

Atornillamiento directo en metales con tornillos autoformantes

según DIN 7500

Qué hay que tener en cuenta en la conformación y la construcción?

- Los tornillos según DIN 7500 (sección trilobular) forman sin arranque de viruta una rosca interior métrica calibrada.
- Los tornillos están bonificados por cementación para una resistencia a la tracción de aprox. 800 N/mm.
- El autorroscado es posible en metales dúctiles como acero, metales no féreos y metales ligeros de hasta aprox. 140 a 160 HV.
- El autorroscado no es adecuado para metales frágiles como fundición gris.
- Los tornillos autoformantes en INOX A2 solamente pueden ser roscados correctamente en metales ligeros.
- No se requieren elementos de seguridad adicionales, como arandelas de seguridad. La seguridad frente a la vibración se garantiza mediante la fricción de la rosca.
- Son posibles de 10 a 20 montajes repetidos.
- Las propiedades mecánicas de la fijación pueden mejorarse en láminas metálicas delgadas mediante agujeros punzonados.

- En el caso de agujeros «perforados con láser» se recomienda realizar ensayos previos (las superficies de corte podrían ser demasiado duras.)
- En el caso de usos críticos será necesario realizar ensayos previos. Póngase en contacto con nuestro departamento de ingeniería lo antes posible con respecto a su desarrollo de productos.
- Para que un tornillo autoformante cumpla su función, este debe lubricarse de forma correcta. Para ello pueden utilizarse sistemas de lubricación integrados y/o fijados de forma adicional a la protección de superficie.
- En tornillos autoformantes recubiertos con cincado electro-lítico existe un riesgo de rotura a causa de fragilización por hidrógeno. Para evitar este riesgo de fragilización por hidrógeno debe realizarse un tratamiento conforme a ISO 4042. Por tanto, los tornillos bonificados de alta resistencia de las clases de resistencia 8.8 y superiores no deben sustituirse por tornillos autoformantes templados por cementación sin una comprobación razonable.

Nota

El requisito para una unión atornillada segura es la conformación adecuada para la función de los componentes y la elección del elemento de fijación correcto.

Propiedades mecánicas y funcionales de tornillos autoformantes según DIN 7500 y ISO 7085

A = extremo cónico del tornillo de máx. 4 P

B = longitud útil de la rosca

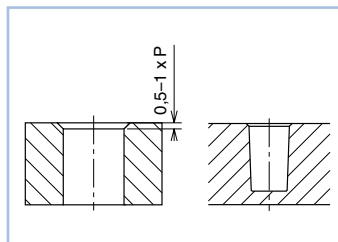
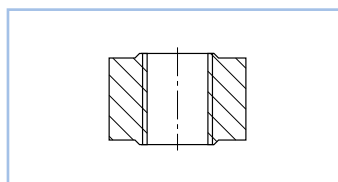
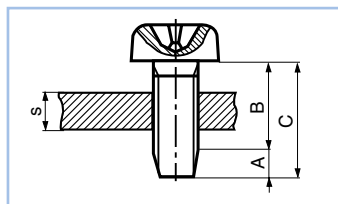
C = longitud total, tolerancia js 16

s = grosor del material

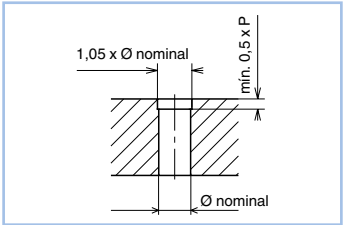
En la determinación de la longitud del tornillo tiene que tenerse en cuenta la longitud del extremo cónico del tornillo.

Conformación de los agujeros previos

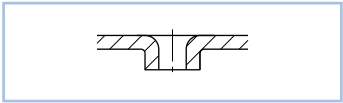
A través del desplazamiento de material durante la formación de la rosca, se produce un pequeño talón en el margen del agujero para roscar. Este puede ser un obstáculo en el ensamblaje de piezas lisas, por lo que se recomienda un avellanado de los márgenes del agujero para roscar de 90° a una profundidad de 0,5 a 1 x el paso de la rosca P o un avellanado cilíndrico.



El avellanado cilíndrico tiene la ventaja de que mediante la adaptación de la profundidad de avellanado, la profundidad de rosado se puede mantener constante en piezas de sujeción de grosores diferentes. En materiales y dimensiones de tornillos iguales, esto se traduce en pares de montaje iguales. También se recomienda en caso de fundición a presión.



En chapas finas, un punzonado aumenta la capacidad de carga de la fijación.



» Solicitar información detallada a Bossard Engineering.

Propiedades de resistencia, geometría del agujero previo en piezas acero

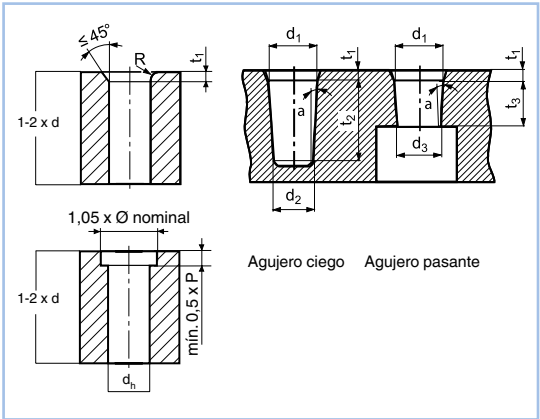
Indicaciones técnicas	Diámetro nominal de rosca							
	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
Paso de la rosca P [mm]	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,25
Par de apriete máx. [Nm]	aprox. 80 % del par de fractura							
Par de rotura mínimo ¹⁾ [Nm]	0,4	1	1,8	2,8	4,1	8,7	15	37
Fuerza de tensión mín. ¹⁾ [kN]	1,65	2,7	4	5,4	7	11,4	16	29
Grosor del material s [mm]	Diámetro del agujero para roscar d – H11 para acero, HB máx. 135; perforado o punzonado							
2 o menor	1,8	2,25	2,7	3,2	3,6	4,5	5,4	–
4	1,85	2,3	2,75	3,2	3,65	4,55	5,5	7,3
6	–	2,35	2,75	3,2	3,7	4,6	5,5	7,4
8	–	–	–	–	3,7	4,65	5,55	7,4
10 y superiores	–	–	–	–	–	4,65	5,6	7,5

¹⁾ Ensayo de torsión en el tornillo conforme a ISO 898-7:
El tornillo a comprobar debe fijarse en un dispositivo apropiado conforme a ISO 898, parte 7. La comprobación de los momentos de torsión de rotura mínimos conforme a ISO 898-7 guarda exclusivamente relación con la carga de torsión bajo las condiciones de fijación definidas.

Agujeros para roscar para fundición a presión
Todas las recomendaciones deberán comprobarse siempre mediante ensayos de montaje.

Generalidades

- t₁ [mm]: área superior del agujero, con conicidad reforzada para redondeos ventajosos desde el punto de vista técnico de la fundición, refuerzo del mandril, centrado de tornillo, evitación de recalado de material y adaptación a las longitudes normalizadas de los tornillos económicas
- t₂ [mm]: agujero para roscar, ángulo de apriete α máximo 1°
- t₃ [mm]: área portante del agujero para roscar, ángulo de apriete α máximo 1°



Valores de referencia para la geometría de agujeros en aluminio / fundición a presión de zinc

Dimensiones (mm)	Diámetro nominal de rosca							
	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8
d _{H11}	1,81	2,3	2,75	3,25	3,65	4,65	5,5	7,5
d ₁	mín.	1,85	2,33	2,84	3,31	3,74	4,72	5,66
	máx.	1,91	2,39	2,90	3,39	3,82	4,80	5,74
d ₂	mín.	1,75	2,22	2,70	3,13	3,56	4,50	5,40
	máx.	1,81	2,28	2,76	3,21	3,64	4,58	5,48
d ₃	mín.	1,80	2,28	2,75	3,22	3,65	4,61	5,5
	máx.	1,86	2,34	2,83	3,30	3,73	4,69	5,61
t ₁	variable, mínimo 1x paso de rosca P							
t ₂	4	5	6	7	8	10	12	16
t ₃	2	2,5	3	3,5	4	5	6	8

Qué hay que tener en cuenta durante el montaje?

- La seguridad y la rentabilidad de las fijaciones sólo pueden garantizarse con el uso de destornilladores controlados por par o por ángulo de giro.
- Se recomienda que las revoluciones se encuentren entre 300 y 1000 r.p.m.** Pueden usarse tanto destornilladores con accionamiento neumático como con accionamiento eléctrico.
- En ensayos con los componentes se recomienda comprobar la precisión de repetición del proceso de atornillado para poder tener en cuenta las influencias aún no registradas.

– Si desea realizar montajes con dispositivos automáticos de atornillado, póngase en contacto con nosotros lo antes posible para que podamos definir y fabricar sus tornillos en la **calidad necesaria del dispositivo automático** (tener en cuenta los tiempos de entrega). El montaje automático de «tornillos de almacén» no se recomienda por norma general y en la mayoría de los casos no cubre las exigencias de una solución rentable.

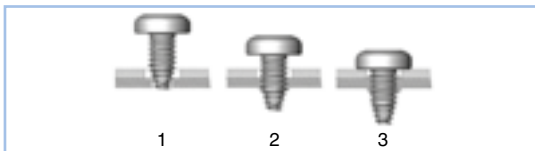
► Cálculo de los pares
Página F.072

SHEETtracs® – Tornillos autorroscantes con cabeza alomada

Recomendaciones acerca del agujero punzonado¹⁾

SHEETtracs®	Ø externo d ₁ [mm]	Espesor de la chapa s [mm]	Ø punzonado d _v (Tolerancia + 0,1) [mm]	Par de apriete M _A [Nm]
30	3	0,5–0,63	2	1
		0,63–0,88	2,1	1,2
35	3,5	0,63–0,88	2,2	1,3
		0,88–1	2,4	1,5
		1–1,25	2,6	1,5
40	4	0,63–0,88	2,6	2
		0,88–1	2,8	2,5
		1–1,25	3	2,5
50	5	0,63–0,75	3,8	2,5
		0,75–0,88	4,1	3
		0,88–1	4,2	3,5
		1–1,25	4,3	3,5
		1,25–1,5	4,4	4
60	6	0,88–1	4,8	4
		1–1,25	4,9	5
		1,25–1,5	5,1	6

¹⁾ Recomendación para chapas / ensamblajes de chapas en acero laminado en frío, aceros blandos según DIN EN 10130 (DC 01–DC 04)



Fases del proceso

- 1 Insertar
- 2 Formación de la rosca
- 3 Apriete

Atornillado directo en aceros inoxidables con tornillos autorroscantes

según DIN 7500

¿Qué se debe tener en cuenta durante el dimensionado y construcción?

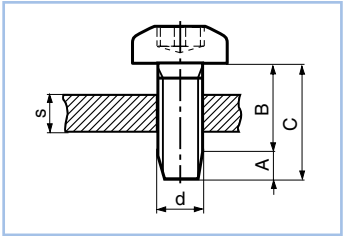
- Los tornillos Bossard ecosyn®-IMX simplifican sus procesos de fabricación, aumentan la seguridad de sujeción y poseen una resistencia probada a la corrosión.
- Gracias a su fabricación en acero inoxidable martensítico templado y revenido, los tornillos ecosyn®-IMX también pueden

roskar en acero inoxidable, como el 1.4301 / A2. Los tornillos autorroscantes DIN7500 (de sección trilobular) crean una rosca interna de perfil métrico sin generar virutas.

Ejecución de los taladros previos

Observe que el diámetro del taladro previo depende de la dureza y grosor del material, así como del mecanizado del agujero. Asimismo, los tornillos autorroscantes tienen hilos formadores en la punta. Esto facilita su inserción y alineación con el agujero, al mismo tiempo que facilita la creación de la rosca. La longitud A de la punta formadora es de 4 x P (P = paso de la rosca).

- A = extremo cónico del tornillo de máx. 4 P
- B = longitud útil de la rosca
- C = longitud total
- d = diámetro del tornillo
- s = espesor del material



Valores de referencia para el diámetro de los agujeros en acero inoxidable

El proceso de punzonado puede endurecer el borde del agujero taladrado. Para garantizar un uso seguro, es recomendable realizar pruebas de atornillado.

Espesor del material s [mm]	Diámetro del tornillo d (H11)			
	M2,5	M3	M4	M5
1	2,25	–	–	–
2	2,3	2,75	–	–
3	2,35	2,8	3,7	4,6
4	–	2,85	3,75	4,65
5	–	–	3,8	4,7
6	–	–	–	4,75

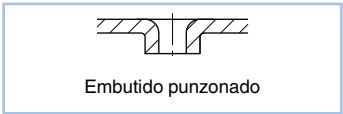
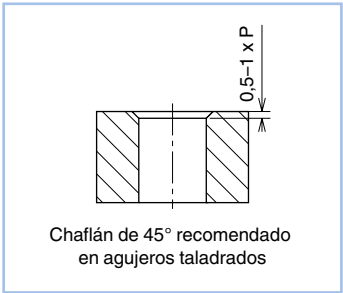
Los valores de referencia están basados en ensayos de laboratorio y deben comprobarse y autorizarse para cada aplicación. Puede que sea necesario efectuar modificaciones adicionales dependiendo de las condiciones reales.

Se recomienda realizar ensayos para validar los valores de referencia.

Selección de geometrías de agujeros

- Punzonado
 - Corte por láser
 - Taladrado (se recomienda chaflán de 0,5–1,0 x P)
 - Punzonados-embutidos según ~DIN 7952-1
- Aumento del engarce de rosca en chapas finas. Chaflán no necesario.

La ausencia de avellanado puede causar que el tornillo expulse material.



Nota

El requisito previo para una unión atornillada segura es la ejecución correcta de los componentes, adaptada a su función, y la selección del elemento de sujeción correcto. Los tornillos ecosyn®-IMX de acero inoxidable martensítico templado y revenido están concebidos especialmente para el atornillado directo en chapas finas inoxidables (INOX A2, etc.). Los tornillos

pueden roscar en metales capaces de deformarse plásticamente, con dureza comprendida entre los 135 HV y 250 HV. En caso de emplear en un entorno agresivo, con determinadas combinaciones de material y en algunas condiciones climáticas, pueden sufrir corrosión interna por fisuras.

Valores de referencia para el montaje**Resistencia a la torsión**

El par de creación de rosca y el par de apriete deben ser siempre inferiores al par mínimo de rotura del tornillo.

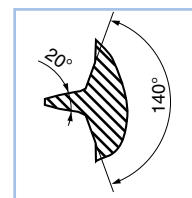
Para el montaje, se recomienda el uso de herramientas automáticas con sistema de desconexión segura o embrague. La velocidad de montaje recomendada es de 400 rpm. El par de apriete debe establecerse mediante ensayos en la aplicación real.

Diámetro del tornillo	Par mínimo de rotura [Nm]
M2,5	1,2
M3	2,1
M4	4,5
M5	9,4

Atornillamiento directo en termoplásticos con tornillos Delta PT®

El Delta PT® presenta todas las propiedades del tornillo PT®. El Delta PT® ofrece además las siguientes ventajas:

- La nueva geometría de los flancos de rosca con el ángulo de flanco principal de 20° favorece la conformación del plástico
- Con el mismo Ø nominal d_1 , hasta un 50% más de resistencia a la tracción y a la torsión gracias a la sección aumentada del núcleo
- Seguridad frente a la vibración aumentada gracias a un paso menor de la rosca
- Vida útil considerablemente mayor de la unión
- Tolerancias de Ø menores
- Elemento de fijación robusto que puede transmitir más precarga
- El programa de cálculo de Delta PT®, DELTACALC®, permite una construcción orientada a la precarga según VDI 2230

**DELTA PT****Uniones más económicas**

El siguiente ejemplo muestra cómo, para un mismo engarce de rosca A_{FL} , gracias a un paso de rosca P inferior es posible diseñar la unión con una menor longitud roscada t_b . Se puede calcular el valor de la longitud roscada para tornillos DELTA PT® con la expresión de A_{FL} .

La comparación entre el tornillo Delta PT® y el PT® da como resultado: **Al emplear Delta PT® se puede utilizar un tornillo más pequeño o más corto y, por lo tanto, más económico.**

	A_{FL} [mm²]	P [mm]	d [mm]	t_b [mm]
PT® K 50	35	2,24	4	13,24
Delta PT® 50	35	1,8	4	10,42
Delta PT® 40	35	1,46	3,2	11,75

$$A_{FL} = (d_1^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \frac{t_b}{P}$$

Recomendaciones de diseño

- Para fijaciones sencillas son suficientes las recomendaciones aquí publicadas.
- Para la unión mediante fuerzas de servicio, estaremos encantados de ayudarle durante la conformación, incluso con el apoyo de DELTACALC®.
- Gran selección de diámetros de cabeza (BN 20040) al unir piezas de sujeción de plástico. La fricción de la cabeza aumenta la seguridad del proceso durante el montaje; una reducida presión superficial tiene como resultado una relajación menor, y con ella, unas mayores fuerzas de sujeción residuales.
- Evitación de tornillos avellanados en piezas de sujeción de plástico. El ángulo de 90° no sólo tiene como resultado una relajación axial, sino también una radial, lo que en caso de una distancia marginal reducida tiene como consecuencia unas pérdidas de carga previa elevadas, pudiendo provocar la fractura de la pieza de sujeción.
- Evitación de agujeros oblongos en piezas de sujeción de plástico. Por falta del asiento de la cabeza, el momento de moldeo puede ser mayor al momento de fricción de la cabeza, lo que impide un montaje seguro.
- Las fuerzas transversales deberían absorberse por la unión geométrica de los componentes.
- Prever un orificio de escape d_e (evitación de grietas por tensión)

Forma de poste hueco para tornillos Delta PT®

La carga previa máxima alcanzable al trasroscar es el criterio para el **Ø óptimo del agujero d** . No depende tanto del material del tubo y de la profundidad de roscado t_e , sino más bien de el paso de la rosca P y de los Ø nominales de la rosca del tornillo. Para el diseño es válido para todos los plásticos convencionales hasta el módulo E , $E = 15000 \text{ N/mm}^2$ (Ø de agujero d para plásticos especiales previa petición):

$$d = 0,8 \cdot d_1$$

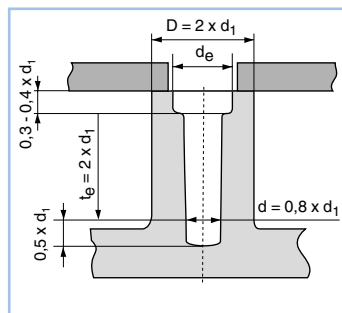
$$d_e = d_1 + 0,2 \text{ mm}$$

El **orificio de escape d_e** es especialmente importante, ya que ofrece como resultado una distribución de la tensión marginal adecuada y, con ello, evita que reviente el tubo, especialmente en el caso de plásticos sensibles a las grietas por tensión, como p. ej. el policarbonato. También garantizan la colocación plana de la pieza de sujeción (recalcado del plástico durante el moldeo del primer paso de rosca).

En la optimización de la unión se recomienda **no exceder el Ø del agujero $d = 0,88 \times d_1$** .

En la práctica, se pueden producir cambios respecto de estas recomendaciones por los siguientes motivos:

- Condiciones de procesamiento del material plástico
- Conformación del molde de fundición inyectada
- Posición del punto de inyección
- Formación de la costura de flujo
- Texturas locales, p. ej. por aditivas o sustancias de llenado, como pigmentos colorantes y fibras
- Los plásticos pueden presentar diferentes modificaciones en función del fabricante



- D Ø exterior
d orificio piloto Ø
 t_e longitud de ajuste de rosca
 d_e espacio libre de borde
 d_1 Ø nominal del tornillo

! Nota

Recomendamos realizar **atornillamientos de control** con las primeras piezas que caen de la herramienta.

» Pregunte por nuestro servicio «Bossard Analytik».

Se puede calcular una mayor potencia

La construcción previa de la unión atornillada en termoplásticos puede simularse mediante el programa de cálculo DELTA-CALC®. Sobre la base de VDI 2230 es posible una construcción orientada a la fuerza de tensión previa. Estas posibilidades van desde el dimensionado hasta la vida útil, pasando por la capacidad de carga de la unión.

Si las **fuerzas de operación de las conexiones de cargadas son conocidas**, se puede comprobar la lista para un posible apoyo de ingeniería que sería útil.

Para consultas sobre el cálculo de DELTACALC®, póngase en contacto con su representante de Bossard (bossard@bossard.com).

DELTA CALC

Carga de fractura por tensión

Modelo PT 10 (acero, bonificado, resistencia análoga 10.9)

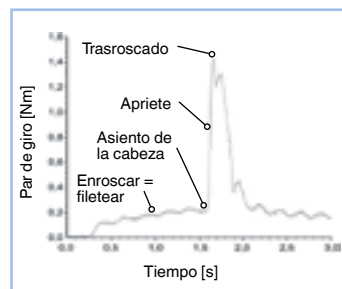
Tamaño nominal Delta PT®	Ø nominal (d ₁) [mm]	Carga mín. de fractura por tensión en [kN]
20	2	1,6
22	2,2	1,9
25	2,5	2,7
30	3	3,8
35	3,5	5,2
40	4	6,8
45	4,5	8,6
50	5	10
60	6	15
70	7	21
80	8	28
100	10	44

Qué hay que tener en cuenta durante el montaje?

- La seguridad y la rentabilidad de las fijaciones sólo pueden garantizarse con el uso de destornilladores controlados por par por ángulo de giro. El calor necesario para las formas de torsión moderada de las roscas en plástico se genera mediante fricción al realizar el roscado.
- Se recomienda que las revoluciones se encuentren entre 300 y 800 r.p.m.**
- Pueden usarse tanto destornilladores con accionamiento neumático como con accionamiento eléctrico.
- En ensayos con los componentes se recomienda comprobar los valores calculados y la precisión de repetición del proceso de atornillamiento para poder tener en cuenta las influencias aún no registradas.
- Si desea realizar montajes con dispositivos automáticos de atornillado, póngase en contacto con nosotros lo antes posible para que podamos definir y fabricar sus tornillos en la **calidad necesaria del dispositivo automático** (tener en cuenta los tiempos de entrega). El montaje automático de «tornillos de almacén» no se recomienda por norma general y en la mayoría de los casos no cubre las exigencias de una solución rentable.

Cálculo de los pares

Para alcanzar una seguridad óptima en el proceso, la diferencia entre el par de enroscado (Me) y el par de trasroscado (Mü) debe ser lo más alta posible. Los parámetros de atornillamiento reales pueden calcularse en el «Laboratorio de aplicaciones tecnológicas» de Bossard. El par de apriete de montaje óptimo, M_A, que se va a ajustar en el destornillador se determina mediante los requisitos específicos del cliente. Los ensayos se documentan en forma de un «Informe técnico».



Lista de verificación para el diseño preliminar de una unión atornillada

Observación

Los resultados del cálculo de Bossard deben confirmarse mediante ensayos prácticos en componentes de serie.

Datos sobre el tornillo

Tornillo
 Norma interna
 Descripción de la forma de la cabeza
 Ø de la cabeza [mm]
 Ø nominal [mm]
 Longitud [mm]

Datos sobre la pieza de apriete

Descripción del material
 Nombre comercial
 Grosor de la pieza de apriete [mm]
 Ø del agujero de paso [mm]

Datos sobre el tubo

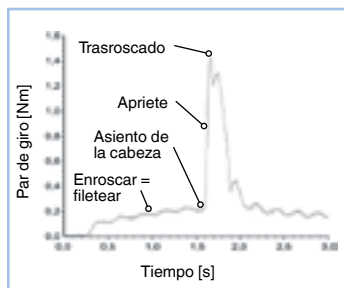
Descripción del material
 Nombre comercial
 Ø del núcleo del tubo [mm]
 Ø exterior del tubo [mm]
 Profundidad de roscado [mm]
 Ø de descarga [mm]
 Altura de descarga [mm]

Datos sobre la carga

Par de apriete requerido [Nm]
 Precarga requerida [kN]
 Fuerza motriz (axial) [N]
 Carga de tubo dinámica [sí/no]
 Carga de tubo estática [sí/no]
 Temperatura, carga permanente [°C]
 Altura de descarga [mm]
 Periodo [h]

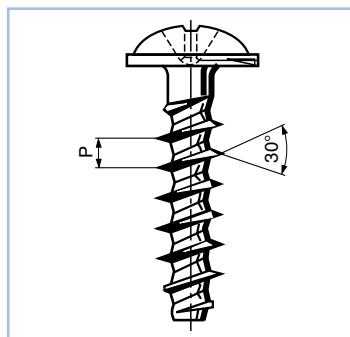
▶ Notas sobre el dimensionamiento de tubos
 Página F.076

Atornillamiento directo en termoplásticos con tornillos PT®/ecosyn®-plast



Ventajas del tornillo PT®/ecosyn®-plast

- Reducido par de apriete, elevado par de trasroscado
- Alta seguridad de montaje y de fijación
- Excelente seguridad frente a vibraciones
- Reducido peligro de grietas por tensión
- La fijación no se asienta por una relajación excesiva del plástico
- Elemento de fijación económico para el atornillamiento directo en termoplásticos



El tornillo PT®/ecosyn®-plast tiene todas las propiedades que hacen que su montaje en termoplásticos sea muy seguro y que proporcionan a la fijación su elevada resistencia.

Recomendación de construcción

- Gran selección de diámetros de cabezal (BN 13578) al unir piezas de sujeción de plástico. La fricción de la cabeza aumenta la seguridad del proceso durante el montaje; una reducida presión superficial tiene como resultado una relajación menor, y con ella, unas mayores fuerzas de sujeción residuales.
- Evitación de tornillos avellanados en piezas de sujeción de plástico. El ángulo de 90° no sólo tiene como resultado una relajación axial, sino también una radial, lo que en caso de una distancia marginal reducida tiene como consecuencia unas pérdidas de fuerza de tensión previa elevadas, pudiendo provocar la fractura.
- Evitación de agujeros oblongos en piezas de sujeción de plástico. Por falta del asiento de la cabeza, el momento de moldeo puede ser mayor al momento de fricción de la cabeza, lo que impide un montaje seguro.
- Las fuerzas transversales deberían absorberse por la unión geométrica de los componentes.
- Prever un orificio de escape d_e (evitación de grietas por tensión)

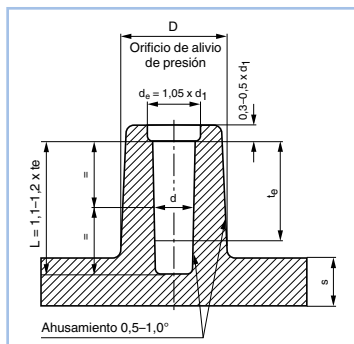
Forma de poste hueco para tornillos PT®/ecosyn®-plast

Para conformar una construcción óptima que también demuestre su eficacia en la práctica, es necesario adaptar la geometría de tubo a los diferentes materiales. Las indicaciones adyacentes se basan en ensayos de laboratorio con modelos de cuerpos geométricos. En la práctica puede ser necesario realizar cambios. Recomendamos realizar atornillamientos de control con muestras iniciales.

Material	Ø del orificio d_i	Ø exterior D	Profundidad de roscado t_e
Mezcla de ABS/PC	$0,80 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
ASA	$0,78 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
PA 4.6	$0,73 \times d_i$	$1,85 \times d_i$	$1,80 \times d_i$
PA 4.6 - GF 30	$0,78 \times d_i$	$1,85 \times d_i$	$1,80 \times d_i$
PA 6	$0,75 \times d_i$	$1,85 \times d_i$	$1,70 \times d_i$
PA 6 - GF 30	$0,80 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$1,90 \times d_i$
PA 6.6	$0,75 \times d_i$	$1,85 \times d_i$	$1,70 \times d_i$
PA 6.6 - GF 30	$0,82 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$1,80 \times d_i$
PBT	$0,75 \times d_i$	$1,85 \times d_i$	$1,70 \times d_i$
PBT - GF 30	$0,80 \times d_i$	$1,80 \times d_i$	$1,70 \times d_i$
PC	$0,85 \times d_i$	$2,50 \times d_i$	$2,20 \times d_i^{(1)}$
PC - GF 30	$0,85 \times d_i$	$2,20 \times d_i$	$2,00 \times d_i^{(1)}$
PE (blando)	$0,70 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
PE (duro)	$0,75 \times d_i$	$1,80 \times d_i$	$1,80 \times d_i$
PET	$0,75 \times d_i$	$1,85 \times d_i$	$1,70 \times d_i$
PET - GF 30	$0,80 \times d_i$	$1,80 \times d_i$	$1,70 \times d_i$
PMMA	$0,85 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
POM	$0,75 \times d_i$	$1,95 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
PP	$0,70 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
PP - TV 20	$0,72 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
PPO	$0,85 \times d_i$	$2,50 \times d_i$	$2,20 \times d_i^{(1)}$
PS	$0,80 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
PVC (duro)	$0,80 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$2,00 \times d_i$
SAN	$0,77 \times d_i$	$2,00 \times d_i$	$1,90 \times d_i$

d_i = Ø nominal de rosca

⁽¹⁾ Debido a que en este caso se trata de materiales sensibles a la fisura por tensión, se aconseja realizar las pruebas recomendadas por el fabricante del material. El orificio de escape d_e es especialmente importante en este caso, ya que garantiza una distribución adecuada de la tensión marginal.

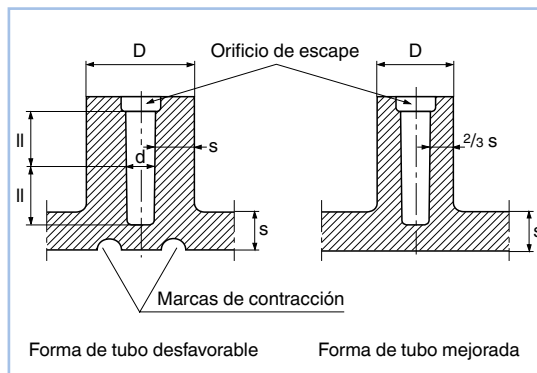


Cambios de forma

Si en las formas de tubo indicadas se producen cavidades, depresiones superficiales o ciclos de inyección prolongados, la forma puede cambiar del siguiente modo:

- Reducir diámetro exterior de tubo D
- Aumentar el diámetro del agujero d
- Aumentar la profundidad del agujero para roscar, y con ello la profundidad de roscado del tornillo, para volver a compensar las pérdidas de la resistencia de desgarro.

Seleccionar orificios para roscar con una profundidad suficiente, para que los tornillos montados no entren en contacto con el fondo del agujero bajo ningún concepto.



Carga de fractura por tensión de los tornillos PT®

Acero, bonificado, resistencia análoga 10.9

Tamaño nominal PT®	Ø nominal d_i [mm]	Carga mín. de rotura por tracción en [kN]
K18	1,8	1,1
K20	2	1,3
K22	2,2	1,6
K25	2,5	2
K30	3	2,7
K35	3,5	3,6
K40	4	4,6
K50	5	7
K60	6	9,8
K70	7	13
K80	8	16
K100	10	25

➤ Qué hay que tener en cuenta durante el montaje?
Página F.077

➤ Cálculo de los pares
Página F.077

Uniones atornilladas en láminas metálicas

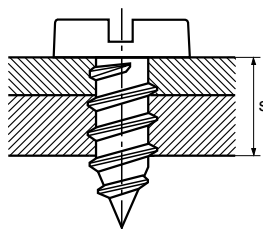
Aplicación según DIN 7975

A continuación se indican las directivas para la aplicación de tornillos para láminas. Los tipos de atornillamiento representados son ejemplos.

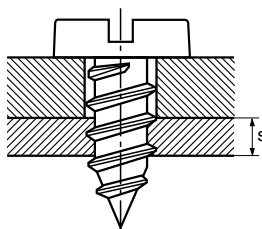
Los tornillos para láminas de la forma C con punta (también denominada punta buscadora) se emplean en la mayoría de los casos, especialmente al atornillar varias láminas, casos en los que se tiene que contar con un desplazamiento del agujero.

! Valor mínimo de la profundidad de roscado (grosor de la chapa)

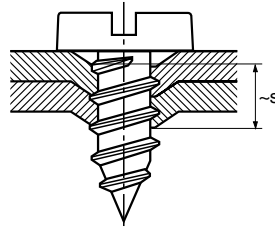
El grosor de chapa de roscado tiene que ser superior a la inclinación de la rosca del tornillo seleccionado, de lo contrario no está garantizado un montaje seguro con respecto al proceso. Si este requisito no se cumple, se pueden emplear uniones con tornillos para láminas de acuerdo con las imágenes 3 a 6.



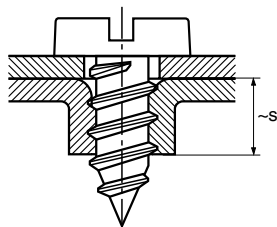
1. atornillamiento simple
(dos agujeros para roscar)



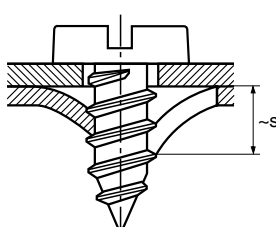
2. atornillamiento simple
(con agujero pasante)



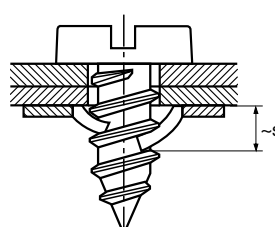
3. agujero para roscar mandrilado
(láminas finas)



4. agujero para roscar punzonado
y extrudido (láminas finas)



5. atornillamiento de agujero de
presión



6. atornillamiento con tuerca de
resorte de apriete

! Notas

- Los tornillos de chapa no están concebidos para la transmisión de fuerzas elevadas. No existen valores de referencia para precargas.
- Para chapas finas (y especialmente para fabricación en masa) también puede utilizarse la atornilladura de agujero de presión. El agujero de presión está punzonado, entallado y realizado con forma espiral de acuerdo con el paso de rosca.
- Las tuercas de fijación permiten la utilización de tornillos de chapa independientemente del grosor de la chapa o el material de la chapa.
- Para la atornilladura de chapas inoxidables austeníticas deben comprobarse los pares de apriete.
- Los tornillos de chapa inoxidables solo pueden atornillarse en metal ligero de forma segura para el proceso. Si se utilizan en acero o acero inoxidable deberán determinarse de forma experimental las condiciones de utilización.

Tornillos autorroscantes/grosores de lámina/diámetros de agujeros para roscar

Los siguientes valores de referencia sólo son válidos para tornillos para láminas bonificados por cementación en Uniones de acuerdo con imagen 2 en página F.080. Los pares de roscado alcanzan máx. el 50 % de los pares de rotura mínimos.

En el caso de otros materiales de tornillos y de láminas se recomienda la realización de ensayos previos. Los orificios punzonados tienen que seleccionarse eventualmente 0,1 a 0,3 mm más grandes. Sólo se debería atornillar en el sentido de punzonado.

Tamaño de rosca	Paso de la rosca P [mm]	Resistencia del material R _m [N/mm²]	Diámetro del agujero para roscar d _b para tamaños de rosca ST 2,2 a ST 6,3																			
			Espesor de chapa s [mm]																			
			0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,5	4,0	4,5
ST 2,2	0,8	desde 100	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
		con aprox. 300	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
		hasta 500	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
ST 2,9	1,1	desde 100	–	–	–	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
		con aprox. 300	–	–	–	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
		hasta 500	–	–	–	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST 3,5	1,3	desde 100	–	–	–	–	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
		con aprox. 300	–	–	–	–	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
		hasta 500	–	–	–	–	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
ST 3,9	1,4	desde 100	–	–	–	–	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	
		con aprox. 300	–	–	–	–	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
		hasta 500	–	–	–	–	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
ST 4,2	1,4	desde 100	–	–	–	–	–	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
		con aprox. 300	–	–	–	–	–	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
		hasta 500	–	–	–	–	–	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7
ST 4,8	1,6	desde 100	–	–	–	–	–	–	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	4,0	–
		con aprox. 300	–	–	–	–	–	–	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2
		hasta 500	–	–	–	–	–	–	3,9	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
ST 5,5	1,8	desde 100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,6	4,7
		con aprox. 300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,3	4,4	4,4	4,5	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9
		hasta 500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0
ST 6,3	1,8	desde 100	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	5,2	5,3	5,5
		con aprox. 300	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8
		hasta 500	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8

Momentos de torsión de rotura mínimos para tornillos de chapa de acero

ISO 2702 (antigua DIN 267, parte 12)

Ø nominal [mm]	ST 2,2	ST 2,6	ST 2,9	ST 3,3	ST 3,5	ST 3,9	ST 4,2	ST 4,8	ST 5,5	ST 6,3	ST 8	ST 9,5
Par de fractura mínimo ¹⁾ [Nm]	0,45	0,9	1,5	2	2,7	3,4	4,4	6,3	10	13,6	30,5	68

¹⁾ Resistencia a la torsión con dispositivo de fijación calculada de acuerdo a ISO 2702.

Pares de apriete para tornillos de chapa

Los valores de referencia se derivan de la ISO 2702 (antigua DIN 267, parte 12).

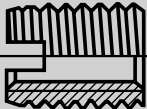
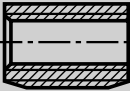
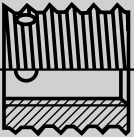
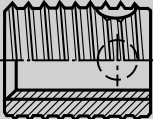
Valores de referencia para pares de apriete:

M_A = aprox. 80 % de los momentos de rotura mínimos o del momento de sobregiro con punto de fallo en tornillo o componente.

El momento de roscado máximo no debería ser mayor que el 50 % del momento de sobregiro (momento de torsión de rotura del tornillo).

Criterios de selección para insertos roscados de rosca cortante Ensats®

Agrupación de los materiales, serie de normas de fabricación y modelo

				
Ensats® Tipo 302	Ensats® Tipo 305	Ensats® Tipo 307/308	Ensats® Tipo 337/338	Ensats® Tipo 309

Grupo de materiales	Material de la pieza de trabajo	Normas de fabricación recomendadas	Modelo Ensats® recomendado
I	Aleaciones de metal ligero bonificadas por encima de 350 N/mm² Resistencia	302/337 307/338 308	Acero templado por cementación galvanizado cromado
	Hierro fundido de mayor dureza, latón, bronce y otros metales no férreos	302	Acero templado por cementación galvanizado cromado
II	Aleaciones de metal ligero hasta 350 N/mm² Resistencia	302/337 307/338 308	Acero templado por cementación galvanizado cromado
	Hierro fundido	302	Acero templado por cementación galvanizado cromado
	Plásticos de resina de condensación duros y frágiles y resinas sintéticas de moldeo	302/337 307/338 308	Acero templado por cementación galvanizado cromado o latón
III	Aleaciones de metal ligero hasta 300 N/mm² Resistencia	302/337 307/338 308	Acero templado por cementación galvanizado cromado
	Hierro fundido blando	302	Acero templado por cementación galvanizado, cromado
	Plásticos de resina de condensación, dureza media	302/337 307/338 308	Acero templado por cementación galvanizado cromado
		302	Latón
IV	Aleaciones de metal ligero hasta 250 N/mm² Resistencia	302	Acero templado por cementación galvanizado cromado
	Metales blandos y aleaciones de metal ligero hasta 180 N/mm² Resistencia	302	Acero templado por cementación galvanizado cromado o INOX A1
	Plásticos de resina de condensación blandos, materiales laminados y ligadura de resina sintética	302	Acero templado por cementación galvanizado cromado o latón o INOX A1
	Plásticos blandos de polimerización, policondensación y poliadición, maderas duras	302	Acero templado por cementación galvanizado cromado o latón o INOX A1
V	Maderas duras	309	Latón
VI	Maderas blandas y maderas contrachapadas, materiales de fibra leñosa	309	Latón
VII	Plásticos blandos de polimerización, policondensación y poliadición	305	Latón

Diámetros del agujero para roscar recomendados y grosor del material/profundidad del agujero ciego para insertos roscados de rosca cortante Ensats®

El diámetro del agujero para roscar depende de la resistencia y de las propiedades físicas del material de la pieza de trabajo.

Los materiales duros y frágiles requieren un agujero para roscar mayor que los materiales blandos y elásticos. El diámetro óptimo del agujero para roscar también tiene que calcularse mediante ensayos.

Ensats® Tipo 302

Rosca	Diámetro del agujero para roscar D [mm]				Grosor de material $A_{\min}$	Profundidad del agujero ciego $B_{\min}$
	Para grupo de materiales					
	I	II	III	IV		
	Solapamiento de flancos alcanzable					
	30%–40%	40%–50%	50%–60%	60%–70%		
M2,5	4,3–4,2	4,2–4,1	4,1	4,1–4	6	8
M2,6	4,3–4,2	4,2	4,1	4,1–4	6	8
M3	4,8–4,7	4,7	4,6	4,6–4,5	6	8
M3,5	5,7–5,6	5,6–5,5	5,5–5,4	5,4–5,3	8	10
M4	6,2–6,1	6,1–6	6–5,9	5,9–5,8	8	10
M5	7,6–7,5	7,5–7,3	7,3–7,2	7,2–7,1	10	13
M6a	8,6–8,5	8,5–8,3	8,3–8,2	8,2–8,1	12	15
M6	9,4–9,2	9,2–9	9–8,8	8,8–8,6	14	17
M8	11,4–11,2	11,2–11	11–10,8	10,8–10,6	15	18
M10	13,4–13,2	13,2–13	13–12,8	12,8–12,6	18	22
M12	15,4–15,2	15,2–15	15–14,8	14,8–14,6	22	26
M14	17,4–17,2	17,2–17	17–16,8	16,8–16,6	24	28
M16	19,4–19,2	19,2–19	19–18,8	18,8–18,6	27	27
M20	25,4–25,2	25,2–25	25–24,8	24,8–24,6	27	32
M24	29,4–29,2	29,2–29	29–28,8	28,8–28,6	30	36

Ensats® Tipo 307/308/337/338

Rosca	Diámetro del agujero para roscar D [mm]			Grosor de material A_{min}	Profundidad del agujero ciego B_{min}
	Para grupo de materiales				
	I	II	III		
	Solapamiento de flancos alcanzable				
	50% – 60%	60% – 70%	70% – 80%		
M3,5	5,7–5,6	5,6	5,6–5,5	5/8	7/10
M4	6,2–6,1	6,1	6,1–6	6/8	8/10
M5	7,7–7,6	7,6–7,5	7,5–7,4	7/10	9/13
M6	9,6–9,5	9,5–9,4	9,4–9,3	8/12	10/15
M8	11,5–11,3	11,3–11,2	11,2–11,1	9/14	11/17
M10	13,5–13,3	13,3–13,2	13,2–13,1	10/18	13/22
M12	15,4–15,2	15,2–15,1	15,1–15	12/22	15/26
M14	17,4–17,2	17,2–17,1	17,1–17	14/24	17/28

Ensats® Tipo 309

Rosca	Diámetro del agujero para roscar D [mm]		Grosor de material A_{min}	Profundidad del agujero ciego B_{min}
	Para grupo de materiales			
	V	VI		
	Solapamiento de flancos alcanzable			
	85% – 90 %	90% – 95 %		
M2,5	3,8–3,6	3,6–3,5	6	8
M3	4,3–4,2	4,2–4,1	6	8
M4	5,3–5,2	5,2–5,1	10	13
M5	6,9–6,7	6,7–6,6	12	15
M6	7,9–7,7	7,7–7,6	14	17
M8	10,3–10,1	10,1–9,9	20	23
M10	12,8–12,6	12,6–12,4	23	26
M12	15,8–15,6	15,6–15,4	26	30

Ensats® Tipo 305

Rosca	Ø D recomendado para el agujero para roscar [mm]	A _{min}	B _{min}
	Para grupo de materiales		
	VII		
M3	4,6–4,7	6	7
M4	6–6,1	8	9
M5	7,3–7,4	10	11
M6	9–9,2	14	15

Orificio de alojamiento en la pieza de trabajo

El orificio de alojamiento puede perforarse o preverse durante la fundición de molde. El avellanado del orificio no es necesario generalmente, pero se recomienda para un asiento limpio y a ras de superficie del Ensats®.

Grosor del material:

Longitud del Ensats® = grosor del material mínimo admisible (A)

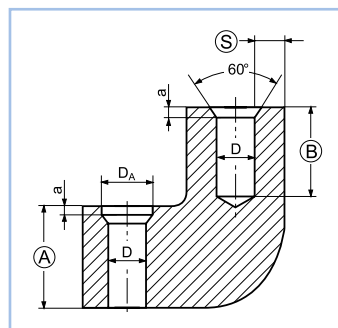
Profundidad del agujero ciego: Profundidad mínima (B)

Radio del bisel: El radio mínimo admisible del bisel depende de la carga prevista y de la elasticidad del material en el que se va a enroscar el Ensats®.

Valores orientativos para metal ligero: $\textcircled{S} \geq 0,2$ a $\geq 0,6$ d₂

Valores orientativos para hierro fundido: $\textcircled{S} \geq 0,3$ a $\geq 0,5$ d₂

d₂ = diámetro exterior [mm] del Ensats®



$D_A = +0,2$ a $0,4$ mm

a = 1 a 1,5 x inclinación de la rosca exterior

Accionamientos interiores para tornillos

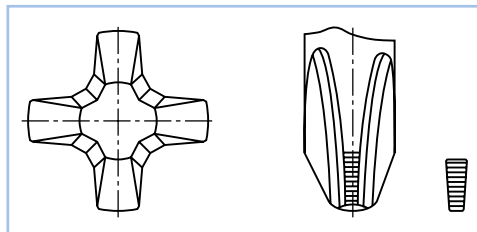
El avance técnico y las reflexiones económicas provocan en todo el mundo un paso creciente de tornillos de ranura recta a tornillos con accionamientos interiores.

En la gran variedad de posibilidades ofrecidas, en la construcción, la preparación del trabajo, el suministro y el montaje, en la actualidad es imprescindible conocer los accionamientos interiores más importantes.

Ranura en cruz H (Phillips)

según ISO 4757

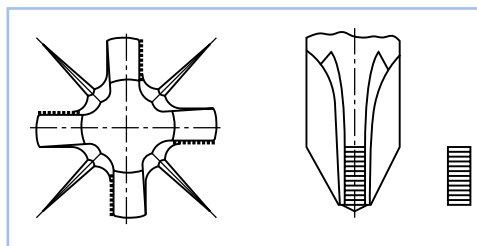
- La ranura en cruz Phillips es la más extendida en todo el mundo.
- Ranura en cruz normal en la que todas las caras y todos los nervios están inclinados; el destornillador tiene los extremos de ala en forma de trapecio.
- Las medidas de identificación más importantes se encuentran en las descripciones del producto del correspondiente grupo del catálogo.



Ranura en cruz Z (Pozidriv)

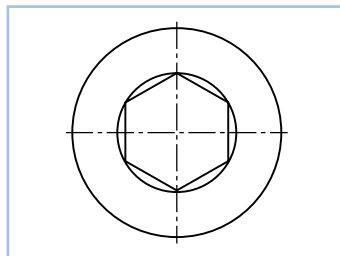
según ISO 4757

- La ranura en cruz Pozidriv ha conseguido una importancia considerable especialmente en Europa.
- Las cuatro «caras de apriete» en la ranura en cruz en las que se encuentra el destornillador al enroscar los tornillos son verticales. Las demás caras y los nervios están inclinados. Esto mejora la capacidad de montaje en el caso de ranuras en cruz elaboradas de manera óptima. El destornillador Pozidriv tiene los extremos del ala rectangulares.
- Las medidas de identificación más importantes se encuentran en las descripciones del producto del correspondiente grupo del catálogo.



Hexágono interior

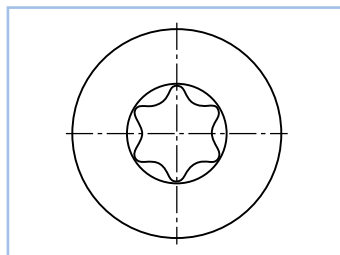
- Los tornillos de hexágono interior demuestran su eficacia desde hace años en la construcción general de máquinas y de aparatos.
- Los tornillos de hexágono interior tienen entrecaras más reducidas que los tornillos de hexágono exterior, lo que significa que son posibles construcciones más económicas gracias a unas dimensiones más reducidas.
- Las medidas de identificación más importantes se encuentran en las descripciones del producto del correspondiente grupo del catálogo.



Accionamiento hexalobular interior

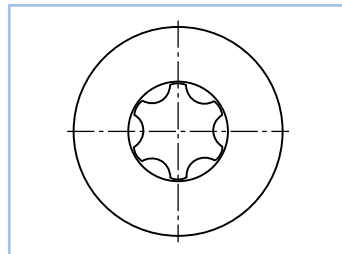
según ISO 10664

- El desarrollo del accionamiento de accionamiento hexalobular interior fue un hito en la formación de aplicaciones de fuerza adecuadas para el uso en el montaje manual y automático, y cada vez está más presente en más aplicaciones en todo el mundo.
- En comparación con accionamientos convencionales de ranura en cruz y hexágono interior, este sistema de accionamiento se caracteriza por un desgaste reducido y por unas fuerzas mínimas de apriete. El salto típico de las herramientas, «cam out», se ha podido eliminar y se ha podido mejorar la transmisión de fuerza.
- Las medidas de identificación más importantes se encuentran en las descripciones del producto del correspondiente grupo del catálogo.

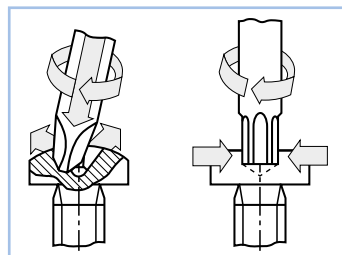


Torx plus®

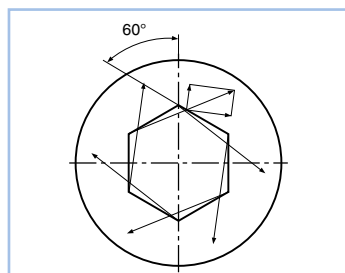
- El accionamiento Torx® plus, al contrario que el accionamiento de hexágono interior redondeado (Torx®) que se define mediante una serie de radios, se define mediante elipses, mejorando el diseño de accionamiento hexalobular interior original.
- El sistema Torx® plus es compatible con las herramientas existentes de accionamiento hexalobular interior (Torx®).
- Las ventajas especiales de la geometría Torx® plus se pueden aprovechar por el usuario sólo en caso de utilización de puntas de destornillador Torx® plus (herramientas) y en caso de uso en unidades automáticos de atornillado.
- Las medidas de identificación más importantes se encuentran en las descripciones del producto del correspondiente grupo del catálogo.

**Ventajas técnicas del accionamiento de accionamiento hexalobular interior y de Torx plus® y su utilidad económica**

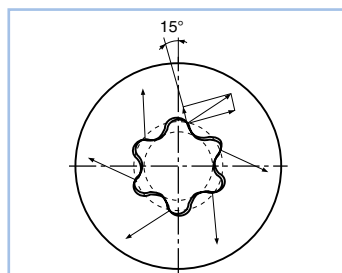
- Sin presión de apriete axial, como en el montaje de tornillos de cabeza ranurada en cruz.
- Idoneidad inmejorable para los pares de apriete de todas las clases de resistencia normalizadas.
- Sin daños en el accionamiento interior, por lo que se puede soltar sin problemas en cualquier momento. Desgaste de la herramienta extremadamente reducido.
- Gran potencial de racionalización en la tecnología de fijación, ya que es un accionamiento seguro para todos los tornillos.
- Cabeza circular, pequeña, con ahorro de material y de espacio, correspondiente a tornillos cilíndricos DIN 84, DIN 7984, y a pesar de ello se puede cargar plenamente y cumple todos los requisitos con respecto a una presión superficial máxima admisible.
- Sin problemas durante el montaje de tornillos alomados ISO 7380 y tornillos avellanados DIN 7991. La alta resistencia 010.9 de estos tornillos, que sólo ofrece una mejora de la resistencia del hexágono interior, puede reducirse a 08.8 para tornillos con accionamiento hexalobular interior para mejorar la resistencia.

**Ventajas de la sistema de tornillos Torx plus® y de accionamiento hexalobular interior**

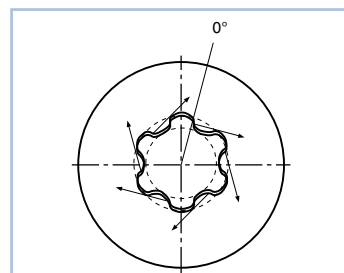
El sistema de tornillos Torx plus® y de accionamiento hexalobular interior ofrece ventajas gracias a sus características de construcción especiales.



60° de ángulo de aplicación de la fuerza en el accionamiento de hexágono interior



15° de ángulo de aplicación de la fuerza en el accionamiento de accionamiento hexalobular interior



0° de ángulo de aplicación de la fuerza en el accionamiento Torx plus®

- El ángulo de ataque real es de 15° en el caso de accionamiento hexalobular interior y de 0° en caso de Torx plus®. De este modo se, la fuerza empleada se aprovecha realmente para el accionamiento del tornillo. De este modo, la geometría del accionamiento hexalobular interior y del Torx plus® prolonga la vida útil de las puntas del destornillador al 100 %.
- La sección del accionamiento Torx plus® está adicionalmente reforzada aún más en comparación con el accionamiento hexalobular interior. De este modo aumenta la resistencia a la torsión de las herramientas de accionamiento.
- El reducido chaflán de la aplicación de la fuerza permite un mejor asiento de las herramientas de accionamiento, incluso en caso de profundidades de penetración reducidas.