

RECOMENDACIONES PARA EL TALLER



Las placas de protección de SSAB tienen una composición química simple por lo que ofrecen un alto grado de soldabilidad. Además, estas calidades de acero se pueden soldar empleando los métodos de soldadura convencionales. Entre los tipos de consumibles adecuados se incluyen, dependiendo de la calidad del acero, ferríticos y de acero inoxidable. Todas las calidades de ArmoX se pueden soldar a otros aceros que admitan soldadura.

PREPARACIÓN DE BORDES

Para minimizar las tensiones y, con ello, el riesgo de fractura, es esencial que las piezas de trabajo se ajusten correctamente. La presencia de cualquier tipo de impurezas sobre los bordes, o cerca de ellos, tales como cascarilla de laminado, óxido, aceite, pintura, humedad, etc., deberán limpiarse antes de iniciar el trabajo de soldadura.

DEFINICIÓN DE APORTE TÉRMICO

La soldadura con el aporte térmico recomendado da lugar a buenas propiedades mecánicas en la junta. El aporte térmico (Q) de la soldadura depende de la intensidad, la tensión y la velocidad de desplazamiento, y describe la energía entregada/longitud de la junta. Su valor afecta a las propiedades mecánicas de la junta soldada. Durante la soldadura, hay una pérdida de energía en el arco. El factor de eficiencia térmica [k] es la proporción de aporte térmico transmitido a la junta. Cada método de soldadura

presenta una eficiencia térmica distinta. En el siguiente cuadro se proporcionan valores aproximados de [k].

SOLDADURA POR PUNTOS

Durante la soldadura por puntos, se recomienda que esta tenga un longitud mínima de 50 mm. La razón de esto es evitar el agrietamiento por absorción de hidrógeno de la junta.

VALORES DE CARBONO EQUIVALENTE PARA ARMOX

La resistencia al agrietamiento por absorción de hidrógeno de un acero se puede expresar mediante el carbono equivalente para el acero. Existen distintos valores tipo de carbono equivalente. Los valores tipo de carbono equivalente conforme a CET y CEV, son dos de los más comunes internacionalmente. Un valor bajo de carbono equivalente significa que se requieren unas temperaturas de precalentamiento de junta inferiores.

Los valores típicos para ArmoX se indican en Tabla 1.

$$Q = \frac{k \times U \times I \times 60}{v \times 1000}$$

Q = aporte térmico [kJ/mm]

U = tensión [V]

I = Intensidad [A]

v = velocidad de soldadura [mm/min]

k = eficiencia térmica [adimensional]

Figura 1 Cálculo de la aportación térmica.

Calidad del acero	Rango de espesores	CET ¹ [%]	CEV ¹ [%]
ArmoX 370T CL1 & CL2	3–100 mm	0.46–0.50	0.67–0.73
ArmoX 440T	4–80 mm	0.39–0.42	0.67–0.73
ArmoX 500T	3–80 mm	0.46–0.50 ²	0.67–0.73 ²
ArmoX 600T	4–20 mm	0.58–0.61	0.83–0.86
ArmoX Advance	4–12 mm	0.64–0.68	0.89–0.96

Table 1 ¹ Carbono equivalente, para el cálculo ver la Figura 2. ² Válido para espesores de placa de hasta 70 mm. Los espesores de placa de 70,1–80 mm presentan unos valores CET típicos en el intervalo de 0,50–0,53% y unos valores CEV típicos en el intervalo de 0,73–0,93%.

Las definiciones del CEV y CET de carbono equivalente son:

$$CET = C + \frac{Mn + Mo}{10} + \frac{Cr + Cu}{20} + \frac{Ni}{40}$$

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

Figura 2 Cálculo del carbono equivalente.

SELECCIÓN DE CONSUMIBLES PARA SOLDADURA

Los consumibles ferríticos y de acero inoxidable son los tipos recomendados. El tipo dependerá de la calidad de ArmoX y de los espesores de las placas de la junta. Las siguientes recomendaciones son válidas para todos los tipos de consumibles: Para lograr una combinación óptima de resistencia y tenacidad en la junta soldada, se debe seleccionar un consumible con la menor

resistencia posible pero que cumpla los requisitos de resistencia establecidos para la junta. El uso de consumibles de baja resistencia puede ofrecer distintas ventajas como, por ejemplo, una mayor tenacidad del metal de soldadura, una mayor resistencia al agrietamiento por absorción de hidrógeno y una reducción de tensiones residuales en la junta. Por ello, los diseñadores deberán intentar aplicar la soldadura en zonas de baja tensión.

CONSUMIBLES FERRÍTICOS NO ALEADOS Y CON BAJO CONTENIDO DE ALEACIÓN

Si se seleccionan consumibles ferríticos no aleados o con bajo contenido de aleación, el límite de elasticidad adecuado de estos consumibles es de aproximadamente 500 MPa. El contenido de hidrógeno máximo recomendado de los consumibles es de 5 ml/100 g de metal de soldadura. Los consumibles para soldadura MAG con electrodo sólido y para soldadura TIG, puede satisfacer este requisito. Para otros métodos de soldadura, los siguientes tipos de consumibles ofrecen la posibilidad de cumplir los criterios sobre hidrógeno establecidos:

- Soldadura MAG con electrodos de núcleo fundente: Electrodo básico y de rutilo
- Soldadura MAG con electrodos de núcleo metálico: algunas marcas
- SAW: combinaciones de electrodos básicos de núcleo y metálico

En los tres últimos casos, los niveles exactos de hidrógeno se pueden consultar en la ficha técnica del consumible.

CONSUMIBLES AUSTENÍTICOS

Los consumibles austeníticos recomendados son los conformes con AWS 307 o AWS 309. Recomendamos dar preferencia a los consumibles conformes con AWS 307 frente a los conformes con AWS 309. Estos tipos de consumibles ofrecen unos límites de elasticidad de hasta aproximadamente 500 MPa en todo el metal de soldadura. El tipo AWS 307 soporta mejor el agrietamiento

en caliente que el tipo AWS 309. Para los consumibles de acero inoxidable no se han establecido criterios sobre el contenido máximo de hidrógeno. La razón es que el hidrógeno no afecta el rendimiento tanto como lo hacen los consumibles no aleados y con bajo contenido de aleación.

MANIPULACIÓN DE LOS CONSUMIBLES

Si se almacenan todos los tipos de consumibles conforme a las recomendaciones del fabricante, se mantendrán los niveles previstos de contenido de hidrógeno. Si necesita más información podrá encontrarla en el documento de TechSupport referente a los consumibles. Podrá encontrarlo en el Centro de descargas en www.ssab.es. Busque el término 'consumibles'.

TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO

Se han definido unas recomendaciones referentes a las temperaturas mínimas y máximas de precalentamiento de la junta durante el proceso de soldadura. Es necesario alcanzar las temperaturas mínimas de precalentamiento para evitar agrietamiento por absorción de hidrógeno. Por otra parte, se establecen unas temperaturas máximas de precalentamiento para evitar la degradación de las propiedades mecánicas de toda la estructura soldada. Las recomendaciones sobre temperaturas de precalentamiento se proporcionan en la Tabla 2. La temperatura mínima de precalentamiento dependerá de la calidad del acero, del espesor de la placa, del tipo de consumible empleado y de la aportación térmica aplicada. Si se utilizan consumibles ferríticos, siempre se recomienda el precalentamiento.

TEMPERATURAS MÍNIMAS DE PRECALENTAMIENTO PARA DISTINTOS ESPESORES DE PLACA SIMPLE (MM)

Consumibles ferríticos. Temperatura mínima de precalentamiento recomendada para distintos espesores de placa (mm).

	Espesor	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Armox 370 T Class 1, Class 2	3-100 mm	50°C	100°C 125°C	150°C	175°C	175°C	175°C	175°C	200°C	200°C	200°C	200°C
Armox 440 T	4-30 mm	50°C	75°C 125°C	150°C	175°C	175°C	200°C	200°C	200°C	200°C	200°C	200°C
Armox 500 T	3-80 mm	50°C	100°C 125°C	150°C	175°C	175°C	175°C	175°C	200°C	200°C	200°C	200°C

■ Consumibles de acero inoxidable solamente Fuera del rango de dimensiones

Consumibles austeníticos. Temperatura mínima de precalentamiento recomendada para distintos espesores de chapa (mm).

	Espesor	3	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Armox 370 T Class 1, Class 2	3-100 mm								100°C	100°C	100°C	100°C
Armox 440 T	4-30 mm								100°C	100°C	100°C	100°C
Armox 500 T	3-80 mm								100°C	100°C	100°C	100°C
Armox 600 T	4-20 mm											
Armox advanced	4-12 mm	100°C										

■ Temperatura ambiente (aprox. 20 °C) Fuera del rango de dimensiones

Table 2 Las temperaturas mínimas de precalentamiento recomendadas son válidas para aportaciones térmicas de 1,7 kJ/mm o superiores. Aumentar la temperatura mínima de precalentamiento en 25 °C, en relación con las temperaturas de precalentamiento indicadas en la tabla de la página anterior, en cada uno de los casos siguientes:

1. Soldadura de juntas fijadas firmemente.
2. Para aportes térmicos en el intervalo de 1,0-1,6 kJ/mm Si necesita información sobre las temperaturas mínimas de precalentamiento con unos bajos aportes térmicos inferiores a 1,0 kJ/mm, póngase en contacto con SSAB.
3. Si la humedad ambiente es elevada o la temperatura del aire circundante o de la junta es inferior a +5 °C

La temperatura ambiente se refiere a la temperatura del aire circundante y a la temperatura de la junta de aproximadamente 18-25 °C. Si esto no fuera posible, en estas áreas serían admisibles unas temperaturas inferiores a +5 °C.

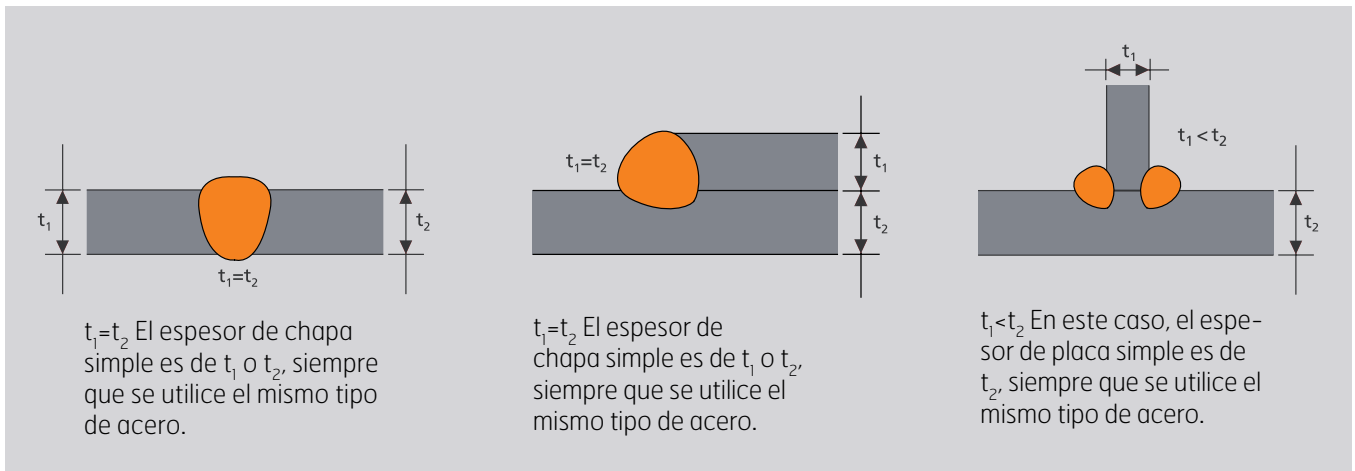


Figura 3 Espesores de placas simple y combinadas.

Temperaturas máximas recomendadas de precalentamiento/entre pasadas	
Armax 370 T Armax 370 T, clase 2	400°C
Armax 440 T	200°C
Armax 500 T	200°C
Armax 600 T	180°C
Armax Advance	150°C

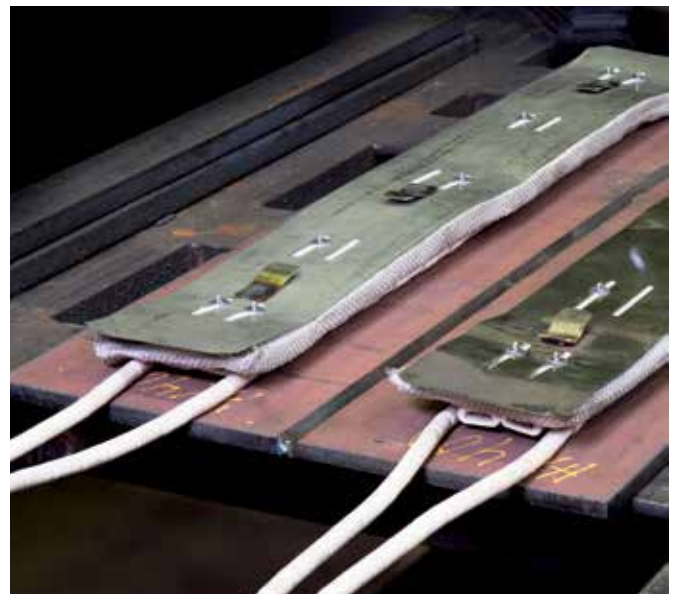


Tabla 3 Temperaturas máximas de precalentamiento.

Figura 4 Usando equipos de precalentamiento.

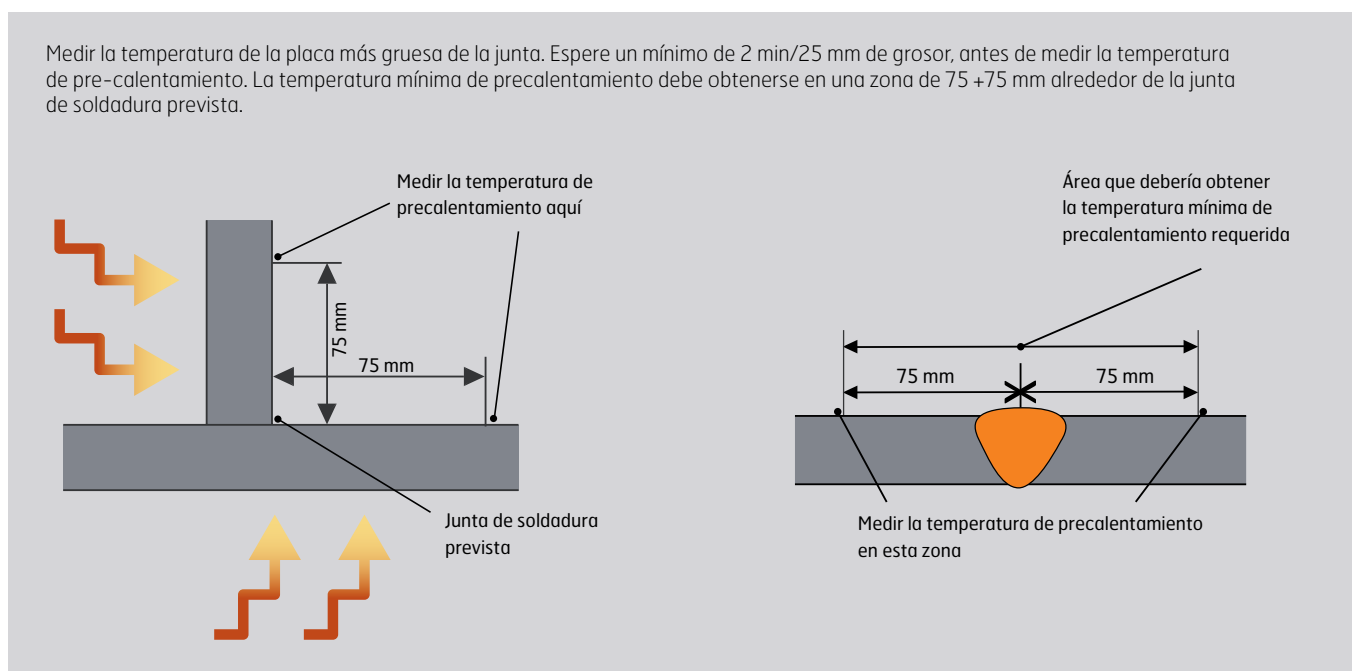


Figura 5 Rendimiento del precalentamiento.

RECOMENDACIÓN DE CORTE

Todas las placas Armox con alto nivel de dureza (consultar la tabla siguiente) deben cortarse en condiciones controladas, tal y como se describe a continuación:

Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440	Armox 500T	Armox 600T	Armox Advance	Método de corte recomendado
Hasta 15 mm	Hasta 25 mm	Hasta 15 mm	Hasta 10 mm	-	<ul style="list-style-type: none"> • Chorro de agua abrasivo • Plasma • Láser • Disco abrasivo
15–25 mm	25–30 mm	15–25 mm	10–20 mm	-	<ul style="list-style-type: none"> • Chorro de agua abrasivo • Láser • Oxicorte a velocidad reducida • Oxicorte más precalentamiento a 170 ffl 30°C • Disco abrasivo
40–60 mm	25–30 mm	40–60 mm	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Chorro de agua abrasivo • Oxicorte más precalentamiento a 170 ffl 30°C más mantenimiento a una temperatura de 160 ffl 40°C durante cuatro horas • Disco abrasivo
Mayor de 60 mm	-	Mayor de 60 mm	-	Hasta 12 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Chorro de agua abrasivo • Disco abrasivo

Tabla 4 Métodos de corte preferidos.



Abrasive waterjet

CHORRO DE AGUA ABRASIVO

Este proceso es válido para todas las placas Armox y es, además, el método preferido por la ausencia de zonas afectadas por el calor (HAZ), lo que elimina el riesgo de que se produzcan grietas.



Laser cutting

CORTE POR LÁSER

Este proceso puede utilizarse para cortar chapas de Armox Advanced y Armox 600T de hasta aprox. 20 mm de espesor. Genera un ancho de corte estrecho, generalmente inferior a 1 mm, y una zona afectada por el calor (HAZ) generalmente inferior a 3 mm.



Plasma cutting

CORTE POR PLASMA

Este proceso puede utilizarse para cortar placas de Armox Advanced y Armox 600T de hasta aprox. 25 mm de espesor. Genera un ancho de corte generalmente de 3–4 mm y una zona afectada por el calor (HAZ) de hasta 5 mm. El corte por plasma puede realizarse bajo el agua, ya que minimiza el alcance de la distorsión y genera una HAZ mucho más pequeña.



Gas cutting

OXICORTE

Este proceso puede utilizarse con placas Armox de hasta 60 mm de espesor. Consultar la información detallada que se proporciona en la Tabla 6. Genera un ancho de corte de 2–5 mm y una zona afectada por el calor (HAZ) de 4–10 mm de anchura.

Llevar a cabo oxicortes sin control en placas de blindaje de alta dureza puede ofrecer como resultado

el agrietamiento por absorción de hidrógeno (también denominado como agrietamiento en frío) en chapas con espesores superiores a 20–30 mm. Cuanto mayor sea el espesor de placa, mayor será la sensibilidad al agrietamiento.

La técnica más eficaz para evitar el agrietamiento durante y después del proceso de corte es precalentar la placa y, a continuación, mantener las piezas a cortar a una temperatura elevada, tal y como se indica en la Tabla 4.

El precalentamiento consiste en calentar toda la placa o bien, una zona de 100 mm de anchura como mínimo, a cada lado del ancho de corte que se va a producir, hasta la temperatura mínima especificada antes de comenzar el proceso de corte. Para ello, pueden utilizarse hornos de calentamiento controlado por termostato, equipos de precalentamiento o, en algunos casos, quemadores de gas para mantener la temperatura durante todo el proceso.

Estos equipos también pueden emplearse para mantener las piezas a cortar a una temperatura elevada, tal y como se indica en la Tabla 6. La velocidad de corte solo se puede reducir si las piezas a cortar presentan la anchura necesaria para consumir el exceso de calor. Si tiene alguna duda, póngase en contacto con SSAB.

DISCO ABRASIVO

Este proceso se aplica generalmente al corte de tubos y varillas, pero también se puede usar para corte en línea recta de toda la gama de placas Armox de alta dureza. El ancho de corte corresponde al grosor del disco y no genera una zona afectada por el calor (HAZ) o genera una muy pequeña.

RECOMENDACIONES DE MECANIZADO

Para perforar se recomienda usar brocas de acero de alta velocidad o brocas de carburo cementado. Para perforar Armox con brocas HSS empleando taladros de columna/radiales se recomienda usar brocas de acero aleado con cobalto (HSS-Co 8%) con un ángulo de espiral pequeño. Para practicar agujeros individuales se puede usar una broca HSS estándar

Consejos para reducir las vibraciones y prolongar la vida útil de la broca:

- Minimice la distancia con respecto a la columna y entre la punta de la broca y la pieza.
- No utilice una broca más larga de lo necesario
- Utilice siempre soportes metálicos
- Sujete firmemente la pieza
- Utilice un banco de trabajo sólido y firme
- Utilice refrigerante
- Justo antes de que la broca atraviese la pieza, desactive la velocidad de avance durante un segundo aproximadamente. De lo contrario, la holgura/retorno elástico podrían partir la punta de la broca. Vuelva a activar la velocidad de avance cuando deje de haber holgura/retorno elástico.

Broca HSS



	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T
V_c [m/min]	~ 9	~ 7	~ 5
D_c [mm]	Velocidad de avance [mm/rev] y velocidad [RPM]		
5	0.05 / 575	0.05 / 445	0.05 / 320
10	0.10 / 285	0.09 / 220	0.08 / 130
20	0.23 / 145	0.20 / 110	0.18 / 65
30	0.35 / 95	0.30 / 75	0.25 / 45

Tabla 5

RECOMENDACIONES PARA PERFORACIÓN CUANDO EL ESTADO DE LA MÁQUINA ES ÓPTIMO

Broca de carburo cementado



	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T	Armox 600T	Armox Advance
Velocidad de corte V_c [m/min]	35–45	30–40	25–35	20–30	18–25
Velocidad de avance, f_n [mm/rev]	0.1–0.15	0.1–0.15	0.08–0.12	0.06–0.1	0.08–0.10

Tabla 6

Cabezales de perforación intercambiables



	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T	Armox 600T
Velocidad de corte, V_c [m/min]	35–45	30–40	20–30	20–30
Velocidad de avance, f_n [mm/rev]	0.10–0.15	0.1–0.15	0.08–0.12	0.07–0.12

Tabla 7

Broca con elemento indexable



	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T	Armox 600T
Velocidad de corte, V_c [m/min]	60–80	50–70	40–60	30–40
Velocidad de avance, f_n [mm/rev]	0.06–0.14	0.06–0.14	0.06–0.12	0.05–0.1

Tabla 8

AVELLANADO CÓNICO Y CILÍNDRICO

La mejor forma de llevar a cabo el avellanado cónico/cilíndrico es utilizar herramientas con elementos intercambiables. Utilice siempre una guía de piloto giratoria y refrigerante.



	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T	Armox 600T
V_c [m/min]	25–70	20–50	17–50	12–40
Velocidad de avance [mm/rev]	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20	0.10–0.20
D_c [mm]	Velocidad [RPM]			
19	420–1175	335–840	285–840	201–670
24	330–930	265–665	225–665	151–531
34	235–655	185–470	160–470	112–375
42	190–530	150–380	130–380	91–303
57	140–390	110–280	95–280	67–223

Tabla 9 *Reduzca los datos de corte alrededor del 30% en el avellanado cónico

PRETALADRADO/FRESADO DE ROSCAS

El uso de herramientas adecuadas permite realizar cualquier operación de pretaladrado/fresado de roscas en placas Armox de cualquier calidad. Se recomienda usar brocas de pretaladrado de 4 labios de corte que soporten los elevados pares de torsión que se generan durante el pretaladrado de los materiales duros. Si la resistencia no es un factor crítico, el agujero perforado puede ser un 3% mayor de lo normal, lo que prolongará la vida útil de la broca.

	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T
V_c [m/min]	~ 5	~ 3	~ 2.5
D_c [mm]	Velocidad de avance [mm/rev] y velocidad [RPM]		
M5	320	-	-
M10	160	95	80
M16	100	60	50
M20	80	50	40
M24	65	40	30
M30	55	30	25



Broca para agujeros ciegos.

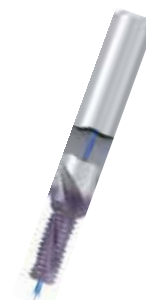
Broca para agujeros pasantes.

Tabla 10 - El pretaladrado no es adecuado, por lo que recomendamos el fresado de la rosca.

FRESADO DE METAL DURO CEMENTADO

	Armox 370T CL1 & CL2	Armox 440T	Armox 500T	Armox 600T	Armox Advance
Velocidad de corte V_c [m/min] y velocidad de avance [mm/rev]					
V_c	60–80	50–70	40–60	30–40	25–35
f_n	0.02–0.05	0.02–0.05	0.02–0.05	0.01–0.03	0.01–0.03

Tabla 11 * Para gestionar el fresado de roscas, es necesaria una máquina de control numérico por computadora (CNC) y la rosca debe hacerse en 2 pasadas.



FRESADO

Para garantizar la producción en serie, se recomienda usar fresas con elementos de carburo cementado.

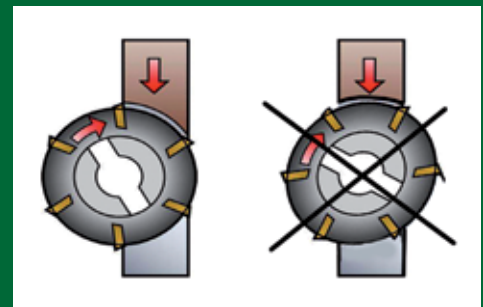


FRESADO PLANO		
Calidad	P30 / C6	P20-P30 / C6-C7
Condiciones	average	stable
Velocidad de avance [fz]	0.1-0.2-0.3	0.1-0.2
Velocidad de corte, V_c [m/min]		
Armox 370T CL1 & CL2	150-120-110	150-120
Armox 440T	150-120-110	150-120
Armox 500T	120-100	120-100
Armox 500T	120-100	120-100
Armox 600T	-	* 70-50
Armox Advance	-	* 50-35

Tabla 12 * Velocidad de avance [fz] recomendada de 0,07-0,12.

Recuerde:

- Debe colocar la fresa excéntrica (a la izquierda) para conseguir una viruta más gruesa en la entrada y evitar una viruta gruesa en la salida.
- El diámetro de la fresa debería ser un 20-50% mayor que la anchura de corte, ae .
- Evitar centrar la fresa con la línea central ya que esto aumentará el nivel de vibraciones.
- Realice siempre un fresado descendente (codireccional).



	CC	
Calidad	P30 / C6	recubierto
Condiciones	estable	estable
Velocidad de avance [fz]	0.02-0.20	0.05-0.15
Velocidad de corte V_c [m/min]		
Armox 370T CL1 & CL2	100	110-90
Armox 440T	100	110-90
Armox 500T	80	90-70
Armox 600	-	-
Armox Advance	-	-

Tabla 13

RECOMENDACIONES PARA EL DOBLEZ

En esta sección se trata el doblar libre, aunque también se puede usar el método de plegado o curvado de cilindros. Los resultados del doblar dependen de varios factores que hemos dividido en tres grupos: placa, herramientas y método. Las propiedades físicas típicas de los materiales se indican en la tabla siguiente.

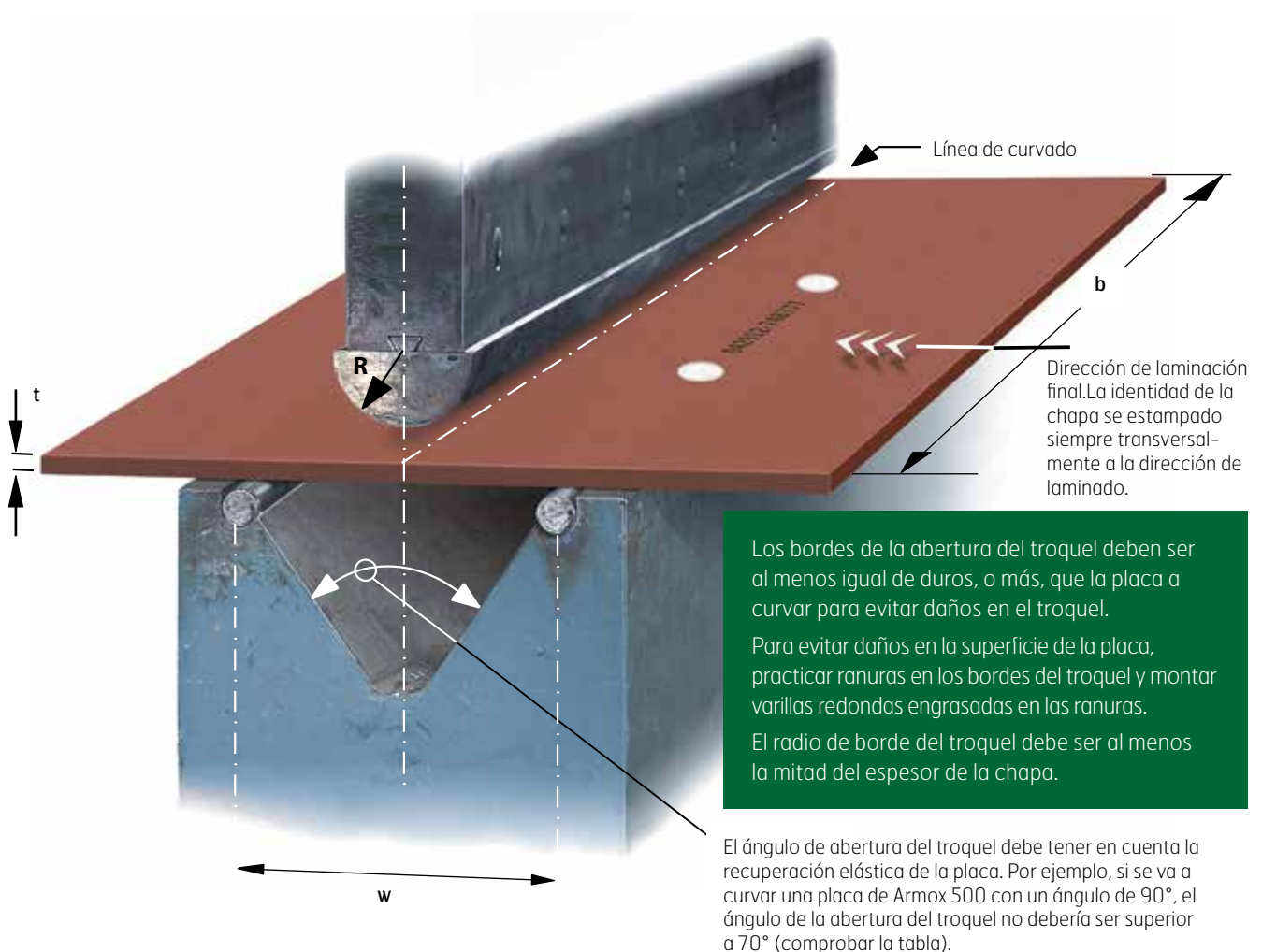


Figura 6 Radio mínimo de punzonado recomendado (R) y abertura del troquel (W) para espesor de placa (t) cuando la placa se dobla 90° en paralelo a la dirección del laminado y transversal a la dirección final de laminado, junto con la recuperación elástica correspondiente.

Se recomienda un doblar transversal a la dirección del laminado final

- Doblar en los ángulos correctos en relación a la dirección de laminado
- Mecanizar si es necesario eliminar algún defecto superficial antes del doblar.
- Rectificar también los bordes cizallados

La identidad de la placa se estampa siempre transversalmente a la dirección de laminado. Evitar colocar la placa de modo que la estampación se realice en la dirección de laminado ya que existe el riesgo de agrietamiento. Los bordes de la abertura del troquel deben ser al menos igual de duros, o más, que la placa a doblar para evitar daños en el troquel.

Una forma sencilla de lograr esto es practicar ranuras en los bordes del troquel y montar varillas engrasadas en las ranuras. El radio de borde del troquel debe ser al menos la mitad del grosor de la placa. El ángulo de la apertura del troquel debería permitir la recuperación elástica de la placa sin que la herramienta llegue a tocar el fondo. Por ejemplo, si se va a doblar una placa de ArmoX 500 con un ángulo de 90°, el ángulo de la abertura del troquel no debería ser superior a 70° (consultar la Tabla 1).

	Dureza [HBW]	Tensión de rotura R_m [MPa]	Elongación A_5 [%]
S 355 acc to EN10025	180	550	28
Armox 370T CL1 & CL2	380–430	1200	11
Armox 440	420–480	1400	10
Armox 500T	480–540	1600	8
Armox 600T	570–640	2000	7
Armox Advance	58–63 HRC	>2000	>7

Tabla 14 Mantener la atención durante toda la fase de doblé por la alta resistencia de la placa y la alta fuerza de doblé necesaria.

Los resultados de una operación de doblé dependerán de la placa, las herramientas y el método empleado:

LA PLACA

Calidad del acero

Observe que el aumento de la fuerza de doblé y recuperación elástica es directamente proporcional a la resistencia de la placa. (En la Tabla 16 se proporcionan los valores típicos de tensión de rotura).

Placa más dura:

- aumento de la fuerza de doblé
- aumento de la recuperación elástica
- radio de herramienta superior más amplio

Superficie de la placa

Nuestras recomendaciones son válidas para placa granallada y con pintura anti-corrosión. Los daños y el óxido de la superficie sometida a tensión durante el curvado pueden provocar una notable reducción de la capacidad de curvado. En casos críticos, este tipo de defectos se suelen eliminar a menudo con un esmeril. Las marcas de desbaste deberán quedar orientadas preferiblemente en sentido perpendicular a la línea de doblé.

Bordes de la placa

Los bordes cortados y cizallados deberán desbarbarse y redondearse con un esmeril.

Dirección del laminado de la placa

La placa se puede doblar con radios más pequeños en los ángulos adecuados en relación a la dirección de laminado que en la dirección de laminado. Consultar la Figura 1 y la tabla que se proporciona en la página siguiente.

Longitud de doblé (b)

Si la longitud de doblé es 10 veces inferior al espesor de la placa, esta podrá curvarse a menudo con radios más pequeños que los indicados en la tabla que se proporciona en la página siguiente.

LAS HERRAMIENTAS

Radio de punzón (R)

El radio de punzado correcto, junto con la anchura del troquel, es el parámetro más importante a tener en cuenta al doblar placas Armox (consultar la Tabla 2). Al doblar un acero de alta resistencia, el radio interior final a menudo es más pequeño que el radio del punzón. Ver la figura de abajo. Cuando la fricción entre la placa y las herramientas es baja, este fenómeno se hace más evidente.

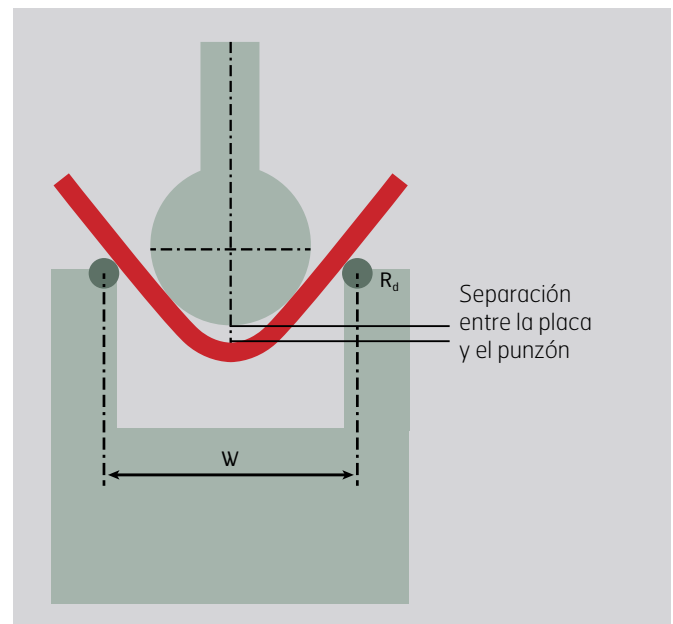


Figura 7 S Distancia a la placa durante el proceso de doblé.

	Espesor [mm]	En ángulos rectos R/t	A lo largo R/t	En ángulos rectos W/t	A lo largo W/t	Recuperación elástica [°]
Armox 370T CL1 & CL2	t<8	3.0	3.5	9	10.5	9-13
	8-15	4.0	5.0	10	11	
	>-15	5.0	6.0	12	13	
Armox 440	t<8	4.0	4.0	10	10	11-18
	8-15	4.0	4.0	10	12	
	>-15	4.5	5.0	12	14	
Armox 500T	t<8	4.0	4.0	10	12	12-20
	8-15	4.0	4.0	12	14	
	>-15	5.5	6.0	16	18	
Armox 600T	Póngase en contacto SSAB					
Advance	Póngase en contacto SSAB					

Tabla 15 Radio mínimo de punzonado recomendado (R) y abertura del troquel (W) para espesor de placa (t) cuando la placa se dobla 90° en la dirección de laminado y en los ángulos adecuados en relación con la dirección de laminado, así como la recuperación elástica correspondiente.

Mantener la atención durante toda la fase de doblez por la alta resistencia de la placa y la alta fuerza de doblez necesaria. Si la placa se agrieta, podrían salir despedidos fragmentos de material. Durante la operación de doblez, el operario y el resto del personal debe situarse a un lado de la máquina y nunca delante de la misma.

LAS HERRAMIENTAS (CONT.)

Anchura de la apertura del troquel (W)

En la Tabla 16 se indica la apertura mínima del troquel recomendada. Si la anchura es mayor, la fuerza de doblez y las marcas de impresión podrían reducirse a expensas de un aumento de la recuperación elástica.

Observe que el ángulo de la apertura debe ser tan pequeño como para permitir una cantidad suficiente de exceso de doblez. (Consultar la Figura 6 y la Tabla 16). En el doblez de cilindros, la recuperación elástica será mucho mayor que los valores indicados.

PROCEDIMIENTO DE DOBLEZ

Fricción

Los bordes del troquel deben estar limpios y en buen estado. La fuerza de doblez necesario y el riesgo de agrietamiento pueden reducirse usando como bordes de troquel varillas redondas que puedan girar libremente y/o lubricando los bordes del troquel.

Angulo de doblez

Las recomendaciones que se proporcionan en la Tabla 16 se refieren al doblez a un ángulo de 90°. Observe que el ángulo de doblez afecta en menor medida a la fuerza necesaria y la recuperación elástica que la anchura de la apertura del troquel y la calidad del acero. La recuperación elástica se puede compensar

mediante un exceso de doblez con el mismo número de grados.

Fuerza de doblez (P)

Para realizar una estimación de la fuerza necesaria durante el doblez, debe prestar atención no solo a la longitud de doblez, el espesor de la placa, la anchura del troquel y la tensión de rotura, también debe estar atento al cambio de la palanca de par durante el doblez. Se supone que la carga máxima se alcanza a un ángulo de abertura de curvado de 120° con fricción normal (sin lubricación). Se recomienda realizar siempre ensayos de prueba.

ANCHURA DE TROQUEL

La recuperación elástica aumenta al aumentar la anchura de troquel, mientras que la fuerza de punzonado se reduce. Asegúrese de que el ángulo de apertura del troquel permite un exceso de doblez, sin que la herramienta llegue al fondo, para compensar la recuperación elástica. Un aumento de la anchura de apertura de troquel pueden, en muchos casos, reducir el nivel de tensión en el doblez. Asimismo, asegúrese de que en el troquel queda espacio suficiente para el punzón seleccionado y la pieza durante el proceso de doblez para que el troquel no se deforme. La anchura mínima de abertura de troquel recomendada se indica en la Tabla 16.

El troquel debería estar equipado preferiblemente con varillas redondas engrasada de acero de herramientas endurecido, tal y como se mencionó anteriormente. Si el troquel carece de cilindros, el radio de borde del troquel debe ser al menos la mitad del espesor de la p. Alternativamente, la anchura del troquel debería aumentarse para minimizar la presión en el radio de los bordes del troquel para poder reducir el riesgo de que queden marcas. Para evitar un desgaste excesivo de las herramientas, estas deben ser más duras que la pieza que se procesa.

$$P = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_m}{(W - R_d - R_p) \cdot 9\,800}$$

P = Bend force, tons (metric)
t = Plate thickness, mm
W = Die width, mm (figure 1)
b = Bend length, mm

R_m = Tensile strength, MPa (table 1)
R_d = Die entry radius, mm
R_p = Punch radius, mm

Figura 8

SSAB es una empresa nórdica siderúrgica con sede también en Estados Unidos. SSAB ofrece productos y servicios de valor añadido desarrollados en estrecha colaboración con sus clientes para crear un mundo más sólido, ligero y sostenible. SSAB proporciona empleo a personas en más de 50 países. SSAB cuenta con instalaciones de producción en Suecia, Finlandia y Estados Unidos. SSAB cotiza en bolsa, en el mercado Nasdaq de Estocolmo, y de manera secundaria en el mercado Nasdaq de Helsinki. www.ssab.com

SSAB Mexico
Batallón San Patricio 109, Loc 403
San Pedro Garza García, NL, 66269
Mexico

T: +52(81) 8192 9130
contactmexico@ssab.com

www.ssab.com

En este catálogo, le hacemos sugerencias en general y le presentamos modelos de cálculo. SSAB Oxelösund AB declina toda responsabilidad respecto a su idoneidad para casos concretos. Es responsabilidad del usuario del manual adaptar las recomendaciones contenidas en el mismo a los requisitos de cada aplicación particular.

701-esMX-ArmoX-Workshop-recommendations-V1-2018.

SSAB