condición de templado y revenido (+QT).

8.4.3. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO. UNE-EN 10132-3: 2000.

Se especifican las condiciones técnicas generales y específicas, de los flejes de acero no aleados y aleados, laminados en frío para temple y revenido, de 10mm de espesor como máximo, así como de los flejes de acero para temple y revenido, cuyo espesor esté comprendido entre 0.3mm y 3mm.

❑ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Análisis de colada: La composición química del acero definida por el análisis de colada debe ser conforme a los valores especificados en la siguiente tabla:

Tabla 8-34 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para temple y revenido - Composición química (análisis de colada)

Designación del acero		% en masa							
Simbólica	Númerica	C	Si máx.	Mn	P máx.	S máx.	Cr	Mo	Ni máx.
C22E	1.1151	0.17 a 0.24	0.40	0.40 a 0.70	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C30E	1.1178	0.27 a 0.34	0.40	0.50 a 0.80	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C35E	1.1181	0.32 a 0.39	0.40	0.50 a 0.80	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C40E	1.1186	0.37 a 0.44	0.40	0.50 a 0.80	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C45E	1.1191	0.42 a 0.50	0.40	0.50 a 0.80	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C50E	1.1206	0.47 a 0.55	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C55E	1.1203	0.52 a 0.60	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
C60E	1.1221	0.57 a 0.65	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
25Mn4	1.1177	0.23 a 0.28	0.40	0.95 a 1.15	0.035	0.035	máx. 0.40	máx. 0.10	0.40
25CrMo4	1.7218	0.22 a 0.29	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	0.90 a 1.20	0.15 a 0.30	----
34CrMo4	1.7220	0.30 a 0.37	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	0.90 a 1.20	0.15 a 0.30	----
42CrMo4	1.7225	0.38 a 0.45	0.40	0.60 a 0.90	0.035	0.035	0.90 a 1.20	0.15 a 0.30	----

1) Los elementos no mencionados en esta tabla no deben ser añadidos intencionadamente al acero sin el acuerdo con el usuario excepto aquellos que sean destinados a la elaboración de la colada. Todas las precauciones razonables deben ser tomadas para prevenir la adición, en la materia prima utilizada en el transcurso de la fabricación (chatarra), de tales elementos que afectan a las características mecánicas y a la puesta en obra.

Análisis de producto: En el caso de que se solicite la realización de un análisis de producto, las desviaciones admisibles a los límites especificados para el análisis de colada, están indicados en la tabla siguiente:

Tabla 8-35 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para temple y revenido - Desviaciones máximas para el análisis de producto con respecto a los valores límites dados en la tabla de composición química para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo autorizado en el análisis de colada % en masa		Desviación admisible ¹⁾ % en masa
C	≤ 0.55		± 0.02
	> 0.55	≤ 0.65	± 0.03
Si	≤ 0.40		+ 0.03
Mn	≤ 0.95		± 0.04
	> 0.95	≤ 1.15	± 0.05
P	≤ 0.035		+ 0.005
S	≤ 0.035		+ 0.005
Cr	≤ 0.40		+ 0.03
	> 0.40	≤ 1.20	± 0.04
Mo	≤ 0.10		+ 0.02
	> 0.10	≤ 0.30	± 0.03
Ni	≤ 0.40		+ 0.04

1) ± significa que en una colada la desviación puede ocurrir por encima del valor superior o por debajo del valor inferior del rango especificado en la tabla de composición química, pero no los dos al mismo tiempo.

❑ PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas del fleje deben ser conformes a los valores indicados en la siguiente tabla, para espesores fuera de este rango, las propiedades mecánicas deben ser acordadas entre el fabricante y el cliente.

Tabla 8-36 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para temple y revenido - Propiedades mecánicas y requisitos de dureza ^{1) 2)}

Designación del acero		Condición de suministro							
		Recocido (+A) o recocido y skin-passed (+LC)				Laminado en frío ³⁾ (+CR)		Templado y revenido (+QT) ⁴⁾	
Simbólica	Númerica	R _{p0.2} ⁵⁾ N/mm ² máx.	R _m ⁵⁾ N/mm ² máx.	A ₈₀ ⁵⁾ % mín.	HV ⁵⁾ máx.	R _m ⁵⁾ N/mm ² máx.	HV ⁵⁾ máx.	R _m ⁵⁾ N/mm ²	HV ⁵⁾
C22E	1.1151	400	500	22	155	900	265	----	----
C30E	1.1178	420	520	20	165	920	270	----	----
C35E	1.1181	430	540	19	170	930	275	----	----
C40E	1.1186	440	550	18	170	970	280	----	----
C45E	1.1191	455	570	18	180	1020	290	----	----
C50E	1.1206	465	580	17	180	1050	295	1050 a 1650	325 a 505
C55E	1.1203	480	600	17	185	1070	300	1100 a 1700	340 a 520
C60E	1.1221	495	620	17	195	1100	305	1150 a 1750	345 a 530
25Mn4	1.1177	460	590	20	180	⁵⁾	⁵⁾	----	----
25CrMo4	1.7218	440	580	19	175	⁵⁾	⁵⁾	990 a 1400	305 a 530
34CrMo4	1.7220	460	600	16	185	⁵⁾	⁵⁾	1020 a 1400	315 a 465
42CrMo4	1.7225	480	620	15	195	⁵⁾	⁵⁾	1100 a 1600	340 a 490

1) El cliente puede especificar los valores de dureza o de resistencia a la tracción, pero no los dos. Si no se indica ninguno de los dos valores, el valor deducido es el de la resistencia a tracción.

2) Los valores se aplican a los espesores 0.30mm ≤ t < 3.00mm. Si los flejes tienen un espesor mayor, las propiedades mecánicas deben ser convenidas en el momento de la licitación y del pedido.

3) Para el material laminado en frío, se debe aplicar un rango de 150N/mm² ó 50HV, por ejemplo de 650N/mm² a 800N/mm² ó 150HV a 200HV.

4) R_{p0.2} es el límite de elasticidad convencional al 0.2%; R_m es la resistencia a la tracción; A₈₀ es el alargamiento para una longitud entre marcas de 80mm; HV es la dureza Vickers.

5) El suministro en el estado de laminado en frío puede hacerse sobre pedido. En este caso, las propiedades mecánicas deben ser convenidas en el momento de la oferta y del pedido.

Para aquellos clientes que especifican antes la dureza Rockwell que la Vickers o la resistencia a la tracción, en la siguiente tabla se especifican los valores de dureza Rockwell:

Tabla 8-37 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para temple y revenido - Valores de la dureza Rockwell¹⁾

Designación del acero		Condición de suministro	
		Recocido (+A) o recocido y skin-passed (+LD)	Templado y revenido (+QT) ³⁾
Simbólica	Númerica	HRB ³⁾ máx.	HRC ³⁾
C22E	1.1151	78	----
C30E	1.1178	82	----
C35E	1.1181	86	----
C40E	1.1186	87	----
C45E	1.1191	88	----
C50E	1.1206	89	33 a 49.5
C55E	1.1203	90	34 a 50.5
C60E	1.1221	91	35 a 51
25Mn4	1.1177	88	----
25CrMo4	1.7218	87	31.5 a 44
34CrMo4	1.7220	88	32 a 46
42CrMo4	1.7225	90	35 a 48.5

1) Si el espesor es inferior a los valores admisibles especificados en la Norma Europea ISO 6508-1, la escala de dureza Rockwell debe ser convenida en el momento de la oferta y del pedido.
2) En el caso de un material suministrado en la condición de temple y revenido, se aplica un rango de 5HRC para una dureza ≤ 40 HRC y se aplica un rango de 4 HRC para una dureza > 40 HRC.
3) HRB es la dureza Rockwell (escala B); HRC es la dureza Rockwell (escala C).

Los valores mínimos de dureza dados en la siguiente tabla indican los valores mínimos después del templado, sin revenido.

Tabla 8-38 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. Aceros para temple y revenido - Valores de referencia para el tratamiento térmico y valores mínimos de dureza en la condición de temple

Designación del acero		Temperatura de austenización °C	Medio de temple	Dureza mínima ¹⁾ en el estado temple sin revenido	
				HRC ^{2) 3)}	HV ³⁾
Simbólica	Númerica				
C22E	1.1151	----	----	----	----
C30E	1.1178	----	----	----	----
C35E	1.1181	----	----	----	----
C40E	1.1186	840 a 870	agua	51	530
C45E	1.1191	840 a 870	agua	52	540
C50E	1.1206	830 a 860	agua	53	560
C55E	1.1203	830 a 860	aceite	55	600
C60E	1.1221	825 a 855	aceite	57	640
25Mn4	1.1177	----	----	----	----
25CrMo4	1.7218	840 a 870	agua	44	430
34CrMo4	1.7220	840 a 870	aceite	48	480
42CrMo4	1.7225	840 a 870	aceite	51	530

1) El rango de espesor para que se apliquen los valores mínimos está comprendido entre 0.3mm y 3mm.
2) Si el espesor es inferior a los valores admisibles especificados en la Norma Europea EN ISO 6508-1, la escala de dureza Rockwell debe ser acordada en el momento de la oferta y el pedido.
3) HRC es la dureza Rockwell (escala C). HV es la dureza Vickers.

❑ DECARBURACIÓN

En el caso de los aceros con un contenido mínimo en carbono superior al 0.5%, la decarburación no debe exceder del 3% del espesor del material por cara, cuando se mide a una distancia de 5mm a partir del borde del fleje.

❑ ACABADO SUPERFICIAL

Los flejes laminados en frío deben tener un acabado superficial final brillante, conforme a lo que se obtiene durante el laminado o recocido en atmósfera controlada. Los flejes laminados en frío templados y revenidos pueden tener los acabados superficiales siguientes: óxido gris/azul: no pulido; templado brillante: no pulido; pulido: obtenido por un amolado fino, un cepillado abrasivo u otros procedimientos; pulido y coloreado: de color azul o amarillo debido a la oxidación por el tratamiento térmico.

□ DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

Las dimensiones nominales y las tolerancias en anchura para los flejes templados y revenidos. Para cualquier otra tolerancia se aplica la Norma Europea EN 10140. Por acuerdo entre el fabricante y el cliente, es posible disponer bordes especiales debiendo acordarse para estos bordes las tolerancias en anchura.

8.4.4. FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES. UNE-EN 10132-4: 2000.

Se aplica a: los flejes no aleados y aleados de acero laminados en frío, de 6mm de espesor máximo; los flejes no aleados y aleados de acero para temple y revenido, entre 0.3mm y 3mm; para su utilización como muelles y otras aplicaciones especiales.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Análisis de colada: La composición química del acero definida por el análisis de colada debe ser conforme a los valores especificados en la siguiente tabla:

Tabla 8-39 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. aceros para muelles y otras aplicaciones especiales - Composición química¹⁾ (análisis de colada)

Designación del acero		% en masa							
Simbólica	Númerica	C	Si máx.	Mn	P máx.	S máx.	Cr	Mo máx.	Ni máx.
C55S	1.1204	0.52 a 0.60	0.15 a 0.35	0.60 a 0.90	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C60S	1.1211	0.57 a 0.65	0.15 a 0.35	0.60 a 0.90	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C67S	1.1231	0.65 a 0.73	0.15 a 0.35	0.60 a 0.90	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C75S	1.1248	0.70 a 0.80	0.15 a 0.35	0.60 a 0.90	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C85S	1.1269	0.80 a 0.90	0.15 a 0.35	0.40 a 0.70	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C90S	1.1217	0.85 a 0.95	0.15 a 0.35	0.40 a 0.70	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C100S	1.1274	0.95 a 1.05	0.15 a 0.35	0.30 a 0.60	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
C125S	1.1224	1.20 a 1.30	0.15 a 0.35	0.30 a 0.60	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
48Si7	1.5021	0.45 a 0.52	1.60 a 2.00	0.50 a 0.80	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
56Si7	1.5026	0.52 a 0.60	1.60 a 2.00	0.60 a 0.90	0.025	0.025	máx. 0.40	0.10	máx. 0.40
51CrV4	1.8159	0.47 a 0.55	máx. 0.40	0.70 a 1.10	0.025	0.025	0.90 a 1.20	0.10	0.10 a 0.25
80CrV2	1.2235	0.75 a 0.85	0.15 a 0.35	0.30 a 0.50	0.025	0.025	0.40 a 0.60	0.10	0.15 a 0.25
75Ni8	1.5634	0.72 a 0.78	0.15 a 0.35	0.30 a 0.50	0.025	0.025	< 0.15	0.10	1.80 a 2.10
125Cr2	1.2002	1.20 a 1.30	0.15 a 0.35	0.25 a 0.40	0.025	0.025	0.40 a 0.60	0.10	máx. 0.40
102Cr6	1.2067	0.95 a 1.10	0.15 a 0.35	0.20 a 0.40	0.025	0.025	1.35 a 1.60	0.10	máx. 0.40

1) Los elementos no mencionados en esta tabla no deben ser añadidos intencionadamente al acero sin el acuerdo con el usuario excepto aquellos que sean destinados a la elaboración de la colada. Todas las precauciones razonables deben ser tomadas para prevenir la adición, en la materia prima utilizada en el transcurso de la fabricación (chatarra), de tales elementos que afectan a las características mecánicas y a la puesta en obra.

Tabla 8-40 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. aceros para muelles y otras aplicaciones especiales - Desviaciones máximas para el análisis de producto con respecto a los valores límites dados en la tabla de composición química para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo autorizado en el análisis de colada % en masa		Desviación admisible ¹⁾ % en masa
C	≤ 0.50		± 0.02
	> 0.50	≤ 1.00	± 0.03
	> 1.00	≤ 1.30	± 0.04
Si	≤ 1.00		+ 0.03
	> 1.00	≤ 2.00	± 0.10
Mn	≤ 1.00		± 0.04
	> 1.00	≤ 1.10	± 0.05
P	≤ 0.025		+ 0.005
S	≤ 0.025		+ 0.005
Cr	≤ 0.40		+ 0.03
	> 0.40	≤ 1.60	± 0.04
Mo	≤ 0.10		+ 0.02
V	≤ 0.25		± 0.03
Ni	≤ 0.40		+ 0.03
	> 0.40	≤ 2.10	± 0.05

1) ± significa que en una colada la desviación puede ocurrir por encima del valor superior o por debajo del valor inferior del rango especificado en la tabla de composición química, pero no los dos al mismo tiempo.

❑ PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades de resistencia a la tracción y de dureza: Las propiedades mecánicas del fleje deben ser conformes a los valores indicados en la siguiente tabla, para espesores fuera de este rango, las propiedades mecánicas deben ser acordadas entre el fabricante y el cliente.

Tabla 8-41 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. aceros para muelles y otras aplicaciones especiales - Propiedades mecánicas y requisitos de dureza ¹⁾²⁾

Designación del acero		Condición de suministro							
		Recocido (+A) o recocido y skin-passed (+LC)				Laminado en frío ³⁾ (+CR)		Templado y revenido (+QT) ⁴⁾	
Simbólica	Númerica	R _{p0.2} ⁵⁾ N/mm ² máx.	R _m ⁵⁾ N/mm ² máx.	A ₈₀ ⁵⁾ % mín.	HV ⁵⁾ máx.	R _m ⁵⁾ N/mm ² máx.	HV ⁵⁾ máx.	R _m ⁵⁾ N/mm ²	HV ⁵⁾
C55S	1.1204	480	600	17	185	1070	300	1100 a 1700	340 a 520
C60S	1.1211	495	620	17	195	1100	305	1500 a 1750	345 a 530
C67S	1.1231	510	640	16	200	1140	315	1200 a 1900	370 a 580
C75S	1.1248	510	640	15	200	1170	320	1200 a 1900	370 a 580
C85S	1.1269	535	670	15	210	1190	325	1200 a 2000	370 a 600
C90S	1.1217	545	680	14	215	1200	325	1200 a 2100	370 a 600
C100S	1.1274	550	690	13	220	1200	325	1200 a 2100	370 a 630
C125S	1.1224	600	740	11	230	1200	325	1200 a 2100	370 a 630
48Si7	1.5021	580	720	13	225	----	----	1200 a 1700	370 a 520
56Si7	1.5026	600	740	12	230	----	----	1200 a 1700	370 a 520
51CrV4	1.8159	550	700	13	220	----	----	1200 a 1800	370 a 550
80CrV2	1.2235	580	720	12	225	----	----	1200 a 1800	370 a 550
75Ni8	1.5634	540	680	13	210	----	----	1200 a 1800	370 a 550
125Cr2	1.2002	590	750	11	235	----	----	1300 a 2100	405 a 630
102Cr6	1.2067	590	750	11	235	----	----	1300 a 2100	405 a 630

1) El cliente puede especificar los valores de dureza o de resistencia a la tracción, pero no los dos. Si no se indica ninguno de los dos valores, el valor deducido es el de la resistencia a tracción.
2) Los valores se aplican a los espesores 0.30mm ≤ t < 3.00mm. Si los flejes tienen un espesor mayor, las propiedades mecánicas deben ser convenidas en el momento de la licitación y del pedido.
3) Para el material laminado en frío, se debe aplicar un rango de 150N/mm² ó 50HV, por ejemplo de 850N/mm² a 1000N/mm² ó 240HV a 290HV.
4) En el caso de un material suministrado en la condición de temple y revenido, se debe aplicar un rango de 150N/mm² o 50HV a 50HV, por ejemplo 1350N/mm² a 1500N/mm² o 450HV a 500HV.
5) R_{p0.2} es el límite de elasticidad convencional al 0.2%; R_m es la resistencia a la tracción; A₈₀ es el alargamiento para una longitud entre marcas de 80mm; HV es la dureza Vickers.

Para aquellos clientes que especifican antes la dureza Rockwell que la Vickers o la resistencia a la tracción, en la siguiente tabla se especifican los valores de dureza Rockwell:

Tabla 8-42 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. aceros para muelles y otras aplicaciones especiales - Valores de la dureza Rockwell ¹⁾

Designación del acero		Condición de suministro	
		Recocido (+A) o recocido y skin-passed (+LD)	Templado y revenido (+QT) ³⁾
Simbólica	Númerica	HRB ³⁾ máx.	HRC ³⁾
C55S	1.1204	90	34 a 50.5
C60S	1.1211	91	35 a 51.5
C67S	1.1231	92	38.5 a 54
C75S	1.1248	93	38.5 a 54
C85S	1.1269	94	38.5 a 55
C90S	1.1217	94	38.5 a 55
C100S	1.1274	95	38.5 a 57
C125S	1.1224	97	38.5 a 57
48Si7	1.5021	95	38.5 a 50.5
56Si7	1.5026	96	38.5 a 50.5
51CrV4	1.8159	94	38.5 a 52.5
80CrV2	1.2235	95	38.5 a 52.5
75Ni8	1.5634	93	38.5 a 52.5
125Cr2	1.2002	97	42 a 57
102Cr6	1.2067	97	42 a 57

1) Si el espesor es inferior a los valores admisibles especificados en la Norma Europea ISO 6508-1, la escala de dureza Rockwell debe ser convenida en el momento de la oferta y del pedido.
2) En el caso de un material suministrado en la condición de temple y revenido, se aplica un rango de 5HRC para una dureza ≤ 40 HRC y se aplica un rango de 4 HRC para una dureza > 40 HRC.
3) HRB es la dureza Rockwell (escala B); HRC es la dureza Rockwell (escala C).

Los aceros pueden ser templados con aceite o tratados térmicamente de modo isoterma. Los valores mínimos de dureza dados en la siguiente tabla indican los valores mínimos después del templeado, sin revenido.

Tabla 8-43 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. aceros para muelles y otras aplicaciones especiales - Valores de referencia para el tratamiento térmico y valores mínimos de dureza en la condición de temple

Designación del acero		Temperatura de austenización °C	Medio de temple	Dureza mínima ¹⁾ en el estado temple sin revenido	
Simbólica	Númerica			HRC ²⁾	HV ²⁾
C55S	1.1204	830 a 860	aceite	55	600
C60S	1.1211	825 a 855	aceite	57	640
C67S	1.1231	815 a 845	aceite	59	670
C75S	1.1248	810 a 840	aceite	60	700
C85S	1.1269	800 a 830	aceite	61	720
C90S	1.1217	790 a 820	aceite	61	720
C100S	1.1274	790 a 820	aceite	61	720
C125S	1.1224	780 a 810	aceite	62	750
48Si7	1.5021	840 a 870	agua	52	540
56Si7	1.5026	840 a 870	aceite	55	600
51CrV4	1.8159	840 a 870	aceite	57	640
80CrV2	1.2235	840 a 870	aceite	60	700
75Ni8	1.5634	820 a 850	aceite	60	700
125Cr2	1.2002	820 a 850	aceite	62	750
102Cr6	1.2067	830 a 860	aceite	61	720

1) El rango de espesor para que se apliquen los valores mínimos está comprendido entre 0.3mm y 3mm.

2) HRC es la dureza Rockwell (escala C). HV es la dureza Vickers.

El valor de dureza preconizado (HV) para los aceros de la tabla de propiedades mecánicas y requisitos de dureza en la condición de temple y revenido para utilizar como muelles viene dado en la siguiente tabla:

Tabla 8-44 Flejes laminados en frío para tratamiento térmico. aceros para muelles y otras aplicaciones especiales - Valores indicativos de dureza (HV) para los materiales de diferentes rangos de espesor en la condición de temple y revenido

Designación del acero		Dureza HV en la condición de temple y revenido					
Númerica	Simbólica	Espesor especificado (mm)					
		0.30 ≤ 0.50	0.50 ≤ 0.75	0.75 ≤ 1.00	1.00 ≤ 1.50	1.50 ≤ 2.00	2.00 < 3.00
C55S	1.1204	485 a 535	465 a 515	455 a 505	445 a 495	425 a 475	415 a 465
C60S	1.1211	485 a 535	465 a 515	455 a 505	445 a 495	425 a 475	415 a 465
C67S	1.1231	485 a 535	465 a 515	455 a 505	445 a 495	425 a 475	415 a 465
C75S	1.1248	520 a 570	500 a 550	480 a 530	465 a 515	440 a 490	435 a 485
C85S	1.1269	520 a 570	500 a 550	480 a 530	465 a 515	440 a 490	435 a 485
C90S	1.1217	555 a 605	525 a 575	505 a 555	485 a 535	465 a 515	455 a 505
C100S	1.1274	555 a 605	525 a 575	505 a 555	485 a 535	465 a 515	455 a 505
C125S	1.1224	555 a 605	525 a 575	505 a 555	485 a 535	465 a 515	455 a 505
48Si7	1.5021	485 a 535	465 a 515	455 a 505	445 a 495	425 a 475	415 a 465
56Si7	1.5026	485 a 535	465 a 515	455 a 505	445 a 495	425 a 475	415 a 465
51CrV4	1.8159	520 a 570	500 a 550	480 a 530	465 a 515	440 a 490	435 a 485
80CrV2	1.2235	555 a 605	525 a 575	505 a 555	485 a 535	465 a 515	455 a 505
75Ni8	1.5634	520 a 570	500 a 550	480 a 530	465 a 515	440 a 490	435 a 485
125Cr2	1.2002	555 a 605	525 a 575	505 a 555	485 a 535	465 a 515	455 a 505
102Cr6	1.2067	555 a 605	520 a 575	505 a 555	485 a 535	465 a 515	455 a 505

Ensayo de doblado: Las prescripciones relativas al ensayo de doblado aplicable a los aceros en la condición de recocidos (+A) pueden ser objeto de un acuerdo en el momento de la oferta y el pedido.

❑ DECARBURACIÓN

Cuando se mide una distancia de 5mm a partir del borde del fleje, la decarburación no debe exceder del 3% del espesor del material por cara, en el caso de los aceros aleados a base de silicio y del 2% en el caso de los aceros aleados, pero no a base de silicio.

❑ ACABADO SUPERFICIAL

Los flejes laminados en frío deben tener un acabado superficial final brillante, conforme a lo que se obtiene durante el laminado o recocido en atmósfera controlada. Los flejes laminados en frío templados y revenidos pueden tener los acabados superficiales siguientes:

- óxido gris/azul: no pulido;
- templado brillante: no pulido;
- pulido: obtenido por un amolado fino, un cepillado abrasivo u otros procedimientos;
- pulido y coloreado: de color azul o amarillo debido a la oxidación por el tratamiento térmico.

□ DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DIMENSIONALES Y DE FORMA

Las dimensiones nominales y las tolerancias dimensionales y de forma de los productos deben ser conformes a la Norma Europea EN 10140, salvo acuerdo en contrario en el momento de solicitar la oferta y de hacer el pedido. Las tolerancias en anchura especificadas en la Norma Europea En 10140 no pueden ser solicitadas en la condición de templado y revenido (+QT).

8.5. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO CON PROPIEDADES MAGNÉTICAS

8.5.1. MATERIALES MAGNÉTICOS*. ESPECIFICACIONES PARA LAS CHAPAS Y BANDAS DE ACERO CON CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y PERMEABILIDAD MAGNÉTICA GARANTIZADAS. UNE-EN 10265: 1996.*(LAMINADOS EN FRÍO Y EN CALIENTE)

Tipos de chapas y bandas de acero con características mecánicas y permeabilidad magnética garantizadas. Es de aplicación a los productos utilizados para los polos y las llantas de las máquinas eléctricas.

□ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y MAGNÉTICAS

Los valores mínimos especificados del límite elástico a 0.2% ($R_{p0.2}$), de la resistencia a la tracción (R_m) y del alargamiento de rotura (A_{80mm}) se indican en las dos tablas siguientes, así como los valores mínimos garantizados para la inducción magnética, para intensidades de campo 5000 y 15000 A/m.

Tabla 8-45 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas - Características mecánicas y magnéticas de los productos laminados en caliente

Tipos de acero. designación		Límite elástico al 0.2% mínimo $R_{p0.2}$ N/mm ²	Resistencia a la tracción mínima R_m N/mm ²	Alargamiento de rotura mínimo A %		Inducción magnética mínima (teslas) ¹⁾ para una intensidad de campo magnético (A/m) de	
Simbólica	Númerica			$L_0 = 80mm$	$L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$	5000	15000
250-...-TG 180	1.0270	250	350	22	26	1.60	1.80
300-...-TG 180	1.0271	300	400	20	24	1.60	1.80
350-...-TG 179	1.0272	350	450	18	22	1.55	1.79
400-...-TG 179	1.0273	400	500	16	19	1.55	1.79
450-...-TG 179	1.0274	450	550	14	17	1.54	1.79
500-...-TG 179	1.0275	500	600	12	14	1.53	1.79
550-...-TG 178	1.0276	550	650	12	14	1.52	1.78
600-...-TG 178	1.0277	600	700	10	12	1.50	1.78
650-...-TG 178	1.0278	650	750	10	12	1.48	1.78
700-...-TG 178	1.0279	700	800	10	12	1.56	1.78

1) <ha sido una práctica común durante años el dar valores de inducción magnética en tablas tal y como se recogen aquí. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B \mu_0 H$, donde:
 J = polarización magnética
 B = inducción magnética
 μ_0 = constante magnética
 H = campo magnético, de acuerdo con CEI 50 (221).

Tabla 8-46 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas - Características mecánicas y magnéticas de los productos laminados en frío

Tipos de acero. designación		Límite elástico al 0.2% mínimo $R_{p0.2}$ N/mm ²	Resistencia a la tracción mínima R_m N/mm ²	Alargamiento de rotura mínimo A % $L_0 = 80\text{mm}$	Inducción magnética mínima (teslas) ¹⁾ para una intensidad de campo magnético (A/m) de	
Simbólica	Númerica				5000	15000
250-...-TF 183	1.0280	250	325	16	1.60	1.83
300-...-TF 182	1.0281	300	375	15	1.55	1.82
350-...-TF 181	1.0282	350	425	13	1.52	1.81
400-...-TF 180	1.0283	400	450	10	1.50	1.80
1) Ha sido una práctica común durante años el dar valores de inducción magnética en tablas tal y como se recogen aquí. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B - \mu_0 H$, donde: J = polarización magnética B = inducción magnética μ_0 = constante magnética H = campo magnético, de acuerdo con CEI 50 (221).						

❑ CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOLERANCIAS

Espeor: Los espesores nominales recomendados son los siguientes:

- productos laminados en caliente: 1.6mm, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm, 3.2mm y 4.5mm;
- productos laminados en frío: 0.5mm, 1.0mm, 1.6mm, 1.8mm y 2.0mm.

Para las tolerancias de espeor, se distingue:

- la desviación admisible, respecto al valor nominal, en una misma unidad de inspección;
- La diferencia de espeor en una chapa o en una longitud de banda en una dirección paralela al sentido de laminación;
- la diferencia en espeor, en una chapa o en una banda en dirección perpendicular al sentido de laminación. Esta tolerancia se aplica únicamente a productos con una anchura superior a 150mm.

La desviación admisible, respecto al espeor nominal, en una unidad de inspección, depende del tipo de laminación y de la calidad del producto:

Tabla 8-47 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas laminadas en caliente - Tolerancias en espeor nominal- Límite elástico igual o menor de 300N/mm²

Anchura nominal l mm	Tolerancias admisibles para un espeor nominal e mm					
	$e \leq 1.5$	$1.5 < e \leq 2$	$2 < e \leq 2.5$	$2.5 < e \leq 3$	$3 < e \leq 4$	$4 < e \leq 5$
$l \leq 600$	± 0.14	± 0.16	± 0.17	± 0.17	± 0.17	± 0.18
$600 < l \leq 1200$	± 0.16	± 0.18	± 0.20	± 0.21	± 0.23	± 0.27
$l > 1200$	± 0.18	± 0.20	± 0.22	± 0.23	± 0.25	± 0.28

Tabla 8-48 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas laminadas en caliente - Tolerancias en espeor nominal - Límite elástico mayor de 300N/mm² e igual o menor de 400N/mm²

Anchura nominal l mm	Tolerancias admisibles para un espeor nominal e mm					
	$e \leq 1.5$	$1.5 < e \leq 2$	$2 < e \leq 2.5$	$2.5 < e \leq 3$	$3 < e \leq 4$	$4 < e \leq 5$
$l \leq 600$	± 0.15	± 0.18	± 0.19	± 0.19	± 0.19	± 0.20
$600 < l \leq 1200$	± 0.21	± 0.23	± 0.25	± 0.26	± 0.29	± 0.34
$l > 1200$	± 0.22	± 0.25	± 0.28	± 0.29	± 0.31	± 0.35

Tabla 8-49 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas laminadas en caliente - Tolerancias en espeor nominal - Límite elástico mayor de 400N/mm²

Anchura nominal l mm	Tolerancias admisibles para un espeor nominal e mm					
	$e \leq 1.5$	$1.5 < e \leq 2$	$2 < e \leq 2.5$	$2.5 < e \leq 3$	$3 < e \leq 4$	$4 < e \leq 5$
$l \leq 600$	± 0.19	± 0.22	± 0.24	± 0.24	± 0.24	± 0.24
$600 < l \leq 1200$	± 0.26	± 0.29	± 0.31	± 0.32	± 0.36	± 0.43
$l > 1200$	± 0.27	± 0.31	± 0.35	± 0.36	± 0.39	± 0.44

Tabla 8-50 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas laminadas en frío – Tolerancias en espesor nominal

Anchura nominal l mm	Tolerancias admisibles para un espesor nominal e mm							
	0.4<e≤0.6	0.6<e≤0.8	0.8<e≤1	1<e≤1.2	1.2<e≤1.5	1.5<e≤2	2<e≤2.5	1.5<e≤3
l ≤ 600	± 0.04	± 0.05	± 0.05	± 0.07	± 0.07	± 0.08	± 0.08	± 0.10
600 < l ≤ 1200	± 0.08	± 0.09	± 0.10	± 0.12	± 0.14	± 0.16	± 0.18	± 0.20
l > 1200	± 0.09	± 0.10	± 0.11	± 0.13	± 0.15	± 0.17	± 0.20	± 0.23

La variación de espesor en una chapa o en una longitud de banda de 2m, en una dirección paralela al sentido de laminación, no debe ser superior a:

- 8% del valor nominal para espesores $e \leq 1.5\text{mm}$;
- 5% del valor nominal para espesores $e > 1.5\text{mm}$.

La variación de espesor en una dirección perpendicular al sentido de laminación, no debe ser superior a los valores indicados en la siguiente tabla:

Tabla 8-51 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas laminadas en caliente – Tolerancia en espesor en sentido perpendicular

Límite elástico $R_{p0.2}$ N/mm ²	Espesor nominal e mm	Diferencia permitida para una anchura l mm		
		150 ≤ l ≤ 600	600 < l ≤ 200	l > 200
≤ 450	e ≤ 1.5	0.05	0.07	----
	e > 1.5	0.06	0.08	0.10
> 450	e ≤ 1.5	0.10	0.12	----
	e > 1.5	0.12	0.14	0.16

Tabla 8-52 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas laminadas en frío – Tolerancias en espesor en sentido perpendicular

Límite elástico $R_{p0.2}$ N/mm ²	Espesor nominal e mm	Diferencia permitida para una anchura l mm		
		150 ≤ l ≤ 600	600 < l ≤ 200	l > 200
≤ 350	e ≤ 0.7	0.03	0.04	0.05
	e > 0.7	0.04	0.05	0.06
> 350	e ≤ 0.7	0.04	0.05	0.06
	e > 0.7	0.06	0.07	0.08

Anchura: Las anchuras nominales habituales son inferiores a 1250m.

Para las bandas suministradas con bordes cizallados, se deben aplicar las tolerancias en anchura recogidas en la siguiente tabla:

Tabla 8-53 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas laminadas en frío cizalladas – Tolerancias espesor en sentido perpendicular

Anchura nominal l mm	Tolerancias permitidas mm			
	Productos laminados en caliente	Productos laminados en frío para espesores e mm		
		e ≤ 0.5	1.5 < e ≤ 3.25	2.5 < e ≤ 3
l ≤ 50	+ 0.6	+ 0.4	+ 0.5	+ 0.7
	0	0	0	0
50 < l ≤ 100	+ 0.6	+ 0.4	+ 0.6	+ 0.9
	0	0	0	0
100 < l ≤ 200	+ 1.0	+ 0.5	+ 0.7	+ 1.0
	0	0	0	0
200 < l ≤ 400	+ 1.4	+ 0.6	+ 0.9	+ 1.2
	0	0	0	0
400 < l ≤ 600	+ 1.8	+ 1.0	+ 1.0	+ 1.2
	0	0	0	0
600 < l ≤ 1200	+ 6.0	+ 5.0	+ 5.0	+ 5.0
	0	0	0	0
l > 1200	+ 8.0	+ 7.0	+ 7.0	+ 7.0
	0	0	0	0

Por acuerdo al hacer el pedido, las tolerancias en anchura pueden ser negativas.

Para las bandas suministradas con bordes brutos, las tolerancias en anchura deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Longitud: Se deben aplicar las siguientes tolerancias a la longitud de bandas cortadas de bobinas:

Tabla 8-54 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas y bandas – Tolerancias de longitud

Longitud L mm	Tolerancias permitidas mm
L ≤ 1000	+ 10
	0
L > 1000	+ 1% de L
	0

Planicidad: Para material suministrado en bobinas, la verificación de la planicidad sólo se aplica a productos de anchura superior a 100mm y de espesor igual o inferior a 100. Para las bobinas, el factor de ondulación, expresado en tanto por ciento, no debe ser superior a 2. En el caso de las chapas, la distancia máxima entre la cara inferior de la chapa y la superficie horizontal plana de la chapa no debe ser superior a los valores indicados en las siguientes tablas:

Tabla 8-55 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas laminadas en caliente – Tolerancias de planicidad

Límite elástico R _{p0.2} N/mm ²	Distancia máxima para espesores nominales e mm	
	e ≤ 2 ¹⁾	e > 2 ²⁾
250 – 350	0.006 x L	0.005 x L
400 – 500	0.007 x L	0.006 x L
> 500	0.008 x L	0.007 x L

1) Para longitudes L < 1000mm, la distancia máxima es 6mm.

2) Para longitudes L < 1000mm, la distancia máxima es 5mm.

Tabla 8-56 Materiales magnéticos – Especificaciones para chapas laminadas en frío – Tolerancias de planicidad

Tipo	Distancia máxima para espesores nominales e mm		
	e ≤ 0.7 ¹⁾	0.7 < e ≤ 1.2 ²⁾	e > 1.2 ³⁾
250	0.010 x L	0.009 x L	0.008 x L
300	0.010 x L	0.009 x L	0.008 x L
350	0.015 x L	0.012 x L	0.010 x L
400	0.015 x L	0.012 x L	0.010 x L

1) Para longitudes L < 1000mm, la distancia máxima es 10mm.

2) Para longitudes L < 1000mm, la distancia máxima es 9mm.

3) Para longitudes L < 1000mm, la distancia máxima es 8mm.

Rectitud: Esta verificación se aplica únicamente a los productos suministrados con los bordes cizallados de longitud superior 150mm. La desviación que caracteriza la rectitud de bordes no debe ser superior a 0.5% de L (L es la longitud de la chapa). En el caso de bandas, la longitud de la muestra debe ser de 2 m.

8.5.2. CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS, LAMINADAS EN FRÍO, DE GRANO NO ORIENTADO EN ESTADO FINAL DE SUMINISTRO. UNE-EN 10106; 1996.

Tipos de chapas y bandas magnéticas, laminadas en frío, de grano no orientado, de espesores nominales de 0.35mm, 0.5mm, 0.65mm y 1.00mm. Es aplicable a los productos suministrados después del recocido final destinados a la construcción de circuitos magnéticos. No es aplicable a los productos semi-acabados.

□ CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS

Las características magnéticas definidas a continuación se aplican a los productos suministrados en las condiciones siguientes; Los productos pueden suministrarse sin revestimiento o con revestimiento sobre una o las dos caras. En este caso, la naturaleza del

revestimiento, así como sus características, su factor de apilamiento y su verificación deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido. Polarización magnética: Los valores mínimos garantizados para la inducción magnética, para intensidades de campo H de 2500 A/m, 500 A/m y 10000 A/m, se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8-57 Chapas y Bandas magnéticas de grano no orientado - Características tecnológicas y magnéticas

Designación conforme a		Espesor nominal mm	Pérdida específica total máxima (W/kg) a 50 Hz para 1.5T	Polarización magnética mínima (T) ¹⁾ en un campo magnético alternativo para una intensidad de campo magnético (A/m) de			Anisotropía máxima de las pérdidas %	Factor de apilamiento	Número mínimo de doblados	Masa específica kg/dm ³
EN 10027-1	EN 10027-2			2500	5000	10000				
M235-35A	1.0890	0.35	2.35	1.49	1.60	1.70	± 17	0.95	2	7.60
M250-35A	1.0800		2.50	1.49	1.60	1.70	± 17		2	7.60
M270-35A	1.0801		2.70	1.49	1.60	1.70	± 17		2	7.65
M300-35A	1.0803		3.00	1.49	1.60	1.70	± 17		3	7.65
M330-35A	1.0804		3.30	1.49	1.60	1.70	± 17		3	7.65
M250-50A	1.0891	0.50	2.50	1.49	1.60	1.70	± 17	0.97	2	7.60
M270-50A	1.0806		2.70	1.49	1.60	1.70	± 17		2	7.60
M290-50A	1.0807		2.90	1.49	1.60	1.70	± 17		2	7.60
M310-50A	1.0808		3.10	1.49	1.60	1.70	± 14		3	7.65
M330-50A	1.0809		3.30	1.49	1.60	1.70	± 14		3	7.65
M350-50A	1.0810		3.50	1.50	1.60	1.70	± 12		5	7.65
M400-50A	1.0811		4.00	1.53	1.63	1.73	± 12		5	7.70
M470-50A	1.0812		4.70	1.54	1.64	1.74	± 10		10	7.70
M530-50A	1.0813		5.30	1.56	1.65	1.75	± 10		10	7.70
M600-50A	1.0814		6.00	1.57	1.66	1.76	± 10		10	7.75
M700-50A	1.0815		7.00	1.60	1.69	1.77	± 10		10	7.80
M800-50A	1.0816		8.00	1.60	1.70	1.78	± 10		10	7.80
M940-50A	1.0817		9.40	1.62	1.72	1.81	± 8		10	7.85
M310-65A	1.0892	0.65	3.10	1.49	1.60	1.70	± 15	0.97	2	7.60
M330-65A	1.0819		3.30	1.49	1.60	1.70	± 15		2	7.60
M350-65A	1.0820		3.50	1.49	1.60	1.70	± 14		2	7.60
M400-65A	1.0821		4.00	1.52	1.62	1.72	± 14		2	7.65
M470-65A	1.0823		4.70	1.53	1.63	1.73	± 12		5	7.65
M530-65A	1.0824		5.30	1.54	1.64	1.74	± 12		5	7.70
M600-65A	1.0825		6.00	1.56	1.66	1.76	± 10		10	7.75
M700-65A	1.0826		7.00	1.57	1.67	1.76	± 10		10	7.75
M800-65A	1.0827		8.00	1.60	1.70	1.78	± 10		10	7.80
M1000-65A	1.0829		10.00	1.61	1.71	1.80	± 10		10	7.80
M600-100A	1.0893	1.00	6.00	1.53	1.63	1.72	± 10	0.98	2	7.60
M700-100A	1.0894		7.00	1.54	1.64	1.73	± 8		3	7.65
M800-100A	1.0895		8.00	1.56	1.66	1.75	± 6		5	7.70
M1000-100A	1.0896		10.00	1.58	1.68	1.76	± 6		10	7.80
M1300-100A	1.0897		13.00	1.60	1.70	1.78	± 6		10	7.80

1) Después de muchos años, es práctica habitual dar los valores de la inducción magnética. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B - \mu_0 H$, donde:
 J = polarización magnética
 B = inducción magnética
 μ_0 = constante magnética
 H = campo magnético,
de acuerdo con CEI 50 (121).

La polarización magnética se debe determinar en un campo magnético alterno (expresado en valor de cresta) a la frecuencia de 50Hz. Pérdidas totales específicas: Las pérdidas totales específicas máximas garantizadas, deben ser conformes a lo indicado en la tabla anterior. Se aplican a: espesores de 0.35mm, 0.50mm, 0.65mm sobre probetas envejecidas. espesores de 1.00mm sobre probetas no envejecidas.



Los valores de las pérdidas totales específicas se determinan para una polarización magnética de 1.5T.

❑ CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS NO ESPECIFICADAS

Tabla 8-58 Chapas y Bandas magnéticas de grano no orientado - Características magnéticas no especificadas

Designación conforme a		Pérdidas totales específicas máximas a 60 Hz W/kg	
EN 100027-1	EN 10027-2	1.0 T a 50 Hz	1.5 T a 60 Hz
M235-35A	1.0890	0.95	2.97
M250-35A	1.0800	1.00	3.14
M270-35A	1.0801	1.10	3.36
M300-35A	1.0803	1.20	3.74
M330-35A	1.0804	1.30	4.12
M250-50A	1.0891	1.05	3.21
M270-50A	1.0806	1.10	3.47
M290-50A	1.0807	1.15	3.71
M310-50A	1.0808	1.25	3.95
M330-50A	1.0809	1.35	4.20
M350-50A	1.0810	1.50	4.45
M400-50A	1.0811	1.70	5.10
M470-50A	1.0812	2.00	5.90
M530-50A	1.0813	2.30	6.66
M600-50A	1.0814	2.60	7.53
M700-50A	1.0815	3.00	8.79
M800-50A	1.0816	3.60	10.06
M940-50A	1.0817	4.20	11.84
M310-65A	1.0892	1.25	4.08
M330-65A	1.0819	1.35	4.30
M350-65A	1.0820	1.50	4.57
M400-65A	1.0821	1.70	5.20
M470-65A	1.0823	2.00	6.13
M530-65A	1.0824	2.30	6.84
M600-65A	1.0825	2.60	7.71
M700-65A	1.0826	3.00	8.98
M800-65A	1.0827	3.60	10.26
M1000-65A	1.0829	4.40	12.77
M600-100A	1.0893	2.60	8.14
M700-100A	1.0894	3.00	9.38
M800-100A	1.0895	3.60	10.70
M1000-100A	1.0896	4.40	13.39
M1300-100A	1.0897	5.80	17.34

Anisotropía de las pérdidas: La anisotropía de las pérdidas se garantiza para polarización magnética de 1.5T. Los valores máximos admisibles se indican en la tabla anterior.

❑ CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOLERANCIAS

Espesor: Los espesores nominales de los productos son 0.35mm, 0.50mm, 0.65mm y 1.00mm. Para las tolerancias de espesor, se distingue entre: La desviación admisible, respecto del valor nominal, en una unidad de inspección, La diferencia de espesor en una chapa o en una longitud de banda en la dirección paralela al sentido de laminación; La diferencia en espesor, en una chapa o en una longitud de banda en dirección perpendicular al sentido de laminación. Esta tolerancia se aplica únicamente a productos con una anchura superior a 150mm. La desviación admisible, respecto al espesor nominal, en una unidad de inspección, debe ser de $\pm 8\%$ del valor nominal para espesores de 0.35mm y 0.50mm y de $\pm 6\%$ del valor nominal para espesores de 0.65mm y 1.00mm. El espesor adicional, respecto al espesor medido en la chapa o banda, debido a las soldaduras, no debe exceder 0.050mm. La diferencia en espesor en una chapa o una longitud de banda en una dirección paralela al sentido de laminación no debe exceder del 8% para espesores nominales de 0.35mm y 0.50mm y del 6% para espesores nominales de 0.65mm y 1.00mm. La diferencia de espesor, en una chapa o una longitud de banda, en dirección perpendicular al sentido de laminación, no debe exceder de 0.020mm para espesores de 0.35mm y 0.50mm y 0.030mm para espesores de 0.65mm y 1.00mm. Las medidas se deben tomar, como mínimo, a 30mm de los bordes. Esta tolerancia se aplica únicamente a productos con una anchura superior a 150mm. En el caso de bandas, se puede llegar a otro acuerdo. **Anchura:** Las anchuras nominales habituales son iguales o inferiores a 1250mm. Para las tolerancias en anchura, se distingue entre los productos suministrados con bordes brutos y entre los productos suministrados con bordes cizallados.

Para las bandas suministradas con bordes cizallados, se deben aplicar las tolerancias recogidas en la siguiente tabla;

Tabla 8-59 Chapas y Bandas magnéticas de grano no orientado - Tolerancias en anchura nominal

Anchura nominal l mm	Tolerancia mm
$l \leq 150$	+ 0,2
	0
$150 < l \leq 300$	+ 0,3
	0
$300 < l \leq 600$	+ 0,5
	0
$600 < l \leq 1000$	+ 1,0
	0
$1000 < l \leq 1250$	+ 1,5
	0

Por acuerdo al hacer el pedido, las tolerancias en anchura nominal pueden ser todas negativas.

Para los productos suministrados con bordes brutos, las tolerancias en anchura nominal deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido. Longitud: La tolerancia en longitud de las chapas en relación con la longitud solicitada debe ser $(^{+0.5\%}_0)$, pero con un máximo de + 6mm. Rectitud: Esta verificación se aplica únicamente a los productos suministrados con los bordes cizallados de anchura superior a 30mm. La rectitud no debe exceder, para una longitud de medida de 1m, de: 0.5mm para una anchura nominal $l > 150$ mm, 1.0mm para una anchura nominal l , tal que $30\text{mm} < l \leq 150$ mm. Planicidad (factor de ondulación): La verificación de la planicidad no se aplica a productos de anchura inferior o igual a 100mm. El factor de ondulación, expresado en tanto por ciento, no debe ser superior a 2. Curvatura residual: La verificación de la curvatura residual no se aplica a productos de anchura inferior o igual a 100mm. Se puede especificar, por acuerdo al hacer el pedido, una cláusula relativa a la curvatura residual; en este caso, la distancia entre el borde inferior de la probeta y la placa no deberá exceder 35mm para los productos de espesores 0.35mm, 0.50mm y 0.65mm. Para espesores de 1.00mm, esta distancia debe ser objeto de acuerdo entre el suministrador y el comprador.

8.5.3. CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO EN ESTADO FINAL DE SUMINISTRO. UNE-EN 10107. 1996.

Tipos de chapas y bandas magnéticas, de grano orientado, de espesores nominales de 0.23mm, 0.27mm, 0.30mm y 0.35mm. Es aplicable a las chapas magnéticas de grano orientado, con textura Goss, suministradas después del recocido final en planchas o bobinas, y destinadas a la construcción de circuitos magnéticos.

□ CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS

Las características magnéticas definidas a continuación se aplican a los productos suministrados en las condiciones siguientes; Los materiales con grano orientado suelen suministrarse con un recubrimiento aislante por ambas caras. Este recubrimiento está generalmente constituido por una película compuesta esencialmente por silicatos de magnesio sobre el que se ha depositado un segundo recubrimiento compuesto por productos inorgánicos tales como fosfatos, como parte de una operación combinada normalmente con un aplanamiento en caliente. Existen otros tipos de recubrimiento que no son utilizados salvo especificaciones particulares. Polarización magnética: Los valores mínimos garantizados para la inducción magnética, para intensidades de campo de 800 A/m (valor de la cresta), se indican en la siguientes tablas:

Tabla 8-60 Chapas y Bandas magnéticas de grano orientado - Características tecnológicas y magnéticas del material normal

Designación conforme a		Espesor nominal mm	Polarización magnética mínima (T) para H=800 A/m ¹⁾	Pérdida específica total máxima (W/kg) a 50 Hz a		Factor de apilamiento
EN 10027-1	EN 10027-2			1.5 T	1.7 T	
M080-23N	1.0860	0.23	1.75	0.80	1.27	0.945
M089-27N	1.0865	0.27	1.75	0.89	1.40	0.950
M097-30N	1.0861	0.30	1.75	0.97	1.50	0.955
M111-35N	1.0856	0.35	1.75	1.11	1.65	0.960

1) Después de muchos años, es práctica habitual dar los valores de la inducción magnética. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B - \mu_0 H$, donde: J = polarización magnética; B = inducción magnética; μ_0 = constante magnética; H = campo magnético, de acuerdo con CEI 50 (121).

Tabla 8-61 Chapas y Bandas magnéticas de grano orientado - Características tecnológicas y magnéticas del material con pérdidas reducidas

Designación conforme a		Espesor nominal mm	Polarización magnética mínima (T) para H=800 A/m ¹⁾	Pérdida específica total máxima (W/kg) a 50 Hz a		Factor de apilamiento
EN 10027-1	EN 10027-2			1.5 T	1.7 T	
M120-23S	1.0864	0.23	1.78	0.77	1.20	0.945
M130-27S	1.0866	0.27	1.78	0.85	1.30	0.950
M140-30S	1.0862	0.30	1.78	0.97	1.40	0.955
M150-35S	1.0857	0.35	1.78	1.05	1.50	0.960

1) Después de muchos años, es práctica habitual dar los valores de la inducción magnética. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B - \mu_0 H$, donde: J = polarización magnética; B = inducción magnética; μ_0 = constante magnética; H = campo magnético, de acuerdo con CEI 50 (121).

Tabla 8-62 Chapas y Bandas magnéticas de grano orientado - Características tecnológicas y magnéticas del material con alta permeabilidad

Designación conforme a		Espesor nominal mm	Polarización magnética mínima (T) para H=800 A/m ¹⁾	Pérdida específica total máxima (W/kg) a 50 Hz para 1.7 T	Factor de apilamiento
EN 10027-1	EN 10027-2				
M100-23P	1.0879	0.23	1.85	1.00	0.945
M103-27P	1.0880	0.27	1.88	1.03	0.950
M105-30P	1.0886	0.30	1.88	1.05	0.955
M111-30P	1.0881	0.30	1.88	1.11	0.955
M117-30P	1.0882	0.30	1.85	1.17	0.955

1) Después de muchos años, es práctica habitual dar los valores de la inducción magnética. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B - \mu_0 H$, donde: J = polarización magnética; B = inducción magnética; μ_0 = constante magnética; H = campo magnético, de acuerdo con CEI 50 (121).

La polarización magnética se debe determinar en un campo magnético alterno (expresado en valor de cresta) a la frecuencia de 50Hz. Pérdidas totales específicas: Las pérdidas totales específicas máximas garantizadas a 50Hz, deben ser conformes a lo indicado en las tablas anteriores. Se aplican a probetas envejecidas cortadas paralelamente al eje de laminación que han recibido, después del corte, un tratamiento térmico de relajación bajo las condiciones especificadas por el fabricante. Los valores de las pérdidas totales específicas se determinan para una polarización magnética de 1.5T y 1.7T a 60 Hz.

Tabla 8-63 Chapas y Bandas magnéticas de grano orientado - Características magnéticas no especificadas

Designación conforme a		Pérdidas totales específicas máximas a 60 Hz W/kg	
EN 10027-1	EN 10027-2	1.5 T	1.7 T
M080-23N	1.0860	1.06	1.65
M089-27N	1.0865	1.17	1.85
M097-30N	1.0861	1.28	1.98
M111-35N	1.0856	1.46	2.18
M120-23S	1.0864	1.01	1.57
M130-27S	1.0866	1.12	1.68
M140-30S	1.0862	1.21	1.83
M150-35S	1.0857	1.38	1.98
M100-23P	1.0879		1.32
M103-27P	1.0880		1.35
M105-30P	1.0886		1.38
M111-30P	1.0881		1.46
M117-30P	1.0882		1.54

❑ CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOLERANCIAS

Espesor: Los espesores nominales de los productos son 0.23mm, 0.27mm, 0.30mm y 0.35mm. Para las tolerancias de espesor, se distingue entre: La desviación admisible, respecto del valor nominal, en una unidad de inspección, La diferencia de espesor en una chapa o en una longitud de banda en la dirección paralela al sentido de laminación; La diferencia en espesor, en una chapa o en una longitud de banda en dirección perpendicular al sentido de laminación. Esta tolerancia se aplica únicamente a productos con una anchura superior a 150mm. La desviación admisible, respecto al espesor nominal, en una unidad de inspección, no debe exceder de 0.030mm excepto para el espesor de 23mm para el que la tolerancia no debe exceder de ± 0.025 mm. El espesor adicional, respecto al espesor medido en la chapa o banda, debido a las soldaduras, no debe exceder 0.050mm. La diferencia en espesor en una chapa o una longitud de banda de 1.5m, en una dirección perpendicular al sentido de laminación no debe exceder de 0.030mm. Para productos con una anchura inferior a 150mm, la diferencia en espesor en una dirección perpendicular al sentido de laminación no debe exceder de 0.020mm, debiéndose tomar las medidas, como mínimo, a 40mm de los bordes. **Anchura:** Las anchuras nominales habituales son iguales o inferiores a 1000mm. Los productos se pueden suministrar con una anchura conforme a la gama especificada por el fabricante, o con la anchura final de utilización. Para las tolerancias en anchura: para material suministrado con anchura escogida de la gama especificada por el fabricante, la tolerancia admisible debe ser $^{+2}_0$ mm; para material suministrado con la anchura final de utilización, deben aplicarse las tolerancias indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 8-64 Chapas y Bandas magnéticas de grano orientado- Tolerancias en anchura nominal

Anchura nominal l mm	Tolerancia mm
$l \leq 150$	0
	- 0.2
$150 < l \leq 400$	0
	- 0.3
$400 < l \leq 750$	0
	- 0.5
$l > 750$	0
	- 0.6
Por acuerdo al hacer el pedido, las tolerancias en anchura nominal pueden ser todas negativas.	

Longitud: La tolerancia en longitud de las chapas en relación con la longitud solicitada debe ser $^{+0.5\%}_0$, pero con un máximo de + 6mm. **Rectitud:** La verificación de la rectitud no se aplica a material con anchura inferior o igual a 150mm. La rectitud no debe exceder, para una longitud de medida de 1.5m, de 0.5mm. **Planicidad (factor de ondulación):** La verificación de la planicidad no se aplica a productos de anchura inferior o igual a 150mm. El factor de ondulación, expresado en tanto por ciento, no debe ser superior a 1.5. **Curvatura residual:** Por acuerdo al hacer el pedido, se puede especificar un requisito relativo a la curvatura residual, para material con anchura superior a 150mm. En este caso la distancia entre el borde inferior de la probeta y la placa soporte no debe exceder de 35mm para las chapas y debe ser objeto de acuerdo para las bobinas. **Altura de la rebaba:** La determinación de la altura de la rebaba sólo se aplica a material suministrado con la anchura final de utilización. La altura medida de la rebaba no debe exceder de 0.025mm.

8.5.4. CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE ACERO NO ALEADO, LAMINADAS EN FRÍO, EN ESTADO SEMIACABADO. UNE-EN 10126; 1995.

Dado que el recocido final de las chapas y bandas magnéticas de acero no aleado en estado semiacabado es responsabilidad del comprador, se destaca la importancia de este tratamiento para las propiedades del material. Por esta razón en las tablas siguientes se indican las características magnéticas para un estado de referencia obtenido gracias a un tratamiento térmico adecuado. Para asegurar que las características de empleo sean equivalentes a aquellas que son especificadas, es importante que el tratamiento térmico efectuado por el

comprador sea equivalente al aplicado para definir el estado de referencia. Especifica los tipos de chapas y bandas de acero magnético no orientado, no aleado, laminadas en frío y suministradas en estado semiacabado, es decir sin tratamiento térmico final, de espesores nominales de 0.50mm y 0.65mm. Es de aplicación a los productos destinados a la construcción de circuitos magnéticos.

❑ CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS

Estado de referencia: Las características magnéticas (polarización magnética y pérdidas totales específicas) sólo se aplican a probetas en el estado de referencia obtenido por el tratamiento siguiente: Las bandas deben ser sometidas a un tratamiento térmico a $790^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ en una atmósfera descarburante y deben ser mantenidas a esta temperatura durante dos horas. La velocidad de calentamiento no debe superar los 200°C/h . La velocidad de enfriamiento de 790°C a 550°C no debe exceder de 120°C/h . El gas necesario para la decarburación debe estar compuesto por un 20% en volumen de H_2 , 80% en volumen de N_2 con vapor de agua, el punto de rocío comienza a $+35^{\circ}\text{C}$ a la presión atmosférica. El establecimiento de la atmósfera descarburante exige la evacuación del aire del horno de recocido antes de elevar la temperatura. Esta evacuación se hace insuflando continuamente en el horno un gas de protección, inerte y no inflamable. El flujo y la presión del gas descarburante deben regularse para asegurar una buena decarburación en cualquier punto de la probeta y una renovación completa de la atmósfera del horno varias veces durante el tratamiento térmico. Se recomienda que no exista contacto entre las bandas. Polarización magnética: Los valores mínimos garantizados para la polarización magnética, para intensidades de campo H de 2500 A/m, 500 A/m y 10000 A/m, se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8-65 Chapas y Bandas magnéticas en estado semiacabado - Características tecnológicas y magnéticas

Designación conforme a		Espesor nominal mm	Pérdida específica total máxima (W/kg) a 50 Hz a 1.5T	Polarización magnética mínima (T) en un campo magnético alternativo para una intensidad de campo magnético (A/m) ^{1) 2)} de			Masa específica kg/dm ³
EN 10027-1	EN 10027-2			2500	5000	10000	
M660-50D	1.0361	0.50	6.60	1.62	1.70	1.79	7.85
M890-50D	1.0362		8.90	1.60	1.68	1.78	7.85
M1050-50D	1.0363		10.50	1.57	1.65	1.77	7.85
M800-65D	1.0364	0.65	8.00	1.62	1.70	1.79	7.85
M1000-65D	1.0365		10.00	1.60	1.68	1.78	7.85
M1200-65D	1.0366		12.00	1.57	1.65	1.77	7.85

1) Estos valores sólo son válidos para probetas en el estado de referencia.
 2) Después de muchos años, es práctica habitual dar los valores de la inducción magnética. De hecho, el cuadro Epstein mide la polarización magnética (inducción intrínseca) que está definida como $J = B - \mu_0 H$, donde:
 J = polarización magnética
 B = inducción magnética
 μ_0 = constante magnética
 H = campo magnético,
 de acuerdo con CEI 50 (121).

La polarización magnética se debe determinar en un campo magnético alterno (expresado en valor de cresta) a la frecuencia de 50Hz.

Pérdidas totales específicas: Las pérdidas totales específicas máximas garantizadas, en vatios por kilogramo, deben ser conformes a lo indicado en la tabla anterior. Los valores de las pérdidas totales específicas se determinan para una polarización magnética de 1.5T. En la siguiente tabla se indican las pérdidas totales específicas máximas para una polarización magnética de 1.0T a 50 Hz y una polarización magnética de 1.5T a 60Hz.

Tabla 8-66 Chapas y Bandas magnéticas en estado semiacabado - Características magnéticas no especificadas

Designación conforme a		Pérdidas totales específicas máximas W/kg		Factor de apilamiento
EN 10027-1	EN 10027-2	1.0 T a 50 Hz	1.5 T a 60 Hz	
M660-50D	1.0361	2.80	8.38	0.97
M890-50D	1.0362	3.70	11.30	0.97
M1050-50D	1.0363	4.30	13.34	0.97
M800-65D	1.0364	3.30	10.16	0.97
M1000-65D	1.0365	4.20	12.70	0.97
M1200-65D	1.0366	5.00	15.24	0.97

Anisotropía de las pérdidas y del campo magnetizante: La anisotropía de las pérdidas y del campo magnetizante pueden ser objeto de acuerdo entre las partes al hacer el pedido.

❑ **CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y TOLERANCIAS**

Espesor: Los espesores nominales de los productos son 0.50mm y 0.65mm. Para las tolerancias de espesor, se distingue entre: La desviación admisible, respecto del valor nominal, en una unidad de inspección, La diferencia de espesor en una chapa o en una longitud de banda en la dirección paralela al sentido de laminación; La diferencia en espesor, en una chapa o en una longitud de banda en dirección perpendicular al sentido de laminación. Esta tolerancia se aplica únicamente a productos con una anchura superior a 150mm. La desviación admisible, respecto al espesor nominal, en una unidad de inspección, debe ser de $\pm 8\%$ del valor nominal. El espesor adicional, respecto al espesor medido en la chapa o banda, debido a las soldaduras, no debe exceder 0.050mm. La diferencia en espesor en una chapa o una longitud de banda en una dirección paralela al sentido de laminación no debe exceder del 8% de los espesores nominales. La diferencia de espesor, en una chapa o una longitud de banda, en dirección perpendicular al sentido de laminación, no debe exceder de 0.020mm para espesores de 0.50mm y de 0.030mm para espesores de 0.65mm. Las medidas se deben tomar, como mínimo, a 30mm de los bordes. Esta tolerancia se aplica únicamente a productos con una anchura superior a 150mm. En el caso de bandas, se puede llegar a otro acuerdo. **Anchura:** Las anchuras nominales habituales son iguales o inferiores a 1250mm. Para las tolerancias en anchura, se distingue entre los productos suministrados con bordes brutos y entre los productos suministrados con bordes cizallados. Para las bandas suministradas con bordes cizallados, se deben aplicar las tolerancias recogidas en la siguiente tabla;

Tabla 8-67 Chapas y Bandas magnéticas en estado semiacabado - Tolerancias en anchura nominal

Anchura nominal l mm	Tolerancia mm
$l \leq 150$	+ 0.2
	0
$150 < l \leq 300$	+ 0.3
	0
$300 < l \leq 600$	+ 0.5
	0
$600 < l \leq 1000$	+ 1.0
	0
$1000 < l \leq 1250$	+ 1.5
	0
Por acuerdo al hacer el pedido, las tolerancias en anchura nominal pueden ser todas negativas.	

Para los productos suministrados con bordes brutos, las tolerancias en anchura nominal deben ser $^{+5}_0$ mm.

Longitud: La tolerancia en longitud de las chapas en relación con la longitud solicitada debe ser $^{+0.5\%}_0$, pero con un máximo de + 6mm.

Rectitud: Hay de distinguir entre los productos con bordes brutos y entre los productos con bordes cizallados. Para el material suministrado con bordes brutos, la rectitud no debe exceder de 6mm por cada 2m de longitud. Para el material suministrado con bordes cizallados, la rectitud no debe exceder de 4mm por cada 2m de longitud.

Planicidad (factor de ondulación): La verificación de la planicidad se aplica sólo a productos suministrados con bordes cizallados. El factor de ondulación, expresado en tanto por ciento, no debe ser superior a 2.

8.6. OTROS PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO

8.6.1. FLEJE PARA EMBALAJE. UNE-EN 13246:2001 Y UNE-EN 13247:2001

Características del fleje laminado en frío, destinado al amarrado de paquetes y productos en embalajes de responsabilidad y en transporte de largas distancias con numerosas cargas y descargas. Está especialmente indicado para el flejado de productos siderúrgicos tales como bobinas, redondos, perfiles, etc.

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tabla 8-68 Fleje para embalaje - Características mecánicas

Características	Tipo	
	HT 1000	MT 700
Resistencia a la tracción R_m mín.	1000 MPa*	700 Mpa *
Alargamiento mínimo	7%	3%
Doblado	a tope	a tope
Dureza HR 30N	55 - 65	40 - 52

* 1Mpa = 1N/mm² = 0.102 kgf/mm².

❑ MEDIDAS

Tabla 8-69 Fleje para embalaje - Medidas nominales

Medidas en milímetros	
Anchura	Espesor
12.7	0.5
15.9	0.5
	0.6
	0.7
19.5	0.8
	0.9
	0.7
25.4	0.9
	0.7
31.75	0.8
	0.9
	1.3
	0.7

❑ TOLERANCIAS

Tabla 8-70 Fleje para embalaje - Tolerancias en espesor

Medidas en milímetros	
Espesor nominal	
desde (excluido)	hasta (incluido)
----	0.9
0.9	----
Tolerancia máxima admisible	
± 0.03	
± 0.04	

Tabla 8-71 Fleje para embalaje - Tolerancias en anchura

Medidas en milímetros	
Anchura nominal	
desde (excluido)	hasta (incluido)
----	16
16	20
20	30
30	----
Desviación máxima admisible (en más) *	
0.3	
0.4	
0.5	
0.6	

* No se admiten desviaciones en menos.

Curvado: Se define como curvado o efecto de sable a la existencia en el producto de una separación entre un borde longitudinal y una base de medida rectilínea apoyada sobre el producto y contenida en su mismo plano. El curvado se mide por la separación o flecha máxima sobre el lado cóncavo, sobre una base de medida de 2m, apoyada en cualquier zona del producto. La flecha al canto no será superior a 10mm, en 2m.

Curvatura: Se define como curvatura la falta de rectitud que presenta el fleje después de desenrollado. La curvatura se mide sobre el fleje, apoyado sobre un canto longitudinal en una superficie plana, por la flecha máxima respecto a una base de medida recta de 2.5m. La curvatura no será superior a 25mm, en 2.5m.

▣ **ACABADO SUPERFICIAL**

El fleje se puede presentar con uno de los acabados superficiales siguientes: fleje HT 1000: pintado o galvanizado. fleje MT 700: blanco brillante o azulado. El tipo de acabado se indicará en el pedido.

Índice de Tablas:

Productos planos laminados en frío

TABLA 8-1 FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO - TOLERANCIAS EN ESPESOR.....	192
TABLA 8-2 FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO - TOLERANCIAS EN ANCHURA PARA FLEJES CON BORDES BRUTOS DE LAMINACIÓN.....	192
TABLA 8-3 FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO - TOLERANCIAS EN ANCHURA PARA FLEJES CON BORDES CIZALLADOS	193
TABLA 8-4 FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO - TOLERANCIAS EN LONGITUD	193
TABLA 8-5 FLEJE Y BANDA CORTADA DE ACERO LAMINADO EN FRÍO - TOLERANCIAS EN RECTITUD	193
TABLA 8-6 PRODUCTOS LAMINADOS EN FRÍO DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA EMBUTICIÓN O CONFORMADO EN FRÍO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS ¹⁾	194
TABLA 8-7 PRODUCTOS LAMINADOS EN FRÍO DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA EMBUTICIÓN O CONFORMADO EN FRÍO - ACABADOS SUPERFICIALES: VALORES DE RUGOSIDAD	195
TABLA 8-8 FLEJES DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO – CONDICIONES DE SUMINISTRO	196
TABLA 8-9 FLEJES DE ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO – CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	197
TABLA 8-10 FLEJES DE ACERO BAJO EN CARBONO - ASPECTOS Y ACABADOS SUPERFICIALES	198
TABLA 8-11 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN ESPESOR.....	199
TABLA 8-12 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO Y ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - TANTO POR CIENTO DE INCREMENTO DE LA TOLERANCIA EN ESPESOR PARA BANDAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO	199
TABLA 8-13 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO Y ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN ANCHURA DE BANDAS EN CHAPA CORTADA O EN BOBINA.....	199
TABLA 8-14 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO Y ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN ANCHURA DE FLEJES OBTENIDOS POR CORTE LONGITUDINAL..	199
TABLA 8-15 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO Y ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - MEDIDAS Y TOLERANCIAS EN LONGITUD	200
TABLA 8-16 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - TOLERANCIA DE PLANICIDAD DE CHAPAS.....	200
TABLA 8-17 BANDA LAMINADA EN FRÍO, NO RECUBIERTA DE ACERO DE BAJO CARBONO Y ALTO LÍMITE ELÁSTICO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - TOLERANCIA SOBRE LA PLANICIDAD PARA CHAPAS ($280 \text{ N/MM}^2 \leq R_E < 360 \text{ N/MM}^2$).....	200
TABLA 8-18 BANDA Y FLEJE DE ACERO SOLDABLE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, LAMINADA EN FRÍO, PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - COMPOSICIÓN QUÍMICA. ANÁLISIS DE COLADA	201
TABLA 8-19 BANDA Y FLEJE DE ACERO SOLDABLE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, LAMINADA EN FRÍO, PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - ANÁLISIS SOBRE EL PRODUCTO	201
TABLA 8-20 BANDA Y FLEJE DE ACERO SOLDABLE DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, LAMINADA EN FRÍO, PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	201
TABLA 8-21 PRODUCTOS PLANOS DE ACEROS MICROALEADOS PARA CONFORMADO EN FRÍO - COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ANÁLISIS DE COLADA	203

TABLA 8-22 PRODUCTOS PLANOS DE ACEROS MICROALEADOS PARA CONFORMADO EN FRÍO - DESVIACIONES ADMISIBLES DEL ANÁLISIS DE PRODUCTO RESPECTO DE LOS CONTENIDOS LÍMITES ESPECIFICADOS EN EL ANÁLISIS DE COLADA.....	203
TABLA 8-23 PRODUCTOS PLANOS DE ACEROS MICROALEADOS PARA CONFORMADO EN FRÍO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.....	203
TABLA 8-24 BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA - COMPOSICIÓN QUÍMICA (REFERIDA AL ANÁLISIS DE COLADA).....	205
TABLA 8-25 BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	205
TABLA 8-26 BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA - TOLERANCIAS EN ESPESOR: DESVIACIONES EN MÁS Y EN MENOS ¹⁾	206
TABLA 8-27 BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA - TOLERANCIAS EN ANCHURA Y LONGITUD: DESVIACIÓN EN MÁS ¹⁾	206
TABLA 8-28 BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA - TOLERANCIAS DE PLANICIDAD (PARA CHAPAS) ¹⁾	206
TABLA 8-29 BANDA DE ACERO LAMINADA EN FRÍO PARA CONSTRUCCIÓN METÁLICA - TOLERANCIAS RESTRINGIDAS DE ESCUADRADO	207
TABLA 8-30 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA CEMENTACIÓN - TIPOS DE ACERO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA ¹⁾ (ANÁLISIS DE COLADA)	208
TABLA 8-31 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA CEMENTACIÓN - DESVIACIONES MÁXIMAS PARA EL ANÁLISIS DE PRODUCTO CON RESPECTO A LOS VALORES LÍMITES DADOS EN LA TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA EL ANÁLISIS DE COLADA	208
TABLA 8-32 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA CEMENTACIÓN - PROPIEDADES MECÁNICAS Y REQUISITOS DE DUREZA ¹⁾²⁾	208
TABLA 8-33 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA CEMENTACIÓN - VALORES DE REFERENCIA DE LA DUREZA ROCKWELL PARA LOS ACEROS PARA CEMENTACIÓN.....	209
TABLA 8-34 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO - COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA).....	209
TABLA 8-35 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO - DESVIACIONES MÁXIMAS PARA EL ANÁLISIS DE PRODUCTO CON RESPECTO A LOS VALORES LÍMITES DADOS EN LA TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA EL ANÁLISIS DE COLADA	210
TABLA 8-36 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO - PROPIEDADES MECÁNICAS Y REQUISITOS DE DUREZA ¹⁾²⁾	210
TABLA 8-37 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO - VALORES DE LA DUREZA ROCKWELL ¹⁾	211
TABLA 8-38 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA TEMPLE Y REVENIDO - VALORES DE REFERENCIA PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO Y VALORES MÍNIMOS DE DUREZA EN LA CONDICIÓN DE TEMPLE	211
TABLA 8-39 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES - COMPOSICIÓN QUÍMICA ¹⁾ (ANÁLISIS DE COLADA)	212
TABLA 8-40 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES - DESVIACIONES MÁXIMAS PARA EL ANÁLISIS DE PRODUCTO CON RESPECTO A LOS VALORES LÍMITES DADOS EN LA TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA EL ANÁLISIS DE COLADA	212
TABLA 8-41 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES - PROPIEDADES MECÁNICAS Y REQUISITOS DE DUREZA ¹⁾²⁾	213
TABLA 8-42 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES - VALORES DE LA DUREZA ROCKWELL ¹⁾	213
TABLA 8-43 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES - VALORES DE REFERENCIA PARA EL	

TRATAMIENTO TÉRMICO Y VALORES MÍNIMOS DE DUREZA EN LA CONDICIÓN DE TEMPLE	214
TABLA 8-44 FLEJES LAMINADOS EN FRÍO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO. ACEROS PARA MUELLES Y OTRAS APLICACIONES ESPECIALES - VALORES INDICATIVOS DE DUREZA (HV) PARA LOS MATERIALES DE DIFERENTES RANGOS DE ESPESOR EN LA CONDICIÓN DE TEMPLE Y REVENIDO.....	214
TABLA 8-45 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y MAGNÉTICAS DE LOS PRODUCTOS LAMINADOS EN CALIENTE	215
TABLA 8-46 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y MAGNÉTICAS DE LOS PRODUCTOS LAMINADOS EN FRÍO	216
TABLA 8-47 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS LAMINADAS EN CALIENTE - TOLERANCIAS EN ESPESOR NOMINAL- LÍMITE ELÁSTICO IGUAL O MENOR DE 300N/MM ²	216
TABLA 8-48 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS LAMINADAS EN CALIENTE - TOLERANCIAS EN ESPESOR NOMINAL - LÍMITE ELÁSTICO MAYOR DE 300N/MM ² E IGUAL O MENOR DE 400N/MM ²	216
TABLA 8-49 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS LAMINADAS EN CALIENTE - TOLERANCIAS EN ESPESOR NOMINAL - LÍMITE ELÁSTICO MAYOR DE 400N/MM ²	216
TABLA 8-50 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS LAMINADAS EN FRÍO – TOLERANCIAS EN ESPESOR NOMINAL	217
TABLA 8-51 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS LAMINADAS EN CALIENTE – TOLERANCIA EN ESPESOR EN SENTIDO PERPENDICULAR	217
TABLA 8-52 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS LAMINADAS EN FRÍO – TOLERANCIAS EN ESPESOR EN SENTIDO PERPENDICULAR	217
TABLA 8-53 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS LAMINADAS EN FRÍO CIZALLADAS – TOLERANCIAS ESPESOR EN SENTIDO PERPENDICULAR	217
TABLA 8-54 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS Y BANDAS – TOLERANCIAS DE LONGITUD	218
TABLA 8-55 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS LAMINADAS EN CALIENTE – TOLERANCIAS DE PLANICIDAD	218
TABLA 8-56 MATERIALES MAGNÉTICOS – ESPECIFICACIONES PARA CHAPAS LAMINADAS EN FRÍO – TOLERANCIAS DE PLANICIDAD	218
TABLA 8-57 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO NO ORIENTADO - CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y MAGNÉTICAS	219
TABLA 8-58 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO NO ORIENTADO - CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS NO ESPECIFICADAS.....	221
TABLA 8-59 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO NO ORIENTADO - TOLERANCIAS EN ANCHURA NOMINAL.....	222
TABLA 8-60 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO - CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y MAGNÉTICAS DEL MATERIAL NORMAL	223
TABLA 8-61 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO - CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y MAGNÉTICAS DEL MATERIAL CON PÉRDIDAS REDUCIDAS	223
TABLA 8-62 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO - CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y MAGNÉTICAS DEL MATERIAL CON ALTA PERMEABILIDAD	223
TABLA 8-63 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO - CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS NO ESPECIFICADAS.....	223
TABLA 8-64 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS DE GRANO ORIENTADO- TOLERANCIAS EN ANCHURA NOMINAL	224
TABLA 8-65 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS EN ESTADO SEMIACABADO - CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y MAGNÉTICAS	225
TABLA 8-66 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS EN ESTADO SEMIACABADO - CARACTERÍSTICAS MAGNÉTICAS NO ESPECIFICADAS.....	225

TABLA 8-67 CHAPAS Y BANDAS MAGNÉTICAS EN ESTADO SEMIACABADO -	
TOLERANCIAS EN ANCHURA NOMINAL.....	226
TABLA 8-68 FLEJE PARA EMBALAJE - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	227
TABLA 8-69 FLEJE PARA EMBALAJE - MEDIDAS NOMINALES	227
TABLA 8-70 FLEJE PARA EMBALAJE - TOLERANCIAS EN ESPESOR.....	227
TABLA 8-71 FLEJE PARA EMBALAJE - TOLERANCIAS EN ANCHURA	227

9. PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS.....	227
9.1. NORMAS GENERALES PARA LOS PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS	227
9.1.1. CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10143; 1994.....	227
9.2. PRODUCTOS PLANOS GALVANIZADOS	229
9.2.1. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN, GALVANIZADAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10147; 2001.	229
9.2.2. BANDAS Y BOBINAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO BAJO EN CARBONO, GALVANIZADAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE-EN 10142; 2001.	233
9.2.3. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, GALVANIZADAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE-EN 10292; 2001.	237
9.3. PRODUCTOS PLANOS ELECTROCINCADOS	242
9.3.1. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO LAMINADOS EN FRÍO, RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINC. UNE-EN 10152; 2005.	242
9.3.2. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINC-NÍQUEL (ZN). UNE-EN 10271; 1999.....	245
9.4. PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS DE ALUMINIO-CINC.....	249
9.4.1. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO RECUBIERTAS EN CONTINUO DE ALEACIÓN DE CINC-ALUMINIO (ZA), POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10214; 1995.	249
9.4.2. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO RECUBIERTAS EN CONTINUO DE ALEACIÓN DE ALUMINIO-CINC (AZ), POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10215; 1995.	252
9.5. PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS.....	255
9.5.1. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO, RECUBIERTOS EN CONTINUO DE MATERIAS ORGÁNICAS (PRELACADOS). UNE-EN 10169-1; 2005.....	255
9.5.2. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO, RECUBIERTOS EN CONTINUO DE MATERIAS ORGÁNICAS (PRELACADOS). PRODUCTOS PARA APLICACIONES EXTERIORES EN LA EDIFICACIÓN. UNE-EN 10169-2; 2000.	260
9.5.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO, DE ACERO DULCE PARA ESMALTADO POR VITRIFICACIÓN. UNE-EN 10209; 1996.....	263
9.5.4. PRODUCTOS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GRANALLADOS Y PREPINTADOS POR TRATAMIENTO AUTOMÁTICO. UNE-EN 10238; 1997.	265
9.6. OTROS PRODUCTOS PLANOS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO	266
9.6.1. CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS. ESPECIFICACIÓN DE CHAPA DE ACERO PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS. UNE-EN 505:2001.	266
9.6.2. CHAPA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO (TIPO A). NORMA UNE-EN 505. ANEXO A.	267
9.6.3. CHAPA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO MULTICAPA. UNE-EN 505. ANEXO B.	268
9.6.4. BANDAS Y CHAPAS DE ACERO RECUBIERTAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE EN UN BAÑO DE ALUMINIO-SILICIO (AS). UNE-EN 10154; 2004.	269
9.6.5. BANDA DE ACERO AL CARBONO, LAMINADO EN FRÍO RECUBIERTA DE ALEACIÓN DE PLOMO POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE 36-131-78.....	272

9. PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS

9.1. NORMAS GENERALES PARA LOS PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS

9.1.1. CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10143; 1994.

Exigencias aplicables a las tolerancias dimensionales y de forma de los productos planos (bobinas de todas las anchuras, flejes cizallados y chapas cortadas transversalmente) recubiertos en continuo por inmersión en caliente, en espesor $\leq 3.0\text{mm}$ en aceros de bajo contenido en carbono para conformación en frío y aceros de construcción. Por espesor se entiende el espesor final del producto suministrado, que comprende el revestimiento metálico. Es aplicable a todos los productos planos recubiertos en continuo por inmersión en caliente con recubrimientos metálicos.

□ ESPESOR:

Tabla 9-1 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancias de espesor de productos planos con recubrimiento metálico en caliente en aceros de bajo contenido en carbono para conformación en frío, así como para aceros de construcción con valor mínimo del límite elástico especificado $< 280 \text{ N/mm}^2$ (incluidos los grados de acero Fe E 550G o S 550GD).

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Tolerancias normales para una anchura no nominal ¹⁾ 2)			Tolerancias restringidas (S) para una anchura nominal ^{1) 2)}		
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500
≤ 0.40	± 0.05	± 0.06	----	± 0.03	± 0.04	----
$> 0.40 \leq 0.60$	± 0.06	± 0.07	± 0.08	± 0.04	± 0.05	± 0.06
$> 0.60 \leq 0.80$	± 0.07	± 0.08	± 0.09	± 0.05	± 0.06	± 0.06
$> 0.80 \leq 1.00$	± 0.08	± 0.09	± 0.10	± 0.06	± 0.07	± 0.07
$> 1.00 \leq 1.20$	± 0.09	± 0.10	± 0.11	± 0.07	± 0.08	± 0.08
$> 1.20 \leq 1.60$	± 0.11	± 0.12	± 0.12	± 0.08	± 0.09	± 0.09
$> 1.60 \leq 2.00$	± 0.13	± 0.14	± 0.14	± 0.09	± 0.10	± 0.10
$> 2.00 \leq 2.50$	± 0.15	± 0.16	± 0.16	± 0.11	± 0.12	± 0.12
$> 2.50 \leq 3.00$	± 0.17	± 0.18	± 0.18	± 0.12	± 0.13	± 0.13

1) En las bobinas anchas y las bobinas anchas cizalladas, la tolerancia de espesor en la zona de las soldaduras laminadas en frío debe ser aumentada en un máximo del 60% sobre una longitud de 15m.
2) Para los revestimientos de cinc Z 450 y Z 600 la tolerancia de espesor debe ser aumentada en 0.02mm.

Tabla 9-2 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancias de espesor de los productos planos con recubrimiento metálico en caliente en aceros de construcción de valor mínimo de límite elástico $\geq 280 \text{ N/mm}^2$ (con la exclusión de los grados Fe E 550G o S 550GD).

Medidas en milímetros

Espesor nominal	Tolerancias normales para una anchura no nominal ¹⁾ 2)			Tolerancias restringidas (S) para una anchura nominal ^{1) 2)}		
	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500	≤ 1200	> 1200 ≤ 1500	> 1500
≤ 0.40	± 0.06	± 0.07	----	± 0.04	± 0.05	----
$> 0.40 \leq 0.60$	± 0.07	± 0.08	± 0.09	± 0.05	± 0.06	± 0.07
$> 0.60 \leq 0.80$	± 0.08	± 0.09	± 0.11	± 0.06	± 0.07	± 0.07
$> 0.80 \leq 1.00$	± 0.09	± 0.11	± 0.12	± 0.07	± 0.08	± 0.08
$> 1.00 \leq 1.20$	± 0.11	± 0.12	± 0.13	± 0.08	± 0.09	± 0.09
$> 1.20 \leq 1.60$	± 0.13	± 0.14	± 0.14	± 0.09	± 0.11	± 0.11
$> 1.60 \leq 2.00$	± 0.15	± 0.17	± 0.17	± 0.11	± 0.12	± 0.12
$> 2.00 \leq 2.50$	± 0.18	± 0.19	± 0.19	± 0.13	± 0.14	± 0.14
$> 2.50 \leq 3.00$	± 0.20	± 0.21	± 0.21	± 0.14	± 0.15	± 0.15

1) En las bobinas anchas y las bobinas anchas cizalladas, la tolerancia de espesor en la zona de las soldaduras laminadas en frío debe ser aumentada en un máximo del 60% sobre una longitud de 15m.
2) Para los revestimientos de cinc Z 450 y Z 600 la tolerancia de espesor debe ser aumentada en 0.02mm.

□ ANCHURA

Tabla 9-3 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancias de anchura de los productos planos con recubrimiento metálico por inmersión en caliente de anchura nominal $\geq 600\text{mm}$ (bobinas y chapas).

Medidas en milímetros

Anchura nominal	Tolerancias normales		Tolerancias especiales (S)	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
$\geq 600 \leq 1200$	0	+ 5	0	+ 2
$> 1200 \leq 1500$	0	+ 6	0	+ 2
> 1500	0	+ 7	0	+ 3

Tabla 9-4 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancia en anchura de los productos con recubrimiento metálico por inmersión en caliente de anchura nominal $< 600\text{mm}$ (bobinas cizallas y flejes cizallados cortados transversalmente).

Medidas en milímetros

Tipo de tolerancia	Espesor nominal	Anchura nominal							
		< 125		$\geq 125 < 250$		$\geq 125 < 250$		$\geq 125 < 250$	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior
Normal	< 0.6	0	+ 0.4	0	+ 0.5	0	+ 0.7	0	+ 1.0
	$\geq 0.6 < 1.0$	0	+ 0.5	0	+ 0.6	0	+ 0.9	0	+ 1.2
	$\geq 1.0 < 2.0$	0	+ 0.6	0	+ 0.8	0	+ 1.1	0	+ 1.4
	$\geq 2.0 \leq 3.0$	0	+ 0.7	0	+ 1.0	0	+ 1.3	0	+ 1.6
Especial (S)	< 0.6	0	+ 0.2	0	+ 0.2	0	+ 0.3	0	+ 0.5
	$\geq 0.6 < 1.0$	0	+ 0.2	0	+ 0.3	0	+ 0.4	0	+ 0.6
	$\geq 1.0 < 2.0$	0	+ 0.3	0	+ 0.4	0	+ 0.5	0	+ 0.7
	$\geq 2.0 \leq 3.0$	0	+ 0.4	0	+ 0.5	0	+ 0.6	0	+ 0.8

□ LONGITUD

Tabla 9-5 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancias de longitud de chapas y bandas cizalladas y cortadas transversalmente

Medidas en milímetros

Longitud nominal l	Tolerancia en longitud			
	Normal		Especial (S)	
	Inferior	Superior	Inferior	Superior
< 2000	0	6	0	3
≥ 2000	0	$0.003 \times l$	0	$0.0015 \times l$

□ PLANICIDAD

Tabla 9-6 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancias de planicidad de chapas por inmersión en caliente de aceros de construcción con valor mínimo de límite elástico $< 280 \text{ N/mm}^2$

Medidas en milímetros

Tipos de tolerancia	Anchura nominal	Espesor nominal		
		< 0.7	$\geq 0.7 < 1.2$	≥ 1.2
Normal	$\geq 600 < 1200$	12	10	8
	$\geq 1200 < 1500$	15	12	10
	≥ 1500	19	17	15
Especial (S)	$\geq 600 < 1200$	5	4	3
	$\geq 1200 < 1500$	6	5	4
	≥ 1500	8	7	6

Tabla 9-7 Chapas y Bobinas de acero con revestimiento metálico - Tolerancias de planicidad de chapas por inmersión en caliente de aceros de construcción con valor mínimo de límite elástico $\geq 280 \text{ N/mm}^2 < 360 \text{ N/mm}^2$.

Medidas en milímetros

Tipos de tolerancia	Anchura nominal	Espesor nominal		
		< 0.7	$\geq 0.7 < 1.2$	≥ 1.2
Normal	$\geq 600 < 1200$	15	13	10
	$\geq 1200 < 1500$	18	15	13
	≥ 1500	22	20	19
Especial (S)	$\geq 600 < 1200$	8	6	5

	$\geq 1200 < 1500$	9	8	6
	≥ 1500	12	10	9

Para las chapa de acero de límite elástico mínimo especificado superior (por ejemplo, Fe E 550G o S 550GD) y para las chapas con revestimiento de cinc de masas Z 450 y Z 600, las tolerancias de planicidad deben de ser acordadas en el pedido.

❑ FALTA DE ESCUADRADO

Salvo otro tipo de acuerdo, el defecto de escuadrado u, no debe ser superior al 1% de la anchura real de la chapa.

❑ ONDULACIÓN DE LOS BORDES

Salvo otro tipo de acuerdo, el defecto de ondulación de bordes q, no debe de ser superior a 6mm sobre una longitud de 2m. Para las longitudes inferiores a 2m la tolerancia no debe ser superior al 0.3% de la longitud real.

Para las bobinas anchas cizalladas a una anchura inferior a 600mm puede especificarse una tolerancia restringida (CS) de 2mm como máximo sobre una longitud de 2m. Esta tolerancia restringida no es aplicable a las bobinas cizalladas de límite elástico $\geq 280 \text{ N/mm}^2$.

❑ INSCRIPCIÓN DEL FORMATO

Por acuerdo en el pedido, las especificaciones relativas a las tolerancias de escuadrado y de ondulación de bordes pueden ser sustituidas por la exigencia de que el formato de la chapa solicitada pueda inscribirse en las chapas suministradas.

9.2. PRODUCTOS PLANOS GALVANIZADOS

9.2.1. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN, GALVANIZADAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE.

9.2.2. UNE-EN 10147; 2001.

Características de los productos planos de acero, galvanizados en continuo por inmersión en caliente, de espesor igual o inferior a 3mm. Es espesor considerado es el espesor final del producto después de la galvanización. Es aplicable a todos los productos planos cualquiera que sea su anchura, es decir, bandas de cualquier anchura, chapas o flejes cortadas de ellas ($\geq 600\text{mm}$ de anchura) y a las cortadas de forma longitudinal ($< 600\text{mm}$ de anchura). Es aplicable a todos los productos planos cualquiera que sea su anchura, es decir, bandas de cualquier anchura, chapas o flejes cortadas de ellas ($\geq 600\text{mm}$ de anchura) y a las cortadas de forma longitudinal ($< 600\text{mm}$ de anchura).

❑ PROPIEDADES MECÁNICAS

Tabla 9-8 Chapas y Bobinas de acero de construcción galvanizadas en caliente - Tipos de acero y propiedades mecánicas

Designación			Límite elástico convencional ¹⁾ a 0.2%	Resistencia a la tracción	Alargamiento ³⁾
Tipo de acero		Símbolo para el tipo de galvanizado por inmersión en caliente			
Simbólica	Númerica			R _{p0.2} N/mm ² mín.	R _m N/mm ² mín.
S220GD	1.0241	+ Z	220	300	20
S220GD	1.241	+ ZF			
S250GD	1.0242	+ Z	250	330	19
S250GD	1.0242	+ ZF			
S280GD	1.0244	+ Z	280	360	18
S280GD	1.0244	+ ZF			
S320GD	1.0250	+ Z	320	390	17
S320GD	1.0250	+ ZF			
S350GD	1.0529	+ Z	350	420	16
S350GD	1.0529	+ ZF			
S550GD	1.0531	+ Z	550	560	----
S550GD	1.0531	+ ZF			

1) Si el límite elástico es pronunciado, entonces el valor se refiere al límite elástico inferior (R_{eH}). 2) Para todos los tipos excepto para S550GD+Z y S550GD+ZF se puede esperar un margen de 140N/mm² en la resistencia a la tracción. 3) Para espesores de producto

1) Si el límite elástico es pronunciado, entonces el valor se refiere al límite elástico inferior (R_{eH}). 2) Para todos los tipos excepto para S550GD+Z y S550GD+ZF se puede esperar un margen de 140N/mm^2 en la resistencia a la tracción. 3) Para espesores de producto $\leq$

0.7mm (incluyendo el recubrimiento de zinc) se pueden reducir en 2 unidades los valores de alargamiento en la rotura del mínimo (A_{80}).

Los valores de los ensayos de tracción se deben aplicar a muestras longitudinales y se deben relacionar con las secciones transversales de las probetas sin galvanizar. Con el envejecimiento se puede producir una reducción en la formabilidad de todos los productos galvanizados en caliente aquí descritos. Por tanto, es interesante para el usuario utilizar los productos tan pronto como sea posible tras su recepción.

❑ **RECUBRIMIENTOS**

Los recubrimientos pueden consistir en un depósito de cinc (Z) o de una aleación de hierro-cinc (ZF) tal como se indica en las dos tablas siguientes. Las distintas masas de recubrimiento que se pueden suministrar también se indican en estas tablas. Al hacer el pedido se pueden convenir otras masas de recubrimiento. Los espesores gruesos de cinc limitan la formabilidad y soldabilidad de los productos. Por tanto, se deben tener en cuenta los requisitos de conformado y soldadura al pedir las masas de recubrimiento. Por acuerdo al hacer el pedido, los productos planos galvanizados en caliente se pueden suministrar con una masa de recubrimiento diferente en cada una de las caras. Como consecuencia del proceso de fabricación, ambas caras pueden tener un aspecto diferente.

Tabla 9-9 Chapas y Bobinas de acero de construcción galvanizadas en caliente - Recubrimientos, calidades de acabado y aspecto del recubrimiento habituales para recubrimientos de cinc (Z).

Tipo de acero	Designación del recubrimiento ¹⁾	Acabado del recubrimiento			
		N	M		
		Calidad del acabado superficial ¹⁾			
Todos		A	A	B	C
	100	X	X	X	X
	140	X	X	X	X
	200	X	X	X	X
	225	X	X	X	X
	275	X	X	X	X
	350	X	X	----	----
	(450)	(X)	----	----	----
	(600) ²⁾	(X)	----	----	----

1)

Los recubrimientos y acabados que figuran entre paréntesis sólo se suministran por acuerdo.

2)

No aplicable al tipo S550ad+Z.

Tabla 9-10 Chapas y Bobinas de acero de construcción galvanizadas en caliente - Recubrimientos, calidades de acabado y aspecto del recubrimiento habituales para recubrimientos de cinc (ZF).

Tipo de acero	Designación del recubrimiento	Acabado del recubrimiento		
		R		
		Calidad del acabado superficial		
		A	B	C
Todos	100	X	X	X
	400	X	X	----

❑ **ACABADO DEL RECUBRIMIENTO**

Floreado normal: Este acabado resulta de la solidificación natural del cinc. Según las condiciones de galvanización, se puede o obtener floreado u obtener cristales de cinc de tamaño y brillo heterogéneos. Estos factores no afectan a la calidad del recubrimiento. Si se desea un floreado más acusado, se deberá especificar en el pedido.

Floreado mínimo (M): Este acabado se obtiene cuando se controla adecuadamente el proceso de solidificación del cinc. La superficie presentará un floreado reducido que en algunos casos puede no ser visible a simple vista. Este acabado se solicita cuando el floreado normal no satisface los requisitos de aspecto superficial.

Recubrimiento de aleación hierro-cinc (R): Es el obtenido mediante un tratamiento térmico de difusión del hierro en el cinc. La superficie tiene un aspecto homogéneo gris mate.

❑ **ACABADO SUPERFICIAL:**

Salvo acuerdo en contrario al hacer el pedido, el fabricante sólo inspeccionará una cara. A petición del cliente, el suministrador le indicará la cara, la de arriba o la de abajo, que ha sido inspeccionada. No será motivo de rechazo ligeros “dientes de sierra” en los bordes de los productos no cizallados. El suministro de bobinas (banda o fleje) presenta un mayor riesgo de defectos superficiales que el suministro de superficies cortadas, ya que no es posible que el fabricante elimine todos los defectos interiores. El cliente debe tener en cuenta este hecho en apreciación de los productos.

Acabado superficial ordinario (A): En este acabado se permiten pequeños cráteres, heterogeneidades en el floreado, puntos negros, ligeras rayas y pequeñas manchas de pasivación. Se puede observar un ligero acostillado y sobre-espesores locales en el recubrimiento de cinc.

Acabado superficial mejorado (B): El acabado se obtiene generalmente aplicando un temper (skin-pass). En este acabado son admisibles defectos localizados tales como aquellos que se deben a una parada del tratamiento mecánico, marcas de cilindros, irregularidades, estrías, huellas, irregularidades en el floreado y sobre-espesores en el recubrimiento de cinc, así como ligeras marcas de pasivación.

Acabado superficial de calidad superior (C): El acabado C se obtiene mediante un temper (skin-pass). La cara de mejor acabado debe estar prácticamente libre de defectos y en ningún caso debe afectar a la uniformidad de una pintura de calidad. La otra cara debe presentar, al menos, un acabado B.

❑ TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL):

Los productos planos galvanizados en caliente generalmente se recubren en fábrica con una de las protecciones superficiales que describen a continuación. La duración de la protección varía según las distintas atmósferas.

Pasivación química (C): La pasivación química protege la superficie de la humedad y atenúa el riesgo de aparición de oxidación blanca o “moho blanco” durante el transporte y almacenado. Este tratamiento puede provocar coloraciones locales que no afectan en nada a la calidad.

Aceitado (O): Este tratamiento disminuye el riesgo de corrosión precoz de la superficie.

La capa de aceite se debe poder eliminar mediante un desengrasante adecuado que no afecte negativamente el cinc.

Pasivación química y aceitado (CO): Precio acuerdo, si se requiere una mayor protección contra la oxidación blanca o “moho blanco” puede solicitarse la pasivación química y el aceitado posterior.

Sellado (S): Aplicación de una capa orgánica transparente de aproximadamente 1g/m² de masa de recubrimiento. Este tratamiento ofrece una protección adicional contra la corrosión, especialmente protege contra las huellas dactilares. Puede mejorar las características deslizantes durante las operaciones de formado y se puede usar como un primer recubrimiento para un barnizado posterior.

Fosfatado (P): Este tratamiento mejora la adherencia y el efecto protector del recubrimiento aplicado. También reduce el riesgo de corrosión durante el transporte y almacenamiento. El fosfatado en conjunción con una lubricación adecuada puede mejorar la conformabilidad.

Productos sin tratamiento (U): A petición expresa del cliente y bajo su responsabilidad, los productos planos galvanizados en caliente, se puede suministrar sin tratamiento de protección superficial. En este caso, aumenta notablemente el riesgo de corrosión.

❑ AUSENCIA DE ACOSTILLADO O DE FACETAS

Si los productos deben suministrarse sin facetas o costillas, deberá indicarse separadamente a la hora de hacer el pedido.

❑ MASA DE RECUBRIMIENTO

Las masas de recubrimiento deben ser las indicadas en la siguiente tabla. Estos valores corresponden a la masa total del recubrimiento sobre las dos caras, para el ensayo de triple muestra (triple punto) y los del ensayo de muestra simple o punto simple. La masa de cinc no siempre se reparte uniformemente por las dos caras del producto. Por ello, en los casos de recubrimiento por las dos caras, se puede admitir que, en los puntos de una cara, los valores de la masa de recubrimiento sean para el ensayo de simple muestra (punto simple), al menos, el 40% del valor indicado en la siguiente tabla:



Tabla 9-11 Chapas y Bobinas de acero de construcción galvanizadas en caliente - Masa de recubrimiento

Designación del recubrimiento ¹⁾	Masa de recubrimiento mínimo, en g/m ² , incluyendo ambas caras ²⁾ mín.	
	Ensayo de triple muestra (de tres puntos)	Ensayo de muestra simple (de un punto)
100	100	85
140	140	120
200	200	170
225	225	195
275	275	235
350	350	300
450	450	385
600	600	510

1) Los recubrimientos habituales, según los tipos que se indican en las tablas anteriores.
 2) Una masa de recubrimiento, por ambas caras, de 100g/m², equivalen aproximadamente, a un espesor de capa de 7.1µm por cara.

❑ ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO

Después del doblado, el recubrimiento no debe presentar ningún tipo de desprendimiento. Para eliminar la influencia del corte, no deberá tenerse en cuenta una zona de 6mm de anchura en los bordes de la probeta. Se admite que el recubrimiento presente fisuraciones, rugosidades o zonas pulvulentas en el recubrimiento del tipo hierro-cinc (ZF).

Tolerancias dimensionales y de forma. EN 10143:94

9.2.3. BANDAS Y BOBINAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO BAJO EN CARBONO, GALVANIZADAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE-EN 10142; 2001.

Características de los productos planos de acero, galvanizados en continuo por inmersión en caliente, de espesor igual o inferior a 3mm; por acuerdo en el pedido puede aplicarse a espesores superiores. El espesor considerado es el espesor final del producto después de la galvanización. Es aplicable a los productos cuya anchura es igual o superior a 600mm, es decir, a las bandas (anchura ≥ 600mm) y a los flejes (anchura < 600mm) obtenidos por corte longitudinal de una banda y a las "longitudes cortadas" (chapas y flejes en tiras) obtenidas de aquellas por corte transversal. Los productos definidos son utilizables en aquellas aplicaciones en que se precise una adecuada aptitud a la conformación y una buena resistencia a la corrosión. La protección contra la corrosión es proporcional a la masa del recubrimiento depositada.

❑ PROPIEDADES MECÁNICAS

Tabla 9-12 Chapas y Bobinas de acero bajo en carbono galvanizadas en caliente para conformación en frío- Tipos de acero y propiedades mecánicas

Designación			Límite elástico a 0.2% ¹⁾ R _{p0.2} N/mm ²	Resistencia a la tracción R _m N/mm ²	Alargamiento en la rotura A ₈₀ ²⁾ % mín.	Coeficiente de anisotropía plástica r ₉₀ mín.	Coeficiente de acritud n ₉₀ mín.
Tipo de acero		Símbolo para el tipo de galvanizado por inmersión en caliente					
Simbólica	Númérica						
DX51D	1.0226	+ Z	----	270 a 500	22	----	----
DX51D	1.0226	+ ZF					
DX52D	1.0350	+ Z	140 a 300 ³⁾	270 a 420	26	----	----
DX52D	1.0350	+ ZF					
DX53D	1.0355	+ Z	140 a 260	270 a 380	30	----	----
DX53D	1.0355	+ ZF					
DX54D	1.0306	+ Z	140 a 220	270 a 350	36	1.6	0.18
DX54D	1.0306	+ ZF	140 a 220	270 a 350	34	1.4	0.18
DX56D	1.0322	+ Z	120 a 180	270 a 350	39	1.9 ⁴⁾	0.21
DX56D	1.0322	+ ZF	120 a 180	270 a 350	37	1.7 ^{4) 5)}	0.20 ⁵⁾

1) Si el límite elástico es pronunciado, entonces el valor se refiere al límite elástico inferior (R_{el}).

2) Para espesores de producto ≤ 0.7mm (incluyendo el recubrimiento de zinc) se pueden reducir en 2 unidades los valores de alargamiento en la rotura del mínimo (A₈₀).

3) Este valor se aplica sólo a productos con una ligera pasada de temperado (skin-pass) (Calidades superficiales B y C).

4) Para espesores > 1.5mm, el valor de r₉₀ se debe reducir en 0.2.

5) Para espesores ≤ 0.7mm, el valor de r₉₀ se debe reducir en 0.2 y el valor de n₉₀ se debe reducir en 0.01.

Si se especifica en el pedido de forma especial, se pueden suministrar productos aptos para la fabricación de piezas específicas, realizados con los siguientes tipos de acero DX52D+Z; DX52D+ZF, DX53D+Z; DX53D+ZF, DX54D+Z; DX54D+ZF, DX56D+Z y DX56D+ZF. En este caso no son de aplicación los valores de la tabla anterior, pero la tasa de rechazo de las piezas defectuosas cuando se procese el material no deben exceder de una proporción específica, que se debe acordar al hacer el pedido. Si el pedido se hizo de acuerdo con las características mecánicas de la tabla anterior, se aplicarán los valores de las propiedades mecánicas para los siguientes períodos acordados en el momento de hacer el pedido, y comenzando en la fecha en que los productos estén disponibles en fábrica.

- 8 días para los tipos de acero DX51D+Z; DX51D+ZF, DX52D+Z y DX52D+ZF.
- 6 meses para los tipos de acero DX53D+Z; DX53D+ZF, DX54D+Z; DX54D+ZF, DX56D+Z y DX56D+ZF.

Los valores de los ensayos de tracción se deben aplicar a muestras longitudinales y se deben relacionar con las secciones transversales de las probetas sin galvanizar.

□ RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos pueden consistir en un depósito de cinc (Z) o de una aleación de hierro-cinc (ZF) tal como se indica en las dos tablas siguientes. Las distintas masas de recubrimiento que se pueden suministrar también se indican en estas tablas. Al hacer el pedido se pueden convenir otras masas de recubrimiento. Los espesores gruesos de cinc limitan la formabilidad y soldabilidad de los productos. Por tanto, se deben tener en cuenta los requisitos de conformado y soldadura al pedir las masas de recubrimiento. Por acuerdo al hacer el pedido, los productos planos galvanizados en caliente se pueden suministrar con una masa de recubrimiento diferente en cada una de las caras. Como consecuencia del proceso de fabricación, ambas caras pueden tener un aspecto diferente.

Tabla 9-13 Chapas y Bobinas de acero bajo en carbono galvanizadas en caliente para conformación en frío - Recubrimientos, calidades de acabado y aspecto del recubrimiento habituales para recubrimientos de cinc (Z).

Tipo de acero		Designación del recubrimiento ¹⁾	Acabado del recubrimiento			
Simbólica	Numérica		N	M		
			Calidad del acabado superficial ¹⁾			
			A	A	B	C
DX51D	1.0226	100	X	X	X	X
		140	X	X	X	X
		200	X	X	X	X
		(225)	(X)	(X)	(X)	(X)
		275	X	X	X	X
		350	X	X	----	----
		(450)	(X)	----	----	----
		(600)	(X)	----	----	----
DX52D	1.350	100	X	X	X	X
		140	X	X	X	X
		200	X	X	X	X
		(225)	(X)	(X)	(X)	(X)
		275	X	X	X	X
DX53D	1.0355	100	X	X	X	X
DX54D	1.0306	140	X	X	X	X
DX56D	1.0322	200	X	X	X	X
		(225)	(X)	(X)	(X)	(X)
		(275)	(X)	(X)	(X)	(X)

1) Los recubrimientos y acabados que figuran entre paréntesis sólo se suministran por acuerdo.

1) Los recubrimientos y acabados que figuran entre paréntesis sólo se suministran por acuerdo.

Tabla 9-14 Chapas y Bobinas de acero bajo en carbono galvanizadas en caliente para conformación en frío - Recubrimientos, calidades de acabado y aspecto del recubrimiento habituales para recubrimientos de cinc (ZF).

Tipo de acero	Designación del recubrimiento	Acabado del recubrimiento		
		R		
		Calidad del acabado superficial		
		A	B	C
Todo	100	X	X	X
	400	X	X	----

❑ **ACABADO DEL RECUBRIMIENTO**

Floreado normal: Este acabado resulta de la solidificación natural del cinc. Según las condiciones de galvanización, se puede o obtener floreado u obtener cristales de cinc de tamaño y brillo heterogéneos. Estos factores no afectan a la calidad del recubrimiento. Si se desea un floreado más acusado, se deberá especificar en el pedido.

Floreado mínimo (M): Este acabado se obtiene cuando se controla adecuadamente el proceso de solidificación del cinc. La superficie presentará un floreado reducido que en algunos casos puede no ser visible a simple vista. Este acabado se solicita cuando el floreado normal no satisface los requisitos de aspecto superficial.

Recubrimiento de aleación hierro-cinc (R): Es el obtenido mediante un tratamiento térmico de difusión del hierro en el cinc. La superficie tiene un aspecto homogéneo gris mate.

❑ **ACABADO SUPERFICIAL:**

Salvo acuerdo en contrario al hacer el pedido, el fabricante sólo inspeccionará una cara. A petición del cliente, el suministrador le indicará la cara, la de arriba o la de abajo, que ha sido inspeccionada. No será motivo de rechazo ligeros “dientes de sierra” en los bordes de los productos no cizallados. El suministro de bobinas (banda o fleje) presenta un mayor riesgo de defectos superficiales que el suministro de superficies cortadas, ya que no es posible que el fabricante elimine todos los defectos interiores. El cliente debe tener en cuenta este hecho en apreciación de los productos.

Acabado superficial ordinario (A): En este acabado se permiten pequeños cráteres, heterogeneidades en el floreado, puntos negros, ligeras rayas y pequeñas manchas de pasivación. Se puede observar un ligero acostillado y sobre-espesores locales en el recubrimiento de cinc.

Acabado superficial mejorado (B): El acabado se obtiene generalmente aplicando un temper (skin-pass). En este acabado son admisibles defectos localizados tales como aquellos que se deben a una parada del tratamiento mecánico, marcas de cilindros, irregularidades, estrías, huellas, irregularidades en el floreado y sobre-espesores en el recubrimiento de cinc, así como ligeras marcas de pasivación.

Acabado superficial de calidad superior (C): El acabado C se obtiene mediante un temper (skin-pass). La cara de mejor acabado debe estar prácticamente libre de defectos y en ningún caso debe afectar a la uniformidad de una pintura de calidad. La otra cara debe presentar, al menos, un acabado B.

❑ **TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL):**

Los productos planos galvanizados en caliente generalmente se recubren en fábrica con una de las protecciones superficiales que describen a continuación. La duración de la protección varía según las distintas atmósferas.

Pasivación química (C): La pasivación química protege la superficie de la humedad y atenúa el riesgo de aparición de oxidación blanca o “moho blanco” durante el transporte y almacenado. Este tratamiento puede provocar coloraciones locales que no afectan en nada a la calidad.

Aceitado (O): Este tratamiento disminuye el riesgo de corrosión precoz de la superficie. La capa de aceite se debe poder eliminar mediante un desengrasante adecuado que no afecte negativamente el cinc.

Pasivación química y aceitado (CO): Precio acuerdo, si se requiere una mayor protección contra la oxidación blanca o “moho blanco” puede solicitarse la pasivación química y el aceitado posterior.

Sellado (S): Aplicación de una capa orgánica transparente de aproximadamente 1g/m² de masa de recubrimiento. Este tratamiento ofrece una protección adicional contra la corrosión, especialmente protege contra las huellas dactilares. Puede mejorar las características deslizantes durante las operaciones de formado y se puede usar como un primer recubrimiento para un barnizado posterior.

Fosfatado (P): Este tratamiento mejora la adherencia y el efecto protector del recubrimiento aplicado. También reduce el riesgo de corrosión durante el transporte y almacenamiento. El fosfatado en conjunción con una lubricación adecuada puede mejorar la conformabilidad.

Productos sin tratamiento (U): A petición expresa del cliente y bajo su responsabilidad, los productos planos galvanizados en caliente, se puede suministrar sin tratamiento de protección superficial. En este caso, aumenta notablemente el riesgo de corrosión.

❑ **AUSENCIA DE ACOSTILLADO O DE FACETAS**

Si se establecen requisitos particulares relativos a la ausencia de acostillado, puede ser necesario someter a los productos a un temper (skin-pass). Estos tratamientos pueden reducir la aptitud al conformado. Las condiciones que rigen para el acostillado son las mismas que las que rigen para las líneas de cedencia.

❑ **LÍNEAS DE CEDENCIA**

A fin de evitar la formación de líneas de cedencia durante el conformado en frío, puede ser necesario un ligero temperado de los productos en las instalaciones del fabricante. La tendencia a la formación de estas líneas de cedencia, puede reaparecer después de haber transcurrido un cierto tiempo desde la aplicación del temperado; en consecuencia, el usuario debe transformar los productos dentro de un plazo lo más corto posible. Los productos con acabado superficial B y C están libres de la aparición de líneas de cedencia durante los siguientes periodos, comenzando a partir de la fecha en que los productos están disponibles de fábrica.

- 1 mes para los tipos de acero DX51D+Z, DX51D+ZF, DX52D+Z y DX52D+ZF,
- 6 meses para los tipos de acero DX53D+Z, DX53D+ZF, DX54D+Z, DX54D+ZF, DX56D+Z y DX56D+ZF.

❑ **MASA DE RECUBRIMIENTO**

Las masas de recubrimiento deben ser las indicadas en la siguiente tabla. Estos valores corresponden a la masa total del recubrimiento sobre las dos caras, para el ensayo de triple muestra (triple punto) y los del ensayo de muestra simple o punto simple. La masa de cinc no siempre se reparte uniformemente por las dos caras del producto. Por ello, en los casos de recubrimiento por las dos caras, se puede admitir que, en los puntos de una cara, los valores de la masa de recubrimiento sean para el ensayo de simple muestra (punto simple), al menos, el 40% del valor indicado en la siguiente tabla:

Tabla 9-15 Chapas y Bobinas de acero bajo en carbono galvanizadas en caliente para conformación en frío - Masa de recubrimiento

Designación del recubrimiento ¹⁾	Masa de recubrimiento mínimo, en g/m ² , incluyendo ambas caras ²⁾	
	Ensayo de triple muestra (de tres puntos)	Ensayo de muestra simple (de un punto)
100	100	85
140	140	120
200	200	170
225	225	195
275	275	235
350	350	300
450	450	385
600	600	510

1) Los recubrimientos habituales, según los tipos que se indican en las tablas anteriores.
2) Una masa de recubrimiento, por ambas caras, de 100g/m², equivalen aproximadamente, a un espesor de capa de 7.1µm por cara.

❑ **ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO**

Después del doblado, el recubrimiento no debe presentar ningún tipo de desprendimiento. Para eliminar la influencia del corte, no deberá tenerse en cuenta una zona de 6mm de anchura en los bordes de la probeta. Se admite que el recubrimiento presente fisuraciones, rugosidades o zonas pulverulentas en el recubrimiento del tipo hierro-cinc (ZF).

Tolerancias dimensionales y de forma. EN 10143:1993

9.2.4. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, GALVANIZADAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO. UNE-EN 10292; 2001.

Características de los productos planos de acero de alto límite elástico para conformado en frío, galvanizados en continuo por inmersión en caliente (Z) o recubiertos con aleaciones de cinc-hierro (ZF), aluminio-cinc (AZ) y aluminio-silicio (AS), con un espesor $\leq 3.0\text{mm}$, salvo acuerdo en contrario. El espesor considerado es el espesor final del producto después del recubrimiento. Es aplicable a bandas de cualquier anchura, chapas cortadas de ellas ($\geq 600\text{mm}$ de ancho) y a las cortadas de forma longitudinal ($<600\text{mm}$ de ancho). Los productos amparados por esta norma son principalmente utilizados en aquellas aplicaciones en que los principales factores precisados sean la conformación en frío y la resistencia a la corrosión para unos valores mínimos establecidos del límite elástico.

- Recubrimiento de cinc por inmersión en caliente (Z, ZF): 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).
- Recubrimiento de cinc-aluminio por inmersión en caliente (ZA): 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)
- Recubrimiento de aluminio-cinc por inmersión en caliente (AZ): 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.
- Recubrimiento de aluminio-silicio por inmersión en caliente (AS): 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.
- Masa de recubrimiento: Masa total depositada en ambas caras (expresada en gramos por metro cuadrado).
- Aceros endurecidos al horno (B): Aceros que muestran un incremento del límite elástico convencional por calentamiento a 170°C durante 20 minutos.
- Aceros refosforados (P): Aceros que contienen hasta un 0.12% P y alcanzan los niveles requeridos del límite elástico.
- Aceros de baja aleación / aceros microaleados (LA): Aceros aleados con Nb, Ti o V (uno o varios) para alcanzar los niveles requeridos del límite elástico.
- Aceros libres de intersticios (Y): Aceros cuya composición está controlada para alcanzar valores mejorados de los coeficientes r y n .

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 9-16 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío- Composición química (análisis de colada)

Designación			% en masa							
Tipo de acero		Símbolos para el tipo de recubrimiento por inmersión en caliente disponible	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti ²⁾	Nb ²⁾
Simbólica ¹⁾	Númerica		máx.	máx.	máx.	máx.	máx.	min.	máx.	máx.
H180YD	1.0921	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.01	0.10	0.70	0.06	0.025	0.02	0.12	----
H180BD	1.0354	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.04	0.50	0.70	0.06	0.025	0.02	----	----
H220YD	1.0923	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.01	0.10	0.90	0.08	0.025	0.02	0.12	----
H220PD	1.0358	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.06	0.50	0.70	0.08	0.025	0.02	----	----
H220BD	1.0353	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS								
H260YD	1.0926	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.01	0.10	1.60	0.10	0.025	0.02	0.12	----
H260PD	1.0431	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.08	0.50	0.70	0.10	0.025	0.02	----	----
H260BD	1.0433	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS								
H260LAD	1.0929	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.10	0.50	0.60	0.025	0.025	0.015	0.15	0.09
H300PD	1.0443	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.10	0.50	0.70	0.12	0.025	0.02	----	----
H300BD	1.0445	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS								
H300LAD	1.0932	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.10	0.50	1.00	0.025	0.025	0.015	0.15	0.09
H340LAD	1.0933	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.10	0.50	1.00	0.025	0.025	0.015	0.15	0.09
H380LAD	1.0934	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.10	0.50	1.40	0.025	0.025	0.015	0.15	0.09
H420LAD	1.0935	+Z, +ZF, +ZA, +AZ, +AS	0.10	0.50	1.40	0.025	0.025	0.015	0.15	0.09

1) H productos planos laminados en frío de alto límite elástico para conformado en frío; nnn límite elástico mínimo, $R_{p0.2}$ N/mm²; 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) Estos elementos adicionales pueden ser usados de forma individual o de forma combinada, siempre que figuren entre los límites de la composición indicada para el tipo de acero. También pueden añadirse vanadio y boro. No obstante, la suma de los contenidos en estos cuatro elementos no debe superar el 0.22%. Los aceros endurecidos al horno y los aceros refosforados, pueden contener también estos cuatro elementos hasta un máximo de 0.22%.

Tabla 9-17 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío - Desviaciones admisibles en el análisis sobre producto respecto de los valores indicados en la tabla de composición química para el análisis de colada

Elemento	Contenido máximo admisible según el análisis de colada % en masa	Desviaciones admisibles % en masa
C	≤ 0.10	+ 0.02
Si	≤ 0.50	+ 0.03
Mn	≤ 1.00	+ 0.05
	> 1.00 ≤ 1.60	+ 0.10
P	≤ 0.12	+ 0.01
S	≤ 0.025	+ 0.005
Al _{tot}	≤ 0.02	+ 0.005
Ti	≤ 0.15	+ 0.02
Nb	≤ 0.09	+ 0.02

PROPIEDADES MECÁNICAS

Tabla 9-18 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío - Propiedades mecánicas de los aceros de alto límite elástico, recubiertos en continuo por inmersión en caliente para conformación en frío

Designación			Límite elástico al 0.2% R _{p0.2} N/mm ² (trans.)	Incremento del límite elástico después del calentamiento	Resistencia a la tracción	Alargamiento	Coeficiente de anisotropía plástica	Coeficiente de acritud	Límite elástico al 0.2%	Resistencia a la tracción								
											Tipos de acero		Símbolos para el tipo de recubrimiento por inmersión en caliente disponible					
Númerica	Simbólica										BH ₂ N/mm ² mín. (trans)	R _m N/mm ² mín. (trans)	A ₈₀ ²⁾ % mín. (trans)	r ₉₀ ³⁾ mín. (trans)	η ₉₀ mín. (trans)	R _{p0.2} N/mm ² (long)	R _m N/mm ² (long)	
H180YD	1.0921	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									180a240	----	340a400	34	1.7	0.18	----	----
H180BD	1.0354	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									180a240	35	300a360	34	1.5	0.16	----	----
H220YD	1.0923	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									220a280	----	340a410	32	1.5	0.17	----	----
H220PD	1.0358	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									220a280	----	340a400	32	1.3	0.15	----	----
H220BD	1.0353	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									220a280	35	340a400	32	1.2	0.15	----	----
H260YD	1.0926	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									260a330	----	380a440	30	1.4	0.16	----	----
H260PD	1.0431	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									260a330	----	380a440	28	----	----	----	----
H260BD	1.0433	+Z +ZF +ZA +AZ +AS									260a330	35	360a440	28	----	----	----	----
H260LAD	1.0929	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	260a330	----	350a430	26	----	----	240a310	340a400								
H300PD	1.0443	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	300a360	----	400a480	26	----	----	----	----								
H300BD	1.0445	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	300a360	35	400a480	26	----	----	----	----								
H300LAD	1.0932	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	300a360	----	380a480	23	----	----	280a360	370a440								
H340LAD	1.0933	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	340a420	----	410a510	21	----	----	320a400	400a480								
H380LAD	1.0934	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	380a480	----	440a560	19	----	----	360a460	430a510								
H420LAD	1.0935	+Z +ZF +ZA +AZ +AS	420a520	----	470a590	17	----	----	400a500	460a550								

1)

Si el límite elástico es pronunciado, los valores se referirán al límite elástico inferior (R_{el}).

2)

Menos 2 unidades para los recubrimientos AS-, AZ- y ZF-.

3)

Para los recubrimientos AS-, AZ- y ZF-, los valores de r₉₀ se disminuyen en 0.2.

- 1) Si el límite elástico es pronunciado, los valores se referirán al límite elástico inferior (R_{eL}).
 2) Menos 2 unidades para los recubrimientos AS-, AZ- y ZF-.
 3) Para los recubrimientos AS-, AZ- y ZF-, los valores de r_{90} se disminuyen en 0.2.

Por acuerdo al hacer el pedido, se pueden suministrar productos aptos para la fabricación de piezas específicas. En este caso no son de aplicación los valores de la tabla anterior. Las tolerancias no aceptables que surjan cuando se procese el material no deben exceder de una proporción específica, que debe ser acordada al hacer el pedido. Si el pedido se hizo de acuerdo a las propiedades de la tabla anterior, serán de aplicación estas propiedades por un período de tres meses para los aceros endurecidos al horno, y de seis meses para todos los otros tipos, y comenzando a contar desde la fecha en que los productos estén disponibles en la fábrica. Los valores de los ensayos de tracción aplican a las secciones transversales de las probetas sin recubrimiento.

□ RECUBRIMIENTOS

Tabla 9-19 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío - Masas de recubrimiento

Designación del recubrimiento	Masa de recubrimiento mínima, en g/m ² , sobre la totalidad de las dos caras	
	Ensayo de triple muestra	Ensayo de muestra simple
Masas de recubrimiento de cinc (Z) ¹⁾		
100	100	85
140	140	120
200	200	170
225	225	195
275	275	235
Masas de recubrimiento de aleación de cinc-hierro (ZF) ¹⁾		
100	100	85
120	120	100
Masas de recubrimiento de aleación de cinc-aluminio (ZA) ²⁾		
095	095	80
130	130	110
185	185	155
200	200	170
255	255	215
Masa de recubrimiento de aleación de aluminio-cinc (AZ) ³⁾		
100	100	85
150	150	130
185	185	160
Masas de recubrimiento de aleación de aluminio-silicio (AS) ⁴⁾		
060	060	45
080	080	60

1) La masa de recubrimiento de 100g/m² (incluyendo ambas caras) corresponde a un espesor de recubrimiento de 7.1µm por cara.
2) Una masa de recubrimiento de 95g/m² corresponde a un espesor de recubrimiento de aproximadamente 7.2µm en cada cara.
3) Una masa de recubrimiento de 100g/m² corresponde a un espesor de recubrimiento de aproximadamente 13.3µm en cada cara.
4) Una masa de recubrimiento de 100g/m² en ambas caras corresponde a un espesor de recubrimiento de aproximadamente 17µm en cada cara.

Por acuerdo entre el fabricante y el usuario en el momento de hacer el pedido, se pueden suministrar masas de recubrimiento distintas a las de la tabla anterior para aplicaciones especiales. Recubrimientos altos limitan la conformalidad y soldabilidad de los productos. Por tanto, se deben tener en cuenta los requisitos de conformado y soldadura al pedir la masa del recubrimiento. Por acuerdo al hacer el pedido, los productos planos galvanizados en caliente se pueden suministrar con una masa de recubrimiento diferente en cada una de las caras. Como consecuencia del proceso de fabricación, ambas caras pueden tener un aspecto diferente.

□ ACABADO DEL RECUBRIMIENTO

Productos recubiertos de cinc

Tabla 9-20 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío - Recubrimientos, calidades de acabado y aspectos de recubrimiento habituales para recubrimientos de cinc (Z)

Tipo de acero	Designación del recubrimiento ¹⁾	Acabado del recubrimiento			
		N	M		
		Calidad del acabado superficial ²⁾			
		A	A	B	C
Todos	100	X	X	X	X
	140	X	X	X	X
	200	X	X	X	X
	(225)	X	X	X	(X)
	(275)	X	X	X	(X)

1) Los recubrimientos que figuran entre paréntesis sólo se suministran por acuerdo.

Floreado normal (N): Este acabado resulta de la solidificación natural del cinc. Según las condiciones de galvanización, se puede o obtener floreado u obtener cristales de cinc de tamaño y brillo heterogéneos. Estos factores no afectan a la calidad del recubrimiento. Si se desea un floreado más acusado, se deberá especificar en el pedido.

Floreado mínimo (M): Este acabado se obtiene cuando se controla adecuadamente el proceso de solidificación del cinc. La superficie presentará un floreado reducido que en algunos casos puede no ser visible a simple vista. Este acabado se solicita cuando el floreado normal no satisface los requisitos de aspecto superficial.

Productos recubiertos de aleación cinc-hierro: El recubrimiento regular de cinc-hierro (R) resulta de un tratamiento térmico de difusión del hierro en el cinc. La superficie tiene un aspecto gris mate uniforme.

Tabla 9-21 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío - Recubrimientos, calidades de acabado y aspecto del recubrimiento habituales para recubrimientos de aleación cinc-hierro (ZF).

Tipo de acero	Designación del recubrimiento	Acabado del recubrimiento		
		R		
		Calidad del acabado superficial		
		A	B	C
Todos	100	X	X	X
	120	X	X	---

Productos recubiertos de aleación cinc-aluminio: El acabado normal del recubrimiento tiene un lustre metálico, resultado de un crecimiento no restringido de los cristales de cinc-aluminio durante la solidificación normal. Dependiendo de las condiciones de fabricación, pueden aparecer cristales de tamaño y brillo heterogéneos. Esto no afecta a la calidad del recubrimiento.

Productos recubiertos de aleación aluminio-cinc: Estos productos se suministran con floreado normal. El floreado normal tiene un aspecto metálico lustroso, resultado de un crecimiento no restringido de los cristales de aluminio-cinc durante la solidificación normal.

Productos recubiertos de aleación de aluminio-silicio: Durante la inmersión en caliente en una aleación de aluminio-silicio (AS), se forma una capa de Fe-Al-Si sobre el material de base y su espesor depende de la composición química y las propiedades metalúrgicas de ese material de base. Si se requiere un mínimo para la masa de esa capa, se debe especificar en el momento de hacer el pedido.

Tabla 9-22 Chapas y Bobinas de acero de alto límite elástico galvanizadas en caliente para conformación en frío - Recubrimientos, calidades de acabado y aspectos del recubrimiento habituales para recubrimientos de aleaciones de aluminio-cinc (AZ), cinc-aluminio (ZA) y aluminio-silicio (AS)

Tipo de acero	Designación del recubrimiento	Calidad del acabado superficial								
		ZA			AZ			AS		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Todos	60	---	---	---	---	---	---	X	X	X
	80	---	---	---	---	---	---	X	X	X
	95	X	X	X	---	---	---	---	---	---
	100	---	---	---	X	X	X	---	---	---
	130	X	X	X	---	---	---	---	---	---
	150	---	---	---	X	X	---	---	---	---
	185	X	X	X	X	---	---	---	---	---
	200	X	X	X	---	---	---	---	---	---
	255	X	X	X	---	---	---	---	---	---

□ CALIDAD SUPERFICIAL

Acabado superficial ordinario (A): Se permiten imperfecciones tales como pequeñas picaduras, puntos negros, ligeras marcas de laminación y ligeras manchas de pasivado. Se puede observar un ligero acostillado y sobre-espesores locales en el recubrimiento.

Acabado superficial mejorado (B): El acabado se obtiene generalmente aplicando un temper (skin-pass). En este acabado se permiten pequeñas marcas, aspecto heterogéneo de la superficie, puntos negros, manchas de pasivado ligeras, marcas de aplanado y de parada.

Acabado superficial de calidad superior (C): El acabado C se obtiene mediante un temper (skin-pass). La cara de mejor acabado debe estar prácticamente libre de defectos y en ningún caso debe afectar a la uniformidad de una pintura de calidad. La otra cara debe presentar, al menos, un acabado B.

❑ TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL):

Los productos planos galvanizados en caliente generalmente se recubren en fábrica con una de las protecciones superficiales que describen a continuación. La duración de la protección varía según las distintas atmósferas.

Pasivación química (C): La pasivación química protege la superficie de la humedad y atenúa el riesgo de aparición de oxidación blanca o “moho blanco” durante el transporte y almacenado. Este tratamiento puede provocar decoloraciones locales que no afectan en nada a la calidad.

Aceitado (O): Este tratamiento disminuye el riesgo de corrosión de la superficie. Por acuerdo particular, se pueden utilizar prelubricantes que mejoren la conformabilidad. La capa de aceite se debe poder eliminar mediante un desengrasante adecuado que no afecte negativamente el cinc. El aceite de protección contra la corrosión no será un aceite de estiramiento.

Pasivación química y aceitado (CO): Previo acuerdo, si se requiere una mayor protección contra la oxidación blanca o “moho blanco” puede solicitarse la pasivación química y el aceitado posterior.

Sellado (S): Aplicación de una capa orgánica transparente de aproximadamente 1g/m² de masa de recubrimiento. Este tratamiento ofrece una protección adicional contra la corrosión, especialmente protege contra las huellas dactilares. Puede mejorar las características deslizantes durante las operaciones de formado y se puede usar como un primer recubrimiento para un barnizado posterior.

Fosfatado (P): Este tratamiento mejora la adherencia y el efecto protector del recubrimiento aplicado. También reduce el riesgo de corrosión durante el transporte y almacenamiento. El fosfatado en conjunción con una lubricación adecuada puede mejorar la conformabilidad.

Productos sin tratamiento (U): A petición expresa del cliente y bajo su responsabilidad, los productos planos galvanizados en caliente, se puede suministrar sin tratamiento de protección superficial. En este caso, aumenta notablemente el riesgo de corrosión.

❑ AUSENCIA DE ACOSTILLADO O DE FACETAS

Si los productos deben suministrarse sin facetas o costillas, deberá indicarse separadamente a la hora de hacer el pedido.

❑ LÍNEAS DE CEDENCIA

Los productos con acabado superficial B y C están libres de la aparición de líneas de cedencia durante un período de 3 meses para los aceros endurecidos al horno, y de 6 meses para el resto de los tipos de acero, comenzando a partir de la fecha en que los productos están disponibles en la fábrica.

❑ MASA DE RECUBRIMIENTO

Las masas de recubrimiento deben ser las indicadas en la siguiente tabla. Estos valores corresponden a la masa total del recubrimiento sobre las dos caras, para el ensayo de triple muestra (triple punto) y los del ensayo de muestra simple o punto simple. La masa de recubrimiento no siempre se reparte uniformemente por las dos caras del producto. Sin embargo, se puede asumir que los valores de la masa de recubrimiento sean para el ensayo de simple muestra (punto simple), al menos, el 40% del valor indicado en la tabla de masas de recubrimiento, en cada cara del producto. Para cada uno de los tipos de recubrimiento recogidos en la tabla de masas de recubrimiento, se pueden convenir valores máximos y mínimo en cada cara del producto en el ensayo de muestra simple.

❑ ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO

Después del doblado, el recubrimiento no debe presentar ningún tipo de desprendimiento. Para eliminar la influencia del corte, no deberá tenerse en cuenta una zona de 6mm de anchura en los bordes de la probeta. Se admite que el recubrimiento presente fisuraciones, rugosidades o zonas pulvulentas en el recubrimiento del tipo hierro-cinc (ZF).

□ CONDICIÓN SUPERFICIAL

Salvo acuerdo en contrario al hacer el pedido, el fabricante sólo inspeccionará una cara. A petición del cliente, el suministrador le indicará la cara, la de arriba o la de abajo, que ha sido inspeccionada. No será motivo de rechazo ligeros “dientes de sierra” en los bordes de los productos no cizallados. El suministro de bobinas presenta un mayor riesgo de defectos superficiales que el suministro de chapas o longitudes cortadas, ya que no es posible que el fabricante elimine todos los defectos interiores. El cliente debe tener en cuenta este hecho en su apreciación de los productos.

□ APTITUD PARA UNA TRANSFORMACIÓN POSTERIOR

Los productos conformes a esta norma son aptos para la soldadura por los procedimientos habituales. Con mayores masas de recubrimiento, deberán tomarse medidas especiales apropiadas para soldadura. Los productos conformes a esta norma son aptos para su unión mediante adhesivos. A todos los tipos y a todos los acabados superficiales se les puede aplicar un recubrimiento orgánico. Después de estos tratamientos, la apariencia del producto depende del grado de acabado solicitado. El transformador debe hacer un tratamiento superficial previo, antes de aplicar el recubrimiento.

9.3. PRODUCTOS PLANOS ELECTROCINCADOS

9.3.1. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO LAMINADOS EN FRÍO, RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINCO. UNE-EN 10152; 2005.

Se especifican las características de las bandas laminadas en frío con recubrimiento en continuo de cinc, por vía electrolítica, de aceros de bajo contenido en carbono, aptos para la conformación en frío, según las indicaciones de la siguiente tabla, de anchura $\geq 600\text{mm}$ y espesores comprendidos entre 0.35mm y 3mm, ambos incluidos, suministradas en forma de bobinas, chapas, flejes o chapas cortadas de las bobinas de fleje o de las chapas. Mediante un acuerdo particular en el momento de formalizar el pedido, esta norma se puede aplicar a los productos planos de acero laminados en caliente recubiertos electrolíticamente de cinc. Como la masa de recubrimiento es relativamente pequeña, el material no está preparado para soportar una exposición exterior sin un tratamiento químico y pintado posterior.

Tabla 9-23 Productos planos electrocincados - Composición química de los productos planos de acero recubiertos de cinc de forma electrolítica¹⁾.

Designación		Clasificación según EN 10020	Desoxidación	Validez de las propiedades mecánicas	Aspecto superficial	Ausencia de líneas de cedencia	R_{e} N/mm ² (2)	R_{m} N/mm ² (2)	A_{80} % mín. (3)	r_{90} mín. (4) y (5)	n_{90} mín. (4)	Composición química % máx. en colada				
Simbólica	Númerica											C	P	S	Mn	Ti
DC01+ZE (6)	1.0330	Acero sin aleación ⁷⁾	Según el fabricante	----	A	----	⁸⁾ -280 (10)	270/410	28	----	----	0.12	0.045	0.045	0.60	----
				----	B	3 meses										
DC03+ZE	1.0347	Acero sin aleación ⁷⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	⁸⁾ -240 (8)	270/370	34	1.3	----	0.10	0.035	0.035	0.45	----
				6 meses	B	6 meses										
DC04+ZE	1.0338	Acero sin aleación ⁷⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	⁸⁾ -220 (8)	270/350	37	1.6	0.160	0.08	0.030	0.030	0.40	----
				6 meses	B	6 meses										
DC05+ZE	1.0312	Acero sin aleación ⁷⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	⁸⁾ -190 (8)	270/330	39	1.9	0.190	0.06	0.025	0.025	0.35	----
				6 meses	B	6 meses										
										r mín. (4) y (5)	n mín. (4)					
DC06+ZE	1.0873	Acero aleado	Totalmente calmado	6 meses	A	Sin límite	⁸⁾ -190 (9)	270/350	37	1.8	0.200	0.02	0.020	0.020	0.25	0.3 ¹¹⁾
				6 meses	B	Sin límite										

1) Las características mecánicas sólo son aplicables a los productos templados. 2) Los valores del límite elástico se refieren al límite de elasticidad convencional al 0.2% $R_{\text{e}0.2}$ para los productos que no presentan un punto de deformación bien definido y al límite inferior de resistencia al punto cedente (R_{eL}) para los demás. Si el espesor nominal e es $0.5\text{mm} < e \leq 0.7\text{mm}$, se debe aumentar en 20N/mm^2 el límite elástico máximo especificado y en 40N/mm^2 para valores de $e \leq 0.5\text{mm}$. 3) Si el espesor nominal e es $0.5\text{mm} < e \leq 0.7\text{mm}$, el valor mínimo del alargamiento de rotura se debe disminuir en 2 unidades y en 4 unidades para valores de $e \leq 0.5\text{mm}$. 4) Los valores de r_{90} y n_{90} o de r y n sólo son aplicables a espesores $e \geq 0.5\text{mm}$. 5) Si el espesor nominal $e > 2\text{mm}$, el valor de r_{90} o de r debe disminuirse en 0.2. 6) Se aconseja utilizar los productos de grado DC01+ZE en un plazo no superior a 6 semanas a partir de su puesta a disposición. 7) Salvo que se acuerde lo contrario al hacer el pedido, los grados DC01+ZE, DC03+ZE, DC04+ZE y DC05+ZE pueden suministrarse como aceros aleados (por ejemplo boro o titanio). 8) A efectos del cálculo, el límite elástico inferior, R_{e} , para los grados DC01+ZE, DC03+ZE, DC04+ZE y DC05+ZE, se puede considerar igual a 140N/mm^2 . 9) A efectos de cálculo, el límite elástico inferior, R_{e} , para el grado DC06+ZE, se puede considerar igual a 120N/mm^2 . 10) El límite superior R_{e} de 280N/mm^2 , para el grado DC01+ZE, sólo es aplicable durante los 8 días siguientes a la

puesta a disposición del producto.11)El titanio puede reemplazarse por niobio. El carbono y el nitrógeno deben estar combinados en su totalidad.

Para otros aceros utilizados como base para los recubrimientos por vía electrolítica, los requisitos se basarán en la norma de calidad correspondiente para los productos de acero no recubiertos.

❑ LÍNEAS DE CEDENCIA

En general, el fabricante somete a todos los productos a una ligera pasada de temperado ("skin-pass"), después del recocido, para evitar la formación de líneas de cedencia durante la conformación ulterior. La tendencia a la deformación de estas líneas de cedencia, puede reaparecer después de haber transcurrido un cierto tiempo desde la aplicación del temperado; en consecuencia, el utilizador debe transformar los productos dentro de un plazo lo más corto posible. Los productos de grado DC06+ZE no presentan riesgos de formación de líneas de cedencia aún cuando hayan sido suministrados sin temperado. En los productos temperados el fabricante debe asegurar la ausencia de líneas de cedencia:

- durante 6 meses a partir de la puesta a disposición de los productos para los grados DC03+ZE, DC04+ZE y DC05+ZE, aspectos superficiales A y B;
- durante 3 meses a partir de la puesta a disposición de los productos para el grado DC01+ZE y aspecto superficial B.

❑ RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos de cinc reflejados en la tabla siguiente son aplicables cuando las dos caras tienen el mismo espesor de recubrimiento.

Tabla 9-24 Productos planos electrocincados - Recubrimientos de cinc electrolítico

Designación del recubrimiento	Valores nominales de la masa de recubrimiento de cinc por cada cara ¹⁾		Valores mínimos de la masa de recubrimiento de cinc por cada cara	
	Espesor μm	Masa g/m^2	Espesor μm	Masa g/m^2
ZE25/25	2.5	18	1.7	12
ZE50/50	5.0	36	4.1	29
ZE75/75	7.5	54	6.6	47
ZE100/100	100	72	9.1	65

1) Una masa de recubrimiento de 50g/m^2 corresponde a un espesor de recubrimiento de aproximadamente $7.1\mu\text{m}$.

En la designación, recubrimiento se expresa como diez veces el espesor nominal de recubrimiento en micrómetros (μm), indicando por separado el correspondiente a cada cara. Los recubrimientos serán controlados mediante la determinación de la masa de cinc por metro cuadrado en cada cara; cada resultado deberá cumplir con los requisitos de la masa de recubrimiento mínima según la tabla anterior. Los recubrimientos diferenciales basados en una combinación de los recubrimientos mencionados en la tabla anterior pueden ser suministrados por acuerdo entre el fabricante y el comprador. Serán designados de la siguiente manera: ZE75/25, etc. Cuando se suministran recubrimientos diferenciales, el fabricante deberá indicar que cara tiene el mayor espesor, es decir la cara superior o la inferior en el caso de las chapas, y la interior o la exterior en el caso de las bobinas. Por acuerdo entre el fabricante y el comprador, el producto se puede suministrar con recubrimiento por una sola cara. Estos recubrimientos serán designados de la forma: ZE25/00 etc. Solo se puede convenir un límite máximo para la masa de recubrimiento por cara del producto (ensayo en un solo punto)

❑ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Las características superficiales son el aspecto y el acabado. El comprador debe indicarlo al hacer el pedido.

Aspecto superficial: Los productos serán entregados con una superficie que tenga el aspecto A o B.

- Aspecto superficial A: Están permitidos los defectos tales como poros, ligeras indentaciones, pequeñas marcas, rayas insignificantes y ligeros cambios de coloración que no afecten a la aptitud al conformado o a la adherencia de ulteriores recubrimientos superficiales.
- Aspecto superficial B: La mejor de las caras no deberá tener ninguna imperfección capaz de perjudicar al aspecto uniforme de un acabado de pintura de alta calidad. En el caso de

un recubrimiento de una sola cara, este requisito se aplicará a la cara sin recubrir, a menos que se acuerde lo contrario. La otra cara deberá al menos cumplir con las exigencias de la cara de aspecto A.

Salvo acuerdo en el momento del pedido, deberá controlarse una sola cara de la chapa y dicha cara deberá cumplir con los requisitos. La otra cara deberá tener las características tales que durante el tratamiento ulterior no se produzca un efecto negativo en la cara controlada. En los suministros en forma de bobina existe mayor riesgo de defectos de superficie que cuando se entrega en chapas o chapas cortadas ya que no es posible que el fabricante pueda eliminar las zonas defectuosas de la bobina. El comprador deberá tener esto en cuenta al evaluar los productos.

Acabado superficial: Mediante acuerdo en el momento de formalizar el pedido, se pueden especificar los límites para los márgenes de la rugosidad superficial, para utilizaciones finales específicas.

□ **TRATAMIENTO SUPERFICIAL:**

Las bandas y las chapas recubiertas de cinc por vía electrolítica se pueden entregar en uno de los estados de tratamiento superficial enumerados en la siguiente tabla. El tratamiento superficial reduce el riesgo de corrosión durante el transporte y el almacenamiento, que se debe principalmente a la humedad y da origen a manchas (moho blanco). El tratamiento de fosfatado con sellado químico y aceitado ofrece normalmente la mejor protección frente a la corrosión. Debido a que este tipo de protección, sin embargo, no es permanente, las condiciones de transporte y de almacenamiento serán adaptadas en función del tipo de material. El tratamiento superficial también mejora la adherencia y el efecto de protección de un recubrimiento aplicado por el fabricante que, no obstante, debe garantizar que los sistemas de pretratamiento y de recubrimiento sean compatibles con el proceso ulterior. El material pasivado y sellado químicamente no se recomienda para los productos que ulteriormente vayan a ser fosfatados. La variación de coloración como resultado del tratamiento químico no perjudica el proceso ulterior. La fosfatación, seguida de una lubricación adecuada puede mejorar la aptitud a procesos ulteriores. Los productos se entregan sin tratamiento en la superficie únicamente si lo desea el comprador. En estos casos, puede producirse la corrosión del producto, incluso cuando se almacena por periodos cortos o durante el transporte. Los productos no tratados también son sensibles a la corrosión por contacto (corrosión galvánica) y se rayan con facilidad. En el caso de las superficies aceitadas, será posible eliminar la capa de aceites con detergentes adecuados que no ataquen el recubrimiento de cinc. Se supone que el usuario tiene todo el equipo necesario para desengrasar los productos.

Tabla 9-25 Productos planos recubiertos electrolíticamente de cinc - Tratamientos superficiales

Símbolo	Tipo de tratamiento
P	Fosfatado
PC	Fosfatado y sellado químicamente
C	Pasivado químicamente
PCO	Fosfatado, sellado químicamente y aceitado
CO	Pasivado químicamente y aceitado
PO	Fosfatado y aceitado
O	Aceitado
U	Según recubrimiento, es decir sin tratar

□ **UTILIZACIÓN**

Aptitud al soldeo: El producto es apto para la soldadura en las condiciones establecidas para el metal base. Sin embargo, deben tomarse precauciones debido a la presencia de cinc y, a veces, de fosfato en la superficie del producto.

Aptitud a la pintura: El acero electrocincado es una base adecuada para la pintura, pero el tratamiento previo puede ser diferente del que se utiliza para el acero sin recubrir. Las pinturas de imprimación previas al tratamiento, los recubrimientos de conversión química y ciertas pinturas preparadas especialmente para la aplicación directa en las superficies de cinc son procesos adecuados como primeros tratamientos para el acero recubierto electrolíticamente de cinc. Para la preparación de la superficie y la aplicación de la pintura, el comprador deberá

tener en cuenta si el material deberá ser entregado químicamente pasivado o fosfatado y/o aceitado.

Aptitud al conformado: Los recubrimientos de cinc electrolítico, por lo general, presentan buena adherencia incluso para conformados de gran deformación. Sin embargo, se puede observar la presencia de polvo si el producto fuertemente solicitado o la deformación es demasiado rápida. Debe prestarse especial cuidado para garantizar que la velocidad de conformación y el juego de las matrices son las adecuadas.

Tolerancias dimensionales y de forma. UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).

9.3.2. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINCO-NIQUEL (ZN). UNE-EN 10271: 1999.

Se especifican los requisitos relativos a los productos planos, laminados en frío, recubiertos de cinc-níquel en continuo por vía electrolítica de aceros bajos en carbono para el conformado en frío, con anchos de laminación $\geq 600\text{mm}$ y con espesores comprendidos entre 0.35mm y 3mm inclusive, suministrados en forma de bandas (bobinas), chapas, de bandas cortadas longitudinalmente o longitudes cortada de bandas o chapas. El recubrimiento se compone de Zn con un contenido de Ni entre el 10.5% y el 13%. También puede aplicarse a los requisitos del recubrimiento de los productos planos, laminados en frío, recubiertos de cinc-níquel en continuo por vía electrolítica de: aceros conforme a la Norma Europea EN 10139 (flejes laminados en frío con ancho de laminación $< 600\text{mm}$); otros tipos de acero bajo en carbono para conformado en frío; aceros normalmente caracterizados por un valor mínimo del límite elástico además de su aptitud al conformado.

Por acuerdo particular al hacer el pedido, esta norma europea puede ser aplicada a los requisitos relativos a los recubrimientos de los productos planos, laminados en caliente, recubiertos de cinc-níquel en continuo por vía electrolítica. Como las masas de recubrimiento de cinc-níquel aplicada es relativamente pequeña, el material no está preparado para resistir una exposición exterior sin un posterior tratamiento químico y pintado.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 9-26 Productos planos de acero recubiertos electrolíticamente de cinc-níquel - Composición química y características mecánicas de los productos planos de acero bajo en carbono, con las dos caras recubiertas¹⁾.

Designación del tipo de acero			Clasificación según EN 10020	Desoxidación	Validez de las propiedades mecánicas	Aspecto superficial	Ausencia de líneas de cedencia	R_e N/mm ² (2)	R_m N/mm ² (2)	A_{80} % min. (3)	f_{80} min. (4) y (5)	n_{80} min. (4)	Composición química % máx. en colada				
Simbólica	Númerica	Símbolo para el tipo de recubrimiento electrolítico											C	P	S	Mn	Ti
DC01 ⁶⁾	1.033	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁹⁾	Según el fabricante	---	A	---	⁸⁾ -280 (10)	270/410	28	---	---	0.12	0.045	0.045	0.60	---
DC03	1.034	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁹⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	-240 (9)	270/370	34	1.2	---	0.10	0.035	0.035	0.45	---
					6 meses	B	6 meses										
DC04	1.033	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁹⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	-220 (9)	270/350	36	1.4	0.160	0.08	0.030	0.030	0.40	---
					6 meses	B	6 meses										
DC05	1.031	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁹⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	-190 (9)	270/330	38	1.6	0.180	0.06	0.025	0.025	0.35	---
					6 meses	B	6 meses										
DC06	1.087	+ ZN	Acero de calidad aleado	Totalmente calmado	6 meses	A	Sin límite	-190 (9)	270/350	37	1.6	0.190	0.02	0.020	0.020	0.25	0.3 ¹¹⁾
					6 meses	B	Sin límite										

1) Las características mecánicas sólo son aplicables a los productos templados.
2) Los valores del límite elástico se refieren al límite de elasticidad convencional al 0.2% $R_{e0.2}$ para los productos que no presentan un punto de deformación bien definido y al límite inferior de resistencia al punto cedente (R_{eL}) para los demás. Si el espesor nominal e es $0.5\text{mm} < e \leq 0.7\text{mm}$, se debe aumentar en 20N/mm^2 el límite elástico máximo especificado y en 40N/mm^2 para valores de $e \leq 0.5\text{mm}$.
3) Si el espesor nominal e es $0.5\text{mm} < e \leq 0.7\text{mm}$, el valor mínimo del alargamiento de rotura se debe disminuir en 2 unidades y en 4 unidades para valores de $e \leq 0.5\text{mm}$.
4) Los valores de f_{80} y n_{80} de r y n sólo son aplicables a espesores $e \geq 0.5\text{mm}$.
5) Si el espesor nominal $e > 2\text{mm}$, el valor de f_{80} o de r debe disminuirse en 0.2.
6) Se aconseja utilizar los productos de grado DC01+ZN en un plazo no superior a 6 semanas a partir de su puesta a disposición.
7) Salvo que se acuerde lo contrario al hacer el pedido, los grados DC01+ZN, DC03+ZN, DC04+ZN y DC05+ZN pueden suministrarse como aceros aleados (por ejemplo boro o titanio).
8) A efectos del cálculo, el límite elástico inferior, R_{eL} , para los grados DC01+ZN, DC03+ZN, DC04+ZN y DC05+ZN, se puede considerar igual a 140N/mm^2 .
9) A efectos de cálculo, el límite elástico inferior, R_{eL} , para el grado DC06+ZN, se puede considerar igual a 120N/mm^2 .
10) El límite superior R_m de 280N/mm^2 , para el grado DC01+ZN, sólo es aplicable durante los 8 días siguientes a la puesta a disposición del producto.
11) El titanio puede reemplazarse por niobio. El carbono y el nitrógeno deben estar combinados en su totalidad.

12) Los recubrimientos sobre las dos caras de un espesor de 5,0µm y por encima de los valores de r, n y A deben ser aceptados en el momento de hacer el pedido.

Las características de la siguiente tabla son las de los productos planos, de acero bajo en carbono, laminados en frío, no recubiertos, conformes a la Norma Europea EN 10131 con la excepción de los valores de R_e , A_{80} y n_{90} para los tipos DC04+ZN, DC05+ZN y DC06+ZN que han sido modificados debido a la influencia del tratamiento electrolítico en esas características.

Tabla 9-27 Productos planos de acero recubiertos electrolíticamente de cinc-níquel - Composición química y características mecánicas de los productos planos de acero bajo en carbono, recubiertas sobre una cara y con recubrimiento diferencial ^{1) 2)}.

Designación del tipo de acero			Clasificación según EN 10020	Desoxidación	Validez de las propiedades mecánicas	Aspecto superficial	Ausencia de líneas de cedencia	R_n N/mm ² ²⁾	R_m N/mm ² ²⁾	A_{80} % mín. ³⁾	r_{90} mín. ^{4) y 5)}	n_{90} mín. ⁴⁾	C	C ₀
Simbólica	Númerica	Símbolo para el tipo de recubrimiento electrolítico												
DC01 ⁶⁾	1.033	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Según el fabricante	----	A	----	⁹⁾	270/410	28	----	----	0.12	0.0
					----	B	3 meses	-/280 ¹¹⁾						
DC03	1.034	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	-/240 ⁹⁾	270/370	34	1.3	----	0.10	0.0
					6 meses	B	6 meses							
DC04	1.033	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	-/220 ⁹⁾	270/350	37	1.6	0.160	0.08	0.0
					6 meses	B	6 meses							
DC05	1.031	+ ZN	Acero de calidad no aleado ⁷⁾	Totalmente calmado	6 meses	A	6 meses	-/190 ⁹⁾	270/330	39	1.9	0.190	0.06	0.0
					6 meses	B	6 meses							
											r mín. ^{5) 6)}	n mín. ⁵⁾		
DC06	1.087	+ ZN	Acero de calidad aleado	Totalmente calmado	6 meses	A	Sin límite	-/190 ¹⁰⁾	270/350	37	1.8	0.200	0.02	0.0
					6 meses	B	Sin límite							

1) Las características mecánicas sólo son aplicables a los productos templados.

2) Las características mecánicas se aplican sólo a productos en los que se han eliminado los recubrimientos antes del ensayo.

3) Los valores del límite elástico se refieren al límite de elasticidad convencional al 0.2% $R_{p0.2}$ para los productos que no presentan un punto de deformación bien definido. La resistencia al punto cedente (ReL) para los demás. Si el espesor nominal e es 0.5mm < e ≤ 0.7mm, se debe aumentar en 20 N/mm² el límite elástico máximo especificado y de e ≤ 0.5mm.

4) Si el espesor nominal e es 0.5mm < e ≤ 0.7mm, el valor mínimo del alargamiento de rotura se debe disminuir en 2 unidades y en 4 unidades para valores de e ≤ 0.5mm.

5) Los valores de r_{90} y n_{90} o de r y n sólo son aplicables a espesores e ≥ 0.5mm.

6) Si el espesor nominal e > 2mm, el valor de r_{90} o de r debe disminuirse en 0.2.

7) Se aconseja utilizar los productos de grado DC01+ZN en un plazo no superior a 6 semanas a partir de su puesta a disposición.

8) Salvo que se acuerde lo contrario al hacer el pedido, los grados DC01+ZN, DC03+ZN, DC04+ZN y DC05+ZN pueden suministrarse como aceros aleados (por ejemplo bor).

9) A efectos del cálculo, el límite elástico inferior, R_m , para los grados DC01+ZN, DC03+ZN, DC04+ZN y DC05+ZN, se puede considerar igual a 140N/mm².

10) A efectos de cálculo, el límite elástico inferior, R_m , para el grado DC06+ZN, se puede considerar igual a 120N/mm².

11) El límite superior R_m de 280 N/mm², para el grado DC01+ZN, sólo es aplicable durante los 8 días siguientes a la puesta a disposición del producto.

12) El titanio puede reemplazarse por niobio. El carbono y el nitrógeno deben estar combinados en su totalidad.

Las características mecánicas son válidas para el período especificado en las tablas anteriores a partir de la fecha de la puesta en disposición del producto debe ser comunicada al comprador con un preaviso compatible con la validez de las características mecánicas. Un almacenamiento prolongado de los productos del tipo DC01+ZN puede ocasionar una modificación de las características mecánicas provocando una disminución de la aptitud al conformado. Los valores de la resistencia a la tracción se aplican a probetas transversales, y se refieren a una sección de la probeta no recubierta de cinc-níquel. El ensayo debe ser efectuado después del recubrimiento. Los productos recubiertos sobre las dos caras deben ser ensayados con el recubrimiento, para los productos recubiertos sobre una sola cara, el recubrimiento debe ser eliminado antes del ensayo.

❑ LÍNEAS DE CEDENCIA

En general, el fabricante somete a todos los productos a una ligera pasada de temperado ("skin-pass"), después del recocido y antes del recubrimiento, para evitar la formación de líneas de cedencia durante la conformación posterior. La tendencia a la deformación de estas líneas de cedencia, puede reaparecer después de haber transcurrido un cierto tiempo desde la aplicación del temperado; en consecuencia, el utilizador debe transformar los productos dentro de un plazo lo más corto posible. Los productos de grado DC06+ZE no líneas de cedencia. El fabricante debe asegurar la ausencia de formación de líneas de cedencia:

- durante 6 meses a partir de la puesta a disposición de los productos para los grados DC03+ZN, DC04+ZN y DC05+ZN, aspectos superficiales A y B;
- durante 3 meses a partir de la puesta a disposición de los productos para el grado DC01+ZN y aspecto superficial B.

❑ RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos de cinc-níquel reflejados en la tabla siguiente son aplicables cuando las dos caras se recubren por igual.

Tabla 9-28 Productos planos de acero recubiertos electrolíticamente de cinc-níquel - Recubrimientos

Designación del recubrimiento	Valores nominales de la masa de recubrimiento de cinc-níquel por cada cara ^{1) 2) 3)}	
	Espesor μm	Masa g/m^2
ZN20/20	2.0	15
ZN30/30	3.0	22
ZN40/40	4.0	29
ZN50/50	5.0	37
ZN60/60	6.0	44
1) Un espesor de recubrimiento de $1\mu\text{m}$ corresponde a una masa de recubrimiento de aproximadamente 7.3g/m^2 .		
2) Por acuerdo, puede ser especificado un recubrimiento nominal. En este caso, el recubrimiento mínimo de cinc-níquel debe ser igualmente objeto de un acuerdo en el momento de hacer la consulta y el pedido.		

En la designación, recubrimiento se expresa como diez veces el espesor nominal de recubrimiento en micrómetros (μm), indicando por separado el correspondiente a cada cara. Los recubrimientos serán controlados mediante la determinación de la masa de cinc-níquel por metro cuadrado en cada cara; cada resultado deberá cumplir con los requisitos de la masa de recubrimiento mínima según la tabla anterior. Los recubrimientos diferenciales basados en una combinación de los recubrimientos mencionados en la tabla anterior pueden ser suministrados por acuerdo entre el fabricante y el comprador. Serán designados de la siguiente manera: ZN50/20, etc. Cuando se suministran recubrimientos diferenciales, el fabricante deberá indicar que cara tiene el mayor espesor, es decir la cara superior o la inferior en el caso de las chapas, y la interior o la exterior en el caso de las bobinas. Por acuerdo entre el fabricante y el comprador, el producto se puede suministrar con recubrimiento por una sola cara. Estos recubrimientos serán designados de la forma: ZN50/00 etc. En estos casos puede aparecer un depósito débil de cinc-níquel a una distancia de 10mm desde los bordes de la cara no recubierta. Debe ser objeto de acuerdo, en el momento de hacer la consulta y el pedido, un valor máximo de la masa de recubrimiento residual sobre la cara no recubierta. Solo se puede convenir un límite máximo para la masa de recubrimiento por cara del producto (ensayo en un solo punto)

Adherencia del recubrimiento: Después del doblado, el recubrimiento no deberá mostrar ninguna zona de desprendimiento de cinc-níquel. No se tendrá en cuenta las zonas situadas a menos de 6mm de cada borde de la muestra para eliminar la influencia del cizallado. Se permiten las grietas superficiales o asperezas del cinc-níquel.

❑ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Las características superficiales son el aspecto y el acabado. El comprador debe indicarlo al hacer el pedido.

Aspecto superficial: Los productos serán entregados con una superficie que tenga el aspecto A o B.

- **Aspecto superficial A:** Están permitidos los defectos tales como poros, ligeras indentaciones, pequeñas marcas, rayas insignificantes y ligeros cambios de coloración que no afecten a la aptitud al conformado o a la adherencia de ulteriores recubrimientos superficiales.
- **Aspecto superficial B:** La mejor de las caras no deberá tener ninguna imperfección capaz de perjudicar al aspecto uniforme de un acabado de pintura de alta calidad. En el caso de un recubrimiento de una sola cara, este requisito se aplicará a la cara sin recubrir, a menos que se acuerde lo contrario. La otra cara deberá al menos cumplir con las exigencias de la cara de aspecto A.

Salvo acuerdo en el momento del pedido, deberá controlarse una sola cara de la chapa y dicha cara deberá cumplir con los requisitos. La otra cara deberá tener las características tales que durante el tratamiento ulterior no se produzca un efecto negativo en la cara controlada. En los suministros en forma de bobina existe mayor riesgo de defectos de superficie que cuando se entrega en chapas o chapas cortadas ya que no es posible que el fabricante pueda eliminar la zonas defectuosas de la bobina. El comprador deberá tener esto en cuenta al evaluar los productos.

Acabado superficial: Mediante acuerdo en el momento de formalizar el pedido, se pueden especificar los límites para los márgenes de la rugosidad superficial (valore R_a), para utilizaciones finales específicas.

❑ **TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL):**

Se debe acordar al hacer la consulta y el pedido, uno de los tipos de tratamiento superficial indicados en la siguiente tabla:

Tabla 9-29 Productos planos de acero recubiertos electrolíticamente - Tipos de tratamientos superficiales ¹⁾

Símbolo	Tipo de tratamiento
O	Aceitado
P	Fosfatado
PC	Fosfatado y sellado químicamente
C	Pasivado químicamente
PCO	Fosfatado, sellado químicamente y aceitado
CO	Pasivado químicamente y aceitado
PO	Fosfatado y aceitado
1) El tipo de tratamiento superficial debe ser acordado en el momento de hacer la consulta y el pedido.	

Normalmente, las chapas y bandas recubiertas electrolíticamente de cinc-níquel se suministran aceitadas (O). El aceitado (O) reduce el riesgo de corrosión durante el transporte y el almacenamiento, que se debe principalmente a la humedad. En el caso de las superficies aceitadas, debe ser posible eliminar la capa de aceite con detergentes adecuados que no ataquen el recubrimiento de cinc-níquel. Se supone que el usuario tiene todo el equipo necesario para desengrasar los productos.

❑ **APLICACIONES**

Aptitud al soldeo: El producto es apto para la soldadura en las condiciones establecidas para el metal base. Sin embargo, deben tomarse precauciones debido a la presencia de la aleación de cinc-níquel y, a veces, de fosfato en la superficie del producto.

Aptitud a la pintura: El acero recubierto electrolíticamente de cinc-níquel es una base adecuada para la pintura, pero el tratamiento previo puede ser diferente del que se utiliza para el acero sin recubrir. Las pinturas de imprimación previas al tratamiento, los recubrimientos de conversión química y ciertas pinturas preparadas especialmente para la aplicación directa en las superficies de cinc-níquel son procesos adecuados como primeros tratamientos para el acero recubierto electrolíticamente de cinc-níquel. Para la preparación de la superficie y la aplicación de la pintura, el comprador deberá tener en cuenta si el material deberá ser entregado químicamente pasivado o fosfatado y/o aceitado.

Aptitud al conformado: Los recubrimientos electrolíticos de cinc-níquel, por lo general, presentan buena adherencia incluso para conformados de gran deformación. Sin embargo, se

puede observar la presencia de polvo si el producto fuertemente solicitado o la deformación es demasiado rápida durante su fabricación. Debe prestarse especial cuidado para garantizar que la velocidad de conformación y el juego de las matrices son las adecuadas.

Tolerancias dimensionales y de forma. UNE 36-563-92 (EN 10131; 1991).

9.4. PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS DE ALUMINIO-CINC

9.4.1. **BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO RECUBIERTAS EN CONTINUO DE ALEACIÓN DE CINC-ALUMINIO (ZA), POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10214: 1995.**

Características de los productos planos de acero de bajo contenido en carbono para conformado en frío, revestidos en continuo por inmersión en caliente de una aleación de cinc-aluminio, o aceros para construcción de espesor igual o inferior a 3.0mm. El espesor considerado es el espesor final del producto después del revestimiento. Es aplicable a los productos planos cualquiera que sea su anchura, es decir, a las bandas (anchura $\geq 600\text{mm}$) y los flejes (anchura $< 600\text{mm}$) y a las "longitudes cortadas" (chapas y flejes en tiras) obtenidos de aquellas por corte transversal. El revestimiento está compuesto por cinc con aproximadamente un 5% de aluminio y puede contener pequeñas cantidades de aleaciones. Se indican los productos habituales según al tipo, masa y acabado del recubrimiento y de los tipos del aspecto superficial. Los productos definidos están especialmente indicados para aquellas aplicaciones en que se precise una buena protección contra la corrosión.

□ **TIPOS DE ACEROS**

Los tipos de aceros que pueden suministrarse figuran en las dos siguientes tablas. La tabla siguiente contiene los aceros bajos en carbono listados en orden creciente según su aptitud para el conformado en frío: DX51D+ZA: Grado para plegado y perfilado; DX52D+ZA: Grado para embutición; DX53D+ZA: Grado para embutición profunda; DX54D+ZA: Grado para embutición extra profunda;

Tabla 9-30 Productos planos recubiertos de cinc-aluminio (ZA) - Tipos de acero y características mecánicas - Acero bajo en carbono para conformado en frío

Designación del tipo de acero			Límite elástico R_e N/mm ² máx. ^{1) 2) 3)}	Resistencia a la tracción R_m N/mm ² máx. ^{1) 3)}	Alargamiento de rotura A_{80} % mín. ^{1) 4)}
Simbólica	Númerica	Símbolo del tipo de recubrimiento			
DX51D	1.0226	+ZA	-----	500	22
DX52D	1.0350	+ZA	300 ⁵⁾	420	26
DX53D	1.0355	+ZA	260	380	30
DX54D	1.0306	+ZA	220	350	36

1) Valores aplicables a probetas transversales.2) Los valores del límite elástico se refieren al límite elástico convencional de elasticidad al 0.2% para aquellos casos que no se presente el fenómeno de cedencia y el límite elástico inferior R_{eL} , para los que presentan dicho fenómeno.3) Para todos los tipos se puede considerar un valor mínimo del límite elástico, R_e de 140 N/mm² y de 270 N/mm² para la resistencia a la tracción, R_m .4) Para los productos de espesor nominal ≤ 0.7 , los valores mínimos del alargamiento de rotura, A_{80} , deberán reducirse en 2 unidades.5) Este valor sólo es aplicable a productos templados (acabado superficial B y C).

Tabla 9-31 Productos planos recubiertos de cinc-aluminio (ZA) - Tipos de acero y características mecánicas - Acero de construcción

Designación del tipo de acero			Límite elástico ^{1) 2)} R_{eH} N/mm ² mín.	Resistencia a la tracción ¹⁾ R_m N/mm ² mín.	Alargamiento de rotura ^{1) 3)} A_{80} % mín. ¹⁾
Simbólica	Númerica	Símbolo del tipo de recubrimiento			
S220GD	1.0241	+ZA	220	300	20
S250GD	1.0242	+ZA	250	330	19
S280GD	1.0244	+ZA	280	360	18
S320GD	1.0250	+ZA	320	390	17
S350GD	1.0529	+ZA	350	420	16
S550GD	1.0531	+ZA	550	560	-----

1) Valores aplicables a probetas longitudinales.2) Los valores del límite elástico se refieren al límite elástico convencional de elasticidad al 0.2% para aquellos casos que no se presente el fenómeno de cedencia y el límite elástico inferior R_{eL} , para los que presentan dicho fenómeno.3) Para los productos de espesor nominal $\leq 0.7\text{mm}$, los valores mínimos de alargamiento de rotura, A_{80} , deberán reducirse en 2 unidades.

❑ RECUBRIMIENTOS

Tabla 9-32 Productos planos recubiertos de cinc-aluminio (ZA) - Recubrimientos y acabados del recubrimiento

Grado de acero	Recubrimiento	Acabado del recubrimiento ¹⁾		
		A	B	C
DX51D+ZA				
DX52D+ZA	95	X	X	X
S220GD+ZA	130	X	X	X
S250GD+ZA	185	X	X	X
S280GD+ZA	200	X	X	X
S320GD+ZA	255	X	X	X
S350GD+ZA	300	X	----	----
S550GD+ZA				
y	DX53D+ZA			
	95	X	X	X
	130	X	X	X
	185	X	X	X
	200	X	X	X
	DX54D+ZA			
	255	X	----	----

1) X: producción habitual; ----: sólo se suministran por acuerdo.

❑ ACABADO DEL RECUBRIMIENTO

Los productos se suministran con un aspecto del recubrimiento normal. El aspecto del recubrimiento normal tiene un lustre metálico, que es el resultado de un crecimiento libre de los cristales del cinc-aluminio durante el proceso normal de solicitud. Pueden aparecer cristales de diferentes tamaños y brillos dependiendo de las condiciones de solidificación. Esto no afecta al acabado del recubrimiento.

❑ ACABADO SUPERFICIAL

De acuerdo con la tabla anterior, los productos pueden ser suministrados con uno de los acabados superficiales siguientes:

Acabado ordinario (A): En este acabado se permiten pequeños cráteres, heterogeneidades en el floreado, puntos negros, ligeras rayas y pequeñas manchas de pasivación. Se puede observar un ligero acostillamiento y sobreespesores locales en el recubrimiento.

Acabado mejorado (B): El acabado se obtiene generalmente aplicando un temper (skin-pass). En este acabado son admisibles defectos localizados tales como aquellos que se deben a una pasada del tratamiento mecánico, marcas de cilindros, irregularidades, estrías, huellas, irregularidades en el floreado y sobreespesores en el recubrimiento, así como ligeros aspectos de pasivación; no se admite la presencia de picaduras.

Acabado superior (C): El acabado C se obtiene mediante un temper (skin-pass). La cara de mejor acabado debe estar prácticamente libre de defectos y en ningún caso debe afectar a la uniformidad de una pintura de calidad. La otra cara debe presentar, al menos, un acabado B.

❑ TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL TEMPORAL)

Los productos planos recubiertos en caliente de cinc-aluminio generalmente se recubren en fábrica con una de las protecciones superficiales que describen a continuación. Las propiedades inhibitorias de las protecciones superficiales son limitadas en el tiempo. La duración de la protección varía según las distintas atmósferas.

Pasivación química (C): La pasivación química protege la superficie de la humedad y atenúa el riesgo de aparición de depósitos de productos de corrosión durante el transporte y el almacenado. Este tratamiento puede provocar coloraciones locales que no afectan en nada a la calidad.

Aceitado (O): Este tratamiento disminuye el riesgo de corrosión precoz de la superficie.

La capa de aceite se debe poder eliminar mediante un desengrasante adecuado que no afecte negativamente a la capa de recubrimiento.

Pasivación química y aceitado (CO): Cuando se solicita una mayor protección contra la corrosión se emplea la pasivación química y el aceitado ulterior; este tipo de protección debe ser objeto de acuerdo.

Productos sin tratamiento (U): A petición expresa del cliente y bajo su responsabilidad, los productos planos recubiertos de cinc-aluminio, se pueden suministrar sin tratamiento de

protección superficial. En este caso, aumenta notablemente el riesgo corrosión durante el transporte y almacenado.

❑ CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Los valores de las características mecánicas de la tabla de aceros bajo en carbono para conformado en frío son aplicables para aquellos casos en los que el pedido se haya establecido durante un plazo de:

- 8 días: para los tipos DX51D+ZA y DX52D+ZA;
- 6 meses: para los tipos DX53D+ZA, y DX54D+ZA;

contando a partir de la fecha de puesta a disposición por el fabricante.

Para productos planos de acero de construcción se aplican las características mecánicas indicadas en la tabla de aceros para construcción. Un almacenamiento prolongado de los productos puede alterar su aptitud a la conformación. Por tanto, deberán utilizarse lo más rápidamente posible desde su recepción. Los valores del ensayo a tracción se refieren a: probetas transversales, para tipos de acero bajo en carbono; probetas longitudinales, para tipos de acero de construcción. Estos valores, se refieren a la sección de una probeta decapada (no recubierta).

❑ AUSENCIA DE ACOSTILLADO O FACETAS

Aceros bajos en carbono para conformado en frío: Cuando se precise en especial una garantía de ausencia de facetas, puede ser necesario someter los productos a una ligera pasada de temperado o por una pasada a través de una enderezadora-desnervadora. Estos tratamientos pueden disminuir la aptitud a la conformación. Los principios y las condiciones que dan lugar a la formación de facetas son los mismos que dan lugar a las líneas de cedencia. Aceros de construcción: La ausencia de acostillado o facetas debe acordarse previamente e indicarse en el pedido.

❑ LÍNEAS DE CEDENCIA

Para evitar la formación de líneas de cedencia durante la conformación en frío, puede ser necesario someter los productos a una ligera pasada de temperado. La tendencia a la formación de líneas de cedencia reaparece con el tiempo, por lo que se recomienda al utilizador que transforme los productos en el menor plazo posible. Se puede garantizar la ausencia de líneas de cedencia en los productos suministrados con los acabados B y C durante un período de: 1 mes, para los tipos DX51D+ZA y DX52D+ZA; 6 meses; para los tipos DX53D+ZA, y DX54D+ZA; contado a partir de la fecha de puesta a disposición por el fabricante.

❑ MASA DE RECUBRIMIENTO

Las masas de recubrimiento deben ser las indicadas en la tabla siguiente. Estos valores corresponden a la masa total del recubrimiento sobre las dos caras, para el ensayo de triple muestra (triple punto) y los del ensayo de muestra simple o punto simple. La masa de recubrimiento no siempre se reparte uniformemente por las dos caras del producto. Por ello, en los casos de recubrimiento por las dos caras, se puede admitir que, en los puntos de una cara, los valores de la masa de recubrimiento sean inferiores a los valores indicados en la tabla para el ensayo de simple muestra (punto simple), pero en cualquier caso deben ser, al menos, el 40% del valor indicado en la tabla de masa de recubrimiento. Para cada uno de los tipos de recubrimiento recogidos en la tabla, se puede convenir valores máximo y mínimo en cada cara del producto en el ensayo individual.

Tabla 9-33 Productos planos recubiertos de cinc-aluminio (ZA) - Masa de recubrimiento

Tipo de recubrimiento	Masa mínima de recubrimiento en g/m ² , ambas caras ¹⁾	
	Ensayo de triple muestra	Ensayo de muestra simple
95	95	80
130	130	110
185	185	155
200	200	170
255	255	215
300	300	255

1) Una masa de recubrimiento, por ambas caras, de 95 g/m², equivale aproximadamente, a un espesor de capa de 7.2µm por cara.

❑ ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO

Después del doblado, el recubrimiento no debe presentar ningún tipo de desprendimiento. Para eliminar la influencia del corte, no deberá tenerse en cuenta una zona de 6mm de anchura en los bordes de la probeta. Se admite que el recubrimiento presente fisuraciones y rugosidades.

❑ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Salvo acuerdo en contrario al hacer el pedido, el fabricante sólo inspeccionará una cara. A petición del comprador, el fabricante deberá indicar si se inspeccionado la cara de arriba o la de abajo. No será motivo de rechazo ligeros “dientes de sierra” en los bordes de los productos cizallados. En los suministros en forma de bobina (de banda o de fleje), existe mayor riesgo de defectos de superficie que cuando se entrega en chapas o chapas cortadas ya que no es posible que el fabricante pueda eliminar las zonas defectuosas de la bobina. El comprador deberá tener esto en cuenta al evaluar los productos.

❑ APTITUD PARA UNA TRANSFORMACIÓN ULTERIOR

Soldeo: Los productos definidos en esta norma –con la excepción del grado de acero S550GD+ZA– son aptos para el soldeo por los procedimientos habituales. Para los tipos de recubrimiento de masa más alta, puede ser necesario tomar precauciones especiales

Unión por adhesivos: Los productos definidos en esta norma son aptos para su unión por adhesivos.

Recubrimiento orgánico: A todos los tipos de acero y a todos los acabados se les debe poder aplicar un recubrimiento orgánico. Después de estos tratamientos, la apariencia del producto depende del grado de acabado solicitado. El utilizador debe dar una preparación superficial particular antes del recubrimiento o de la pintura.

9.4.2. BANDAS (CHAPAS Y BOBINAS) DE ACERO RECUBIERTAS EN CONTINUO DE ALEACIÓN DE ALUMINIO-CINC (AZ), POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE-EN 10215: 1995.

Características de los productos planos de acero de bajo contenido en carbono para conformado en frío, revestidos en continuo por inmersión en caliente de una aleación de aluminio-cinc, o aceros para construcción de espesor igual o inferior a 3.0mm. El espesor considerado es el espesor final del producto después del revestimiento. Es aplicable a los productos planos cualquiera que sea su anchura, es decir, a las bandas (anchura ≥ 600 mm) y los flejes (anchura < 600 mm) y a las “longitudes cortadas” (chapas y flejes en tiras) obtenidos de aquellas por corte transversal. La composición nominal de la masa de la aleación aluminio-cinc es 55% Al, 1.6% Si y el resto cinc. Se indican los productos habituales según al tipo, masa y acabado del recubrimiento y de los tipos del aspecto superficial. Los productos definidos están especialmente indicados par aquellas aplicaciones en que se precise una buena protección contra la corrosión.

La tabla siguiente contiene los aceros bajos en carbono listados en orden creciente según su aptitud para el conformado en frío: DX51D+AZ: Grado para plegado y perfilado; DX52D+AZ: Grado para embutición; DX53D+AZ: Grado para embutición profunda; DX54D+AZ: Grado para embutición extra profunda.

Tabla 9-34 Chapas y Bobinas de acero recubiertas de de aluminio-cinc (AZ)- Tipos de acero y características mecánicas - Acero bajo en carbono para conformado en frío

Designación del tipo de acero			Límite elástico R_e N/mm ² máx. ^{1) 2) 3)}	Resistencia a la tracción R_m N/mm ² máx. ^{1) 3)}	Alargamiento de rotura A_{80} % mín. ^{1) 4)}
Simbólica	Númerica	Símbolo del tipo de recubrimiento			
DX51D	1.0226	+AZ	----	500	22
DX52D	1.0350	+AZ	300 ³⁾	420	26
DX53D	1.0355	+AZ	260	380	30
DX54D	1.0306	+AZ	220	350	36

1) Valores aplicables a probetas transversales. 2) Los valores del límite elástico se refieren al límite elástico convencional de elasticidad al 0.2% para aquellos casos que no se presente el fenómeno de cedencia y el límite elástico inferior R_{eL} , para los que presentan dicho fenómeno. 3) Para todos los tipos se puede considerar un valor mínimo del límite elástico, R_e de 140 N/mm² y de 270 N/mm² para la resistencia a la tracción, R_m . 4) Para los productos de espesor nominal ≤ 0.7 , los valores mínimos del alargamiento de rotura, A_{80} , deberán reducirse en 2 unidades. 5) Este valor sólo es aplicable a productos templados (acabado superficial B y C).

Tabla 9-35 Chapas y Bobinas de acero recubiertas de aluminio-cinc (AZ) - Tipos de acero y características mecánicas - Acero de construcción

Designación del tipo de acero			Límite elástico ^{1) 2)} R_{eH} N/mm ² mín.	Resistencia a la tracción ¹⁾ R_m N/mm ² mín.	Alargamiento de rotura ^{1) 3)} A_{80} % mín. ¹⁾
Simbólica	Númerica	Símbolo del tipo de recubrimiento			
S250GD	1.0242	+AZ	250	330	19
S280GD	1.0244	+AZ	280	360	18
S320GD	1.0250	+AZ	320	390	17
S350GD	1.0529	+AZ	350	420	16
S550GD	1.0531	+AZ	550	560	----

1) Valores aplicables a probetas longitudinales.
 2) Los valores del límite elástico se refieren al límite elástico convencional de elasticidad al 0.2% para aquellos casos que no se presente el fenómeno de cedencia y el límite elástico inferior R_{eL} , para los que presentan dicho fenómeno.
 3) Para los productos de espesor nominal $\leq 0.7\text{mm}$, los valores mínimos de alargamiento de rotura, A_{80} , deberán reducirse en 2 unidades.

□ **RECUBRIMIENTOS**

Tabla 9-36 Chapas y Bobinas de acero recubiertas de aluminio-cinc (AZ) - Masa de recubrimiento

Tipo de recubrimiento	Masa mínima de recubrimiento en g/m ² , ambas caras ¹⁾	
	Ensayo de triple muestra	Ensayo de muestra simple
100	100	85
150	150	130
185	185	160

1) Una masa de recubrimiento, por ambas caras, de 100 g/m², equivale aproximadamente, a un espesor de capa de 13.3µm por cara.

Para aplicaciones especiales se pueden suministrar masas de recubrimiento diferentes a las de la tabla anterior. En tal caso, y por acuerdo al hacer el pedido, se deben convenir la masa y el acabado del recubrimiento. La aptitud a la deformación y al soldeo disminuye cuanto mayor es el espesor de la capa de recubrimiento. La masa de recubrimiento solicitada debe ser compatible con las exigencias de conformación y de soldeo. Por acuerdo al hacer el pedido, pueden suministrarse masas de recubrimiento diferentes en cada una de las caras. Como consecuencia del proceso de fabricación, ambas caras pueden tener un aspecto diferente.

□ **ACABADO DEL RECUBRIMIENTO**

Los productos se suministran con brillo normal. El aspecto del recubrimiento normal tiene un lustre metálico, que es el resultado de un crecimiento libre de los cristales del aluminio-cinc durante el proceso normal de solitación.

□ **ACABADO SUPERFICIAL**

Los productos pueden ser suministrados con uno de los acabados superficiales siguientes:

Acabado ordinario (A): En este acabado se permiten pequeños cráteres, heterogeneidades en el floreado, puntos negros, ligeras rayas y pequeñas manchas de pasivación. Se puede observar un ligero acostillamiento y sobreespesores locales en el recubrimiento.

Acabado mejorado (B): El acabado se obtiene generalmente aplicando un temper (skin-pass). En este acabado son admisibles defectos localizados tales como aquellos que se deben a una pasada del tratamiento mecánico, marcas de cilindros, irregularidades, estrías, huellas, irregularidades en el floreado y sobreespesores en el recubrimiento, así como ligeros aspectos de pasivación; no se admite la presencia de picaduras.

Acabado superior (C): El acabado C se obtiene mediante un temper (skin-pass). La cara de mejor acabado debe estar prácticamente libre de defectos y en ningún caso debe afectar a la uniformidad de una pintura de calidad. La otra cara debe presentar, al menos, un acabado B.

□ **TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL TEMPORAL)**

Los productos planos recubiertos en caliente de aluminio-cinc generalmente se recubren en fábrica con una de las protecciones superficiales que describen a continuación. Las propiedades inhibitorias de las protecciones superficiales son limitadas en el tiempo. La duración de la protección varía según las distintas atmósferas.

Pasivación química (C): La pasivación química protege la superficie de la humedad y atenúa el riesgo de aparición de depósitos de productos de corrosión durante el transporte y el almacenado (roya negra). Este tratamiento puede provocar una ligera decoloración superficial que no afectan en nada a la calidad general del producto.

Aceitado (O): Este tratamiento también disminuye el riesgo de aparición de roya negra. La capa de aceite se debe poder eliminar mediante un desengrasante adecuado que no afecte negativamente a la capa de recubrimiento. Los productos suministrados con este tratamiento requieren una lubricación previa a la laminación o la embutición.

Pasivación química y aceitado (CO): Cuando se solicita una mayor protección contra la roya negra se emplea la pasivación química y el aceitado ulterior; este tipo de protección debe ser objeto de acuerdo.

Productos sin tratamiento (U): A petición expresa del cliente y bajo su responsabilidad, los productos planos recubiertos de aluminio-cinc, se pueden suministrar sin tratamiento de protección superficial. En este caso, aumenta notablemente el riesgo corrosión durante el transporte y almacenado.

❑ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

Los valores de las características mecánicas de la tabla de aceros bajo en carbono para conformado en frío son aplicables para aquellos casos en los que el pedido se haya establecido durante un plazo de:

- 8 días: para los tipos DX51D+AZ y DX52D+AZ;
- 6 meses: para los tipos DX53D+AZ, y DX54D+AZ;

contando a partir de la fecha de puesta a disposición por el fabricante.

Para productos planos de acero de construcción se aplican las características mecánicas indicadas en la tabla de aceros para construcción. Un almacenamiento prolongado de los productos puede alterar su aptitud a la conformación. Por tanto, deberán utilizarse lo más rápidamente posible desde su recepción. Los valores del ensayo a tracción se refieren a:

- probetas transversales, para tipos de acero bajo en carbono.
- probetas longitudinales, para tipos de acero de construcción.

Estos valores, se refieren a la sección de una probeta decapada (no recubierta).

❑ **AUSENCIA DE ACOSTILLADO O FACETAS**

Aceros bajos en carbono para conformado en frío: Cuando se precise en especial una garantía de ausencia de facetas, puede ser necesario someter los productos a una ligera pasada de temperado o por una pasada a través de una enderezadora-desnervadora. Estos tratamientos pueden disminuir la aptitud a la conformación. Los principios y las condiciones que dan lugar a la formación de facetas son los mismos que dan lugar a las líneas de cedencia. Aceros de construcción: La ausencia de acostillado o facetas debe acordarse previamente e indicarse en el pedido.

❑ **LÍNEAS DE CEDENCIA**

Para evitar la formación de líneas de cedencia durante la conformación en frío, puede ser necesario someter los productos a una ligera pasada de temperado. La tendencia a la formación de líneas de cedencia reaparece con el tiempo, por lo que se recomienda al utilizador que transforme los productos en el menor plazo posible. Se puede garantizar la ausencia de líneas de cedencia en los productos suministrados con los acabados B y C durante un período de:

- 1 mes, para los tipos DX51D+AZ y DX52D+AZ;
- 6 meses; para los tipos DX53D+AZ, y DX54D+AZ;

contado a partir de la fecha de puesta a disposición por el fabricante.

❑ **MASA DE RECUBRIMIENTO**

Las masas de recubrimiento deben ser las indicadas en la tabla de masa de recubrimiento. Estos valores corresponden a la masa total del recubrimiento sobre las dos caras, para el ensayo de triple muestra (triple punto) y los del ensayo de muestra simple o punto simple. La masa de recubrimiento no siempre se reparte uniformemente por las dos caras del producto. Por ello, en los casos de recubrimiento por las dos caras, se puede admitir que, en los puntos

de una cara, los valores de la masa de recubrimiento sean inferiores a los valores indicados en la tabla para el ensayo de simple muestra (punto simple), pero en cualquier caso deben ser, al menos, el 40% del valor indicado en la tabla de masa de recubrimiento. Para cada uno de los tipos de recubrimiento recogidos en la tabla, se puede convenir valores máximo y mínimo en cada cara del producto en el ensayo individual.

❑ **ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO**

Después del doblado, el recubrimiento no debe presentar ningún tipo de desprendimiento. Para eliminar la influencia del corte, no deberá tenerse en cuenta una zona de 6mm de anchura en los bordes de la probeta. Se admite que el recubrimiento presente fisuraciones y rugosidades.

❑ **CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES**

Salvo acuerdo en contrario al hacer el pedido, el fabricante sólo inspeccionará una cara. A petición del comprador, el fabricante deberá indicar si se inspecciona la cara de arriba o la de abajo. No será motivo de rechazo ligeros “dientes de sierra” en los bordes de los productos cizallados. En los suministros en forma de bobina (de banda o de fleje), existe mayor riesgo de defectos de superficie que cuando se entrega en chapas o chapas cortadas ya que no es posible que el fabricante pueda eliminar las zonas defectuosas interiores. El comprador deberá tener esto en cuenta al evaluar los productos.

❑ **APTITUD PARA UNA TRANSFORMACIÓN ULTERIOR**

Soldeo: Los productos definidos en esta norma –con la excepción del grado de acero S550GD+AZ– son aptos para el soldeo por los procedimientos habituales. Para los tipos de recubrimiento de masa más alta, puede ser necesario tomar precauciones especiales.

Unión por adhesivos: Los productos definidos en esta norma son aptos para su unión por adhesivos.

Recubrimiento orgánico: A todos los tipos de acero y a todos los acabados se les debe poder aplicar un recubrimiento orgánico. Después de estos tratamientos, la apariencia del producto depende del grado de acabado solicitado. El utilizador debe dar una preparación superficial particular antes del recubrimiento o de la pintura.

9.5. PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS

9.5.1. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO, RECUBIERTOS EN CONTINUO DE MATERIAS ORGÁNICAS (PRELACADOS). UNE-EN 10169-1; 2005.

Se suministra información para la elección y el pedido de productos planos de acero, recubiertos en continuo de materia orgánicas (prelacados) y especifica los requisitos técnicos apropiados para los productos. Se aplica a todos los productos planos de acero laminados, con o sin recubrimientos metálicos, recubiertos en continuo de materias orgánicas por el procedimiento de recubrimiento en continuo (prelacado). Los productos amparados por esta norma son las bandas anchas, chapas cortadas de la banda ancha, fleje en bobina obtenido por corte longitudinal de una banda ancha, bobinas de fleje laminado a una anchura inferior a 600mm y longitudes cortadas de chapa y fleje. Estos productos están particularmente indicados cuando la resistencia a la corrosión y el aspecto decorativo tienen una importancia primordial. Son de aplicación en la industria de productos planos, en edificación, industria del automóvil, de maquinaria, fabricación de muebles e industria de embalaje técnico. Los productos de acero prelacados puede suministrarse en numerosos tipos y grados, dependiendo del material base utilizado (diferentes grados de acero con o sin recubrimiento metálico), del material y tipo de recubrimiento y de los requisitos relativos al aspecto superficial, de la conformabilidad y de las prestaciones generales. Las propiedades de los productos puede variar dentro de unos límites más o menos amplios, según la elección y la combinación de las características mencionadas y de la duración del almacenamiento. Esta norma no se aplica a los productos con recubrimiento orgánico que se citan a continuación: Productos planos estañados, aceros para usos eléctricos, acero bruñido.

▣ **DEFINICIONES**

Recubrimiento en continuo (prelacado): 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, si fuera necesaria, y un pretratamiento químico de la superficie metálica y uno de los dos procesos siguientes:

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

Sustrato metálico: Material de base procedente de un producto plano de acero laminado, con o sin recubrimiento metálico.

Material de recubrimiento: Material que comprende los polímeros orgánicos, es decir una resina sintética o plásticos, al que generalmente se han añadido pigmentos, aditivos y disolventes (si son necesarios), apropiados para el recubrimiento en continuo. Éstos pueden ser pinturas (en forma líquida o de polvo) que, después de su aplicación, forman una película opaca, o de películas plásticas que aportan unas características de protección, decorativas o de propiedades específicas.

Recubrimiento orgánico: Película seca de pintura del producto recubierto o lámina plástica del conjunto lamina/metal.

Cara vista: Cara de la banda que presenta las mayores características decorativas y/o de protección contra la corrosión y que, en una producción normal, es la cara superior, que constituye la cara externa de la bobina, y es la que el fabricante inspecciona en continuo.

Cara no vista: Cara inferior de la banda o situada “hacia abajo” sobre la que normalmente se aplica un recubrimiento de refuerzo, pero que, ocasionalmente, con cualquiera de los métodos como “sistema monocapa”, “sistema multicapa” ó “recubrimiento de lámina” puede satisfacer requisitos especiales.

Sistemas de recubrimiento: Un sistema de recubrimiento es el conjunto de recubrimientos aplicados sobre la cara vista o sobre la cara no vista. Se compone de una o varias capas constituidas por uno o varios materiales de recubrimiento. Su designación depende del material de recubrimiento.

- **Sistema monocapa:** Un recubrimiento en una sola capa, ya sea con requisitos de aspecto, de conformabilidad, de protección contra la corrosión, de aptitud al pintado ulterior, de adherencia de espumas, etc. o ya sea como una capa de imprimación con propiedades especiales de adherencia y de protección contra la corrosión para aplicaciones de acabado ulteriores.
- **Sistema multicapa:** comprende una imprimación, ocasionalmente una o varias capas intermedias, y una capa de acabado con requisitos particulares de aspecto, de protección contra la corrosión, de conformabilidad, etc.

Soporte: Recubrimiento de cualquier tipo, sin requisitos particulares de aspecto, de protección contra la corrosión, de conformabilidad, etc.

Imprimación: La primera capa de un sistema de recubrimiento multicapa.

Capa intermedia: Cualquier capa entre la capa primaria y la capa de acabado.

Capa de acabado: La capa final (la más exterior) de un sistema de recubrimiento multicapa.

Recubrimiento de lámina: Lámina plástica aplicada al sustrato sobre el que generalmente se ha aplicado un adhesivo y, si es necesario, una imprimación.

Lámina eliminable: Lámina plástica aplicada sobre la superficie recubierta para protegerla temporalmente contra daños mecánicos.

No recubierto: Estado en el que la superficie del sustrato (una cara de la banda), está desprovisto de recubrimiento.

Bobina-madre: Banda prelacada como unidad de proceso.

Espesor del recubrimiento: Espesor total de recubrimiento orgánico sobre cada una de las caras.

Espesor nominal de recubrimiento: Espesor del recubrimiento que ha sido solicitado o especificado. El espesor nominal de un producto prelacado corresponde al del sustrato metálico, sin incluir el espesor del recubrimiento.

□ ASPECTO:

- Color / diferencia de color: El color es la sensación derivada de la percepción visual de una radiación de una composición dada. Un color se caracteriza por las coordenadas de un punto en un espacio (especificación colorimétrica en coordenadas tricromáticas) únicamente para un observador determinado, con una fuente luminosa definida y una geometría de iluminación y percepción. La diferencia de color es la amplitud y el carácter de la diferencia percibida visualmente (es decir cualitativamente) entre dos colores bajo luz natural y luz artificial respectivamente o la amplitud y la dirección de la diferencia medida (instrumentalmente) y calculada entre dos colores.
- Brillo / brillo especular: Brillo es la propiedad óptica de una superficie, caracterizada por la capacidad de reflejar la luz. El brillo especular es la relación entre el flujo luminoso reflejado por un objeto en la dirección especular, para una fuente luminosa y para un ángulo del receptor especificados, y el flujo luminoso reflejado por un vidrio negro pulido. De una forma cualitativa, las distintas gamas de brillo, se expresan con frecuencia mediante los términos “mate”, “ligeramente brillante” o “semimate”, “satinado”, “semibrillante”, “brillante” y “muy brillante”.

□ SUSTRATO DE ACERO

El producto de base para los productos planos recubiertos en continuo de materias orgánicas debe ser una banda de acero laminado, con o sin recubrimiento metálico definida en alguna de las siguientes normas:

- EN 10025, EN 10011, EN 10130, EN 10139, EN 10142, EN 10147, EN 10152, EN 10154, EN 10214, EN 10215, EN 10268.
- EURONORMA 153.
- ISO 4997.

Por acuerdo en el pedido, los productos también pueden suministrarse con otros sustratos de acero. Las masas mínimas de recubrimiento metálico que se especifican para aplicaciones particulares deben indicarse al hacer el pedido.

Con el fin de mantener el aspecto decorativo y la conformabilidad de la banda de acero prelacada, en ocasiones se aconseja limitar el espesor o la masa de recubrimiento metálico aplicado sobre ciertos sustratos.

Se debe destacar que las características mecánicas del sustrato pueden alterarse en el proceso de recubrimiento en continuo.

La utilización de sustratos que puedan envejecer entraña un aumento del límite de elasticidad y de la resistencia a la tracción y una reducción del alargamiento y la aparición de líneas de Lüders y líneas de fluencia.

□ RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS

Tabla 9-37 Productos planos prelacados - Lista de materias de recubrimiento más corrientes y gamas de espesores correspondientes

Materia de recubrimiento	Símbolo ¹⁾	Gama de espesores posibles (μm) ²⁾	Espesor habitual (μm) ^{2) 3)}
1. Pinturas Líquidas⁴⁾			
Acrílica	AY	5 a 25	25
Epoxi	EP	3 a 20	----
Poliéster ⁵⁾	SP	5 a 60	25 ⁶⁾
Poliéster modificado con poliamida	SP-PA	15 a 50	25
Poliéster modificado con silicona	SP-PI	15 a 40	25
Acrílica modificada con silicona	AY-SI	25	25
Poliuretano	PUR	10 a 60	25
Poliuretano modificado con poliamida	PUR-PA	10 a 50	25
Polifluoruro de vinilideno	PVDF	20 a 60 ⁷⁾	25
Organosol de policloruro de vinilo	PVC (O)	25 a 60	40
Plastisol de policloruro de vinilo	PVC (P)	40 a 200 ⁸⁾	100 ; 200
Adhesivo especial ⁹⁾	SA	5 a 15	----
Antiadhesivo resistente al calor	HRNS	5 a 15	----
Imprimación soldable rica en cinc	ZP	5 a 20	----
Imprimación soldable a base de pigmentos conductores distintos del cinc	CP	1 a 10	----
2. Recubrimientos en forma de polvos			
Epoxi	EP (PO)	30 a 100	----
Poliéster	SP (PO)	30 a 100	----
3. Láminas			
Policloruro de vinilo ⁹⁾	PVC (F)	50 a 800 ⁶⁾	----
Polifluoruro de vinilo	PVF (F)	38 ¹⁰⁾	38
Polietileno	PE (F)	50 a 300	----
Sistema absorbente de la condensación	CA (F)	----	e.g. 370
1) Los símbolos corresponden, si procede, la resina y al plástico característico (según la ISO/DIS 1043-1), o a la propiedad funcional principal. Cuando sea necesario, se añade entre paréntesis una referencia al sistema apropiado, para distinguir las pinturas, los recubrimientos en polvo (PO) o en láminas (F) por un lado y entre el organosol (O) y plastisol (P), por otro. 2) No se tiene en cuenta la posible película eliminable. 3) Espesores nominales habitualmente aplicados, salvo especificación en contrario al hacer el pedido. 4) Los recubrimientos de espesor igual o superior a 15μm generalmente se aplican con sistema de doble capa (una capa imprimación y una capa de acabado), cuyo tipo y composición pueden ser diferentes. 5) También disponibles con textura. 6) En el caso de recubrimientos acanalados o con textura, el espesor medido con micrómetro. 7) Compuesto de una imprimación y, normalmente, de una capa de acabado (también pueden existir capas intermedias). 8) Por ejemplo, por sistemas que favorezcan la adherencia, adecuados a unión entre metal con el caucho, plástico u otros materiales en los procesos ulteriores. 9) Disponible en formas lisas, con textura o acanaladas. 10) No está comprendido el espesor de la capa de adhesivo de, aproximadamente, 10 μm.			

Sistemas de recubrimiento

La elección de los recubrimientos orgánicos y de su combinación en cada cara depende de la utilización final de los productos prelacados. Esta elección debe realizarse mediante acuerdo entre el cliente y el suministrador. Según las aplicaciones, las bandas de acero prelacadas pueden suministrarse con un recubrimiento orgánico definido:

- sobre cada una de las caras.
- sobre una sola cara, sin estar la otra recubierta (aunque generalmente está pretratada).
- sobre una cara, y la otra cara (la cara no vista de la banda) recubierta de una materia orgánica cualquiera sin propiedades especiales.

En el caso de la banda suministrada en bobinas, la cara vista es generalmente la cara exterior; en el caso de chapa cortada (apiladas o en paquetes), la cara vista es generalmente la cara de arriba. Si el comprador solicita otra disposición, debe indicarlo expresamente en el pedido.

Tratamiento ulterior de la superficie

Si se prevén unas condiciones severas de transporte, de almacenamiento o puesta en obra, previo acuerdo en el pedido, el producto prelacado puede suministrarse con una protección suplementaria mediante una película eliminable, de cera o de aceite. El tipo y el espesor del recubrimiento deben tenerse en cuenta al elegir las láminas eliminables. La elección del tratamiento debe establecerse por acuerdo al hacer el pedido. La eficacia de estos tratamientos es limitada en el tiempo, por lo que el utilizador debe asegurar una buena rotación de sus

existencias en el almacén. Las láminas eliminables permiten la exposición a la intemperie, pero sólo durante un tiempo limitado.

❑ **CARACTERÍSTICAS**

En la siguiente tabla se resumen las principales características de las bandas recubiertas de materias orgánicas, que pueden tener importancia en el momento de su puesta en obra y de su utilización. Las características estimadas son las de material final y se refieren a la aplicación del producto. Los valores mínimos y máximos a obtener para las características incluidas en la siguiente tabla deben ser objeto de acuerdo en el pedido. Se debe destacar que ciertas características varían durante el almacenamiento.

Tabla 9-38 Productos planos prelacados - Datos sobre las principales características

Característica	Normas de referencia
Espesor del recubrimiento	ISO 2808
Aspecto	
Color / diferencia de color	ISO 3668, ISO 7724-1 a 3
Brillo especular	ISO 2813
Dureza del recubrimiento	
Dureza con lápiz	ASTM D 3363
Ensayo de indentación Buchholz	ISO 2815
Ensayo de rayadura	ISO 518
Adherencia / Flexibilidad	
Adherencia después de la embutición	EN ISO 1520, EN ISO 2409
Flexibilidad del recubrimiento	EN ISO 1519, EN ISO 2409, ASTM D 4115
Adherencia y resistencia a la fisuración por una deformación rápida	EN ISO 2409, EN ISO 6272
Durabilidad	
Resistencia en niebla salina neutra	EN ISO 2409, ISO 4628-1 a 3, ISO 7253
Comportamiento al envejecimiento artificial	ISO 2808, ISO 2813, ISO 3668, ISO 4628-1, 2, 4 a 6, ISO 4892-1 a 4, ISO 7724-3, ISO 11341, ASTM D 4214
Comportamiento al envejecimiento natural	ISO 2810, ISO 2813, ISO 4628-1 a 6, ISO 3668, ISO 7724-3, ASTM D 4214

Nota – Algunos de los métodos que figuran en esta tabla pueden aplicarse como ensayos de recepción o como ensayos de clasificación.

❑ **TOLERANCIAS**

Medidas y forma

Las tolerancias relativas al espesor del sustrato y a la anchura, la longitud, la planicidad, la flecha al canto y la falta de escuadrado del producto prelacado deben ser las indicadas en las normas siguientes: EN 10048, EN 10051, EN 10140, EN 10143.

Espesor del recubrimiento orgánico

Las tolerancias siguientes relativas al espesor nominal solicitado de recubrimiento se aplican a cada uno de los espesores del material de recubrimiento indicados en la siguiente tabla:

Tabla 9-39 Productos planos prelacados - Tolerancias sobre el espesor nominal del recubrimiento

Gama de espesores nominales	Medidas en μm							
	> 10 ≤ 20	> 20 ≤ 25	> 25 ≤ 35	> 35 ≤ 60	> 60 ≤ 100	> 100 ≤ 200	> 200 ≤ 500	> 500 ≤ 800
Tolerancia en menos sobre la media de tres medidas	3	4	5	8	15	20	30	40
Tolerancia en menos sobre una sola medida	4	5	7	12	20	25	35	50

Las tolerancias sobre el espesor para recubrimientos de espesor inferior o igual a $10\mu\text{m}$ deben ser objeto de acuerdo al efectuar el pedido. No se fija ninguna tolerancia en más. No se fija ninguna tolerancia sobre el recubrimiento de la cara no vista.

Color

Las tolerancias apropiadas relativas al color deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido.

Brillo

Cuando se requieran, las tolerancias deben ser conformes a la siguiente tabla:

Tabla 9-40 Productos planos prelacados - Tolerancias sobre el brillo especular

Valores en unidades de brillo bajo un ángulo de 60°

Gama de unidades de brillo	Gamas de brillo ¹⁾	Tolerancias sobre el brillo nominal
≤ 10	Mate	± 3
> 10 ≤ 20	Semi-mate	± 4
> 20 ≤ 40	Satinado	± 6
> 40 ≤ 60	Semibrillante	± 8
> 60 < 80	Brillante	± 10
≤ 80	Muy brillante	mínimo 80

1) Indicaciones a título informativo.

9.5.2. PRODUCTOS PLANOS DE ACERO, RECUBIERTOS EN CONTINUO DE MATERIAS ORGÁNICAS (PRELACADOS). PRODUCTOS PARA APLICACIONES EXTERIORES EN LA EDIFICACIÓN. UNE-ENV 10169-2; 2000.

Requisitos específicos para los productos planos de acero, recubiertos en continuo de materias orgánicas (prelacados) utilizados para aplicaciones exteriores en la edificación. En particular, especifica los requisitos de comportamiento de diferentes categorías de flexibilidad del producto, de diferentes categorías de protección contra la corrosión y de diferentes categorías de resistencia a UV. Los productos son las bandas anchas, chapas cortadas de banda ancha, bandas anchas cortadas longitudinalmente, flejes laminados de anchura inferior a 600mm y bobinas cortadas longitudinalmente.

□ DEFINICIONES

Aplicaciones exteriores: Todas las aplicaciones en la edificación para las cuales los productos en cuestión son sometidos a la influencia de atmósferas exteriores. Son productos para la edificación, por ejemplo, los perfiles nervados para cubiertas o fachadas, los perfiles curvos, los perfiles embutidos con prensa, las cubiertas y fachadas con fijaciones ocultas, los techos abatibles, las chapas onduladas, los paneles sandwich inyectados de espuma en fábrica para cubiertas y fachadas, las tejas, los accesorios (guarniciones, contracercos), los dispositivos de evacuación de aguas pluviales (canalones, bajantes), las puertas metálicas y puertas de garaje. Para los elementos exteriores de edificación, es importante tener en cuenta el riesgo de corrosión de las superficies internas, es decir, el envés de las superficies. En particular, edificaciones con ambientes internos húmedos o químicamente contaminados, pueden requerir un recubrimiento orgánico por el envés, elegido para procurar una protección intensiva contra la corrosión. Esto puede ser especialmente importante para ensamblajes de doble tablazón (por ejemplo fachadas con alma aislante) donde el envés del elemento exterior no es fácilmente accesible para el mantenimiento y/o en situaciones donde del elemento exterior se espera una durabilidad a largo plazo. Además de los requisitos indicados, en el momento el pedido pueden acordarse otros requisitos nacionales o internacionales relativos a la resistencia al fuego, la seguridad, etc.

Control de producción en fábrica: Control interno permanente de la producción, ejercido por el fabricante.

Ensayos iniciales de tipo: Conjunto de ensayos que son efectuados inicialmente para demostrar la conformidad del producto a la norma.

Ensayo de comportamiento: Ensayo cuyo resultado debe ser indicativo del comportamiento efectivo del producto en su emplazamiento.

Corrosividad: Capacidad de un ambiente para provocar corrosión en un sistema de corrosión dado. (ISO 8044).

Tensiones de corrosión: Factores ambientales que favorecen la corrosión. (EN ISO 12944-2).

Sistema de corrosión: Sistema formado por uno o varios metales y los diferentes elementos del medio ambiente que ejercen una influencia sobre la corrosión. (ISO 8044)

Clima: Tiempo que hace en un lugar o en una zona determinada, establecido estadísticamente mediante parámetros meteorológicos registrados durante un período prolongado. (EN ISO 12944-2).

Tipo de atmósfera: Caracterización de la atmósfera a partir de los agentes corrosivos presentes y de su concentración. (EN ISO 12944-2). Los principales agentes corrosivos son gases (sobre todo el dióxido de azufre) y sales (sobre todo los cloruros y/o los sulfatos). (EN ISO 12944-2).

Ambiente local: Las condiciones atmosféricas que prevalecen alrededor de un elemento constituyen una estructura (EN ISO 12944-2). Estas condiciones determinan la categoría de corrosividad e influyen a la vez los parámetros meteorológicos y los parámetros de polución. (EN ISO 12944-2). Es conveniente reconocer, que en ciertas zonas localizadas dentro de una región, las condiciones ambientales pueden no ser representativas de la región en su conjunto, por ejemplo, en una zona rural en las proximidades de una central eléctrica alimentada con combustibles fósiles, las zonas que se encuentran inmediatamente detrás, en relación con la dirección de los vientos dominantes, pueden estar sometidos a un ambiente más próximo al de una atmósfera urbana o incluso industrial. Conviene tener en cuenta estos casos especiales cuando se elijan recubrimientos orgánicos.

Micro ambiente: Ambiente observado en la superficie límite entre un elemento constituyente de una estructura y su ambiente. El micro ambiente es uno de los factores decisivos para la evacuación de las tensiones de corrosión. (EN ISO 12944-2).

Categoría de la corrosividad: Categoría que indica la corrosividad del ambiente teniendo en cuenta el ambiente local y el micro ambiente, y debe ser utilizada para la selección del producto adecuado.

Categoría de flexibilidad del producto: Categoría del producto plano prelacado que presenta un cierto nivel de flexibilidad.

Categoría de protección contra la corrosión: Categoría del producto que presenta un cierto nivel de protección contra la corrosión, la elección del cual depende de la categoría de corrosividad, de la duración de la protección y de la accesibilidad.

Categoría UV: Categoría que indica el nivel de radiación UV en el ambiente.

Categoría de resistencia a UV: Categoría del recubrimiento que presenta cierto nivel de resistencia a la degradación por UV, su elección depende de la categoría UV, de la duración de la protección y de los requisitos de aspecto.

Accesibilidad: Facilidad para acceder a los componentes de acero con objeto de inspección o mantenimiento, sin otras intervenciones por arriba o por debajo que aquellas que correspondan a una inspección rutinaria.

Duración de la protección: Tiempo transcurrido entre la primera exposición exterior del acero y el momento en que sean necesarios los primeros trabajos de mantenimiento para restablecer la protección contra la corrosión. Se estima necesario restablecer la protección contra la corrosión cuando los defectos del recubrimiento son suficientemente importantes para que una parte significativa (por ejemplo el 5%) de la superficie del elemento presente una corrosión roja del sustrato.

Tiempo de humedad: Período durante el cual una superficie metálica está recubierta por una película de electrólito susceptible de provocar una corrosión atmosférica. Los valores indicativos del tiempo de humedad pueden ser calculados a partir de la temperatura y de la humedad relativa, contabilizando las horas en las que la humedad relativa es superior al 80% y, al mismo tiempo, la temperatura es superior a 0°C. (EN ISO 12944-2).

❑ **SUSTRATO DE ACERO**

El producto de base para los productos planos recubiertos en continuo de materias orgánicas debe ser una banda de acero recubierta con un depósito metálico conforme a una de las siguientes normas europeas: EN 10142, EN 10147, EN 10154, EN 10214, EN 10215. Por acuerdo en el pedido, los productos también pueden suministrarse con otros sustratos de acero. Las masas mínimas de recubrimiento metálico que se especifican para aplicaciones particulares deben indicarse al hacer el pedido. Se debe destacar que las características mecánicas del sustrato pueden alterarse en el proceso de prelacado. La utilización de sustratos que puedan envejecer entraña un aumento del límite de elasticidad y de la resistencia a la tracción y una reducción del alargamiento y la aparición de líneas de Lüders y líneas de fluencia.

❑ RECUBRIMIENTOS ORGÁNICOS

Materiales de recubrimiento: Los materiales de recubrimiento más corrientemente utilizados sobre las caras expuestas de los productos planos recubiertos de materia orgánicas para las aplicaciones exteriores en la edificación, así como los espesores habituales de los recubrimientos se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 9-41 Productos planos prelacados para aplicaciones exteriores en la edificación - Lista de materias de recubrimiento más comunes y espesor(es) de recubrimiento

Materia de recubrimiento	Símbolo ¹⁾	Espesor del recubrimiento (μm) ^{2) 3)}
1. Pinturas Líquidas ⁴⁾		
Acrílico	AY	25
Poliamida. Poliéster modificado	SP-PA	25
Poliéster	SP	25 a 50 ^{5) 6) 7)}
Poliéster de alta durabilidad	HDP	25 a 60 ^{5) 6) 7)}
Poliuretano	PUR	25 a 60 ^{5) 6) 7)}
Plastisol de policloruro de vinilo	PVC (P)	100 a 200 ^{5) 6)}
Polifluoruro de vinilideno	PVDF	25 a 60 ⁷⁾
Silicona. Poliéster modificado	SP-PI	25
2. Películas (laminadas)		
Policloruro de vinilo ⁹⁾	PVC (F)	150 a 800 ^{6) 8)}
Polifluoruro de vinilo	PVF (F)	38
1) Los símbolos corresponden, si procede, la resina y al plástico característico. Cuando sea necesario, se añade entre paréntesis una referencia al sistema apropiado. 2) No se tiene en cuenta la posible película eliminable. 3) Espesor(es) nominales habitualmente aplicados. 4) Los recubrimientos de espesor igual o superior a 25μm se aplican con sistema de doble capa (una capa imprimación y una capa de acabado), cuyo tipo y composición pueden ser diferentes. 5) También disponibles acanalados o con textura. 6) En el caso de recubrimientos acanalados o con textura, el espesor medido con micrómetro. 7) Compuesto de una capa de imprimación y de dos capas de acabado. Puede aplicarse más de dos capas de acabado si así se solicita. 8) Disponible en formas lisas o impresas, también acanaladas. 9) No está comprendido el espesor de la capa de adhesivo.		

Sistemas de recubrimiento: La elección del recubrimiento en cada una de las caras del producto debe ser acordada entre el comprador y el suministrador para satisfacer los requisitos del comprador en los relativo a la categoría de flexibilidad del producto, la categoría de protección contra la corrosión de la cara vista y de la no vista, y la categoría de resistencia a UV de la cara vista. Es conveniente elegir un recubrimiento apropiado para la cara vista. Normalmente es requerido para soportar la manipulación y el almacenamiento. En ciertos casos, también debe aportar una protección contra la corrosión y/o presentar un aspecto estético o ser compatible con el relleno o el adhesivo. En el caso de la banda suministrada en bobinas, la cara vista es generalmente la cara exterior; en el caso de chapa cortada (apiladas o en paquetes), la cara vista es generalmente la cara de arriba. Si el comprador solicita otra disposición, debe indicarlo expresamente en el pedido.

Tratamiento ulterior de la superficie: Si se prevén unas condiciones severas de transporte, de almacenamiento o puesta en obra, es recomendable suministrar el producto prelacado con una protección suplementaria mediante una película eliminable. La elección del tratamiento debe establecerse por acuerdo al pedir la oferta y hacer el pedido. El tipo y el espesor del recubrimiento deben tenerse en cuenta al elegir las láminas eliminables. La fácil eliminación de estas láminas es limitada en el tiempo, por lo que el utilizador debe asegurar una buena rotación de sus existencias en el almacén. Las láminas eliminables permiten la exposición a la intemperie, pero sólo durante un tiempo limitado.

❑ CARACTERÍSTICAS QUE FORMAN PARTE DEL CONTROL DE PRODUCCIÓN EN FÁBRICA - TOLERANCIAS

Dimensiones y forma:

Las tolerancias relativas al espesor del sustrato y a la anchura, longitud, planicidad y falta de escuadría del producto plano de acero recubierto de materias orgánicas deben ser conforme a la Norma Europea EN 10143. Debe indicarse en el pedido si se aplican las tolerancias normales o reducidas indicadas en la Norma EN 10143.

Espesor del recubrimiento orgánico

Las tolerancias siguientes relativas al espesor nominal solicitado de recubrimiento deben ser aplicadas para cada espesor de recubrimiento indicado en la tabla siguiente:

Tabla 9-42 Productos planos prelacados para aplicaciones exteriores en la edificación - Tolerancias relativas al espesor nominal del recubrimiento

Gama de espesor nominal	Medidas en μm						
	25	> 25 ≤ 35	> 35 ≤ 60	> 60 ≤ 100	> 100 ≤ 200	> 200 ≤ 500	> 500 ≤ 800
Tolerancia inferior sobre la media de tres medidas	4	5	8	15	20	30	40
Tolerancia inferior sobre una sola medida	5	7	12	20	25	35	50

Las tolerancias relativas a los espesores de recubrimientos < 25 μm pueden ser objeto de acuerdo al efectuar el pedido. No hay requisitos para las tolerancias superiores. No hay requisitos para el recubrimiento de la cara no vista.

Color

La inspección del color del recubrimiento orgánico consiste en comparar visualmente una muestra de producto suministrado con una muestra patrón, la cual, previamente a sido objeto de acuerdo. Para una inspección más profunda, la diferencia de color entre la muestra del producto suministrado y la muestra patrón puede medirse instrumentalmente. Las tolerancias de color apropiadas, el método de medida y el dispositivo de medida deben ser objeto de acuerdo al hacer el pedido. Con frecuencia, las cartas de colores no definen colores exactos y por tanto sólo sirven a título indicativo. Debe prestarse atención al hecho de que la medición de un color está influenciada en gran parte por el tipo de instrumento de medida.

Brillo

Cuando se requieran, las tolerancias deben ser conformes a la siguiente tabla:

Tabla 9-43 Productos planos prelacados para aplicaciones exteriores en la edificación - Tolerancias relativas al brillo especular en unidades de brillo sobre un ángulo de 60°

Gama de valores del reflectómetro	Gamas de brillo ¹⁾	Tolerancias sobre el brillo nominal
≤ 10	Mate	± 3
$> 10 \leq 20$	Poco brillante	± 4
$> 20 \leq 40$	Satinado	± 6
$> 40 \leq 60$	Semibrillante	± 8

1) Indicaciones a título informativo.

Adherencia después de la embutición:

Para los recubrimientos líquidos de espesor hasta 60 μm , no debe producirse pérdida de adherencia después de la aplicación de cinta adhesiva para una embutición de 4mm de profundidad (Normas EN ISO 1520 y EN ISO 2409). Para otros recubrimientos líquidos y los recubrimientos sólidos, y para una profundidad máxima de embutición que no provoque la rotura del sustrato, el desprendimiento no debe superar el 75%.

9.5.3. PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO, DE ACERO DULCE PARA ESMALTADO POR VITRIFICACIÓN. UNE-EN 10209; 1996.

Aplicable a los productos planos laminados en frío, no revestidos, de acero bajo en carbono y de anchura igual o superior a 600mm y de espesor igual o inferior a 3mm, suministrados en chapas, bandas anchas, bandas cizalladas o flejes cizallados cortados transversalmente a partir de bandas o chapas. No es aplicable a flejes (anchura de laminación < 600mm) laminados en frío ni a los productos planos laminados en frío para los que existe una norma específica.

□ COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 9-44 Productos planos laminados en frío, de acero dulce para esmaltado por vitrificación - Características 1)

Designación		Designación equivalente anterior	Designación	Método de desoxidación	Garantía de las propiedades mecánicas y ausencia de estrías	R _e N/mm ² 2) 3)	R _m N/mm ²	A ₈₀ % mín 4)	r mín 5)	Composición química en % máx. sobre colada 9)	
Simbólica según EN 10027-1	Númerica									C	Ti
DC01EK	1.0390	FeK1	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses 6)	270	270/390	30		0.08	
DC04EK	1.0392	FeK4	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses	220 11)	270/350	36 11)		0.08	
DC06EK	1.0869	FeK6	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses	190	270/350	38	1.6	0.02	0.30 8)
DC03ED	1.0399	FeD3	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses 6)	240	270/350	34		10)	
DC04ED	1.0394	FeD4	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses	210 7)	270/350	38		10)	
DC06ED	1.0872	FeD6	Acero de calidad no aleado	Completamente calmado	6 meses	190	270/350	38	1.6	0.02	0.30 8)

1) Las propiedades mecánicas sólo son aplicables a productos skin-passed.
2) Los valores del límite elástico se refieren al límite convencional de elasticidad al 0.2% para aquellos casos en que no se presente el fenómeno de cedencia y el límite elástico inferior, R_{eL}, para los que presenten dicho fenómeno.
Para espesores menores o iguales a 0.7mm y mayores de 0.5mm, el valor del límite elástico se debe incrementar en 20N/mm².
Para espesores inferiores o iguales a 0.5mm el límite elástico se debe incrementar en 40N/mm².
3) A efectos del cálculo, el límite inferior de R_e para las calidades DC01EK, DC04EK, DC03ED y DC04ED se considera de 140N/mm², y de 120 N/mm² para las calidades de DC06EK y DC06ED.
4) Para espesores menores o iguales a 0.7mm y mayores de 0.5mm, el valor mínimo de alargamiento de rotura se disminuye en 2 unidades. Para espesores iguales o inferiores a 0.5mm el valor mínimo del alargamiento de rotura se disminuye en 4 unidades.
5) El valor de r sólo es aplicable a productos de espesor igual o mayor de 0.5mm. Si el espesor es mayor de 2mm, el valor de r se disminuye en 0.2.
6) Por acuerdo al hacer el pedido, se puede aplicar otros métodos de desoxidación. En este caso, se deben acordar al hacer el pedido, el período de garantía de las propiedades mecánicas y la ausencia de estrías.
7) Si el espesor es mayor o igual de 1.5mm, el valor mínimo del límite elástico es 225 N/mm².
8) Se puede reemplazar, el titanio por niobio. El carbono y el nitrógeno deben estar completamente ligados.
9) Por acuerdo al hacer el pedido, se pueden suministrar otros tipos de acero que presenten las mismas propiedades mecánicas. En este caso se debe acordar al hacer el pedido la composición química de los aceros.
10) La decarburación de las calidades DC03ED y DC04ED se efectúan normalmente en la fase sólida. El contenido máximo de carbono, determinado por análisis de producto después de la decarburación, debe ser 0.004%. Por acuerdo al hacer el pedido, DC03ED y DC04ED se pueden suministrar en acero aleado (por ejemplo titanio y niobio) sin decarburación en la fase sólida: en este caso los contenidos máximos en C y Ti son los referidos para la calidad DC06ED.
11) A petición del comprador, la calidad DC04EK se pueden suministrar con R_e ≤ 210 N/mm² y A₈₀ ≥ 38% para espesores de 0.7mm a 1.5mm. Incumbe al fabricante la elección de la rugosidad superficial dentro de la gama de rugosidades normales.

❑ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Las características superficiales se refieren al aspecto y al acabado superficial.

Aspecto superficial: Los productos son suministrados con un aspecto superficial que no supone ningún efecto adverso para la aptitud de conformado, la aplicación de una capa de esmalte y el aspecto uniforme de la superficie esmaltada de la capa expuesta. En el caso de suministro de bandas anchas o de bandas cizalladas, el porcentaje de defectos superficiales puede ser mayor que en el caso de suministro de chapas o flejes cizallados cortados transversalmente. Esto debe ser tenido en cuenta por el comprador y el porcentaje de defectos superficiales admisibles se debe fijar por acuerdo particular al hacer el pedido. Salvo acuerdo contrario, una sola superficie del producto debe cumplir las características especificadas. La otra superficie debe ser tal, que durante los tratamientos posteriores no repercuta negativamente sobre la cara de mejor aspecto.

Acabado superficial: El acabado superficial puede ser normal o rugoso. En ausencia de especificaciones al hacer el pedido, los productos se suministran con acabado superficial normal. Los valores límite para la rugosidad superficial media para los dos tipos de acabado superficial normal. Los valores límites para la rugosidad superficial media para los dos tipos de acabado se indican en la siguiente tabla:

Tabla 9-45 Productos planos laminados en frío, de acero dulce para esmaltado por vitrificación - Acabado superficial y rugosidad standard

Acabado superficial	Símbolo	Rugosidad
Normal	m	$0.6 \mu\text{m} < R_a \leq 1.9 \mu\text{m}$
Rugoso	r	$R_a > 1.6 \mu\text{m}$

La medida se debe efectuar de acuerdo con la EURONORMA 49. Por acuerdo particular al hacer el pedido, se pueden contemplar otras gamas de rugosidad para usos específicos.

Estrías: Todos los productos se someten generalmente a un skin-pass ligero después del recocido, para evitar la formación de estrías durante el conformado posterior. La tendencia a la formación de estrías puede reaparecer cierto tiempo después del skin-pass; es por tanto de interés para el utilizador conformar los productos lo antes posible. Los productos de calidad DC06EK y DC06ED no presentan estrías después de la deformación. Para otras calidades, la ausencia de estrías puede ser garantizada durante 6 meses después de la disponibilidad de los productos.

Soldabilidad: El material se considera apto para los procedimientos normales de soldadura con tal que los productos hayan sido desengrasados previamente. El procedimiento de soldadura debe ser especificado al hacer el pedido.

Tolerancias dimensionales y de forma: Norma Europea EN 10131.

9.5.4. PRODUCTOS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GRANALLADOS Y PREPINTADOS POR TRATAMIENTO AUTOMÁTICO. UNE-EN 10238; 1997.

Principales características de los productos de acero de construcción granallados e imprimados por tratamiento automático. No es aplicable a los productos granallados o imprimados de forma manual. En el caso de productos de espesor inferior a 5mm, conviene asegurarse de que el producto no se deforma por el granallado.

❑ RUGOSIDAD:

Al hacer la oferta o el pedido se debe especificar una clase de rugosidad superficial, en cuyo caso, se debe indicar en la designación del producto usando los símbolos F para fina, M para media y C para gruesa. El método de medida a utilizar debe ser conforme con la ISO 8503-2.

❑ TIPOS DE IMPRIMACIÓN

En la tabla siguiente se da una lista de imprimaciones más corrientemente utilizadas. El espesor nominal de película seca más común es de $20\mu\text{m} \pm 5\mu\text{m}$. En el caso de los perfiles, se autorizan en algunas regiones espesores más elevados de imprimación.

Tabla 9-46 Productos de Acero de construcción granallados y prepintados - Imprimación de taller

Características básicas		Símbolo
Ligante	Pigmento	
Epoxi (EP)	Óxido hierro (F)	EPF
Polivinilo butiral (PVC)	Óxido hierro (F)	PVBF
Alcídica (AK)	Óxido hierro (F)	AKF
Acrílica (AY)	Óxido hierro (F)	AYF
Epoxi (EP)	Polvo de cinc (Z)	EPZ
Silicato de etilo (ESI)	Polvo de cinc (Z)	ESIZ

Por acuerdo al hacer el pedido, se pueden aplicar otros espesores de película seca u otros tipos de imprimadores.

9.6. OTROS PRODUCTOS PLANOS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO

9.6.1. CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS. ESPECIFICACIÓN DE CHAPA DE ACERO PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS. UNE-EN 505:2001.

Especifica los requisitos para los productos de protección utilizados en las cubiertas inclinadas, y realizados en chapas de acero con revestimiento metálico con o sin revestimiento orgánico suplementario. Se especifican las características generales, definiciones, así como los requisitos relativos a los materiales a partir de los cuales se pueden fabricar los productos. Los productos pueden ser prefabricados o semiproductos, así como bandas, bobinas o chapas. Es de aplicación a todos los productos de cubierta para colocación en discontinuo y totalmente soportados realizados a partir de chapas de acero. No se incluye ningún requisito relativo a la sustentación, diseño de cubierta, realización de las conexiones y acabados.

❑ MATERIALES

Acero: Todos los tipos de acero de las Normas Europeas EN 10142, EN 10147, EN 10214 y EN 10215 son adecuados para la fabricación de productos para cubiertas totalmente soportadas, tanto en un proceso industrial como en un proceso "in situ". Según las condiciones de fabricación y/o las características mecánicas requeridas, los tipos de acero superiores pueden ser elegidos conforme a los valores de los tipos indicados en las normas respectivas de los materiales.

Recubrimiento metálico nominal: La masa nominal mínima del recubrimiento metálico depende de la localización geográfica y de las condiciones climáticas y debe ser elegida a partir de los datos de la siguiente tabla. La masa del recubrimiento metálico debe ser la suma de las masas de los recubrimientos en las dos caras, en gramos por metro cuadrado medidos y con las tolerancias especificados en la norma correspondiente.

Tabla 9-47 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas- Masas nominales de los recubrimientos metálicos

Tipo de recubrimiento por inmersión en caliente	Designación del recubrimiento	
	con recubrimiento orgánico	sin recubrimiento orgánico
Cinc tipo Z	Z200	Z275
	Z225	Z350
	Z275	Z450
5% Al-Zn tipo ZA	ZA200	ZA255
	ZA255	ZA300
55% Al-Zn tipo AZ	AZ150	AZ150
		AZ185
Aluminio tipo A	A195	A230

Recubrimientos orgánicos: Los principales recubrimientos orgánicos resistentes a la intemperie adecuados para su aplicación como sustrato en los acero con recubrimiento metálico, se indican en la siguiente tabla:

Tabla 9-48 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas - Revestimientos orgánicos aplicados en fábrica

Tipo de recubrimiento	Designación	
Recubiertos aplicados en fábrica	Acrílico	AY
	Poliéster	SP
	Poliéster-modificado silicona	SP-SI
	Polifluoruro de vinilideno	PVDF
	Polifluoruro de vinilo (plastisol)	PVC (P)
	Poliuretano	PUR
	Poliéster-modificado poliamida	SP-PA
	Polifluoruro de vinilideno multicapa	----
	Poliuretano multicapa	----
Capa aplicada por calandrado en fábrica	Polifluoruro de vinilo	PVF (F)

Conviene elegir de forma apropiada el recubrimiento de la cara del revés exigido para el manejo, el almacenamiento y la protección contra la corrosión bajo ciertas condiciones. Los recubrimientos especiales o películas pueden ser aplicados sobre la cara del revés con el fin de reducir la caída de las gotas debidas a la condensación.

❑ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

Tabla 9-49 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas - Tipos de acero

Tipos	Normas de referencia
Chapas y bandas de acero galvanizadas (tipo Z):	
○ Tipos para conformado en frío	EN 10142
○ Tipos para construcción	EN 10147
Chapas y bandas de acero recubiertas de aluminio (tipo A)	EN 505. Anexo A
Chapas y bandas de acero con recubrimiento multicapa	EN 505. Anexo B
Chapas y bandas de acero con recubrimiento en continuo en caliente de una aleación de cinc-aluminio (tipo ZA)	EN 10214
Chapas y bandas de acero con recubrimiento en continuo en caliente de una aleación de aluminio-cinc (tipo AZ)	EN 10215

Si las operaciones particulares de transformación o las condiciones de servicio necesitan la utilización de otros tipos, o de una masa de recubrimiento más elevada, o un acabado superficial especial, debe ser especificado en el momento de hacer el pedido.

❑ **DIMENSIONES Y TOLERANCIAS**

Productos planos: Las tolerancias dimensionales deben ser conformes a la Norma Europea EN 10143. El espesor nominal mínimo (incluyendo recubrimientos metálicos aunque no los recubrimientos orgánicos) debe ser el siguiente:

- Para cubiertas totalmente soportadas: 0.6mm;
- Para las grapas (grapas de fijación, grapas deslizante): 0.6mm;
- Para las bandas de fijación: 0.5mm.

Productos formados (prefabricados): El espesor debe ser el elegido en función de las condiciones de fabricación y de servicio. En función de las prescripciones dimensionales para la fijación y la fabricación, las tolerancias de producción relativas a los productos elaborados debe ser objeto de un acuerdo en el momento de hacer el pedido. Sin embargo, las tolerancias mínimas de las características geométricas, deben ser las de la siguiente tabla (dimensiones medidas en fábrica a una temperatura de la probeta de 20°C). Las medidas deben ser efectuadas a 200mm de los extremos del producto.

Tabla 9-50 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas - Tolerancias dimensionales de los productos formados (prefabricados)

Características geométricas	Tolerancias
Longitud (l)	
• hasta 3000mm	$^{-3}_{+5}$ mm
• mayor o igual de 3000mm	$^{-0.1}_{+0.2}$ % de la longitud nominal
Escuadría (S)	3mm/m de anchura
Rectitud (f_s)	Desviación de 2mm por metro de longitud, hasta una desviación máxima de 10mm
Anchura del recubrimiento (b)	$^{-5}_{+5}$ mm
Profundidad (h)	$^{-1}_{+1.5}$ mm

Seguridad en caso de incendio: Hasta que se publiquen normas europeas apropiadas, los productos recubiertos con recubrimientos orgánicos deberán estar conformes a las reglamentaciones nacionales. Todos los productos mencionados resisten las chispas y radiaciones térmicas. Todos los productos sin recubrimiento orgánico mencionados son incombustibles.

9.6.2. CHAPA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO (TIPO A). NORMA UNE-EN 505. ANEXO A.

Se especifican las características de la chapa de acero recubierta de aluminio en continuo por inmersión en caliente (tipo A). Producto obtenido por recubrimiento de aluminio por inmersión continua en caliente de las bandas laminadas en frío, en acero bajo en carbono no aleado para formado en frío o acero de construcción, sobre una línea de producción continua.

□ TIPOS DE ACERO

Tabla 9-51 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas con recubrimiento de aluminio - Tipos de acero

Tipo de acero. Designación		Límite elástico R_e N/mm ² mínimo	Resistencia a la tracción R_m N/mm ² mínimo	Alargamiento A_{80} % mínimo ¹⁾
Simbólica	Númerica			
S250GD	1.0242	250	330	19
S280GD	1.0244	280	360	18
S320GD	1.0250	320	390	17
S350GD	1.0529	350	420	16

1) Para los espesores de producto $\leq 0.7\text{mm}$ (incluyendo el recubrimiento de aluminio), los valores de los alargamientos mínimos (A_{80}) se deben disminuir en dos unidades.

□ MASAS DE RECUBRIMIENTO

La designación del recubrimiento corresponde a la masa en g/m^2 y se refiere a la masa total para las dos caras.

Tabla 9-52 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas con recubrimiento de aluminio - Masa de recubrimiento

Designación del recubrimiento	Ensayo en tres puntos	Ensayo en un punto
A195 ^{1) 2)}	195 g/m^2	180 g/m^2
A230 ¹⁾	230 g/m^2	210 g/m^2
A305 ³⁾	305 g/m^2	275 g/m^2

1) Las chapas con este recubrimiento pueden ser utilizadas como sustrato para prelacado.
2) Designación ASTM: Al T2 65.
3) Designación ASTM: Al T2 100.

Tolerancias dimensionales: Las tolerancias dimensionales no referidas el espesor del recubrimiento se recogen en la Norma Europea EN 10143.

9.6.3. CHAPA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO MULTICAPA. UNE-EN 505. ANEXO B.

Se especifican las características de la chapa de acero con revestimiento multicapa. Producto obtenido por revestimiento continuo en las dos caras de las bandas laminadas en frío galvanizadas en caliente, en acero bajo en carbono no aleado para formado en frío o en acero de construcción, con una o varias aplicaciones de mezclas termoplásticas de asfalto (espesor mínimo de 1.5mm) seguido del calandrado de una chapa metálica con o sin pintura decorativa.

□ MATERIALES DE SUSTRATO

El material de base para el acero con recubrimiento multicapa es un acero galvanizado en continuo por inmersión en caliente, conforme a la Norma Europea EN 10142 o la Norma Europea EN 10147.

□ MATERIALES DE RECUBRIMIENTO

Los materiales habitualmente utilizados para el acero con recubrimiento multicapa son: betún oxidado al que generalmente se han añadido aditivos y rellenos (compuestos asfálticos); chapa gofrada de aluminio, con 99.5% de pureza con o sin pintura decorativa o película plástica; chapa gofrada de cobre electrolítico, con 99.9% de pureza, con o sin pintura plástica.

□ ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

El espesor total mínimo del recubrimiento debería ser de 1.5mm (para las dos caras).

Tabla 9-53 Chapa metálica para cubiertas totalmente soportadas con recubrimiento multicapa - Masa del recubrimiento de betún

Cara	g/m^2	Tolerancia ¹⁾
Cara superior	1750	- 20%
Cara del envés	220	- 20%

1) No hay ningún requisito para la tolerancia positiva.

El recubrimiento de betún debería ser de betún oxidado que responda a las especificaciones siguientes:

- punto de reblandecimiento: $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- penetración: $1.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$.

Las chapas metálicas deberían responder a las especificaciones siguientes:

- chapa de aluminio: $0.06\text{mm} \pm 0.005\text{mm}$;
- chapa de aluminio prepintada: $0.08\text{mm} \pm 0.006\text{mm}$;
- chapa de cobre: $0.04\text{mm} \pm 0.002\text{mm}$.

9.6.4. **BANDAS Y CHAPAS DE ACERO RECUBIERTAS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE EN UN BAÑO DE ALUMINIO-SILICIO (AS). UNE-EN 10154: 2002.**

Se definen las características de los productos planos de acero de bajo contenido en carbono para conformado en frío, revestidos en continuo por inmersión en caliente de una aleación de aluminio-silicio, o aceros para construcción de espesor igual o inferior a 3.0mm (bobinas) de todos los anchos. El espesor considerado es el espesor final del producto después del revestimiento. Es aplicable a las bandas (anchura $\geq 600\text{mm}$) y los flejes (anchura $< 600\text{mm}$) y a las "longitudes cortadas" (chapas y flejes en tiras) obtenidos de aquellas por corte transversal. El revestimiento de la aleación aluminio-silicio se obtiene por inmersión del producto en un baño que contiene entre 8% a 11% de silicio (también designado como tipo 1). Este tipo de productos están especialmente indicados para aquellas aplicaciones en que se precise una buena protección contra el calor y la corrosión. No es aplicable a los productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente, de aluminio puro (normalmente designados como tipo 2).

□ **TIPOS DE ACEROS**

Los tipos de aceros que pueden suministrarse figuran en las dos siguientes tablas: La tabla siguiente contiene los aceros bajos en carbono listados en orden creciente según su aptitud para el conformado en frío:

- DX51D+AS: Grado para plegado y perfilado;
- DX52D+AS: Grado para embutición;
- DX53D+AS: Grado para embutición profunda;
- DX54D+AS: Grado para embutición extra profunda;
- DX55D+AS: Grado para embutición extra profunda, resistencia al calor hasta 800°C

Tabla 9-54 Bandas y Chapas de acero recubiertas en caliente de aluminio silicio- Tipos de acero y características mecánicas - Acero bajo en carbono para conformado en frío

Designación del tipo de acero			Límite elástico R_e N/mm^2 máx. ^{1) 2)}	Resistencia a la tracción R_m N/mm^2 máx. ²⁾	Alargamiento de rotura A_{80} % mín. ³⁾
Simbólica	Númerica	Símbolo del tipo de recubrimiento			
DX51D	1.0226	+AS	----	500	22
DX52D	1.0350	+AS	$300^{4)}$	420	26
DX53D	1.0355	+AS	260	380	30
DX54D	1.0306	+AS	220	360	34
DX55D	1.0309	+AS	240	370	32

1) Los valores del límite elástico se refieren al límite elástico convencional de elasticidad al 0.2% para aquellos casos que no se presente el fenómeno de cedencia y el límite elástico inferior R_{eL} , para los que presentan dicho fenómeno.

2) Para todos los tipos se puede considerar un valor mínimo del límite elástico, R_e de 140 N/mm^2 y de 270 N/mm^2 para la resistencia a la tracción, R_m .

3) Para los productos de espesor nominal entre 0.5 y 0.7 inclusive, los valores mínimos del alargamiento de rotura, A_{80} , deberán reducirse en 2 unidades. Para productos de espesor nominal menor de 0.5 los valores deben ser objeto de acuerdo en el momento de hacer el pedido.

4) Este valor sólo es aplicable a productos templados (acabado superficial B y C).

La siguiente tabla contiene los aceros de construcción listados en orden creciente según su límite elástico nominal.

Tabla 9-55 Bandas y Chapas de acero recubiertas en caliente de aluminio silicio - Tipos de acero y características mecánicas - Acero de construcción

Designación del tipo de acero			Límite elástico R_{eH} N/mm ² mín.	Resistencia a la tracción R_m N/mm ² mín.	Alargamiento de rotura A_{80} % mín. ¹⁾
Simbólica	Númerica	Símbolo del tipo de recubrimiento			
S250GD	1.0242	+AS	250	330	19
S280GD	1.0244	+AS	280	360	18
S320GD	1.0250	+AS	320	390	17
S350GD	1.0529	+AS	350	420	16

1) Para los productos de espesor nominal $\leq 0.7\text{mm}$, los valores mínimos de alargamiento de rotura, A_{80} , deberán reducirse en 2 unidades.

La resistencia al calor se puede suponer buena hasta temperaturas de 700°C y hasta 800°C para la clase de acero DX55D+AS.

❑ **CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS**

Los valores de las características mecánicas de la tabla de aceros bajo en carbono para conformado en frío son aplicables para aquellos casos en los que el pedido se haya establecido durante un plazo de:

- 8 días: para los tipos DX51D+AS y DX52D+AS;
- 6 meses: para los tipos DX53D+AS, DX54D+AS y DX55D+AS;

contando a partir de la fecha de puesta a disposición por el fabricante.

Para productos planos de acero de construcción se aplican las características mecánicas indicadas en la tabla de aceros para construcción. Un almacenamiento prolongado de los productos puede alterar su aptitud a la conformación. Por tanto, deberán utilizarse lo más rápidamente posible desde su recepción.

Los valores del ensayo a tracción se refieren a:

- probetas transversales, para tipos de acero bajo en carbono.
- probetas longitudinales, para tipos de acero de construcción.

Estos valores, se refieren a la sección de una probeta decapada (no recubierta).

❑ **RECUBRIMIENTOS**

Tabla 9-56 Bandas y Chapas de acero recubiertas en caliente de aluminio silicio - Masa de recubrimiento

Tipo de recubrimiento	Masa mínima de recubrimiento en g/m ² , ambas caras ¹⁾	
	Ensayo de triple muestra	Ensayo de muestra simple
060	60	45
080	80	60
100	100	75
120	120	90
150	150	115

1) Una masa de recubrimiento, por ambas caras, de 100 g/m², equivale aproximadamente, a un espesor de capa de 17µm por cara.

Para aplicaciones especiales se pueden suministrar masas de recubrimiento diferentes a las de la tabla anterior previo acuerdo al hacer el pedido entre el fabricante y el usuario. La aptitud a la deformación y al soldeo disminuye cuanto mayor es el espesor de la capa de recubrimiento. La masa de recubrimiento solicitada debe ser compatible con las exigencias de conformado y de soldeo. Durante el recubrimiento por inmersión en baño se forma una capa de aleación de Fe-Si-Al sobre el material base, cuyo espesor depende de la composición química y de las características metalúrgicas del material base. Cuando se requiere en valor máximo para la masa de esta capa, se debe acordar especialmente al hacer el pedido.

❑ **ACABADO SUPERFICIAL**

Los productos pueden ser suministrados con uno de los acabados superficiales siguientes:

Acabado ordinario (A): En este acabado se permiten pequeños cráteres, puntos negros, ligeras rayas y pequeñas manchas de pasivación. Se puede observar un ligero acostillado y sobreespesores locales en el recubrimiento.

Acabado mejorado (B): El acabado se obtiene generalmente aplicando un temper (skin-pass).

En este acabado son admisibles defectos localizados tales como aquellos que se deben a una pasada del tratamiento mecánico, marcas de cilindros, irregularidades, estrías, huellas, irregularidades en el floreado y sobreespesores en el recubrimiento, así como ligeras marcas de pasivación; no se admite la presencia de picaduras. Para aplicaciones especiales, y por acuerdo entre el fabricante y el utilizador, los productos pueden suministrarse con un acabado brillante. En este caso la superficie es de tipo "B".

Acabado superior (C): El acabado C se obtiene mediante un temper (skin-pass). La cara de mejor acabado debe estar prácticamente libre de defectos y en ningún caso debe afectar a la uniformidad de una pintura de calidad. La otra cara debe presentar, al menos, un acabado B.

❑ **TRATAMIENTO SUPERFICIAL (PROTECCIÓN SUPERFICIAL):**

Los productos planos recubiertos en caliente de aluminio-silicio generalmente se recubren en fábrica con una de las protecciones superficiales que describen a continuación. Las propiedades inhibidoras de las protecciones superficiales son limitadas en el tiempo. La duración de la protección varía según las distintas atmósferas.

Pasivación química (C): La pasivación química protege la superficie de la humedad y atenúa el riesgo de aparición de depósitos de productos de corrosión (óxido blanco). Este tratamiento puede provocar coloraciones locales que no afectan en nada a la calidad. Por acuerdo al hacer el pedido, los productos de aspecto brillante que han sido pasivados químicamente, se pueden proteger por una cara con una película despegable.

Aceitado (O): Este tratamiento disminuye el riesgo de formación de productos de corrosión (óxido blanco). La capa de aceite se debe poder eliminar mediante un desengrasante adecuado que no afecte negativamente a la capa de recubrimiento. Los productos suministrados aceitados pueden precisar una lubricación adicional antes del laminado o estirado.

Pasivación química y aceitado (CO): Cuando se solicita una mayor protección contra la formación de productos de la corrosión (óxido blanco) se emplea la pasivación química y el aceitado ulterior; este tipo de protección debe ser objeto de acuerdo.

Productos sin tratamiento (U): A petición expresa del cliente y bajo su responsabilidad, los productos planos recubiertos de aluminio-silicio, se pueden suministrar sin tratamiento de protección superficial. En este caso, aumenta notablemente el riesgo de formación de productos de corrosión (óxido blanco).

❑ **AUSENCIA DE ACOSTILLADO O FACETAS**

Aceros bajos en carbono para conformado en frío: Cuando se precise en especial una garantía de ausencia de facetas, puede ser necesario someter los productos a una ligera pasada de temperado o por una pasada a través de una enderezadora-desnervadora. Estos tratamientos pueden disminuir la aptitud a la conformación. Los principios y las condiciones que dan lugar a la formación de facetas son los mismos que dan lugar a las líneas de cedencia.

Aceros de construcción: La ausencia de acostillado o facetas debe acordarse previamente e indicarse en el pedido.

❑ **LÍNEAS DE CEDENCIA**

Para evitar la formación de líneas de cedencia durante la conformación en frío, puede ser necesario someter los productos a una ligera pasada de temperado. La tendencia a la formación de líneas de cedencia reaparece con el tiempo, por lo que se recomienda al utilizador que transforme los productos en el menor plazo posible. Se puede garantizar la ausencia de líneas de cedencia en los productos suministrados con los acabados B y C durante un período de:

- 1 mes, para los tipos DX51D+AS y DX52D+AS;
 - 6 meses; para los tipos DX53D+AS, DX54D+AS y DX55D+AS;
- contado a partir de la fecha de puesta a disposición por el fabricante.

❑ MASA DE RECUBRIMIENTO

Las masas de recubrimiento deben ser las indicadas en la tabla de masa de recubrimiento. Estos valores corresponden a la masa total del recubrimiento sobre las dos caras, para el ensayo de triple muestra (triple punto) y los del ensayo de muestra simple o punto simple. La masa de recubrimiento no siempre se reparte uniformemente por las dos caras del producto. Por ello, en los casos de recubrimiento por las dos caras, se puede admitir que, en los puntos de una cara, los valores de la masa de recubrimiento sean inferiores a los valores indicados en la tabla para el ensayo de simple muestra (punto simple), pero en cualquier caso deben ser, al menos, el 40% del valor indicado en la tabla de masa de recubrimiento. Para cada uno de los tipos de recubrimiento recogidos en la tabla de masa de recubrimiento, se puede convenir valores máximo y mínimo en cada cara del producto en el ensayo individual.

❑ ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO

Después del doblado, el recubrimiento no debe presentar ningún tipo de desprendimiento. Para eliminar la influencia del corte, no deberá tenerse en cuenta una zona de 6mm de anchura en los bordes de la probeta. Se admite que el recubrimiento presente fisuraciones y rugosidades.

❑ CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES

Salvo acuerdo en contrario al hacer el pedido, el fabricante sólo inspeccionará una cara. A petición del comprador, el fabricante deberá indicar si se inspeccionado la cara de arriba o la de abajo. No será motivo de rechazo ligeros “dientes de sierra” en los bordes de los productos cizallados. En los suministros en forma de bobina (de banda o de fleje), existe mayor riesgo de defectos de superficie que cuando se entrega en chapas o chapas cortadas ya que no es posible que el fabricante pueda eliminar la zonas defectuosas de la bobina. El comprador deberá tener esto en cuenta al evaluar los productos.

❑ APTITUD PARA UNA TRANSFORMACIÓN ULTERIOR

Los productos definidos en esta norma son aptos para el soldeo por los procedimientos habituales. Para los tipos de recubrimiento de masa más alta, puede ser necesario tomar precauciones especiales.

❑ CONFORMADO

Según el tipo de acero considerado, los productos deben ser aptos para el estirado, el conformado o el perfilado.

❑ RECUBRIMIENTO ORGÁNICO

A todos los tipos de acero y a todos los acabados se les debe poder aplicar un recubrimiento orgánico. Después de estos tratamientos, la apariencia del producto depende del grado de acabado solicitado. El utilizador debe dar una preparación superficial particular antes del recubrimiento o de la pintura.

Medidas, tolerancias dimensionales y de forma; EN 10143.

9.6.5. BANDA DE ACERO AL CARBONO, LAMINADO EN FRÍO RECUBIERTA DE ALEACIÓN DE PLOMO POR INMERSIÓN EN CALIENTE. UNE 36-131-78.

Se especifican las características de las bandas de acero laminadas en frío de tipo comercial y de embutición y recubiertas (en continuo o no) de una aleación de plomo. Este producto se designa comúnmente chapa emplomada. Se aplica a la chapa emplomada que se fabrica generalmente en la gama de espesores comprendidos entre 0.30 y 2.0mm (ambos incluidos) y en anchuras comprendidas entre 600 y 1400mm. Es aplicable asimismo a los flejes obtenidos por corte longitudinal de una banda.

❑ COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de la chapa base estará de acuerdo con lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla 9-57 Banda laminada en frío recubierta de aleación de plomo - Análisis químico (análisis de colada) del metal base

Tipo	Grado	Código al acero	Composición química			
			C % máx.	Mn % máx.	P % máx.	S % máx.
Comercial		00	0.15	0.60	0.05	0.05
Embutición	Normal	02	0.12	0.50	0.04	0.04
	Profunda	03	0.10	0.45	0.03	0.03
	Profunda con calmado especial	04	0.08	0.45	0.03	0.03

Análisis de colada: El análisis de colada debe realizarlo el fabricante con el fin de determinar los contenidos exigidos en carbono, manganeso, azufre y fósforo. Deberá facilitarlo al cliente o a su representante a petición de estos.

Análisis sobre producto: Es el realizado para verificar la composición química del producto acabado. Los aceros no calmados (efervescentes o tapados) no son técnicamente aptos para un análisis sobre producto. Para el acero calmado (04) debe establecerse, previo acuerdo en el pedido, el método de muestreo y las desviaciones máximas admisibles.

□ MASA DE RECUBRIMIENTO

Tabla 9-58 Banda laminada en frío recubierta de aleación de plomo - Masa de recubrimiento

Designación del recubrimiento	Valor mínimo de recubrimiento en g/m ²	
	Ensayo de triple muestra	Ensayo de muestra simple
001	No se establece el mínimo	No se establece el mínimo
050	50	40
075	75	60
100	100	75
120	120	90

□ PROPIEDADES MECÁNICAS

Salvo en los casos en que el pedido se especifique para una aplicación determinada, al acero, en el momento de la entrega deberá cumplir las características mecánicas establecidas en la siguiente tabla.

Tabla 9-59 Banda laminada en frío recubierta de aleación de plomo - Características mecánicas

Tipo	Grado	Designación	R _m máximo		A mínimo ¹⁾		Doblado 180°
			N/mm ²	kgf/mm ²	L ₀ = 50mm	L ₀ = 80mm	
Comercial		00	----	----	----	----	1 e
Embutición	Normal	01	430	44	24	23	----
	Profunda	03	410	42	26	25	----
	Profunda con calmado especial	04	410	42	29	28	----

1) Para espesores hasta 0.6mm los valores de alargamiento deben rebajarse en 2%.

□ TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Son aplicables las tolerancias de la Norma UNE 36-563 (EN 10131). Para el espesor, salvo acuerdo en contrario son aplicables las tolerancias de Tipo I.

Índice de Tablas:

Productos Planos Recubiertos

TABLA 9-1 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIAS DE ESPESOR DE PRODUCTOS PLANOS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO EN CALIENTE EN ACEROS DE BAJO CONTENIDO EN CARBONO PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO, ASÍ COMO PARA ACEROS DE CONSTRUCCIÓN CON VALOR MÍNIMO DEL LÍMITE ELÁSTICO ESPECIFICADO $< 280 \text{ N/MM}^2$ (INCLUIDOS LOS GRADOS DE ACERO FE E 550G O S 550GD).	227
TABLA 9-2 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIAS DE ESPESOR DE LOS PRODUCTOS PLANOS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO EN CALIENTE EN ACEROS DE CONSTRUCCIÓN DE VALOR MÍNIMO DE LÍMITE ELÁSTICO $\geq 280 \text{ N/MM}^2$ (CON LA EXCLUSIÓN DE LOS GRADOS FE E 550G O S 550GD).	227
TABLA 9-3 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIAS DE ANCHURA DE LOS PRODUCTOS PLANOS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO POR INMERSIÓN EN CALIENTE DE ANCHURA NOMINAL $\geq 600 \text{ MM}$ (BOBINAS Y CHAPAS).	228
TABLA 9-4 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIA EN ANCHURA DE LOS PRODUCTOS CON RECUBRIMIENTO METÁLICO POR INMERSIÓN EN CALIENTE DE ANCHURA NOMINAL $< 600 \text{ MM}$ (BOBINAS CIZALLAS Y FLEJES CIZALLADOS CORTADOS TRANSVERSALMENTE).	228
TABLA 9-5 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIAS DE LONGITUD DE CHAPAS Y BANDAS CIZALLADAS Y CORTADAS TRANSVERSALMENTE.	228
TABLA 9-6 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIAS DE PLANICIDAD DE CHAPAS POR INMERSIÓN EN CALIENTE DE ACEROS DE CONSTRUCCIÓN CON VALOR MÍNIMO DE LÍMITE ELÁSTICO $< 280 \text{ N/MM}^2$.	228
TABLA 9-7 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO CON REVESTIMIENTO METÁLICO - TOLERANCIAS DE PLANICIDAD DE CHAPAS POR INMERSIÓN EN CALIENTE DE ACEROS DE CONSTRUCCIÓN CON VALOR MÍNIMO DE LÍMITE ELÁSTICO $\geq 280 \text{ N/MM}^2 < 360 \text{ N/MM}^2$.	228
TABLA 9-8 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GALVANIZADAS EN CALIENTE - TIPOS DE ACERO Y PROPIEDADES MECÁNICAS.	229
TABLA 9-9 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GALVANIZADAS EN CALIENTE - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE CINC (Z).	230
TABLA 9-10 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GALVANIZADAS EN CALIENTE - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE CINC (ZF).	230
TABLA 9-11 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GALVANIZADAS EN CALIENTE - MASA DE RECUBRIMIENTO.	233
TABLA 9-12 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO BAJO EN CARBONO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO- TIPOS DE ACERO Y PROPIEDADES MECÁNICAS.	233
TABLA 9-13 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO BAJO EN CARBONO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE CINC (Z).	234
TABLA 9-14 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO BAJO EN CARBONO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE CINC (ZF).	234
TABLA 9-15 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO BAJO EN CARBONO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - MASA DE RECUBRIMIENTO.	236

TABLA 9-16 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO- COMPOSICIÓN QUÍMICA (ANÁLISIS DE COLADA).....	237
TABLA 9-17 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - DESVIACIONES ADMISIBLES EN EL ANÁLISIS SOBRE PRODUCTO RESPECTO DE LOS VALORES INDICADOS EN LA TABLA DE COMPOSICIÓN QUÍMICA PARA EL ANÁLISIS DE COLADA.....	238
TABLA 9-18 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ACEROS DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO, RECUBIERTOS EN CONTINUO POR INMERSIÓN EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO	238
TABLA 9-19 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - MASAS DE RECUBRIMIENTO	239
TABLA 9-20 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTOS DE RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE CINC (Z)	239
TABLA 9-21 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTO DEL RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE ALEACIÓN CINC-HIERRO (ZF).....	240
TABLA 9-22 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO DE ALTO LÍMITE ELÁSTICO GALVANIZADAS EN CALIENTE PARA CONFORMACIÓN EN FRÍO - RECUBRIMIENTOS, CALIDADES DE ACABADO Y ASPECTOS DEL RECUBRIMIENTO HABITUALES PARA RECUBRIMIENTOS DE ALEACIONES DE ALUMINIO-CINC (AZ), CINC-ALUMINIO (ZA) Y ALUMINIO-SILICIO (AS)	240
TABLA 9-23 PRODUCTOS PLANOS ELECTROCINCADOS - COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS DE CINC DE FORMA ELECTROLÍTICA ¹⁾	242
TABLA 9-24 PRODUCTOS PLANOS ELECTROCINCADOS - RECUBRIMIENTOS DE CINC ELECTROLÍTICO	243
TABLA 9-25 PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINC - TRATAMIENTOS SUPERFICIALES	244
TABLA 9-26 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINC-NÍQUEL - COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS PRODUCTOS PLANOS DE ACERO BAJO EN CARBONO, CON LAS DOS CARAS RECUBIERTAS ¹⁾	245
TABLA 9-27 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINC-NÍQUEL - COMPOSICIÓN QUÍMICA Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS PRODUCTOS PLANOS DE ACERO BAJO EN CARBONO, RECUBIERTAS SOBRE UNA CARA Y CON RECUBRIMIENTO DIFERENCIAL ^{1) 2)}	246
TABLA 9-28 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE DE CINC-NÍQUEL - RECUBRIMIENTOS	247
TABLA 9-29 PRODUCTOS PLANOS DE ACERO RECUBIERTOS ELECTROLÍTICAMENTE - TIPOS DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES ¹⁾	248
TABLA 9-30 PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS DE CINC-ALUMINIO (ZA) - TIPOS DE ACERO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO.....	249
TABLA 9-31 PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS DE CINC-ALUMINIO (ZA) - TIPOS DE ACERO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ACERO DE CONSTRUCCIÓN	249
TABLA 9-32 PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS DE CINC-ALUMINIO (ZA) - RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS DEL RECUBRIMIENTO	250
TABLA 9-33 PRODUCTOS PLANOS RECUBIERTOS DE CINC-ALUMINIO (ZA) - MASA DE RECUBRIMIENTO.....	251
TABLA 9-34 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO RECUBIERTAS DE DE ALUMINIO-CINC (AZ)- TIPOS DE ACERO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO.....	252

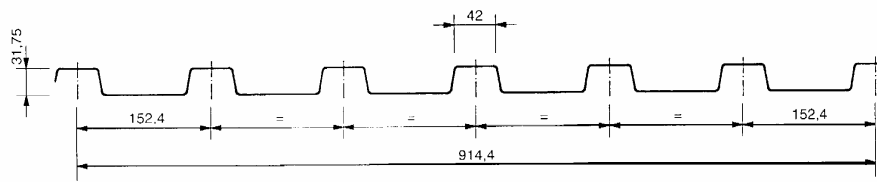
TABLA 9-35 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO RECUBIERTAS DE DE ALUMINIO-CINC (AZ) - TIPOS DE ACERO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ACERO DE CONSTRUCCIÓN	253
TABLA 9-36 CHAPAS Y BOBINAS DE ACERO RECUBIERTAS DE DE ALUMINIO-CINC (AZ) - MASA DE RECUBRIMIENTO.....	253
TABLA 9-37 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS - LISTA DE MATERIAS DE RECUBRIMIENTO MÁS CORRIENTES Y GAMAS DE ESPESORES CORRESPONDIENTES	258
TABLA 9-38 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS - DATOS SOBRE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS.....	259
TABLA 9-39 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS - TOLERANCIAS SOBRE EL ESPESOR NOMINAL DEL RECUBRIMIENTO.....	259
TABLA 9-40 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS - TOLERANCIAS SOBRE EL BRILLO ESPECULAR.....	260
TABLA 9-41 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS PARA APLICACIONES EXTERIORES EN LA EDIFICACIÓN - LISTA DE MATERIAS DE RECUBRIMIENTO MÁS COMUNES Y ESPESOR(ES) DE RECUBRIMIENTO.....	262
TABLA 9-42 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS PARA APLICACIONES EXTERIORES EN LA EDIFICACIÓN - TOLERANCIAS RELATIVAS AL ESPESOR NOMINAL DEL RECUBRIMIENTO.....	263
TABLA 9-43 PRODUCTOS PLANOS PRELACADOS PARA APLICACIONES EXTERIORES EN LA EDIFICACIÓN - TOLERANCIAS RELATIVAS AL BRILLO ESPECULAR EN UNIDADES DE BRILLO SOBRE UN ÁNGULO DE 60°	263
TABLA 9-44 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO, DE ACERO DULCE PARA ESMALTADO POR VITRIFICACIÓN - CARACTERÍSTICAS 1).....	264
TABLA 9-45 PRODUCTOS PLANOS LAMINADOS EN FRÍO, DE ACERO DULCE PARA ESMALTADO POR VITRIFICACIÓN - ACABADO SUPERFICIAL Y RUGOSIDAD STANDARD	265
TABLA 9-46 PRODUCTOS DE ACERO DE CONSTRUCCIÓN GRANALLADOS Y PREPINTADOS - IMPRIMACIÓN DE TALLER.....	265
TABLA 9-47 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS- MASAS NOMINALES DE LOS RECUBRIMIENTOS METÁLICOS.....	266
TABLA 9-48 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS - REVESTIMIENTOS ORGÁNICOS APLICADOS EN FÁBRICA.....	266
TABLA 9-49 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS - TIPOS DE ACERO	267
TABLA 9-50 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS - TOLERANCIAS DIMENSIONALES DE LOS PRODUCTOS FORMADOS (PREFABRICADOS)	267
TABLA 9-51 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS CON RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO - TIPOS DE ACERO	268
TABLA 9-52 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS CON RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO - MASA DE RECUBRIMIENTO.....	268
TABLA 9-53 CHAPA METÁLICA PARA CUBIERTAS TOTALMENTE SOPORTADAS CON RECUBRIMIENTO MULTICAPA - MASA DEL RECUBRIMIENTO DE BETÚN.....	268
TABLA 9-54 BANDAS Y CHAPAS DE ACERO RECUBIERTAS EN CALIENTE DE ALUMINIO SILICIO- TIPOS DE ACERO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ACERO BAJO EN CARBONO PARA CONFORMADO EN FRÍO	269
TABLA 9-55 BANDAS Y CHAPAS DE ACERO RECUBIERTAS EN CALIENTE DE ALUMINIO SILICIO - TIPOS DE ACERO Y CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS - ACERO DE CONSTRUCCIÓN	270
TABLA 9-56 BANDAS Y CHAPAS DE ACERO RECUBIERTAS EN CALIENTE DE ALUMINIO SILICIO - MASA DE RECUBRIMIENTO.....	270
TABLA 9-57 BANDA LAMINADA EN FRÍO RECUBIERTA DE ALEACIÓN DE PLOMO - ANÁLISIS QUÍMICO (ANÁLISIS DE COLADA) DEL METAL BASE	273
TABLA 9-58 BANDA LAMINADA EN FRÍO RECUBIERTA DE ALEACIÓN DE PLOMO - MASA DE RECUBRIMIENTO.....	273

TABLA 9-59 BANDA LAMINADA EN FRÍO RECUBIERTA DE ALEACIÓN DE PLOMO - CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	273

10. PRODUCTOS PLANOS NO NORMALIZADOS	273
10.1. CHAPA PEGASO	273
10.2. CHAPA ONDULADA	273
10.3. CHAPA TRAPEZOIDAL	274
10.4. CHAPA ESTRIADA Y LAGRIMADA.....	275
Anexo A. PERFILES H DE ALAS ANCHAS (Perfil Europeo)	277
A.1 PERFILES HL DE ALAS ANCHAS (PERFIL EUROPEO (UNE 36-524-94, UNE EN 10034:93, UNE EN 10163-3:1991)	277
Anexo B. PANEL NERVADO DE CUBIERTA	278
B.1 PANEL NERVADO DE CUBIERTA (PANELES DE POLIURETANO CON CAPAS DE COBERTURA METÁLICA O NO METÁLICA (UNE 41-950-94).....	278

PRODUCTOS PLANOS NO NORMALIZADOS

10.1. CHAPA PEGASO



PL 32/152

Tabla 0-1 Chapa Pegaso PL 32/152 - Características estáticas

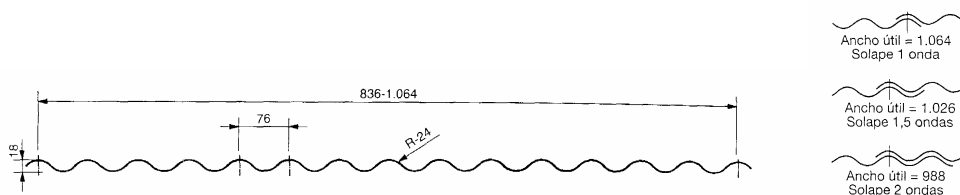
Espesor mm	Peso kg/m ²	Sección cm ² /cm	Inercia I = cm ⁴ /cm	Modulo resistente W = cm ³ /cm
0.6	6.43	8.20	9.99	5.75
0.7	7.51	9.57	12.27	7.26
0.8	8.58	10.94	14.65	8.74
1.0	10.73	13.67	19.71	11.59
1.2	12.87	16.40	25.04	14.01

Tabla 0-2 Chapa Pegaso PL 32/152 - Tabla de utilización

	Espesor mm	Luces en metros								
		1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.50
Dos apoyos	0.6	239	101	52	30	19	13	9	6	5
	0.7	293	124	63	37	23	15	11	8	6
	0.8	350	148	76	44	28	18	13	9	7
	1.0	471	199	102	59	37	25	17	13	10
	1.2	598	252	129	75	47	32	22	16	12
Tres apoyos	0.6	327	184	118	75	47	31	22	16	12
	0.7	413	232	149	92	58	39	27	20	15
	0.8	497	280	179	109	69	46	32	24	18
	1.0	659	371	237	147	93	62	44	32	24
	1.2	797	448	287	187	118	79	55	40	30
Multiapoyada	0.6	382	215	137	95	70	54	42	34	28
	0.7	482	271	174	121	89	68	54	43	36
	0.8	580	326	209	145	107	82	64	52	43
	1.0	770	433	277	192	141	108	86	69	57
	1.2	930	523	335	233	171	131	103	84	69

Cargas en kg/m² uniformemente repartidas para una flecha de: $f < L/200$ en los vanos centrales y tensión máxima admisible de 1600kg/m². Flecha considerada en los vanos de la viga

10.2. CHAPA ONDULADA



PL 18/76

Tabla 0-3 Chapa ondulada PL 18/76 - Características estáticas

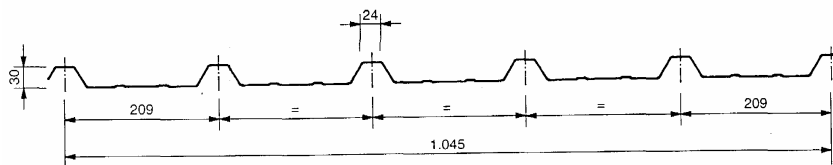
Espesor mm	Inercia I = cm ⁴ /cm	Modulo resistente W = cm ³ /cm	11 Ondas (ancho: 836)		14 Ondas (ancho: 1064)	
			Peso kg/m ²	Sección cm ² /cm	Peso kg/m ²	Sección cm ² /cm
0.5	2.036	2.330	4.695	5.980	4.611	5.874
0.6	2.392	2.719	5.634	7.177	5.533	7.049
0.7	2.787	3.172	6.573	8.373	6.455	8.224
0.8	3.222	3.625	7.512	9.569	7.378	9.398
1.0	4.078	4.532	9.390	11.962	9.222	11.748
1.2	4.894	5.438	11.268	14.354	11.067	14.098

Tabla 0-4 Chapa ondulada PL 18/76 - Tabla de utilización

	Espesor mm	Luces en metros								
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00
Dos apoyos	0.5	164	84	49	31	21	14	11	8	6
	0.6	193	99	57	36	24	17	12	9	7
	0.7	225	115	67	42	28	20	14	11	8
	0.8	260	133	77	48	32	23	17	12	10
	1.0	329	168	97	61	41	29	21	16	12
Tres apoyos	1.2	395	202	117	74	49	35	25	19	15
	0.5	298	191	122	77	51	36	26	20	15
	0.6	348	223	143	90	60	42	31	23	18
	0.7	406	260	166	105	70	49	36	27	21
	0.8	464	297	192	121	81	57	42	31	24
Multiapoyada	1.0	580	371	244	153	103	72	53	40	30
	1.2	696	445	292	184	123	87	63	47	37
	0.5	348	223	155	114	87	69	56	46	39
	0.6	406	260	181	133	102	80	65	54	45
	0.7	474	303	211	155	118	94	76	63	53
	0.8	542	347	241	177	135	107	87	72	60
	1.0	677	433	301	221	169	134	108	90	75
	1.2	812	520	361	265	203	160	130	107	90

Cargas en kg/m² uniformemente repartidas para una flecha de: $f < L_{uz}/200$ en los vanos centrales y tensión máxima admisible de 1600kg/m². Flecha considerada en los vanos de la viga

10.3. CHAPA TRAPEZOIDAL



PL 30/209

Tabla 0-5 Chapa Trapezoidal PL 30/209 - Características estáticas

Espesor mm	Peso kg/m ²	Sección cm ² /cm	Inercia $I = \text{cm}^4/\text{cm}$	Modulo resistente $W = \text{cm}^3/\text{cm}$
0.5	4.70	5.98	6.729	2.924
0.6	5.64	7.17	8.391	3.665
0.7	6.58	8.37	10.034	4.394
0.8	7.52	9.96	11.608	5.082
1.0	9.40	11.96	14.569	6.344
1.2	11.28	15.00	18.270	7.901

Tabla 0-6 Chapa Trapezoidal PL 30/209 - Tabla de utilización

	Espesor mm	Luces en metros								
		1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
Dos apoyos	0.5	374	161	68	35	20	13	8	6	4
	0.6	469	200	85	43	25	16	11	7	5
	0.7	562	240	101	52	30	19	13	9	6
	0.8	650	277	117	60	35	22	15	10	7
	1.0	812	348	147	75	44	27	18	13	9
Tres apoyos	1.2	1011	437	184	94	55	34	23	16	12
	0.5	374	166	94	60	42	31	21	15	11
	0.6	469	208	117	75	52	38	26	19	14
	0.7	562	250	141	90	62	46	32	22	16
	0.8	650	289	163	104	72	53	37	26	19
Multiapoyada	1.0	812	361	203	130	90	66	46	32	23
	1.2	1011	449	253	162	112	83	58	40	29
	0.5	437	194	109	70	49	36	27	22	17
	0.6	548	243	137	88	61	45	34	27	22
	0.7	656	292	164	105	73	54	41	32	26
	0.8	759	337	190	121	84	62	47	37	30
	1.0	948	421	237	152	105	77	59	47	38
	1.2	1180	525	295	189	131	96	74	58	47

Cargas en kg/m² uniformemente repartidas para una flecha de: $f < L_{uz}/200$ en los vanos centrales y tensión máxima admisible de 1600kg/m². Flecha considerada en los vanos de la viga

10.4. CHAPA ESTRIADA Y LAGRIMADA

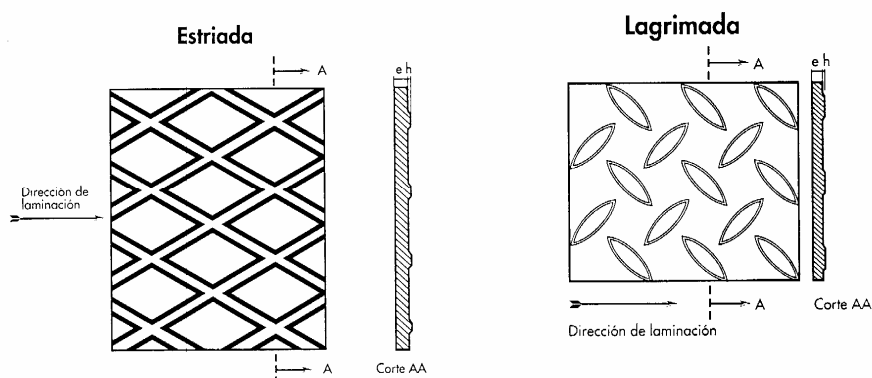


Tabla 0-7 Chapa estriada y lagrimada – Peso por m²

Espesor mm	Peso por m ² kg
3	29.1
4	26.9
5	47.7
5.5	50.9
6	54.8
7	62.6
8	70.7
9	77.7
10	84.0
12	99.7
14	115.4
15	131.1
18	146.8
20	162.5

Espeor resaltes (h) = 2mm para todos los espesores de chapa.

Índice de Tablas:

Chapas no normalizadas

TABLA 10-1 CHAPA PEGASO PL 32/152 - CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS	273
TABLA 10-2 CHAPA PEGASO PL 32/152 - TABLA DE UTILIZACIÓN.....	273
TABLA 10-3 CHAPA ONDULADA PL 18/76 - CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS	273
TABLA 10-4 CHAPA ONDULADA PL 18/76 - TABLA DE UTILIZACIÓN.....	274
TABLA 10-5 CHAPA TRAPEZOIDAL PL 30/209 - CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS	274
TABLA 10-6 CHAPA TRAPEZOIDAL PL 30/209 - TABLA DE UTILIZACIÓN.....	274
TABLA 10-7 CHAPA ESTRIADA Y LAGRIMADA – PESO POR M ²	275

Anexo A. PERFILES H DE ALAS ANCHAS (Perfil Europeo)

A.1 PERFILES HL DE ALAS ANCHAS (PERFIL EUROPEO (UNE 36-524-94, UNE EN 10034:93, UNE EN 10163-3:1991))

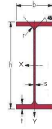


Tabla A-1 Perfiles HL - Medidas, masas y datos de sección

Designación	Medidas en mm					A cm ²	m kg/m	Momento de inercia		Módulo resistente		Radio de giro		m ² /m	m ² /ft
	h	b	s	t	r			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y		
HL 920x342*	912	418	19,3	32	24	436,1	342	624900	39010	13700	1867	37,85	9,46	3,42	9,98
HL 920x365*	916	419	20,3	34,3	24	464,4	365	670500	42120	14640	2011	38,00	9,52	3,43	9,40
HL 920x387*	921	420	21,3	36,6	24	493,0	387	718300	45280	15600	2156	38,17	9,58	3,44	8,88
HL 920x417*	928	422	22,5	39,9	24	532,5	417	787600	50070	16970	2373	38,46	9,70	3,46	8,27
HL 920x446*	933	423	24	42,7	24	569,6	446	846800	53980	18150	2552	38,56	9,73	3,47	7,76
HL 920x488*	942	422	25,9	47	24	621,3	488	935390	59010	19860	2797	38,80	9,75	3,48	7,13
HL 920x534*	950	425	28,4	51,1	24	680,1	534	1031000	65560	21710	3085	38,94	9,82	3,50	6,56
HL 920x585*	960	427	31	55,9	24	745,3	585	1143090	72770	23814	3408	39,16	9,88	3,52	6,02
HL 920x653*	972	431	34,5	62	24	831,9	653	1292000	83050	26590	3854	39,41	9,99	3,56	5,45
HL 920x784*	996	437	40,9	73,9	24	997,7	784	1593000	103300	31980	4728	39,95	10,18	3,62	4,62
HL 920x967*	1028	446	50	89,9	24	1231,0	967	2033000	133900	39540	6003	40,64	10,43	3,70	3,83
HL 1000xAA*	982	400	16,5	27	30	376,8	296	618700	28850	12600	1443	40,52	8,75	3,479	11,76
HL 1000xA*	990	400	16,5	31	30	408,8	321	696400	33120	14070	1656	41,27	9,00	3,495	10,89
HL 1000xB*	1000	400	19	36	30	472,0	371	812100	38480	16240	1924	41,48	9,03	3,510	9,474
HL 1000xM*	1008	402	21	40	30	524,2	412	909800	43410	18050	2160	41,66	9,10	3,530	8,580
HL 1000x443*	1012	402	23,6	41,9	30	563,7	443	966510	45500	19101	2264	41,41	8,98	3,53	7,99
HL 1000x483*	1020	404	25,4	46	30	615,1	483	1067480	50710	20931	2510	41,66	9,08	3,55	7,36
HL 1000x539*	1030	407	28,4	51,1	30	687,2	539	1202540	57630	23350	2832	41,83	9,16	3,58	6,64
HL 1000x554*	1032	408	29,5	52	30	705,8	554	1232000	59100	23880	2897	41,79	9,15	3,59	6,47
HL 1000x591*	1040	409	31	55,9	30	752,7	591	1331040	64010	25597	3130	42,05	9,22	3,60	6,10
HL 1000x642*	1048	412	34	60	30	817,6	642	1451000	70280	27680	3412	42,12	9,27	3,62	5,65
HL 1000x748*	1068	417	39	70	30	953,4	748	1732000	85111	32430	4082	42,62	9,45	3,67	4,91
HL 1000x883*	1092	424	45,5	82	30	1125,3	883	2096000	105000	38390	4952	43,16	9,66	3,74	4,23
HL 1100xA*	1090	400	18	31	20	436,5	343	867400	33120	15920	1656	44,58	8,71	3,710	10,83
HL 1100xB*	1100	400	20	36	20	497,0	390	1005000	38480	18280	1924	44,98	8,80	3,726	9,549
HL 1100xM*	1108	402	22	40	20	551,2	433	1126000	43410	20320	2160	45,19	8,87	3,746	8,657
HL 1100xR*	1118	405	26	45	20	635,2	499	1294000	49980	23150	2468	45,14	8,87	3,770	7,560

Calidad: S235 JR

Anexo B. PANEL NERVADO DE CUBIERTA

B.1 PANEL NERVADO DE CUBIERTA (PANELES DE POLIURETANO CON CAPAS DE COBERTURA METÁLICA O NO METÁLICA (UNE 41-950-94))



Tabla B-1 Panel Nervado de Cubierta – Aislamiento Térmico

 AISLAMIENTO ACÚSTICO (Panel 30 mm.)		 AISLAMIENTO TÉRMICO		
Frecuencia (HZ)	Aislamiento (Db)	Espesor nominal de panel en mm.	Transmisión térmica	
		E	K en Kcal/m² h.°C	K en W/m²°K
125	25	30	0,58	0,68
250	27,5	40	0,45	0,53
500	29	50	0,36	0,43
1000	28,5	60	0,30	0,36
2000	21	70	0,26	0,31
4000	27,5	80	0,23	0,27

(TL) Media: 28,2 Db

Fuente: Catálogo de diversos distribuidores y fabricantes