

\_ ROSCADO CON WALTER PROTOTYP

**Preciso, seguro,  
rentable**



---

## 2 Índice

---

## 4 Introducción general al tema

---

## 8 Síntesis del programa

9 Roscado con macho

12 Prensado de rosca

13 Fresado de rosca

---

## 14 Información sobre productos

14 Roscado con macho

28 Prensado de rosca

34 Fresado de rosca

---

## 40 Selección de herramientas

40 Roscado con macho

44 Prensado de rosca

46 Fresado de rosca

---

## 48 Información técnica

48 Generalidades

74 Roscado con macho

94 Prensado de rosca

101 Fresado de rosca

112 Anexo

## Índice alfabético

	Página		Página		Página
Adherencias.....	93	Fórmulas .....	112	Problemas y soluciones	
Agrupamiento de herramientas.....	8	Fuerzas		Fresado de rosca .....	110 - 111
Ajuste de par de giro		Roscado con macho.....	86 - 87	Prensado de rosca .....	99 - 100
Roscado con macho, prensado		Lubricación con		Roscado con macho.....	90 - 92
de rosca .....	118 - 119	cantidades mínimas .....	62 - 63	Posiciones de tolerancia .....	50
Ángulos y características		Mecanizado en seco		Proceso de corte	
Roscado con macho.....	81	Fresado de rosca .....	59, 63	Roscado con macho.....	79 - 80
Comparación de datos de geometría		Mecanizado sincronizado.....	68 - 69	Programación CNC	
Roscado con macho.....	82 - 83	Medios de fijación.....	64	Fresado de rosca .....	107 - 108
Comparación de procedimientos.....	48 - 49	Modificaciones		Programación de avance	
Control de virutas		Fresado de rosca .....	109	Roscado con macho.....	87
Roscado con macho.....	90	Prensado de rosca .....	98	Protodyn® Eco LM.....	12, 30
Corrección de pretaladrado		Roscado con macho.....	88 - 89	Protodyn® Eco Plus.....	28
Fresado de rosca .....	103	Nomenclatura .....	8	Protodyn® HSC .....	33
Diámetro de pretaladrado		Paradur® Eco Cl.....	10, 18	Protodyn® Plus .....	29
Fresado de rosca .....	114 - 115	Paradur® Eco Plus.....	9, 14 - 15	Protodyn® S Eco Inox .....	12, 31
Generalidades .....	70	Paradur® HSC .....	11, 27	Protodyn® S Eco Plus .....	12, 28
Prensado de rosca .....	70 - 71, 96 - 97, 116	Paradur® HT.....	10, 19	Protodyn® S HSC.....	12, 33
Roscado con macho.....	114 - 115	Paradur® Synchrospeed .....	9, 16 - 17	Protodyn® S Plus.....	12, 29
Distorsión de perfil.....	106	Paradur® Ti Plus .....	11, 24 - 25	Protodyn® S Synchrospeed .....	12, 32
Distribución de corte		Paradur® X-pert M.....	10, 22 - 23	Protodyn® S Synchrospeed .....	12, 32
Fresado de rosca .....	104 - 105	Paradur® X-pert P.....	10, 20 - 21	Prototex® Eco HT .....	9, 14 - 15
Errores de corte		Particularidades		Prototex® HSC.....	11, 26
Roscado con macho.....	86, 91	Roscado con macho.....	84 - 85	Prototex® Synchrospeed .....	9, 16 - 17
Error de corte axial		Principios básicos del procedimiento		Prototex® TiNi Plus.....	11, 24 - 25
Roscado con macho.....	87, 91	Fresado de rosca .....	101 - 105	Prototex® X-pert M.....	10, 22 - 23
Formas de la entrada		Prensado de rosca .....	94 - 95	Prototex® X-pert P .....	10, 20 - 21
Roscado con macho.....	76			Prototex® X-pert P .....	10, 20 - 21
				Recubrimientos.....	52 - 55
				Prensado de rosca .....	55
				Refrigeración y lubricación.....	56 - 57
				Fresado de rosca .....	59
				Prensado de rosca .....	60 - 61
				Roscado con macho.....	58
				Rprg. (radio de programación)	
				Fresado de rosca .....	108
				Sección de viruta	
				Roscado con macho.....	77 - 78
				Tabla comparativa de dureza.....	117
				Taladro central	
				Fresado de rosca .....	114 - 115
				Generalidades .....	70
				Prensado de rosca .....	71, 96 - 97, 116
				Roscado con macho.....	114 - 115
				Templado de zonas periféricas .....	72
				Tipos básicos	
				Roscado con macho.....	74 - 75
				TMC .....	13, 34 - 35
				TMD .....	13, 38 - 39
				TME .....	13
				TMG .....	13, 35
				TMO .....	13, 36 - 37
				TMO HRC .....	13, 37
				Walter GPS	
				.....	5, 102 - 103, 107 - 108, 111

## Técnica, tendencias e innovaciones en la producción de roscas

Hay distintos procedimientos para fabricar una rosca. En este manual nos centraremos en el **roscado con macho**, el **prensado de rosca** y el **fresado de rosca** con herramientas de Walter Prototyp. Asimismo, en el contexto de este manual se detallan informaciones técnicas de carácter general relativas a estos procedimientos.

En la producción de roscas interiores el **roscado con macho** sigue siendo el procedimiento más frecuentemente empleado. En el desarrollo de herramientas los principales factores a tener en cuenta son la seguridad del proceso, la calidad y los costes de fabricación por rosca. En nuestra empresa hemos dedicado

grandes esfuerzos en el campo de la macrogeometría y microgeometría, así como en el de los recubrimientos, para así poder garantizar igualmente una elevada seguridad en el proceso en condiciones desfavorables. Los costes por rosca se pueden reducir drásticamente mediante el uso de nuestras herramientas de alto rendimiento de las series Eco y SynchroSpeed. Las herramientas de metal duro integral aún permiten alcanzar costes más reducidos por rosca. Nuestra línea HSC marca aquí la pauta, incluso en materiales de acero.

Estas herramientas son la primera elección en la producción a gran escala, por ejemplo, en la industria de producción de tuercas o en la industria automovilística.

El **prensado de rosca** se ha constituido de forma vertiginosa en los últimos 20 años como el procedimiento por antonomasia de producción de roscas interiores. Si anteriormente se precisaba para el uso de estas herramientas mayoritariamente aceite como lubricante refrigerante, en la actualidad es posible, gracias al perfeccionamiento selectivo de la geometría de los bordes de conformación y del recubrimiento, conformar casi todos los materiales moldeables (incluyendo aceros inoxidables) con una emulsión al 5% en cada centro de mecanizado. A este respecto, mediante el uso de la emulsión se ha mejorado aún más la resistencia estática y, sobre todo, la resistencia dinámica de las roscas conformadas.

El material de corte de metal duro ya hace tiempo que hizo su aparición en el prensado de rosca. Actualmente hemos alcanzado unos valores máximos absolutos con nuestra línea de HSC Protodyn®.

El **prensado de rosca** suele ser el método más rentable para producir una rosca interior. El requisito previo es que este procedimiento esté autorizado para el componente en cuestión.

En lo que se refiere a la seguridad del proceso y a la calidad de la rosca, el **fresado de rosca** es sin duda el mejor. Además del procedimiento de fresado clásico, el denominado "**fresado de rosca orbital**" se ha hecho con un hueco importante en el pasado reciente. Este permite al usuario, en primer lugar, realizar una rosca interior muy profunda (p. ej.,  $3 \times D_N$ ) y, además, muy pequeña (p. ej., M1,6) incluso en los materiales más exigentes, con una seguridad absoluta del proceso.

Por último, una sugerencia: utilice para seleccionar el procedimiento óptimo nuestro nuevo software **Walter GPS**, sucesor del acreditado CCS. Con él podrá comparar directamente entre sí todos los procedimientos de fabricación, pudiendo inclinarse a continuación por la alternativa más rentable.



**WALTER**  
PROTOTYP

## Procesos productivos con Walter Prototyp

Actualmente es prácticamente imposible repercutir al cliente los crecientes costes de producción de forma inmediata en forma de unos costes por pieza en aumento. Ello es válido tanto para los bienes de consumo como para los de inversión. Las empresas coronadas por el éxito superan este déficit comercial con la consecución de un aumento coherente de la productividad durante el proceso de fabricación.

En nuestra condición de fabricantes de herramientas de precisión para el mecanizado con desprendimiento de viruta podemos hacer una gran contribución, tal como muestra el diagrama incluido más abajo. Y es que, a decir verdad, los costes de herramientas constituyen solo en torno al 3 % de los costes de mecanizado totales. El tiempo de mecanizado, sin embargo, supone de forma significativa el 30 % de los costes de desprendimiento de viruta.

Ello implica que con las herramientas de desprendimiento de alto rendimiento de Walter Prototyp se pueden reducir considerablemente los costes de mecanizado. Un incremento de los parámetros de corte conlleva un enorme ahorro en concepto de costes. Dado que el precio de la herramienta tiene un efecto prácticamente despreciable en los costes de mecanizado totales, las herramientas de la cualificada marca Walter Prototyp no se evalúan respecto al mero precio de la herramienta, sino con respecto al aumento más que proporcional de la productividad y, por tanto, al potencial de ahorro de nuestros clientes.

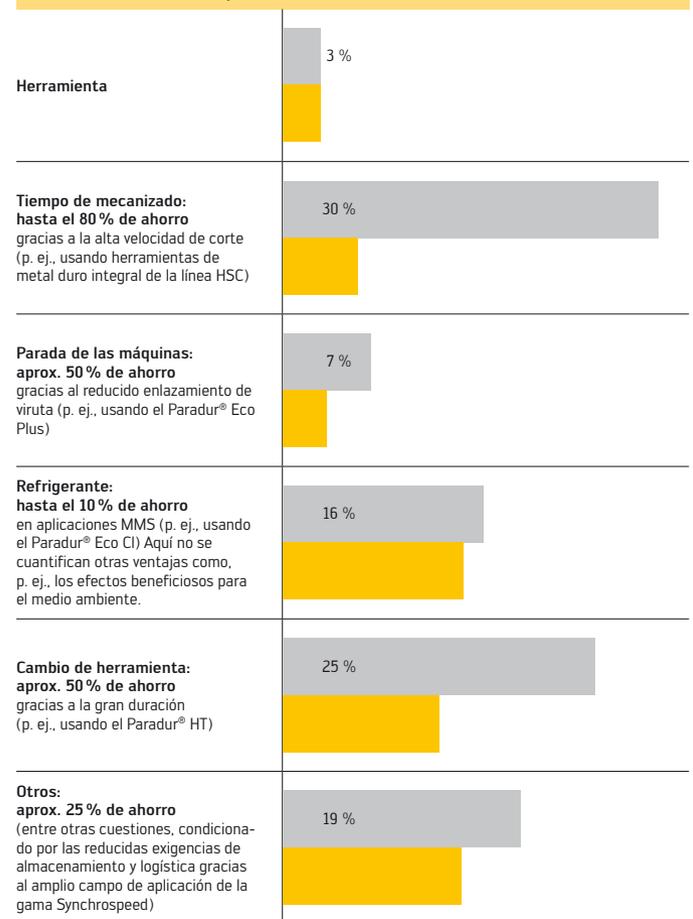
Por esta razón, en Walter Prototyp impulsamos dentro de nuestra gama de herramientas el mecanizado HSC (High Speed Cutting) con herramientas de metal duro integral. De este modo, por ejemplo en el mecanizado con desprendimiento de viruta en aceros de baja aleación resultan posibles velocidades de corte de hasta 50 m/min. Un resultado notable en la producción de roscas. A los clientes especialmente exigentes cuyo objetivo sea una productividad máxima, Walter Prototyp les ofrece de forma adicional a la línea HSC herramientas especialmente desarrolladas para el mecanizado sincronizado.

La lubricación con cantidades mínimas (MMS) es otro factor a tener en cuenta cuando se trata de reducir los costes del mecanizado con arranque de viruta, tal como muestra el gráfico contiguo. Walter Prototyp también ofrece a sus clientes en este caso unos recubrimientos especialmente adaptados.

En resumen: el porcentaje neto de los costes por herramientas asciende a tan solo el 3 % de los costes reales de producción, si bien la propia herramienta influye de forma decisiva en el 97 % restante de los costes.

Deje que nuestros expertos le muestren el potencial de ahorro en su producción con herramientas de Walter Prototyp.

### Comparativa de costes de mecanizado



Hasta el  
**45%**  
de ahorro  
total

■ hasta ahora  
■ con Walter Prototyp

## Herramienta de roscado Walter Prototyp – Nomenclatura / agrupamiento de herramientas

Roscado con macho*		
		
<b>Prototex®...</b> Macho de roscar con corte inicial de roscado	<b>Paradur®...</b> Macho de roscar con ranuras para virutas helicoidales a derechas	<b>Paradur®...</b> Herramientas con ranurado recto

Prensado de rosca		Fresado de rosca**
		
<b>Protodyn®...</b> Laminador sin ranuras de lubricación	<b>Protodyn® S ...</b> Laminador con ranuras de lubricación	<b>TM ...</b> TM = Thread Mill...

### \* Excepciones de roscado con macho:

- Paradur® N con forma de la entrada D y Paradur® Combi: herramientas helicoidales para la producción de roscas de agujero pasante
- Paradur® HT, Paradur® GG y Paradur® Engine: herramientas con ranurado recto para rosca de agujero ciego (en materiales con buenas propiedades de desprendimiento de viruta)
- Machos de roscar NPT/NPTF: herramientas con hélice a derechas para mecanizado de agujeros ciegos y agujeros pasantes

### \*\* Excepciones de fresado de rosca:

- TME (Thread Mill External): herramienta para la producción de roscas exteriores

## Macho de roscar para aplicaciones universales

Descripción de tipos	Página de manual	Mecanizado	Profundidad de rosca	Grupo de materiales a mecanizar						
				P	M	K	N	S	H	O
 <b>Prototex® Eco HT</b> – de aplicación universal – para mecanizado en húmedo y MMS	14 + 15	DL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●●	●		●
 <b>Paradur® Eco Plus</b> – de aplicación universal – para mecanizado en húmedo y MMS – sucesor del celebrado Paradur® Eco HT	14 + 15	GL	3 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●	●		●
 <b>Prototex® Synchrospeed</b> – roscado sincronizado – de aplicación universal – tolerancia del mango h6	16 + 17	DL	3,0 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●●	●●		●
 <b>Paradur® Synchrospeed</b> – roscado sincronizado – de aplicación universal – tolerancia del mango h6	16 + 17	GL	2,5 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●	●		●

GL = mecanizado de agujero ciego  
DL = mecanizado de agujero pasante

●● Aplicación principal  
● Otras aplicaciones

## Macho de roscar para aplicaciones especiales

Grupo de materiales a mecanizar

Descripción de tipos	Página de manual	Mecanizado	Profundidad de rosca	Grupo de materiales a mecanizar						
				P	M	K	N	S	H	O
				Acero	Acero inoxidable	Fundición de hierro	Metales no férricos	Materiales de difícil mecanizado	Materiales endurecidos	Otros
 <b>Paradur® Eco CI</b> – para materiales de viruta corta – para mecanizado en húmedo y MMS	18	GL + DL	3 x D <sub>N</sub>			●●	●●			●●
 <b>Paradur® HT</b> – para aceros de resistencia media a alta y para materiales de viruta corta – requiere refrigeración interior	19	GL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●		●●	●			●
 <b>Prototex® X-pert P</b> – para materiales de resistencia baja a media	20 + 21	DL	3 x D <sub>N</sub>	●●			●			●
 <b>Paradur® X-pert P</b> – para materiales de resistencia baja a media	20 + 21	GL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●			●			●
 <b>Prototex® X-pert M</b> – para aceros inoxidables y muy resistentes	22 + 23	DL	3 x D <sub>N</sub>	●	●●					
 <b>Paradur® X-pert M</b> – para aceros inoxidables y muy resistentes	22 + 23	GL	2,5 x D <sub>N</sub>	●	●●					

Grupo de materiales a mecanizar

Descripción de tipos	Página de manual	Mecanizado	Profundidad de rosca	Grupo de materiales a mecanizar						
				P	M	K	N	S	H	O
				Acero	Acero inoxidable	Fundición de hierro	Metales no férricos	Materiales de difícil mecanizado	Materiales endurecidos	Otros
 <b>Prototex® TiNi Plus</b> – para el mecanizado de aleaciones de alta dureza y aleaciones de Ti y Ni con tendencia a atascarse con emulsión	24 + 25	DL	2 x D <sub>N</sub>					●●		
 <b>Paradur® Ti Plus</b> – para el mecanizado de aleaciones de alta dureza y aleaciones de Ti con tendencia a atascarse con emulsión	24 + 25	GL	2 x D <sub>N</sub>					●●		
 <b>Prototex® HSC</b> – para materiales de acero muy resistentes y de alta resistencia – tolerancia del mango h6 – requiere refrigeración interior – metal duro integral	26	DL	2 x D <sub>N</sub>	●●		●●				
 <b>Paradur® HSC</b> – para materiales de acero muy resistentes y de alta resistencia de hasta 55 HRC – tolerancia del mango h6 – requiere refrigeración interior – metal duro integral	27	GL	2 x D <sub>N</sub>	●●		●●				●●

GL = mecanizado de agujero ciego  
 DL = mecanizado de agujero pasante

●● Aplicación principal  
 ● Otras aplicaciones

## Laminadores

Grupo de materiales a mecanizar

Descripción de tipos	Página de manual	Mecanizado	Profundidad de rosca	Grupo de materiales a mecanizar						
				P	M	K	N	S	H	O
				Acero	Acero inoxidable	Fundición de hierro	Metales no férricos	Materiales de difícil mecanizado	Materiales endurecidos	Otros
 <b>Protodyn® S Eco Plus*</b> – de aplicación universal – mayor rendimiento frente a Protodyn® S Plus – para mecanizado en húmedo y MMS	28	GL + DL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●	●●		●●	●		
 <b>Protodyn® S Plus*</b> – de aplicación universal	29	GL + DL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●	●●		●●	●		
 <b>Protodyn® Eco LM</b> – para materiales blandos, propensos a la lubricación	30	GL + DL	2 x D <sub>N</sub>	●			●●	●●		
 <b>Protodyn® S Eco Inox*</b> – especial para el mecanizado de aceros inoxidables con emulsión	31	GL + DL	3,5 x D <sub>N</sub>	●	●●		●	●		
 <b>Protodyn® S Synchrospeed*</b> – de aplicación universal – mecanizado sincronizado – tolerancia del mango h6	32	GL + DL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●	●●		●●	●		
 <b>Protodyn® S HSC*</b> – para altas velocidades de conformación – tolerancia del mango h6 – metal duro integral	33	GL	3,5 x D <sub>N</sub>	●●	●		●●	●		

\* Modelo con ranuras de lubricación, identificado mediante una S

## Fresas de rosca

Grupo de materiales a mecanizar

Descripción de tipos	Página de manual	Mecanizado	Profundidad de rosca	Grupo de materiales a mecanizar						
				P	M	K	N	S	H	O
				Acero	Acero inoxidable	Fundición de hierro	Metales no férricos	Materiales de difícil mecanizado	Materiales endurecidos	Otros
 <b>Fresa de rosca TMC</b> – con bisel avellanado para aplicación universal	34 + 35	GL + DL	2 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●●	●●		●
 <b>Fresa de rosca TMG</b> – sin bisel avellanado – de aplicación universal	35	GL + DL	1,5 x D <sub>N</sub> 2 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●●	●●		●
 <b>Fresa de rosca orbital TMO</b> – para roscas pequeñas y profundas de aplicación universal	36 + 37	GL + DL	2 x D <sub>N</sub> 3 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●●	●●		●
 <b>Fresa de rosca orbital TMO HRC</b> – para roscas pequeñas y profundas en materiales duros hasta 65 HRC	37	GL + DL	2 x D <sub>N</sub>	●●				●	●●	●
 <b>Fresa de rosca TMD</b> – para mecanizado de aluminio y función gris	38 + 39	GL + DL	2 x D <sub>N</sub>			●●	●●			
 <b>Fresa de rosca TME 20</b> – para roscas exteriores	-	Rosca exterior	2 x D <sub>N</sub>	●●	●●	●●	●●	●●		●

GL = mecanizado de agujero ciego  
 DL = mecanizado de agujero pasante

●● Aplicación principal  
 ● Otras aplicaciones

## Las herramientas polivalentes de alta tecnología



Prototex® Eco HT

tipo: E2021342



Paradur® Eco Plus

tipo: EP2051312

### La herramienta

- macho de roscar universal de alto rendimiento
- el recubrimiento de material duro de THL minimiza la formación de rebabas y tetones y garantiza una duración elevada

### Prototex® Eco HT:

- el corte inicial de roscado especial en forma B garantiza una elevada seguridad de procesamiento

### Paradur® Eco Plus:

- reducida tendencia a roturas gracias a una pieza de guía biselada
- rosca hasta aproximadamente el fondo de la perforación en la variante con forma de entrada E

### Su aplicación

- uso en materiales de viruta larga y corta, desde aprox. 200 N/mm<sup>2</sup> hasta aprox. 1300 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción
- apto para mecanizado sincronizado y para el uso en mandriles de compensación

### Sus ventajas

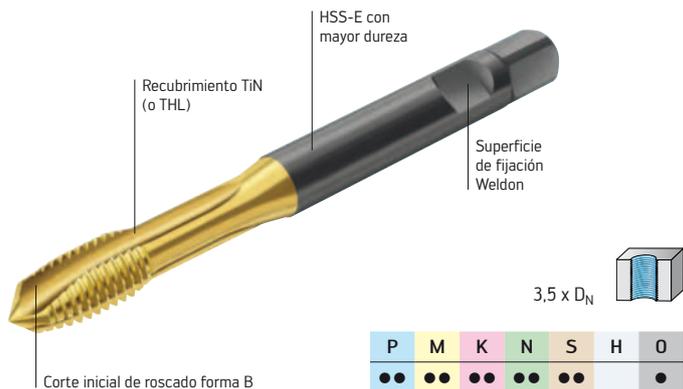
- reducción de la diversidad de herramientas gracias a su amplio ámbito de aplicación
- mayor productividad gracias a las altas velocidades de corte y una gran duración
- geometría especial para procesos seguros, incluso en materiales blandos
- opción de mecanizado MMS

\* IK = suministro interno de refrigerante

KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente

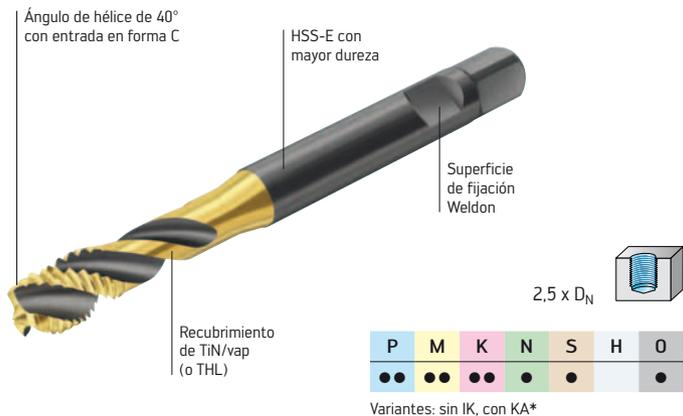
KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## Resistente al desgaste, de aplicación universal



Prototex® Synchronspeed

tipo: S2021305



Paradur® Synchronspeed

tipo: S2051305

### La herramienta

- talón de flancos posteriores elevado y área roscada corta para unas velocidades de corte máximas
- tolerancia del mango h6 (p. ej., para usar en adaptadores por contracción)
- diámetro de mango ajustado a adaptadores por contracción estándar

### Particularidades del Paradur® Synchronspeed:

- variante con recubrimiento de TiN/vap: ranuras para virutas vaporizadas para una formación perfecta de las virutas y un transporte óptimo de las mismas; recubrimiento de TiN para una elevada resistencia al desgaste
- refrigeración interior con salida axial en la gama estándar

### Sugerencia práctica:

Se recomienda en general el uso de mandriles de sujeción con compensación mínima (p. ej., Prototex C) con mecanizado sincronizado (ventaja: elevada duración y mayor seguridad de proceso).

### Su aplicación

- uso en máquinas-herramienta con husillo sincronizado (no apto para mandriles de compensación o aparatos de corte)
- empleo universal en todos los materiales de viruta larga o corta

### Prototex® Synchronspeed:

- uso hasta aprox. 1400 N/mm<sup>2</sup>

### Paradur® Synchronspeed:

- uso hasta aprox. 1300 N/mm<sup>2</sup>

### Sus ventajas

- mayor productividad gracias a las altas velocidades de corte y una larga duración
- reducidos costes de herramientas gracias al uso universal en materiales de viruta corta o larga
- superficie de rosca extraordinaria gracias a los filos de corte muy afilados
- errores de corte descartados gracias al mecanizado sincronizado

## Velocidad máxima en materiales de viruta corta



**Paradr® Eco CI**

tipo: E2031416

### La herramienta

- innovador tratamiento de la superficie Xtra-treat para la mejor calidad antidesgaste durante el desprendimiento de viruta en materiales abrasivos de viruta corta
- el elevado número de ranuras reduce la carga de los filos y genera virutas cortas
- posición de tolerancia 6HX para una duración máxima
- modelos con salidas de refrigerante axiales o radiales para un transporte óptimo de las virutas con roscas profundas de agujero ciego y pasante

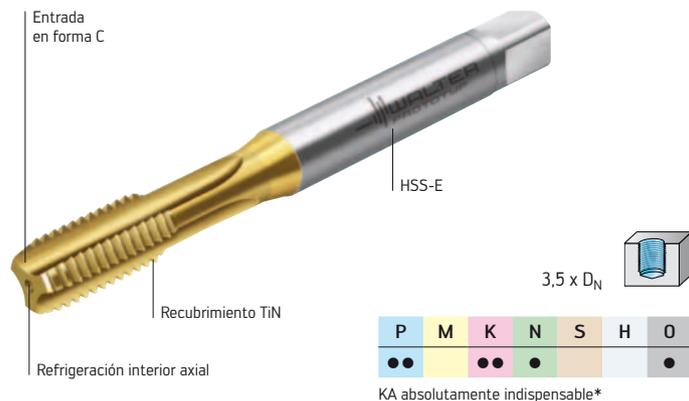
### Su aplicación

- rosca de agujero ciego y agujero pasante en materiales de viruta corta
- ISO K: predominantemente para materiales GJL (GG); en materiales GJS (GGG) hasta un máximo de 2 x D<sub>N</sub> de profundidad de rosca; fundición de hierro vermicular (como p. ej. GJV450)
- ISO N: aleaciones de Mg y aleaciones abrasivas de AlSi con proporción de Si > 12%

### Sus ventajas

- bajos costes de producción por rosca gracias a su elevada velocidad de corte y larga duración
- calidad antidesgaste homogénea y, por tanto, seguridad de proceso absoluta
- costes reducidos de herramienta debido al uso de rosca base y de agujero pasante
- opción de mecanizado MMS

## Tiempo corto de ciclo de trabajo, desprendimiento de viruta óptimo



**Paradr® HT**

tipo: 2031115

### La herramienta

- la geometría de corte genera virutas cortas incluso en materiales de viruta larga
- la refrigeración interior axial y las ranuras rectas facilitan un transporte óptimo de las virutas cortas desprendidas
- mayor talón de flancos posteriores para una mayor velocidad de corte
- modelos largos con ranuras para virutas prolongadas en la gama estándar

### Su aplicación

- rosca de agujero ciego en materiales de viruta larga y corta
- ISO P: materiales de acero con resistencia a la tracción comprendida entre 600 y 1400 N/mm<sup>2</sup>.
- ISO K: fundición gris (GGG)
- ISO N: aleaciones de AlSi con proporción de Si > 12 %, aleaciones de Cu y aleaciones de Mg

### Sus ventajas

- mayor velocidad de corte y duración mayor en comparación con los machos para roscar de agujero ciego convencionales
- sin virutas embrolladas, es decir, menores tiempos de parada de la máquina
- máxima seguridad de proceso, incluso con roscas profundas
- gama estándar con grandes dimensiones

– ámbitos de aplicación típicos:

- industria automovilística (árboles de levas, cigüeñales, bielas)
- grandes dimensiones de rosca (ingeniería general de máquinas, ejes de engranajes, carcasas, etc.)

\* IK = suministro interno de refrigerante

KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente

KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## Amplia gama, elevada rentabilidad



Prototex® X-pert P

tipo: P2031005



Paradur® X-pert P

tipo: P2051905

### La herramienta

- reducido ángulo de incidencia de flancos y, por consiguiente, sin errores de corte en materiales blandos

### Prototex® X-pert P

- variantes con un reducido número de ranuras en la gama estándar

### Paradur® X-pert P

- ranuras para virutas largas para roscas profundas
- la pieza de guía biselada impide la rotura

### Su aplicación

#### Prototex® X-pert P

- ISO P:
  - variante con 3 ranuras: < 1000 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción
  - variante con 2 ranuras: < 700 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción (suministrable hasta la medida M6)
- ISO N: aleaciones de AlSi con proporción de Si entre 0,5 y 12 %
- el modelo con reducido número de ranuras resulta idóneo para materiales blandos de viruta larga gracias a su mejor formación de virutas (óptimo en el mecanizado de aceros de construcción blandos, como p. ej. St37)

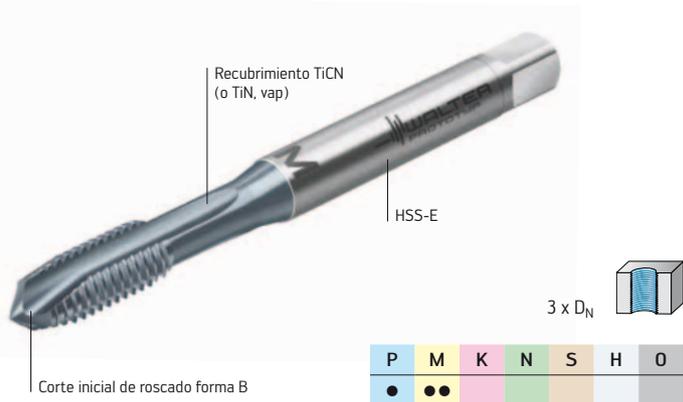
#### Paradur® X-pert P

- ISO P: acero < 1000 N/mm<sup>2</sup>, preferentemente en materiales de viruta larga
- ISO N: aleaciones de AlSi con proporción de Si entre 0,5 y 12 %

### Sus ventajas

- rentable con tamaños de lote pequeños a medios
- elevada flexibilidad y cortos tiempos de suministro gracias a la amplia gama estándar (variados perfiles de rosca, medidas y tolerancias en almacén)
- rosca con muy buena calidad superficial gracias al gran ángulo de desprendimiento

## Con seguridad de proceso en aceros inoxidables



Prototex® X-pert M

tipo: M2021306



Paradur® X-pert M

tipo: M2051306

### La herramienta

- el núcleo de rosca situado más arriba garantiza una rosca calibrada y facilita un desbarbado seguro de la rosca (importante sobre todo para el mecanizado de materiales inoxidables)
- mayor ángulo de incidencia de flancos para el desprendimiento de viruta en materiales que tienden a atascarse

### Particularidades del Paradur® X-pert M:

- pieza de guía biselada para evitar las roturas

### Su aplicación

- ISO M: aceros inoxidables desde 350 hasta 1200 N/mm<sup>2</sup>
- ISO P: muy adecuado para aceros desde 700 hasta 1200 N/mm<sup>2</sup>

### Sus ventajas

- elevada seguridad de proceso en materiales de viruta larga y que tienden a atascarse
- rentable con tamaños de lote pequeños a medios
- elevada flexibilidad y cortos tiempos de suministro gracias a la amplia gama estándar (variados perfiles de rosca, medidas y tolerancias en almacén)
- menor variedad de herramientas, gracias al uso en materiales ISO M e ISO P

## Robusto en titanio de alta dureza



Prototex® TiNi Plus

tipo: 2021763



Paradur® Ti Plus

tipo: 2041663

### La herramienta

- especial para el mecanizado de materiales ISO S con geometría concebida para la **emulsión**
- ángulo de incidencia de flancos muy elevado para reducir la fricción en materiales que se atascan
- gracias al reducido ángulo de desprendimiento, apto para el desprendimiento de viruta de materiales duros
- el recubrimiento de ACN sin titanio resistente al desgaste reduce las adherencias

### Su aplicación

- aplicaciones en tecnología aeronáutica y aeroespacial, y en tecnología médica
- especial para aleaciones de titanio de alta resistencia y que tiendan a atasarse con resistencia a la tracción desde 700 hasta 1400 N/mm<sup>2</sup>

### Prototex® TiNi Plus

- también utilizable en aleaciones de níquel

### Sus ventajas

- a menudo se puede trabajar con emulsión en lugar de con aceite
- elevada seguridad de proceso gracias a la gran estabilidad de la herramienta
- larga duración gracias al innovador recubrimiento de material duro y a los resistentes filos de corte
- excelente calidad de rosca

## Larga duración y máxima velocidad



**Prototex® HSC**

tipo: 8021006

### La herramienta

- metal duro integral especial con gran resistencia al desgaste a la vez que elevada tenacidad
- mayor duración gracias al elevado número de ranuras
- tolerancia del mango h6 (p. ej., para usar en adaptadores por contracción)

### – Su aplicación

- ISO P: aceros desde aprox. 700 hasta 1400 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción
- ISO K: predominantemente materiales de GJS (GGG)
- mecanización en serie grande con el objetivo de un coste mínimo por rosca
- producción a gran escala con hincapié en el aumento de la productividad

### Sus ventajas

- costes de producción mínimos y máxima productividad gracias a su velocidad de corte hasta 3 veces mayor que los machos de roscar HSS-E
- ocupación óptima de la máquina gracias a su mayor duración

### Requisitos:

- refrigeración interior
- condiciones de aplicación estables
- centros de mecanización modernos o sistemas modernos de transferencia
- para herramientas de metal duro se recomienda en general el mecanizado sincronizado y el uso de mandriles de sujeción con compensación mínima (p. ej., Prototex C) (aumenta la duración y la seguridad del proceso)



**Paradur® HSC**

tipo: 8041056

### La herramienta

- geometría de entrada especial y reducción de desprendimiento para virutas desprendidas cortas incluso en materiales de viruta larga
- tolerancia del mango h6 (p. ej., para usar en adaptadores por contracción)

### Su aplicación

- ISO P/H: materiales de acero desde aprox. 700 N/mm<sup>2</sup> hasta 55 HRC
- ISO K: materiales de fundición como p. ej.: GG40, GJV450, ADI800
- mecanización en serie grande con el objetivo de unos costes mínimos por rosca
- producción a gran escala con hincapié en el aumento de la productividad

### Sus ventajas

- costes de producción mínimos y máxima productividad gracias a su velocidad de corte hasta 3 veces mayor que los machos de roscar HSS-E
- menos cambios de herramienta y, por consiguiente, una ocupación óptima de la máquina gracias a la mayor duración
- gran seguridad de proceso gracias al desprendimiento de viruta perfecto

### Requisitos:

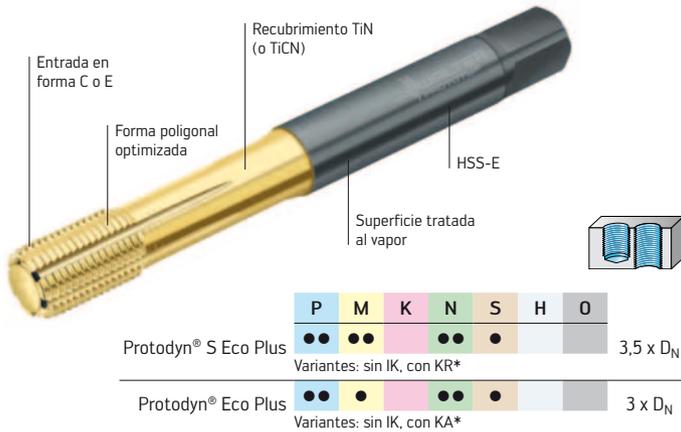
véase Prototex® HSC, página 26

\* IK = suministro interno de refrigerante

KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente

KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## El laminador de alta tecnología



**Protodyn® S Eco Plus**

**tipo:** EP2061745

### La herramienta

- recubrimiento de TiN de reciente creación y tratamiento al vapor adicional para una duración máxima sin soldaduras frías
- la innovadora geometría de entrada facilita un mejor comportamiento de entrada y al desgaste
- el tratamiento especial de la superficie y la forma poligonal optimizada conllevan una mayor duración gracias a la menor fricción (importante para aplicaciones MMS)
- modelos con refrigeración interior radial para grandes profundidades de rosca en la gama estándar

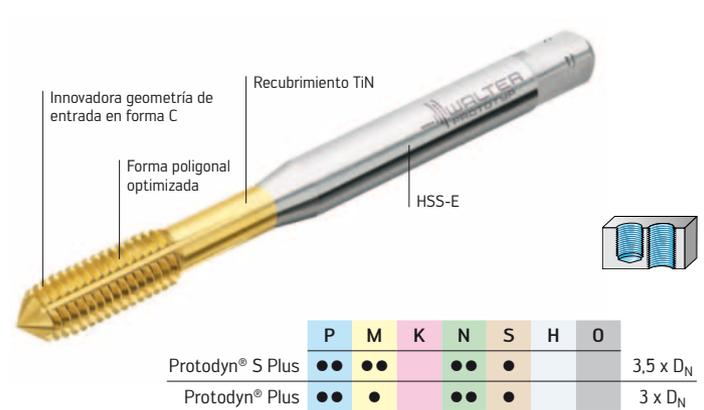
### Su aplicación

- laminador universal de alto rendimiento para su uso en todos los materiales conformables hasta aprox. 1200 N/mm<sup>2</sup>
- variante con recubrimiento de TiCN especial para el mecanizado de aceros al carbono y aleaciones abrasivas de aluminio

### Sus ventajas

- menos cambios de herramienta, ocupación óptima de la máquina y mayor productividad gracias a la elevada velocidad de conformación y la gran duración
- bajos costes por lubricación de refrigeración gracias a la opción de mecanizado MMS
- mayor rendimiento en comparación con Protodyn® S Plus

## Bajos costes de herramientas, buen rendimiento



**Protodyn® S Plus**

**tipo:** DP2061705

### La herramienta

- innovadora geometría de entrada para un mejor comportamiento de entrada y un comportamiento al desgaste más uniforme
- forma poligonal optimizada para una baja fricción y una mayor producción durante la vida útil

### Su aplicación

- uso universal en todos los materiales conformables hasta aprox. 1200 N/mm<sup>2</sup>

### Sus ventajas

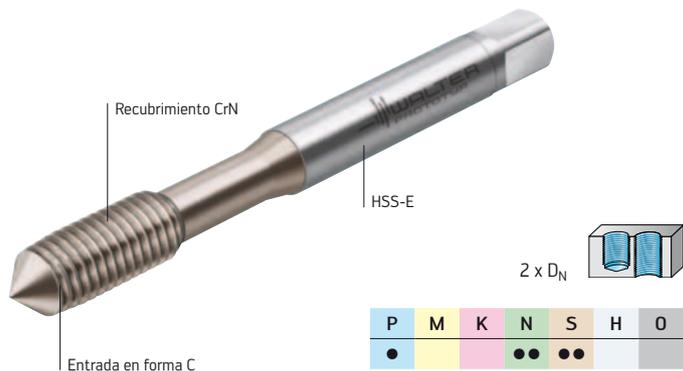
- precio de compra más bajo (y menor rendimiento) en comparación con Protodyn® S Eco Plus
- Reducción de la variedad de herramientas con la aplicación universal en una amplia gama de materiales

\* IK = suministro interno de refrigerante

KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente

KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## Solución sólida para materiales blandos



Protodyn® Eco LM

tipo: E2061604

### La herramienta

- recubrimiento de CrN sin titanio

#### Observación:

Para roscas > 2 x D<sub>N</sub> se recomienda esmerilar las ranuras de lubricación en el área roscada, lo que resulta factible en corto plazo mediante un retoque.

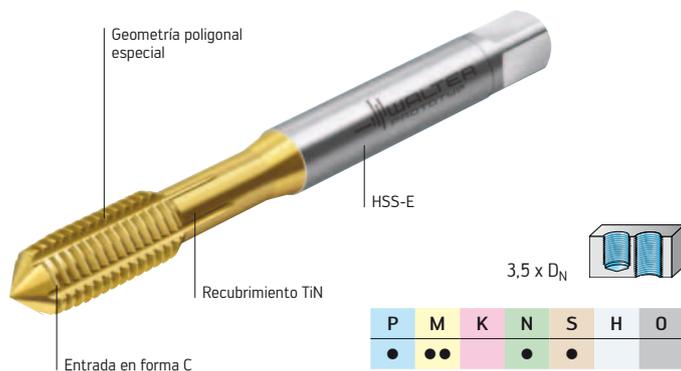
### Su aplicación

- Para materiales de viruta larga, blandos y propensos a la lubricación
- Desde aprox. 200 hasta 700 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción
- ISO N: aleaciones de AlSi con hasta el 12% de proporción de Si y aleaciones de cobre de viruta larga
- ISO S: aleaciones de Ti de hasta aprox. 1100 N/mm<sup>2</sup> (si se usa aceite heavy duty)
- robusto en condiciones de lubricación moderadas en las que TiN o TiCN es propenso a las adherencias o soldaduras
- apto para MMS

### Sus ventajas

- elevada seguridad de proceso y mayor duración gracias a su mínima tendencia a las adherencias y soldaduras
- opción de mecanizado de aleaciones de forja de Al y de fundición con **emulsión** en lugar de aceite

## El especialista para el mecanizado de materiales inoxidables



Protodyn® S Eco Inox

tipo: E2061305

### La herramienta

- la geometría poligonal especial favorece el mecanizado de aceros inoxidables con **emulsión**

### Su aplicación

- mecanizado de aceros inoxidables con emulsión

#### Observación:

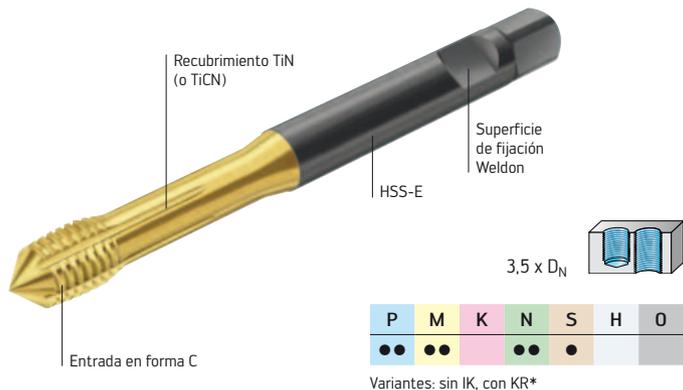
Con los laminadores convencionales los aceros inoxidables solo se pueden mecanizar con aceite. Los centros de mecanizado, sin embargo, suelen funcionar con emulsión. Para el prensado de rosca había que detener las máquinas para llenar la rosca de aceite manualmente. Además de la elevada duración del mecanizado, existe el peligro de que la emulsión se vertiera debido al aceite añadido.

- uso posible en todos los materiales conformables, si bien el rendimiento es algo menor en comparación con los laminadores universales

### Sus ventajas

- reducción del tiempo de mecanizado en materiales inoxidables al no requerirse una intervención manual en el proceso de mecanizado
- sin vertido de la emulsión al no introducirse aceite externo

## Gran sincronicidad, de aplicación universal



Protodyn® S Synchronspeed

tipo: S2061305

### La herramienta

- área roscada corta para una baja fricción y altas velocidades de conformación
- variantes con refrigeración interior radial para grandes profundidades de rosca en la gama estándar
- tolerancia del mango h6 (p. ej., para usar en adaptadores por contracción)

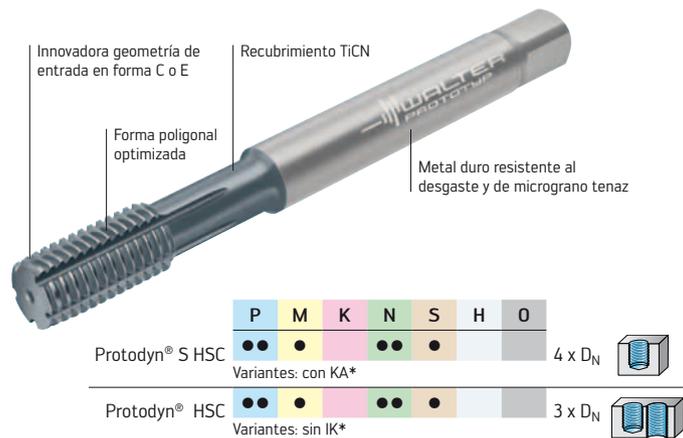
### Su aplicación

- uso en máquinas-herramienta con husillo sincronizado; no adecuado para mandriles de compensación o aparatos de corte
- uso universal en casi todos los materiales conformables hasta aprox. 1200 N/mm<sup>2</sup>
- apto para MMS
- se recomienda en general el uso de mandriles de sujeción con compensación mínima (p. ej., Prototflex C) (venta: elevada duración y mayor seguridad de proceso)

### Sus ventajas

- alta productividad gracias a las altas velocidades de conformación
- reducción de costes de mantenimiento en almacén gracias a su uso universal
- opción de uso de mandriles de sujeción sencillos y robustos sin mecanismo de compensación

## Larga duración y máxima velocidad



Protodyn® S HSC

tipo: HP8061716

### La herramienta

- la forma poligonal optimizada reduce la fricción y aumenta la producción
- novedosa geometría de la entrada para un desgaste uniforme
- tolerancia del mango h6 (p. ej., para usar en adaptadores por contracción)

### Protodyn® S HSC:

- ranuras de lubricación y suministro axial de refrigerante para roscas profundas de agujero ciego de hasta 4 x D<sub>N</sub>

### Su aplicación

- ISO P: acero de hasta 1200 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción
- ISO M: materiales inoxidables de hasta 1000 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción (preferentemente con aceite)
- ISO N: aleaciones de AISi con hasta el 12% de proporción de Si y aleaciones de Ni con resistencia a la tracción inferior a 900 N/mm<sup>2</sup>

### Sus ventajas

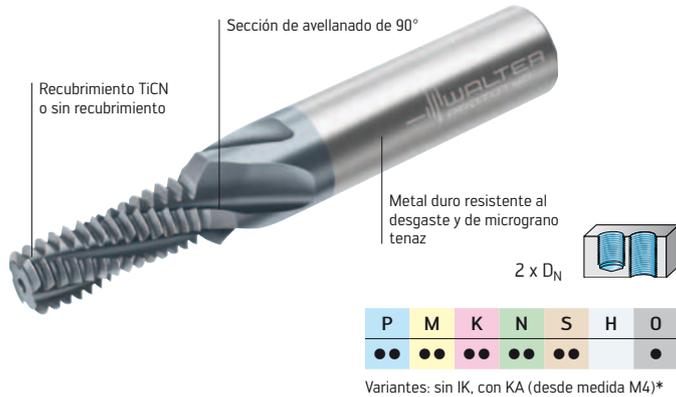
- máxima productividad gracias a las elevadas velocidades de conformación
- menos cambios de herramienta gracias a su altísima duración
- atractiva relación calidad-precio en la mecanización en serie grande
- aprovechamiento óptimo de la profundidad de taladrado al tratarse de una herramienta roma

\* IK = suministro interno de refrigerante

KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente

KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## Universal con sección de avellanado



Fresa de roscar MDI TMC - Thread Mill Countersink

tipo: H5055016

### La herramienta

- fresa de roscar de metal duro integral con sección de avellanado
- precisión de concentricidad < 10 µm para una calidad sobresaliente de la rosca y una gran duración

### Su aplicación

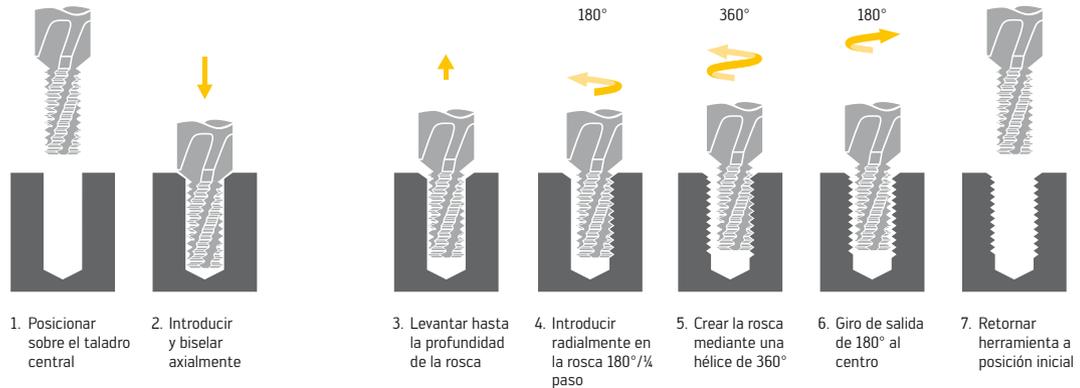
- aplicación universal en un amplio espectro de materiales de hasta aprox. 1500 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción o 48 HRC

### Sus ventajas

- gran duración y elevados valores de corte gracias al sustrato mejorado
- muy buena estabilidad de marcha y corte suave gracias a la geometría optimizada

### La estrategia:

fresado de rosca TMC



\* IK = suministro interno de refrigerante

KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente

KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## Máxima seguridad de proceso con las roscas más pequeñas



Fresa de roscar TMO - Thread Mill Orbital

tipo: H5087016

### La herramienta

- pieza de corte corta, menor ángulo de hélice y ángulo de desprendimiento positivo para menor fuerza y corte suave
- gran diámetro de mango para un uso sin vibraciones incluso con gran longitud de viruta
- diseño resistente con gran diámetro de núcleo

### Su aplicación

- uso universal en un amplio espectro de materiales de hasta aprox. 1500 N/mm<sup>2</sup> de resistencia a la tracción o 48 HRC
- propiedades de desprendimiento de viruta excepcionales incluso con materiales muy resistentes y materiales con tendencia a atascarse (p. ej., aceros inoxidables de alta resistencia y aleaciones de Ti)

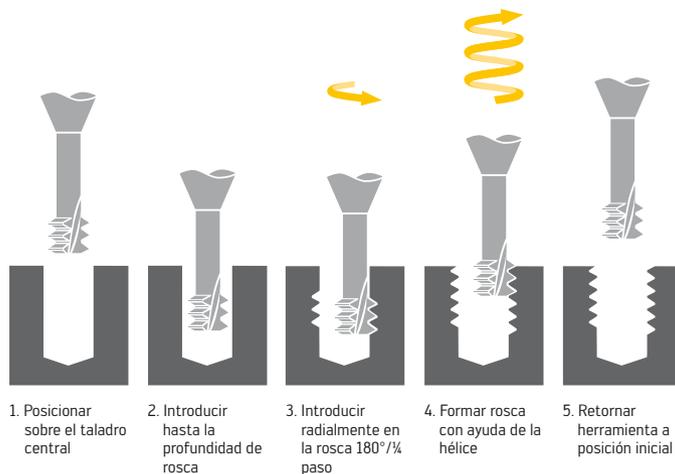
### Sus ventajas

- gran duración gracias a la innovadora estrategia de fresado
- roscas pequeñas y profundas (p. ej., M1,6, 3 x D<sub>N</sub> de profundidad) realizables de forma segura
- uso ventajoso allí donde las herramientas convencionales no pueden ir más allá:
  - mecanizado de materiales de difícil mecanizado como, p. ej., Inconel
  - realización de roscas profundas
  - solución cuando ante fresas de roscar convencionales debido a su rosca cónica fueran necesarias distribuciones de corte radiales (múltiples)



### La estrategia:

fresado de rosca orbital TMO



\* IK = suministro interno de refrigerante  
KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente  
KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

## Taladrado, avellanado y roscado en una única pasada



Fresa de roscar MDI TMD - Thread Mill Drill

tipo: H5075018

### La herramienta

- fresa de roscar de metal duro integral
- longitud de filo de corte y sección de avellanado determinada para 2 x D<sub>N</sub> de profundidad de rosca
- recubrimiento de TAX para materiales ISO K
- recubrimiento de NHC para materiales ISO N

### Su aplicación

- ISO K: materiales de fundición como, p. ej., GG25 (los materiales GGG se pueden mecanizar únicamente en casos excepcionales. El mecanizado de estos materiales puede facilitarse en parte mediante una herramienta especial de dos filos.)
- ISO N: fundición de aluminio con una proporción de Si desde el 7%; aleaciones de Mg y Cu de viruta corta
- mecanizado directo de taladros centrales colados previamente

### Sus ventajas

- mayor rentabilidad con menos de 8 roscas del mismo tipo por componente en comparación con las herramientas convencionales\*\*
- incrementos de productividad al acortarse la duración del proceso hasta en un 50 %
- ahorro de espacio en el almacén de herramientas
- posicionamiento exacto de taladro central y rosca

### Sugerencia práctica:

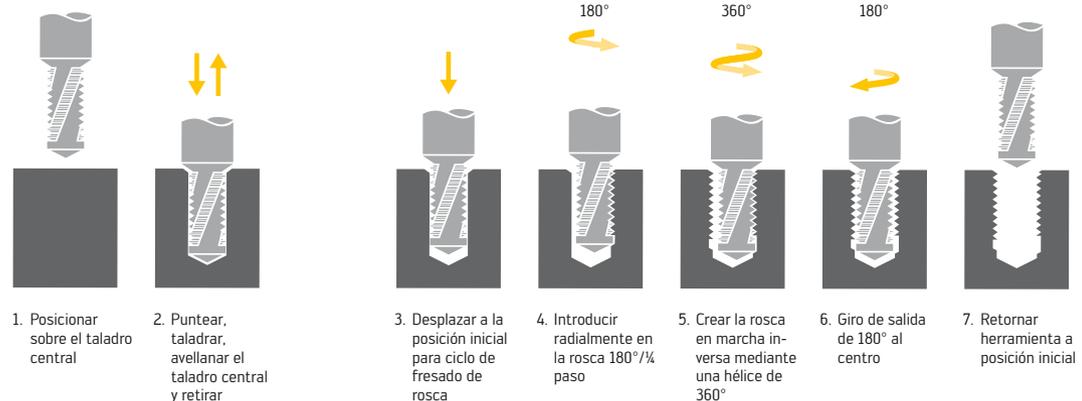
Es razonable el uso del TMD incluso cuando una única rosca presente otra especificación distinta de todas las demás roscas del componente.

Ejemplo: 13 roscas por componente. 12 de ellas M8 y 1 rosca M6. En lugar de usar un taladro para rosca y una herramienta de roscado, se puede realizar esta rosca de forma rentable con el TMD.

\*\* El carácter ventajoso puede variar dependiendo del tiempo viruta-a-viruta

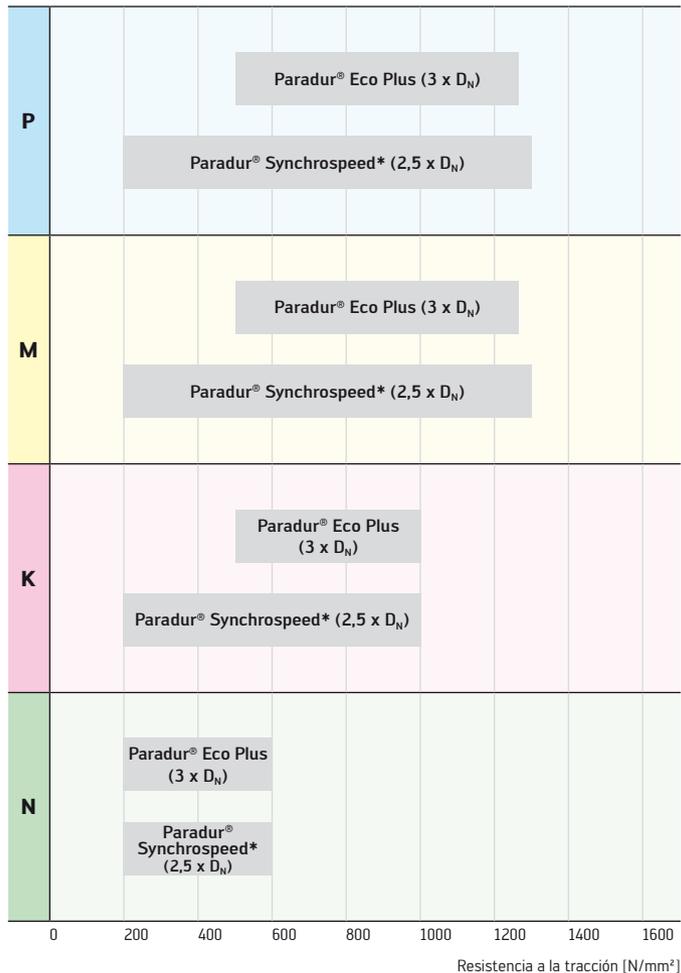
### La estrategia:

fresado de rosca TMD con sección de avellanado



\* IK = suministro interno de refrigerante  
 KA = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante axialmente  
 KR = suministro interno de refrigerante con salida de refrigerante radialmente

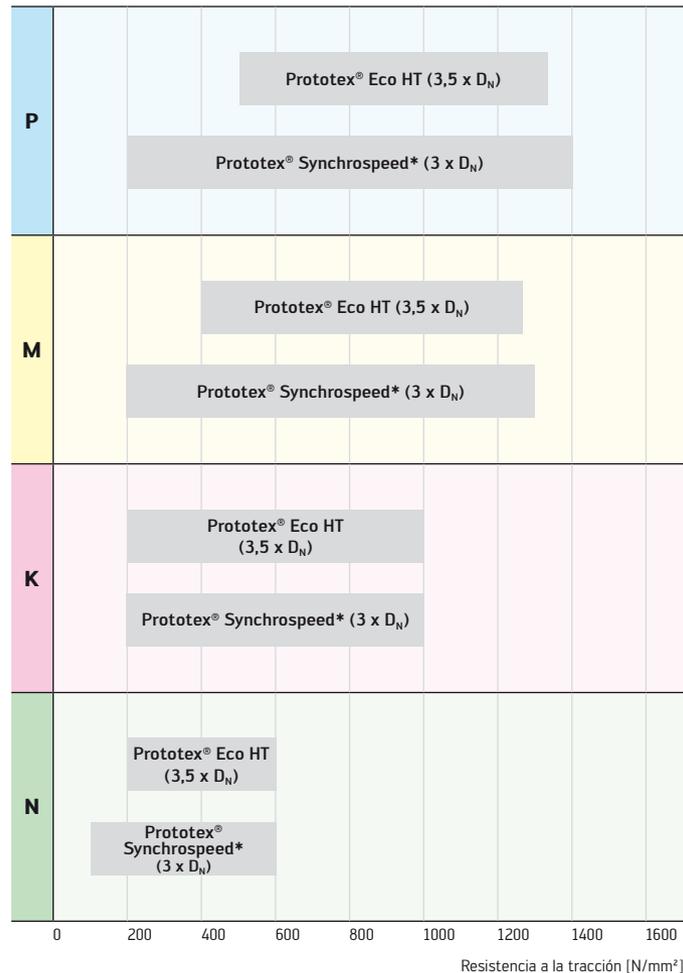
## Machos de roscar universales de agujeros



Material de corte HSS-E o HSS-E-PM

\* Solo para mecanizado sincronizado

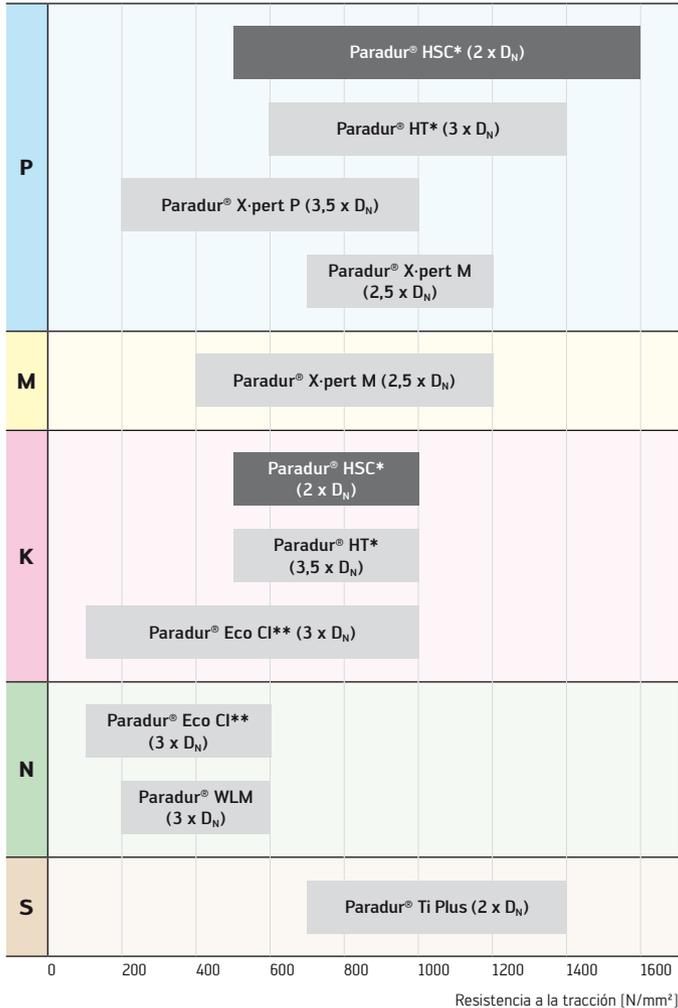
## Machos de roscar universales de agujeros pasantes



Material de corte HSS-E o HSS-E-PM

\* Solo para mecanizado sincronizado

## Machos de roscar de agujeros ciegos para aplicaciones especiales



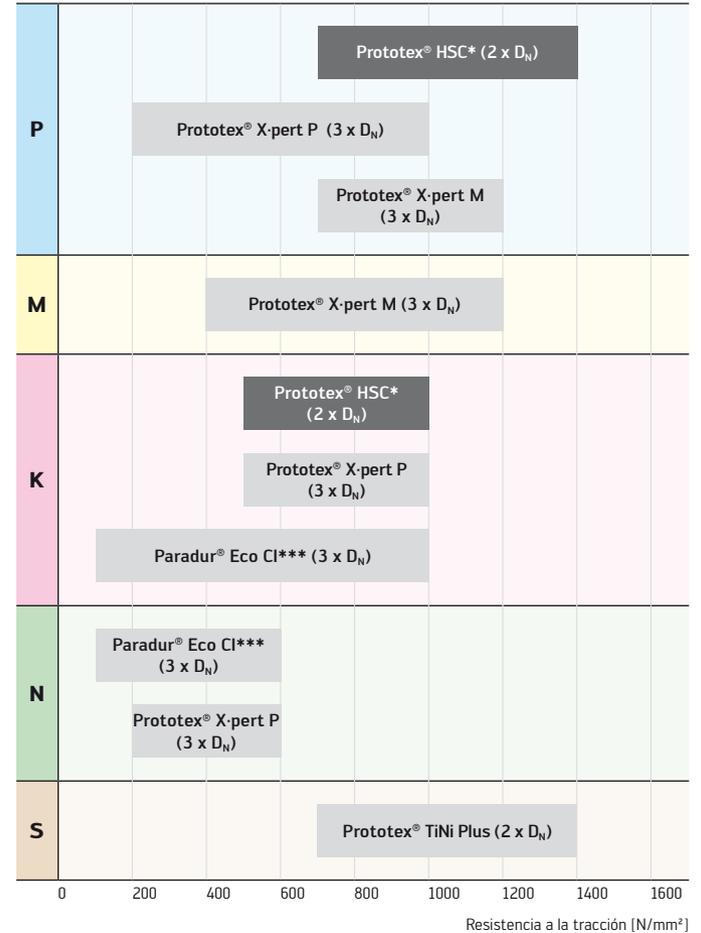
■ Material de corte de metal duro integral

■ Material de corte HSS-E o HSS-E-PM

\* Requiere refrigeración interior

\*\* Solo para materiales de viruta corta; refrigeración interior recomendable

## Macho de roscar de agujeros pasantes para aplicaciones especiales



■ Material de corte de metal duro integral

■ Material de corte HSS-E o HSS-E-PM

\* Requiere refrigeración interior

\*\*\* Solo para materiales de viruta corta

## Laminadores

- Aplicación principal
- Otras aplicaciones

Profundidad de rosca				2,0 x D <sub>N</sub>	3,5 x D <sub>N</sub>					
Tipo				Protodyn® Eco LM	Protodyn® S Plus	Protodyn® S Eco Plus	Protodyn® S Eco Inox	Protodyn® S Synchrospeed	Protodyn® S HSC	
Informaciones de producto: Página				30	29	28	31	32	33	

Grupo de materiales	Clasificación de los grupos principales de materiales		Dureza Brinell HB	Resistencia R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>						
	Material de la pieza de trabajo									
<b>P</b>	Acero no aleado y acero de baja aleación	recocido (bonificado)	210	700	●●	●●	●●	●	●●	●
		acero para torno automático	220	750	●●	●●	●●	●	●●	●
		bonificado	300	1010		●●	●●	●	●●	●●
		bonificado	380	1280		●	●	●	●	●●
		bonificado	430	1480						
	Acero de alta aleación y acero para herramientas de alta aleación	recocido	200	670		●●	●●	●	●●	●
templado y revenido		300	1010		●●	●●	●	●●	●●	
templado y revenido		400	1360							
Acero inoxidable	ferrítico/martensítico, recocido	200	670		●●	●●	●●	●●	●●	
	martensítico, bonificado	330	1110		●●	●●	●●	●●	●●	
<b>M</b>	Acero inoxidable	austenítico, dúplex	230	780		●●	●●	●●	●●	●●
		austenítico, endurecido (PH)	300	1010		●	●	●	●	●
<b>K</b>	Fundición gris	245	-							
	Fundición de grafito esferoidal	365	-							
	GGV (CGI)	200	-							
<b>N</b>	Aleaciones forjables de aluminio	no templables	30	-	●●	●●	●●	●	●●	●●
		templables, endurecidas	100	340	●●	●●	●●	●	●●	●●
	Aleaciones de fundición de aluminio	≤ 12 % Si	90	310	●●	●●	●●	●	●●	●●
		> 12 % Si	130	450						
	Aleaciones de magnesio	70	250							
	Cobre y aleaciones de cobre (bronce, latón)	no aleado, cobre electrolítico	100	340	●●	●	●	●	●	●
latón, bronce, fundición roja		90	310							
aleaciones de cobre, de viruta corta		110	380							
de alta dureza, Ampco		300	1010							
<b>S</b>	Aleaciones termostables	base de Fe	280	940						
		base de Ni o Co	250	840		●●	●●	●	●●	●●
		base de Ni o Co	350	1080						
	Aleaciones de titanio	titanio puro	200	670	●●					
		aleaciones α y β, endurecidas	375	1260	●●					
		aleaciones β	410	1400	●●					
Aleaciones de tungsteno	300	1010								
Aleaciones de molibdeno	300	1010								

## Fresas de roscar

		Profundidad de rosca		1,5 x D <sub>N</sub> 2,0 x D <sub>N</sub>	2,0 x D <sub>N</sub>			2,0 x D <sub>N</sub> 3,0 x D <sub>N</sub>	
		Tipo		TMG	TMC	TMO HRC	TMD	TMO	
		Informaciones de producto: Página		35	34	37	38	36	
Grupo de materiales	Clasificación de los grupos principales de materiales		Dureza Brinell HB	Resistencia R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>					
	Material de la pieza de trabajo								
<b>P</b>	Acero no aleado y acero de baja aleación	recocido (bonificado)	210	700	●●	●●			●●
		acero para torno automático	220	750	●●	●●			●●
		bonificado	300	1010	●●	●●			●●
		bonificado	380	1280	●●	●●			●●
		bonificado	430	1480	●●	●●	●●		●●
	Acero de alta aleación y acero para herramientas de alta aleación	recocido	200	670	●●	●●			●●
templado y revenido		300	1010	●●	●●			●●	
templado y revenido		400	1360	●●	●●	●●		●●	
Acero inoxidable	ferrítico/martensítico, recocido	200	670	●●	●●			●●	
	martensítico, bonificado	330	1110	●●	●●	●		●●	
<b>M</b>	Acero inoxidable	austenítico, dúplex	230	780	●●	●●			●●
		austenítico, endurecido (PH)	300	1010	●●	●●			●●
<b>K</b>	Fundición gris	245	-	●●	●●		●●	●●	
	Fundición de grafito esferoidal	365	-	●●	●●		●●	●●	
	GGV (CGI)	200	-	●●	●●		●●	●●	
<b>N</b>	Aleaciones forjables de aluminio	no templables	30	-	●●	●●		●●	●●
		templables, endurecidas	100	340	●●	●●		●●	●●
	Aleaciones de fundición de aluminio	≤ 12 % Si	90	310	●●	●●		●●	●●
		> 12 % Si	130	450	●●	●●		●●	●●
	Aleaciones de magnesio	70	250	●●	●●		●●	●●	
	Cobre y aleaciones de cobre (bronce, latón)	no aleado, cobre electrolítico	100	340	●●	●●		●●	●●
		latón, bronce, fundición roja	90	310	●●	●●		●●	●●
		aleaciones de cobre, de viruta corta	110	380	●●	●●		●●	●●
de alta dureza, Ampco		300	1010	●●	●●		●●	●●	
<b>S</b>	Aleaciones termostables	base de Fe	280	940	●●	●●			●●
		base de Ni o Co	250	840	●●	●●			●●
		base de Ni o Co	350	1080	●●	●●			●●
	Aleaciones de titanio	titanio puro	200	670	●●	●●			●●
		aleaciones α y β, endurecidas	375	1260	●●	●●			●●
		aleaciones β	410	1400	●●	●●			●●
	Aleaciones de tungsteno	300	1010	●●	●●	●		●●	
Aleaciones de molibdeno	300	1010	●●	●●	●		●●		
<b>H</b>	Acero templado	50 HRC		-			●●		
		55 HRC		-			●●		
		60 HRC		-			●●		

## Comparación entre procesos de producción de roscas

	Ventajas	Inconvenientes
Roscado con macho	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ningún requisito especial de la máquina</li> <li>– Pueden mecanizarse casi todos los materiales susceptibles de desprender viruta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– La evacuación de virutas frecuentemente supone un desafío y condiciona la variedad de herramientas y las modificaciones especiales (sobre todo con roscas de agujero ciego profundas en materiales de viruta larga)</li> <li>– Reducida estabilidad de la herramienta por las ranuras para virutas; aumenta el riesgo de rotura</li> <li>– Peligro de destrozos en caso de rotura de la herramienta</li> <li>– El proceso puede reaccionar de forma sensible a los cambios de propiedades del material de la pieza condicionados por la carga del lote</li> <li>– Elevado riesgo de parada de la máquina por enlazamientos de virutas</li> </ul>
Prensado de rosca	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alta seguridad de proceso                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin virutas y, por tanto, sin problemas para la evacuación de estas; también se pueden realizar así roscas profundas de forma segura</li> <li>• Bajo riesgo de rotura por la estabilidad de las herramientas</li> </ul> </li> <li>– Elevada calidad de rosca                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor resistencia estática y dinámica de la rosca en virtud del endurecimiento en frío</li> <li>• Muy buena superficie de rosca con baja profundidad de aspereza</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mayor duración en comparación con el roscado con macho</li> <li>– Las herramientas se pueden usar con carácter bastante universal</li> <li>– Roscas GL y DL con una herramienta</li> <li>– Peligro de destrozos en caso de rotura de la herramienta</li> <li>– Campo de aplicación limitado por el alargamiento de rotura, la resistencia a la tracción y el paso de rosca</li> <li>– La tolerancia más estrecha del taladro central aumenta los costes de producción; es imprescindible realizar una comparación de la rentabilidad con el roscado con macho</li> <li>– No permitido en la industria alimentaria, en el campo de la tecnología médica y en la industria aeronáutica</li> </ul>
Fresado de rosca	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alta flexibilidad                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso universal de herramientas de los más distintos materiales</li> <li>• Una herramienta para roscas de agujero ciego y de agujero pasante</li> <li>• Distintas medidas de rosca (con el mismo paso de rosca) realizables con una misma herramienta</li> <li>• Posiciones de tolerancia deseadas, realizables con una herramienta</li> <li>• Rosca de una y varias entradas y roscas a derecha e izquierda realizables con una herramienta</li> </ul> </li> <li>– Alta seguridad de proceso                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin riesgo de enlazamiento de viruta</li> <li>• Sin destrozos en caso de rotura de herramienta</li> <li>• Bajo par de giro incluso en medidas grandes</li> <li>• Las entradas y salidas oblicuas no plantean ningún problema</li> <li>• Opción de mecanizado de componentes con pared fina gracias a las bajas presiones de corte</li> </ul> </li> <li>– Reducida carga en el husillo gracias al desarrollo uniforme del movimiento</li> <li>– Superficie de rosca de muy buena calidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elevados costes de herramientas en comparación con los laminadores y machos de roscar HSS-E</li> <li>– Es imprescindible una máquina con control CNC 3D</li> <li>– Programación más costosa</li> <li>– En la producción a gran escala el fresado de rosca frecuentemente pierde frente al roscado con macho y a los laminadores en lo que se refiere a la rentabilidad</li> </ul>

	Seguridad de proceso	Velocidad de mecanizado	Universalidad/flexibilidad	Producción durante vida útil	Costes de herramienta	Profundidad de rosca	Tamaños de lote típicos
Roscado con macho	-	+	-	-	-	+	de pequeño a muy grande
Prensado de rosca	+	+	+	++	+	++	de pequeño a muy grande
Fresado de rosca	++	-	++	+	+	-	de pequeño a medio

- Referencia  
 + Mayor que referencia  
 ++ Claramente mayor que referencia

## Posiciones de tolerancia de machos de roscar y laminadores

La posición de tolerancia de la rosca interior fabricada no solo depende de las medidas de la herramienta, sino también del material y de las condiciones de mecanizado. En algunos casos es ventajoso elegir medidas que difieran de la norma. Esta asignación de tolerancia se distingue en base a una clase de tolerancia X indicada al final (p. ej., 6HX en lugar de 6H). Cabe observar que estas posiciones X se diferencian de un fabricante a otro, ya que se basan exclusivamente en las normas de fabricación.

Los machos de roscar que han sido concebidos para materiales tenaces son fabricados por Walter Prototyp en la posición X, para contrarrestar las propiedades de recuperación elástica del material. En Walter Prototyp ello implica para los machos de roscar el aumento de la medida en media posición de tolerancia. Los aceros inoxidables concebidos para la gama de productos X-pert M se realizan por tanto en la posición X. Los machos de roscar para aleaciones de alta resistencia de titanio y níquel se dimensionan por la misma razón en la posición X.

Si se mecanizan materiales abrasivos, como por ejemplo la fundición gris, y el corte no plantea ningún problema, también tiene sentido fabricar la herramienta en la posición X. Debido a la asignación de tolerancia en la posición X aumenta la duración de la herramienta (se tarda más hasta que el lado PASA del calibre de roscado no se puede atornillar más). Por esta razón se produce, por ejemplo, el macho de roscar Paradur® Eco Cl justo en esta posición de tolerancia.

Los laminadores se fabrican exclusivamente en la posición X, ya que el material retorna elásticamente con mayor intensidad en el prensado de rosca que en el roscado. Por cierto que las posiciones X para laminadores se distinguen de aquellas para machos de roscar, lo cual no tiene, no obstante, ningún efecto sobre la tolerancia de la rosca interior a producir, tal como se infiere de la tabla incluida más abajo.

La clase de tolerancia de la herramienta (p. ej., 4H) corresponde al rango de tolerancia de la rosca interior para la cual se ha dimensionado la herramienta. En la tabla dispuesta más abajo se ha representado que con estas herramientas también se pueden generar otros rangos de tolerancia.

Los recubrimientos aplicados posteriormente a la rosca interior deben ser compensados en el macho de roscar con un sobremetal. Este sobremetal se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$A = T \times f \text{ siendo } f = \frac{2}{\sin \frac{\alpha}{2}}$$

Donde A es el sobremetal a determinar, T el grosor de capa del recubrimiento a aplicar posteriormente y  $\alpha$  indica el ángulo de ataque.

**Ejemplo:**  
rosca métrica, recubrimiento galvánico de 25  $\mu\text{m}$  de grosor

Con el ángulo de ataque de 60° resulta:

$$f = \frac{2}{\sin \frac{60^\circ}{2}} = \frac{2}{0,5} = 4$$

de lo que se deriva

$$A = 0,025 \text{ mm} \times 4 = 0,1 \text{ mm}$$

Si hay que obtener una unión roscada normal hay que elegir, por tanto, una herramienta de la clase de tolerancia 6H + 0,1.

### Observación:

En el fresado de rosca, con una herramienta se pueden generar las posiciones de tolerancia que se deseen, ya que las posiciones de tolerancia se determinan mediante la programación.

Clase de tolerancia de herramienta		Rango de tolerancia realizable de la rosca interior		Rango de tolerancia realizable de la rosca interior			Aplicación técnica
Denominación DIN de macho de roscar	Norma de fabricación de machos de roscar y laminadores						
IS01/4H	4HX	4H	5H	–	–	–	Unión roscada con poca holgura
IS02/6H	6HX	4G	5G	6H	–	–	Unión roscada normal
IS03/6G	6GX	–	–	6G	7H	8H	Unión roscada con mucha holgura
7G	7GX	–	–	–	7G	8G	Preventivo frente a deformación con tratamiento térmico

## Recubrimientos y tratamientos de superficies

	sin recubrimiento	vap	nid (nit + vap)	TiN	TiCN	THL
Campos de aplicación principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agujeros ciegos muy profundos en aceros blandos</li> <li>- Uso en caso de problemas con evacuación de virutas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobre todo para materiales inoxidables</li> <li>- En materiales blandos, tenaces y con tendencia a las adherencias y soldaduras</li> <li>- Para roscas de agujero ciego muy profundas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DL: acero de hasta 1200 N/mm<sup>2</sup>, mecanizado de fundición de hierro y de aluminio;</li> <li>- GL: solo materiales de viruta corta (GG, aleac. de AISi &gt; 7% Si, C70); aceros con alto contenido en perlita;</li> <li>- No apto para materiales inoxidables con tendencia a atascarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceros poco aleados</li> <li>- Materiales inoxidables</li> <li>- Apto para aleaciones de Ni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceros aleados y no aleados</li> <li>- Materiales abrasivos como fundición gris, aleac. de AISi (&gt; 5% Si), Cu y bronce</li> <li>- Capa universal para GFR hasta 48 HRC</li> <li>- Apto para aleaciones de Ni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aceros en general y aceros inoxidables VA</li> <li>- Agujeros ciegos profundos</li> <li>- Mecanizado MMS</li> <li>- GJS (GGG)</li> </ul>
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor <math>v_c</math>/producción durante vida útil en comparación con Wkz recubierto</li> <li>- Virutas estrechamente enrolladas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora la adherencia del lubricante refrigerante, reduciéndose con ello las adherencias</li> <li>- Menor <math>v_c</math>/producción durante vida útil frente a los materiales recubiertos</li> <li>- Evacuación de virutas mejorada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor duración gracias a la elevada dureza superficial</li> <li>- Fragilidad creciente</li> <li>- "Nidamizado" significa nitrado y vaporizado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capa universal</li> <li>- Apto para muchos materiales</li> <li>- No apto para aleaciones de Ti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistente al desgaste frente a materiales abrasivos</li> <li>- Idóneo para herramientas MDI</li> <li>- No adecuado para aleac. de Ti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejor virutaje que TiN y TiCN</li> <li>- Tendencia a adherencias en materiales con manganeso</li> </ul>
Aspecto						

	CrN	NHC	DLC	ACN	TAX	Diamante
Campos de aplicación principales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Roscado con macho de aleac. de Al y Cu</li> <li>- Prensado de rosca de aleac. de Ti</li> <li>- Mecanizado de aceros lubricados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Metales no férricos (aleaciones de Cu, latón, bronce y Ti)</li> <li>- Aleac. de AISi con hasta 12% de proporción de Si</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aleaciones de Al propensas a la lubricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aleaciones de Ti</li> <li>- Aleaciones de Ni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación universal en fresado de rosca</li> <li>- También para aceros templados y mecanizado HSC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales abrasivos como aleac. de AISi con &gt; 12% de proporc.</li> </ul>
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce las adherencias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduce la formación de rebabas y tetones</li> <li>- Resistente frente al desgaste abrasivo</li> <li>- Opción de filos de corte afilados, dada la fina capa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opción parcial de prolongaciones considerables de la vida útil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin afinidad por las aleaciones de titanio por la capa sin titanio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta resistencia térmica</li> <li>- Capa universal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistente frente al desgaste abrasivo</li> </ul>
Aspecto						

## Recubrimientos y tratamientos de superficies

Material	Resistencia a la tracción de baja a media								Resistencia a la tracción de media a alta		Resistencia a la tracción de baja a alta		Resistencia a la tracción de baja a muy alta
	P	M	K	N	S	H							
P	X	X	X						X		X	X	X
M		X	X						X		X	X	X
K		X	X						X		X	X	X
N	X	X	X	X	X		X	X			X		
S				X						X			
H											X		X
Tratamiento de superficie	sin recubrimiento	vap	TiN	CrN	NHC		DLC	Diamante	nid	ACN	TiCN	THL	TAX
Roscado con macho	X	X	X	X			X		X	X	X	X	
Prensado de rosca			X	X			X				X		
Fresado de rosca					X		X	X		X	X		X
Taladrado y fresado de rosca					X								X

### Selección de recubrimiento en prensado de rosca

Material	TiN	TiCN
Hierro magnético blando	●●	●
Acero estructural	●●	●
Acero al carbono	●	●●
Acero aleado	●●	●
Acero bonificado	●●	●
Acero inoxidable	●	●●
Austenítico	●	●●
Ferrítico, martensítico, dúplex	●	●●
Altamente resistente al calor	●	●●
Al/Mg no aleado	●●	●
Al, aleado Si < 0,5 %	●	●●
Al, aleado Si < 0,5 % - 10 %	●	●●
Al, aleado Si > 10 %	●	●●

●● Recomendación ● Aplicación posible

## Refrigeración y lubricación

Habitualmente, en este contexto se habla de "refrigerante", aunque en el roscado y, especialmente, en el prensado de rosca la lubricación tiene más importancia que la refrigeración. A este respecto se distingue entre los siguientes métodos de suministro de refrigerante:

- Suministro externo de refrigerante
- Suministro externo de refrigerante a través de salidas paralelas al eje en el mandril
- Suministro "interno" de refrigerante a través de ranuras en el mango
- Suministro interno de refrigerante (Innere Kühlmittelzufuhr = **IK**) con salida axial del refrigerante (Kühlmittelaustritt axial = **KA**)
- Suministro interno de refrigerante con salida radial de refrigerante (Kühlmittelaustritt radial = **KR**)

El suministro externo de refrigerante es el método más extendido y funciona en la mayoría de los casos. En caso de mecanizado vertical de roscas con agujero ciego el orificio del taladro central se llena de refrigerante (excepto en caso de diámetros de broca muy pequeños), lo que conlleva ventajas para el mecanizado de roscas.

En roscas de agujero pasante el taladro central no se puede llenar, ya que como las virutas en el roscado con macho son impulsadas en la dirección de avance y en el prensado de rosca no se producen virutas, el refrigerante también puede penetrar en las roscas más profundas hasta la entrada. El chorro de refrigerante debería estar ajustado lo más paralelo posible al eje de la herramienta.

Resulta problemático el suministro externo en caso de mecanizado de roscas profundas con una posición horizontal del husillo. En este caso el refrigerante no puede penetrar siempre hasta el filo de corte. En el roscado con macho de agujeros ciegos las virutas resultantes dificultan más el suministro de refrigerante.

El suministro paralelo al eje a través de ranuras de refrigeración en el mango conlleva ventajas considerables, ya que el refrigerante siempre llega de forma fiable al filo de corte, independientemente de la longitud de la herramienta. Lo único que hay que tener en cuenta es que, conforme aumenta el número de revoluciones, el refrigerante es proyectado radialmente por la fuerza centrífuga si la presión del refrigerante es demasiado baja.

El suministro interno de refrigerante garantiza que el refrigerante sea dirigido en cada momento al filo de corte. Ello garantiza siempre una refrigeración y una lubricación óptimas del filo de corte. Asimismo se favorece en muchos casos el transporte de virutas.

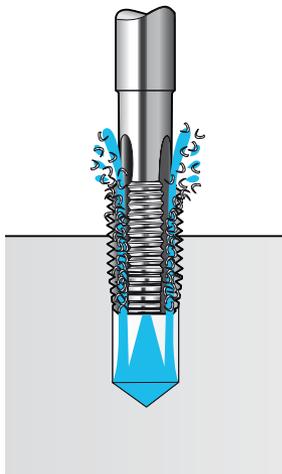
Grupo de materiales	Material	Roscado	Prensado de rosca	Fresado de rosca
<b>P</b>	Acero	Emulsión al 5 %	Emulsión al 5 - 10 %	Emulsión/MMS/aire soplado
	Acero 850 - 1200 N/mm <sup>2</sup>	Emulsión al 5 - 10 %	Emulsión al 10 % o aceite (Protofluid)	Emulsión/MMS/aire soplado
	Acero 1200 - 1400 N/mm <sup>2</sup>	Emulsión al 10 % o aceite (Protofluid)	Emulsión al 10 % o aceite (Protofluid o Hardcut 525)	Emulsión/MMS/aire soplado
	Acero 1400 - 1600 N/mm <sup>2</sup> corresponde a 44 - 49 HRC	Aceite (Protofluid o Hardcut 525)	Por regla general, no es posible el conformado	Emulsión/MMS/aire soplado
<b>M</b>	Acero inoxidable	Emulsión al 5-10 % o aceite (Protofluid)	Aceite (Protofluid) [emulsión al 5-10 % solo posible con herramientas especiales (Protodyn® S Eco Inox)]	Emulsión
<b>K</b>	Fundición gris GG	Emulsión al 5 %	El conformado no es posible	Emulsión/MMS/aire soplado
	Fundición de grafito esférico GGG	Emulsión al 5 %	Emulsión al 10 %	Emulsión/MMS/aire soplado
<b>N</b>	Aluminio hasta máx. 12 % de Si	Emulsión al 5 - 10 %	Emulsión al 5 - 15 %	Emulsión/MMS/aire soplado
	Aluminio por encima de 12 % Si	Emulsión al 5 - 10 %	Emulsión al 5 - 10 % El conformado solo tiene sentido en casos excepcionales	Emulsión/MMS/aire soplado
	Magnesio	Aceite (Protofluid)	El conformado no es posible a temperatura ambiente	Seco
	Cobre	Emulsión al 5 - 10 %	Emulsión al 5 - 10 %	Emulsión/MMS/aire soplado
<b>S</b>	Aleaciones de titanio	Emulsión al 10 % o aceite (Protofluid o Hardcut 525)	Aceite (Hardcut 525)	Emulsión
	Aleaciones de níquel	Emulsión al 10 % o aceite (Protofluid o Hardcut 525)	Aceite (Protofluid o Hardcut 525)	Emulsión
<b>H</b>	Acero >49 HRC	Aceite (Hardcut 525) posible solo con herramientas de metal duro	El conformado no es posible	Seco/MMS
<b>O</b>	Plásticos	Emulsión al 5 %	El conformado no produce ninguna tuerca de dimensiones exactas	Emulsión/MMS

## Refrigeración y lubricación – Roscado con macho

En el **roscado con macho de agujeros ciegos** cabe distinguir dos casos:

### Caso 1: virutas cortas

Los mejores resultados en relación con el rendimiento y la seguridad del proceso se logran si las virutas se pueden romper cortas. A continuación el lubricante puede extraer estas virutas cortas fuera de la roscas sin problemas. La rotura en corto de las virutas se logra mejor con machos de roscar con ranurado recto (p. ej., Paradur® HT). En el caso de las roscas de agujeros ciegos se recomienda la refrigeración KA.

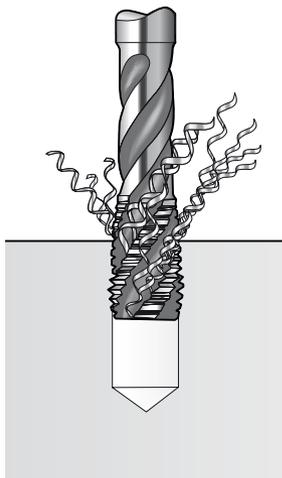


#### Observación:

En la producción de roscas de agujero ciego en materiales de viruta corta sin IK, las virutas se acumulan en el fondo de la perforación. Si la distancia de seguridad se ha medido demasiado justa, la herramienta encalla entre las virutas y puede romperse.

### Caso 2: virutas largas (las virutas no se pueden romper)

En aceros por debajo de 1000 N/mm<sup>2</sup> o incluso básicamente en aceros inoxidables y otros materiales muy tenaces, no suelen poder romperse las virutas de forma que queden cortas. En estos casos hay que evacuar la viruta mediante herramientas espiralizadas. Si hay una refrigeración interna, el refrigerante únicamente facilita el transporte de virutas. En algunos casos se puede trabajar con machos de roscar menos helicoidales, con lo que aumenta la duración de la herramienta.



## Refrigeración y lubricación – Fresado de rosca

En el **fresado de rosca** debe procurarse en general el mecanizado en húmedo, aunque solo debería tener aplicación cuando se pueda garantizar una refrigeración uniforme. Si no, los choques térmicos que se producen favorecen la aparición de microfisuras, las cuales pueden provocar a su vez roturas, reduciendo así la duración de la herramienta. En el mecanizado en húmedo con lubricante suministrado externamente en muchos casos no es posible garantizar una refrigeración uniforme. El mecanizado en seco con aire comprimido es posible por principio en el fresado de rosca, si bien conlleva deterioros a lo largo de la vida útil.

En el mecanizado de agujeros ciegos se recomienda el uso de forma general de una herramienta con salida axial de refrigerante. Resulta óptimo en este caso el uso de emulsión. Como la herramienta es bañada por todas partes, no se produce ningún choque térmico. Además el chorro de refrigerante facilita la evacuación de virutas, augurando un proceso seguro. De forma alternativa también se puede usar en este caso un suministro interno de aire comprimido o lubricación por cantidades mínimas (MMS), lo cual, no obstante, conlleva una vida útil más corta. La producción de roscas de agujero ciego con emulsión suministrada externamente no es recomendable, ya que en determinadas circunstancias se acumulan virutas en la perforación del taladro central, lo cual tiene un efecto negativo sobre la duración de la herramienta. Asimismo, con un suministro externo de lubricante refrigerante existe un elevado riesgo de choque térmico.

Para la producción de roscas de agujero pasante se recomienda el suministro externo de emulsión, la lubricación por cantidades mínimas MMS o, como alternativa, el suministro de aire comprimido. No obstante, el mecanizado en húmedo puede plantear problemas bajo determinadas circunstancias, ya que en caso de suministro externo de refrigerante no siempre puede garantizarse una refrigeración uniforme de la herramienta. Sobre todo en el caso de roscas de pequeña medida existe el peligro de que el refrigerante suministrado externamente no pueda penetrar del todo en el estrecho orificio, no pudiendo garantizarse por tanto la refrigeración uniforme de la herramienta.

#### Observación:

La ausencia de refrigeración en el fresado de rosca es un problema menor que la refrigeración esporádica.

## Refrigeración y lubricación – Prensado de rosca

La refrigeración y, sobre todo, la lubricación, tienen una importancia capital en el prensado de rosca. En caso de una lubricación insuficiente la calidad de acabado de la superficie de la rosca se reduce de forma drástica, tal como muestran las siguientes fotografías:

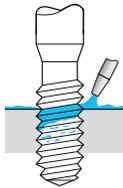


Superficie exfoliada por lubricación insuficiente; solución: ranuras de lubricación

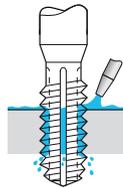


Superficie con lubricación excelente

Se distinguen dos tipos básicos de herramientas: **laminadores con ranuras de lubricación** y **laminadores sin ranuras de lubricación**. Los distintos ámbitos de aplicación se enuncian a continuación.



Sin ranuras de lubricación



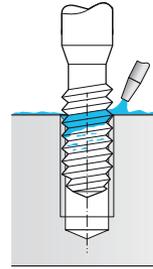
Con ranuras de lubricación

El ámbito de uso de las herramientas sin ranuras de lubricación está limitado a:

- Punzonado-embutido
- Rosca de agujero pasante hasta  $1,5 \times D_N$  (ya que no puede acumularse refrigerante en la perforación del taladro central)
- Rosca de agujero ciego con mecanizado vertical (con roscas de agujero ciego muy profundas se recomienda KA)

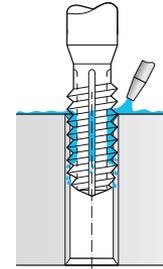
Las ranuras de lubricación proporcionan una lubricación uniforme incluso en el rango inferior de roscas más profundas, por lo que se pueden utilizar universalmente laminadores con ranuras de lubricación. Las roscas de agujero pasante vertical de hasta aprox.  $3,5 \times D_N$  se pueden producir con ranuras de lubricación incluso sin IK.

Para el dimensionamiento de la herramienta cabe distinguir cuatro casos diferentes:



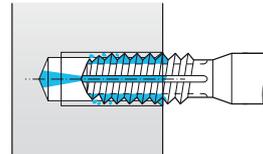
### Mecanizado vertical de agujeros ciegos

No se requieren ranuras de lubricación ni suministro interno de refrigerante; basta con un suministro externo de refrigerante (en roscas muy profundas se recomienda KA).



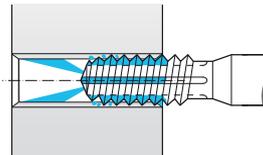
### Mecanizado vertical de agujeros pasantes ( $> 1,5 \times D_N$ )

Se requieren ranuras de lubricación; no es necesario el suministro interno de refrigerante. A través de las ranuras de lubricación puede penetrar el lubricante refrigerante suministrado externamente hasta los bordes de conformación (en roscas muy profundas se recomienda KR).



### Mecanizado horizontal de agujeros ciegos

Se requieren ranuras de lubricación y suministro interno de refrigerante. Salida axial de refrigerante suficiente.



### Mecanizado horizontal de agujeros pasantes

Se requieren ranuras de lubricación. Se recomienda el suministro interno de refrigerante con salida radial del mismo.

## Lubricación con cantidades mínimas

Los lubricantes refrigerantes sirven en el mecanizado con arranque de viruta para reducir el desgaste de las herramientas, para evacuar el calor de la pieza de trabajo y de la máquina, y para facilitar el desprendimiento de viruta y el transporte de evacuación de la misma. Asimismo, la pieza de trabajo, la herramienta y los distintos dispositivos son liberados de restos de viruta. Todo ello constituye en su conjunto una importante condición para un mecanizado eficiente, exento de problemas y rentable.

Los costes de adquisición, cuidado y eliminación del lubricante refrigerante siguen aumentando de forma creciente. También los perjuicios para el medio ambiente que suponen los lubricantes refrigerantes y los riesgos derivados de ello para la salud son considerados cada vez más de forma crítica. Tal como ya se ha indicado en la página 7, los costes de los lubricantes refrigerantes ascienden a aproximadamente el 16 % de los costes totales de producción. Por dicha razón la reducción del consumo de lubricante tiene una gran importancia por razones económicas y ecológicas para las empresas sostenibles y con planes de actividad a largo plazo.

La lubricación con cantidades mínimas (MMS) permite satisfacer todos estos propósitos. En la MMS al aire comprimido se le añade una pequeña cantidad de lubricante de alta eficacia. A pesar de la mínima dosificación de este lubricante (aprox. 5-50 ml/hora), esta permite evitar adherencias y soldaduras de materiales que tiendan a adherirse. Asimismo, mediante la MMS se puede reducir la temperatura del proceso al disminuir la fricción durante el mismo.

En el caso más simple de aplicación, el lubricante se suministra externamente. Este método permite un reequipamiento

económico de máquinas ya existentes, aunque tiene su límite en el caso de roscas de una profundidad de  $1,5 \times D_N$ . El suministro de lubricante a través del husillo resulta ventajoso y debería tomarse en consideración al plantearse la compra de máquinas nuevas.

Las distintas exigencias planteadas a las herramientas por la MMS deben tenerse en cuenta durante su construcción. De este modo, por ejemplo, las herramientas deben dimensionarse de modo que durante el mecanizado se genere el menor calor posible; deben evitarse ángulos de desprendimiento pequeños o incluso negativos. Igualmente, la geometría debe diseñarse de forma que se logre un transporte de virutas seguro incluso sin el efecto auxiliar de un lubricante refrigerante. Sobre todo el recubrimiento desempeña una función fundamental en el mecanizado MMS, ya que la capa de material duro asume en gran parte el cometido de la lubricación. Asimismo, el recubrimiento sirve para reducir la fricción y el aislamiento térmico de la herramienta.

Con profundidades de rosca  $> 1,5 \times D_N$  el suministro interno de refrigerante con salidas radiales es un requisito de la MMS. También deben diseñarse canales de refrigerante en la herramienta de forma que no se produzca una disociación de la mezcla aceite-aire.

Walter Prototyp recomienda para MMS el recubrimiento de THL especialmente desarrollado para machos de roscar. Este recubrimiento se suministra de serie para las herramientas Parador® Eco Plus (sucesora de la acreditada Parador® Eco HT), Prototex® Eco HT y Parador® y Prototex® Synchrospeed. El recubrimiento de THL cuenta con una capa de lubricante que proporciona muy buenas condiciones de fricción incluso con MMS e impide

además la formación de rebabas (filo recrescido). A lo largo de la vida útil de la herramienta la capa es continuamente pulida.

En el prensado de rosca las series Protodyn® Eco Plus, Eco LM y Synchrospeed son idóneas para una lubricación con cantidades mínimas.

### Sus ventajas Con mecanizado MMS con herramientas Walter Prototyp:

- Disminución de los costes de producción y aumento de la competitividad
- Reducción de los costes por lubricante refrigerante, mantenimiento y eliminación
- Reducción de costes energéticos
- Eliminación de riesgos para la salud de los empleados
- Frecuentemente no hay pérdidas de potencia en comparación con el mecanizado en húmedo
- Los componentes con forma cóncava no se llenan de lubricante refrigerante
- Bajos requerimientos de limpieza de componentes

### Observación:

En el fresado de rosca, a diferencia del roscado con macho y el prensado de rosca, el mecanizado en seco es posible en general, si bien pueden producirse deterioros durante la vida útil de la herramienta. Si se trabaja en seco, es recomendable usar aire soplado para facilitar el transporte de viruta. En el fresado de rosca la MMS suele ser ventajosa frente al mecanizado en húmedo, al no estar expuesta la herramienta a ningún choque térmico.

### Materiales idóneos para el mecanizado MMS

- Aceros no aleados o poco aleados y fundición de acero < 1000 N/mm<sup>2</sup>
- Fundición gris
- Latón
- Aleaciones de AlSi
- Aleaciones de cobre

### Materiales no idóneos para el mecanizado MMS

- Aceros de alta aleación y alta resistencia
- Aleaciones de Ti y Ni
- Aceros inoxidables

### Observaciones:

- En el fresado de rosca también se pueden mecanizar con MMS materiales templados y de alta resistencia.
- En la práctica se pueden producir fallos para los que no resulte oportuna la clasificación mencionada.

## Medios de fijación

Los adaptadores de roscado, también denominados fijaciones de las herramientas, son los elementos de unión entre el husillo y la herramienta.

### Funciones de la fijación de la herramienta en el roscado con macho y el prensado de rosca:

- Transmisión del par de giro
- En su caso, compensación axial y/o radial de las diferencias entre la posición del husillo y la posición teórica de la herramienta

### Funciones de la fijación de la herramienta en el fresado de rosca:

- Transmisión del par de giro
- Minimizar la desviación de la herramienta (el mandril debe estar rígido con respecto a las fuerzas radiales)
- Amortiguación de vibraciones

### Funciones generales:

- Transferencia del lubricante refrigerante a la herramienta desde el husillo
- Protección del alojamiento del husillo en caso de rotura de la herramienta
- Protección de la herramienta frente a una rotura (solo se puede realizar de forma limitada)

Respecto a la sintonía entre el husillo y el mecanismo de avance, en el roscado con macho y en el prensado de rosca resulta decisivo si concuerdan o no el número de revoluciones del husillo y la velocidad de avance y con qué grado precisión lo hacen (sincronizados entre sí).

#### Observación:

Todos los mandriles para fresadora de uso corriente se pueden usar para el fresado de rosca. Para el roscado con macho y el prensado de rosca hay mandriles especiales representados a continuación.

## Tipos importantes de fijaciones de herramienta para roscado con macho y prensado de rosca

### Mandril de cambio rápido con compensación axial

#### Ventajas:

- Uso en máquinas sincrónicas y no sincrónicas
- Compensación de desviaciones de posición axiales y radiales
- Diseño robusto

#### Inconvenientes:

- Técnica más costosa que los mandriles rígidos
- Sin protección frente a errores de corte, ya que la herramienta se guía por sí misma

La gama de productos estándar de Walter incluye mandriles de cambio rápido.



### Mandril sincronizado con compensación mínima

#### Ventajas:

- Compensación de fuerzas axiales y, por consiguiente, aumento considerable de la producción durante la vida útil
- Combinación de las ventajas de los mandriles rígidos con las de los mandriles de compensación

#### Inconvenientes:

- Adquisición más costosa en comparación con los mandriles rígidos
- Uso únicamente en máquinas-herramienta sincrónicas

Los mandriles sincronizados con compensación mínima están disponibles en la gama de productos estándar de Walter.



## Tipos importantes de fijaciones de herramienta para roscado con macho y prensado de rosca

### Dispositivo de corte de rosca

#### Ventajas:

- Uso en máquinas sincrónicas y no sincrónicas
- Preservación del husillo, ya que el mandril realiza la inversión del sentido de giro
- Tiempos de ciclo más cortos, ya que el husillo no debe acelerarse ni decelerarse; por ello resulta especialmente interesante para la producción a gran escala

#### Inconvenientes:

- Técnica costosa
- Elevados costes de mantenimiento
- Se requiere soporte del par de giro
- Altos costes de adquisición



### Adaptadores por contracción, adaptadores portapinzas rígidos, adaptadores Weldon (de izquierda a derecha)

#### Ventajas:

- Modelo sencillo, económico y robusto
- Adaptadores por contracción: excelente precisión de concentricidad

#### Inconvenientes:

- Solo aplicable en máquinas-herramienta sincrónicas
- Debido a las mínimas diferencias de inclinación se generan fuerzas axiales que actúan sobre los flancos de la herramienta y reducen la vida útil de esta



La gama de productos estándar de Walter incluye adaptadores por contracción, adaptadores portapinzas y adaptadores Weldon.

## Mecanizado sincronizado en el roscado con macho y el prensado de rosca

Para reducir los tiempos de procesado en el roscado con macho y en el prensado de rosca se trabaja cada vez más con mayor número de revoluciones y mayores velocidades de corte (HSC = High Speed Cutting). Especialmente para la consecución de mayores velocidades se recomienda el mecanizado sincronizado.

El roscado sincronizado exige una máquina que sincronice el movimiento giratorio del husillo principal con el movimiento de avance. La herramienta de roscado no se guía a sí misma en base a su geometría, sino que es controlada únicamente por el avance y por el número de revoluciones del husillo de la máquina. Actualmente la mayoría de centros de mecanizado son aptos para el mecanizado sincronizado.

Por principio se pueden usar todos los machos de roscar y laminadores de forma sincrónica. Walter Prototyp ofrece especialmente para el mecanizado sincronizado herramientas concebidas con la denominación Synchrospeed. Este grupo de herramientas se identifica en base al extremadamente alto ángulo de incidencia de flancos y el área roscada extracorta. Las herramientas de la gama Synchrospeed se usan exclusivamente de forma sincronizada. En cambio, las herramientas de la gama Eco proporcionan resultados excelentes tanto de forma sincronizada como del modo convencional.

Los machos de roscar sincronizados están disponibles tanto con el adaptador Weldon convencional, como con adaptadores portapinzas (si es posible, con arrastre cuadrado). Los dos medios de fijación tienen la desventaja de que no permiten compensar las fuerzas axiales surgidas.

Una alternativa mejor es el adaptador de roscado Protoflex C con compensación mínima. Protoflex C es un adaptador de roscado para centros de mecanizado con control sincronizado. Garantiza una compensación mínima definida con precisión y está adaptado a la geometría de las herramientas Synchrospeed.

### ¿Qué tiene de especial el Protoflex C?

Al contrario que los adaptadores de roscado sincronizados convencionales, Protoflex C se basa en una pieza flexible de fabricación precisa ("flexor") con una elevada rigidez de resorte, que compensa de forma radial y axial las desviaciones de posición a escala micrométrica. El microcompensador patentado se deriva de una aleación especial desarrollada para la NASA y destaca por su larga duración y por no necesitar mantenimiento. Los adaptadores sincronizados disponibles en el mercado utilizan piezas de plástico que pierden flexibilidad con el tiempo. Con ello, pierden la capacidad de realizar una compensación microscópica.

Las fuerzas de compresión ejercidas en los flancos del macho de roscar se reducen de forma significativa con el uso del adaptador de roscado Protoflex C, con lo que se consigue lo siguiente:

- Mayor seguridad de procesamiento gracias a un menor peligro de roturas (especialmente con reducidas dimensiones)
- Mayor duración de las herramientas de roscado gracias a una menor fricción
- Una mejor calidad de la superficie en los flancos de la rosca

Para el cliente, el uso del adaptador de roscado Protoflex C implica una productividad máxima con una reducción simultánea de los costes por herramienta, todo ello tanto en el roscado con macho como en el prensado de rosca.



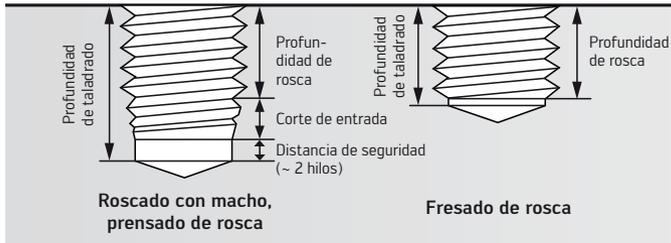
Adaptador de roscado sincronizado Protoflex C

Flexor con compensación mínima

## Indicaciones sobre el taladro central

### Profundidad de la perforación del taladro central

Profundidad de taladrado  $\geq$  profundidad de rosca útil (+ longitud del corte de entrada)  
+ distancia de seguridad



#### Observación:

La punta que pueda haber en la herramienta de roscado debe ser tomada en consideración al calcular la profundidad necesaria de la perforación del taladro central. En este caso hay que distinguir entre punta completa y punta escalonada. Las fresas de roscar no tienen, en comparación con los machos de

roscar y los laminadores, ni zona de corte ni punta, por lo que es posible realizar rosca hasta casi el fondo de la perforación. Los errores de corte durante el proceso de fresado están descartados, por lo que no se requiere ninguna distancia axial de seguridad.

### Diámetro de la perforación del taladro central en el roscado con macho y el fresado de rosca

Fórmula empírica:

Diámetro de taladro = diámetro nominal - paso

Ejemplo de medida M10

Diámetro de taladro = 10,0 mm - 1,5 mm = **8,5 mm**

### Diámetro de la perforación del taladro central en el prensado de rosca

Fórmula empírica:

Diámetro de taladro = diámetro nominal - f x paso

- Tolerancia 6H: f = 0,45

- Tolerancia 6G: f = 0,42

Ejemplo de medida M10

Diámetro de taladro = 10,0 mm - 0,45 x 1,5 mm = 9,325 mm = **9,33 mm**

### Indicaciones especiales para el prensado de rosca

#### Observación:

El diámetro recomendado de la perforación del taladro central viene indicado en el mango de los laminadores Walter Prototyp.



Al seleccionar las herramientas de taladrado hay que tomar en cuenta adicionalmente las tolerancias permitidas de la perforación del taladro central que se indican en la tabla inferior para garantizar un proceso de conformación seguro y una duración adecuada.

Paso de rosca	Tolerancia de diámetro de pretaladrado de la rosca
$\leq 0,3$ mm	$\pm 0,01$ mm
$> 0,3$ mm hasta $< 0,5$ mm	$\pm 0,02$ mm
$\geq 0,5$ mm hasta $< 1$ mm	$\pm 0,03$ mm
$\geq 1$ mm	$\pm 0,05$ mm

En razón de dichas tolerancias, que en comparación con el roscado resultan más ajustadas, el prensado de rosca no siempre es más económico que el roscado con macho.

#### Sugerencia práctica:

El diámetro de núcleo de la rosca se origina en el prensado de rosca durante el proceso de conformación, por lo que depende del comportamiento de flujo del material. En contraste, el diámetro de núcleo en el roscado con macho y el fresado de rosca ya está determinado

por la perforación del taladro central. Por esta razón es imprescindible realizar un calibrado del diámetro de núcleo de la rosca. Las tolerancias del diámetro de núcleo de la rosca interior se indican en la página 116.

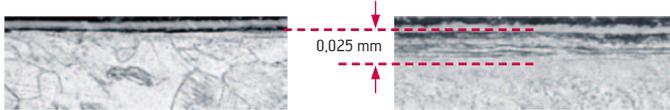
#### Observación:

La gama de productos de Walter Titex está adaptada al diámetro de pretaladrado de la rosca para el roscado con macho y el prensado de rosca.

## Templado de zonas periféricas

Con frecuencia la producción de roscas se considera como un proceso separado. Pero esto resulta incorrecto, pues la operación de taladrado previa tiene un efecto considerable sobre el roscado que se practica a continuación.

Al taladrar la perforación del taladro central la zona periférica del material de la pieza resulta afectada por los efectos mecánicos y térmicos. La modificación resultante de la estructura es perceptible en las dos microfotografías siguientes:



Taladro nuevo:  
zona periférica casi sin modificar

Taladro desgastado:  
influencia en la zona periférica

La dureza de la zona periférica es claramente superior en el caso de un taladro desgastado que en el caso de una herramienta nueva. También el uso de parámetros de corte más elevados durante el taladrado provoca el templado de la zona periférica. Aunque dicho templado únicamente se produce a una distancia muy pequeña de la superficie del taladro, de este se deriva una considerable reducción de la duración de la herramienta de roscado (véase el ejemplo más abajo).

### Resumen:

- La duración de la herramienta de roscado disminuye conforme aumenta la dureza de la zona periférica.
- La dureza de la zona periférica aumenta conforme lo hace el desgaste de la herramienta de taladrado y con unos parámetros de corte elevados o con unos filos de corte redondeados.

**Ejemplo:** Material C70, diámetro de broca 8,5 mm, profundidad de taladrado 24,5 mm

	Taladro desgastado	Taladro nuevo
Dureza de zona periférica	450 HV	280 HV
Anchura de zona periférica	0,065 mm	≈ 0
Producción durante la vida útil del macho de roscar	70 roscas	> 350 roscas

### Sugerencia práctica:

En caso de problemas con la duración de la herramienta debe tomarse en consideración, además del proceso de producción de roscas, el proceso de taladrado previo y la propia herramienta de taladrado.



## Tipos básicos

### Agujero ciego

#### Materiales de viruta corta

Los machos de roscar con ranurado recto no evacuan la viruta. Por ello, solo deben utilizarse con materiales de viruta corta o con roscas cortas.

#### Observación:

Si no refrigeración interna las virutas se acumulan en la base del orificio taladrado. Si la distancia de seguridad se ha medido demasiado justa, la herramienta puede encallar entre las virutas y romperse.

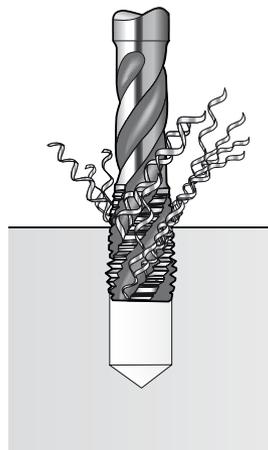
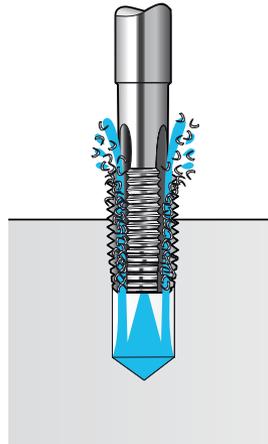
Si el macho de roscar cuenta con suministro de refrigerante, también se pueden realizar roscas más profundas con herramientas con ranurado recto, ya que las virutas son enjuagadas en el sentido contrario a la dirección de avance. El requisito es, no obstante, que las virutas se rompan en fragmentos cortos (p. ej.: Paradur® HT, profundidad de rosca hasta  $3,5 \times D_N$ ).

En comparación con las herramientas helicoidales, los machos de roscar con ranurado recto duran más.

Algunas herramientas con ranurado recto también pueden usarse para agujeros pasantes en materiales con buenas propiedades de desprendimiento de viruta (p. ej., Paradur® Eco CI).

#### Materiales de viruta larga

Los machos de roscar con espiral hacia la derecha extraen las virutas en dirección al mango. Cuanto más tenaz sea el material que se va a mecanizar y más larga sea su viruta y cuanto más profunda sea la rosca, mayor será el ángulo de espiral necesario.



### Orificio pasante

#### Materiales de viruta larga

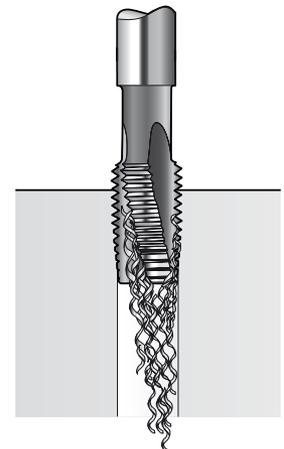
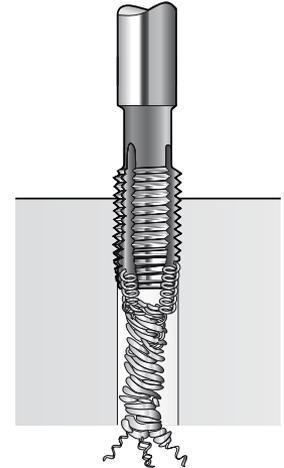
Los machos de roscar con corte inicial de roscado impulsan la viruta hacia delante, en la dirección de avance.

Los machos de roscar con corte inicial de roscado son la primera elección para la producción de roscas de agujero pasante en materiales de viruta larga.

#### Los machos de roscar con espiral hacia la izquierda

(como también los machos de roscar con corte inicial de roscado) impulsan la viruta hacia delante en la dirección de avance.

Tiene sentido usar las herramientas con espiral hacia la izquierda únicamente cuando no se pueda garantizar una evacuación de virutas segura con un corte inicial de roscado. Ejemplo de herramienta: Paradur® N de los tipos 20411 y 20461



## Formas de la entrada en base a la norma DIN 2197

### Atención:

- Las entradas más largas aumentan la duración
- Las entradas más largas reducen la carga de la arista de corte, algo que adquiere importancia cuanto mayor es la resistencia del material
- Las entradas más cortas permiten una rosca hasta casi el fondo de la perforación
- Las entradas más largas aumentan el par de giro necesario

Forma	Número de hilos de la entrada	Modelo y aplicación
A	6-8 hilos	<p>Ranurado recto</p>  <p>Materiales de viruta corta</p> <hr/> <p>Rosca de agujero pasante en materiales de viruta media y larga</p>
B	3,5 - 5,5 hilos	<p>Ranurado recto con corte inicial de roscado</p>  <p>Materiales de viruta media y larga</p>
C	2-3 hilos	<p>Helicoidal hacia la derecha</p>  <p>Materiales de viruta media y larga</p>
		<p>Ranurado recto</p>  <p>Materiales de viruta corta</p>
D	3,5 - 5 hilos	<p>Helicoidal hacia la izquierda</p>  <p>Materiales de viruta larga</p>
		<p>Ranurado recto</p>  <p>Materiales de viruta corta</p>
E	1,5 - 2 hilos	<p>Helicoidal hacia la derecha</p>  <p>Final de rosca corto en materiales de viruta media y larga</p>
		<p>Ranurado recto</p>  <p>Final de rosca corto en materiales de viruta corta</p>
F	1 - 1,5 hilos	<p>Helicoidal hacia la derecha</p>  <p>Final de rosca muy corto en materiales de viruta media y larga</p>
		<p>Ranurado recto</p>  <p>Final de rosca muy corto en materiales de viruta corta</p>

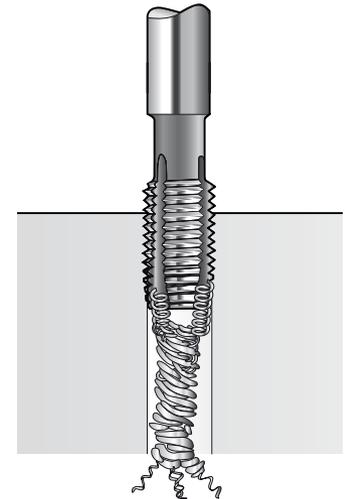
## Sección de viruta

Para roscas de agujero pasante se usan sobre todo formas de entrada más largas.

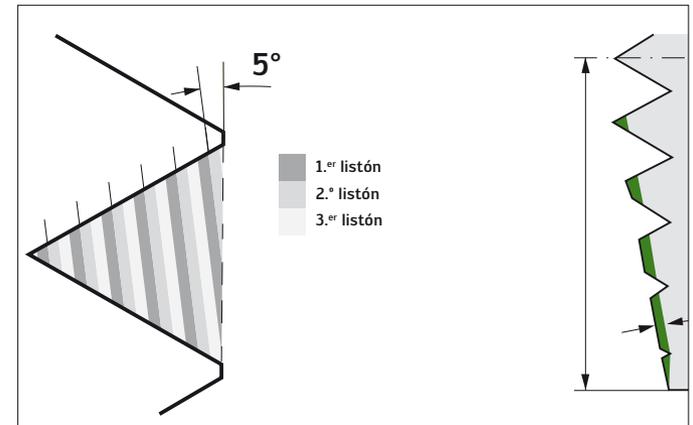
### Una entrada larga

(p. ej. forma B) causa:

- elevada duración
- par de giro elevado
- sección de viruta más pequeña
- carga reducida del dentado de la entrada



### Forma B

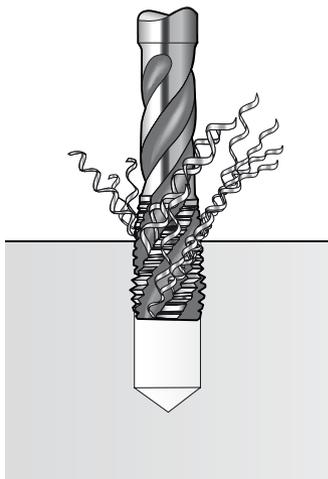


## Sección de viruta

En roscas de agujero ciego se seleccionan sobre todo formas de entrada más cortas, lo que no se fundamenta solo en el hecho de que la rosca frecuentemente tenga que llegar hasta el fondo de la perforación.

El cizallamiento de las virutas en las roscas de agujero ciego plantea un problema. Si la viruta es demasiado fina, esta solo se desaloja con la inversión de marcha y no se puede separar más. La viruta se aplasta entre el componente y el área libre de la entrada. Ello puede provocar la rotura de la herramienta, por lo que unas entradas largas de las formas A, B y D no son adecuadas para las roscas de agujero ciego por generar dichas formas virutas finas.

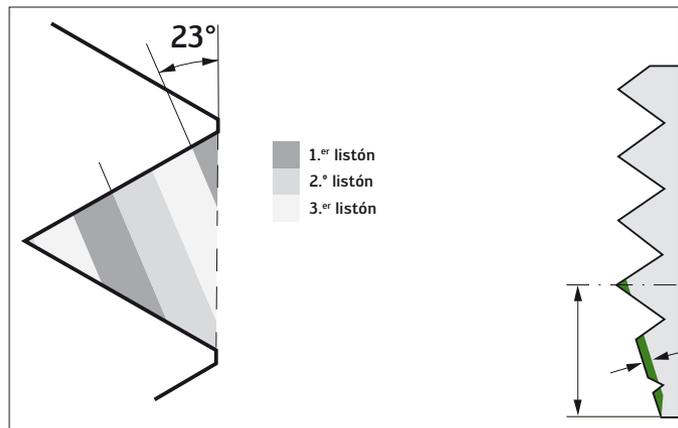
Una ventaja de las entradas más cortas es que se produce menos cantidad de viruta. Además, el transporte de viruta se ve favorecido por la mayor sección de viruta.



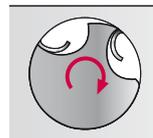
### Una entrada corta (p. ej., forma E) causa:

- par de giro reducido
- sección de viruta mayor
- elevada carga del dentado de la entrada
- duración reducida
- transporte de viruta óptimo

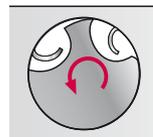
### Forma E



## Proceso de corte de roscas de agujero ciego



El macho de rosar todavía se encuentra en el corte y se para. Cuando se produce la parada, todos los cortes de la entrada se encuentran todavía en el proceso de arranque de virutas.



El cambio a movimiento de retroceso ya se ha realizado. Por el momento, las virutas generadas se detienen. El par de giro de retroceso en este punto es casi cero.



Las virutas tocan el dorso del siguiente listón dentado. Cuando esto ocurre, el par de giro de retroceso aumenta de forma brusca. En ese momento, debe cizallarse la viruta. Puesto que la entrada del macho de rosar tiene un ángulo de incidencia y, además, al girar hacia atrás la entrada cónica se sale axialmente de la raíz. Por ello, se requiere cierta estabilidad (grosor) de la viruta.



La viruta se cizalla y el par de giro de retroceso se reduce a la fricción entre la pieza de guía y la rosca cortada.

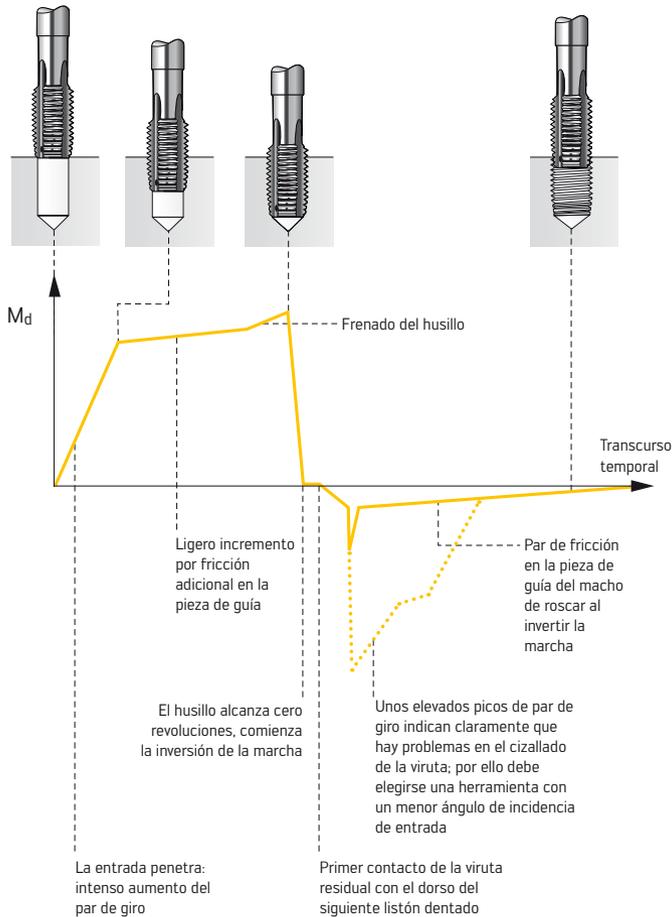
### Observación:

Los machos de rosar de roscas de agujero pasante no pueden usarse para el mecanizado de agujeros ciegos, ya que estos presentan un mayor ángulo de incidencia de entrada y la viruta posiblemente no puede ser cizallada, sino que se atasca entre la entrada y la rosca. Esto puede causar roturas en la entrada o, en el peor de los casos, la rotura del macho de rosar.

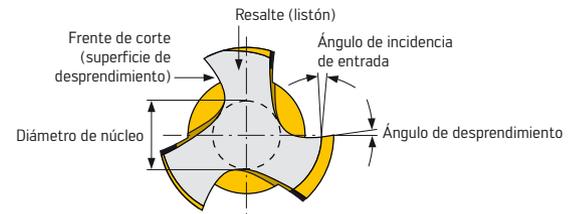
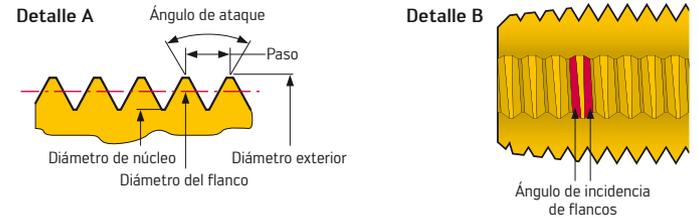
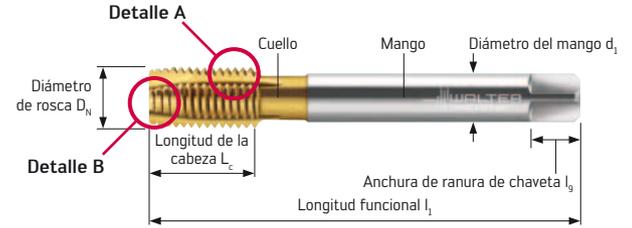
Por esta razón, el ángulo de incidencia de entrada de los machos de rosar de agujeros ciegos siempre es inferior que el de los machos de rosar de roscas de agujero pasante, ya que los machos de rosar de agujeros ciegos deben cizallar la raíz de la viruta al producirse la inversión de la marcha.

## Proceso de corte de roscas de agujero ciego

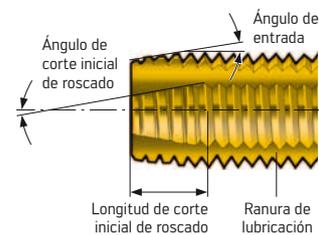
Curva del par de giro en el roscado de una rosca de agujero ciego



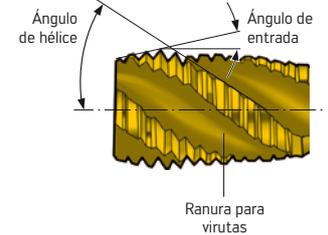
## Ángulos y características del macho de roscar



Macho de roscar de agujeros pasantes con corte inicial de roscado



Macho de roscar de agujeros ciegos con torsión hacia la derecha

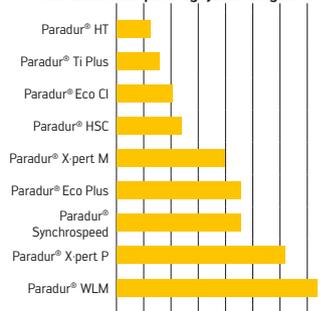


## Comparación de datos de geometría

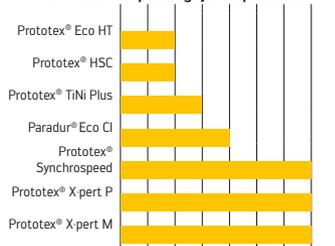
### Un menor ángulo de desprendimiento:

- aumenta la estabilidad de los filos de corte (con grandes ángulos de desprendimiento se pueden producir roturas en la zona de la entrada)
- produce normalmente virutas más fáciles de controlar
- genera peores superficies en el componente
- aumenta las fuerzas de corte o el momento de corte
- es necesario para el mecanizado de materiales más duros
- aumenta la tendencia a comprimirse del material a mecanizar; es decir, el macho de roscar corta con menos libertad y practica así una rosca algo más estrecha

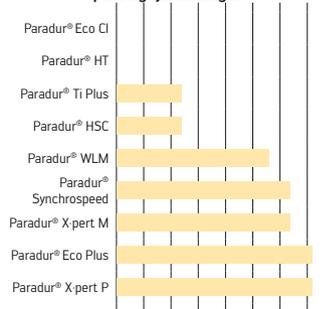
Ángulo de desprendimiento de herramientas para agujeros ciegos



Ángulo de desprendimiento de herramientas para agujeros pasantes



Ángulo de hélice de herramientas para agujeros ciegos



### Un ángulo de hélice mayor:

- favorece la evacuación de virutas
- reduce la estabilidad de la herramienta y limita con ello el momento de corte máximo
- disminuye la estabilidad del dentado
- reduce la duración de la herramienta

### Ángulo de incidencia de flancos:

El ángulo de incidencia de flancos debe estar adaptado al material a mecanizar. Los materiales con mayor resistencia y aquellos que tienden a atascarse requieren un mayor ángulo de incidencia de flancos. Un mayor ángulo de incidencia supone que las propiedades de guiado de la herramienta sean peores, por lo que al usar mandriles de compensación pueden producirse errores de corte en materiales blandos.

#### Sugerencia práctica:

#### Comprobación del ángulo de incidencia de flancos

Debería poder atornillarse un macho de roscar con facilidad en la rosca cortada antes, sin necesidad de repasos. Si no fuera posible, debe elegirse un tipo de herramienta con un ángulo de incidencia de flancos más elevado.

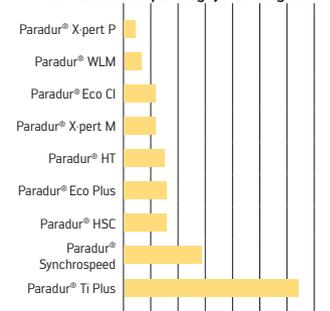
### Ángulo de corte inicial de roscado:

El ángulo de corte inicial de roscado está limitado por la longitud del corte de entrada y el número de ranuras, ya que cuanto mayor es este ángulo, la anchura del listón (resalte) en el primer hilo de la entrada se reduce. Ello condiciona una menor estabilidad del filo cortante (aumenta el peligro de roturas en la zona de la entrada). Un mayor ángulo de corte inicial de roscado favorece, sin embargo, la evacuación de virutas en la dirección de avance. Si los ángulos de corte inicial de roscado son demasiado bajos, la evacuación de virutas puede resultar problemática. La solución puede encontrarse con herramientas con hélice a izquierdas.

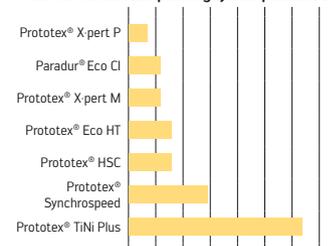
### Ángulo de incidencia de entrada:

Los machos de roscar de rosca de agujero pasante ofrecen un ángulo de incidencia de entrada aprox. 3 veces más grande que el de los machos de roscar de agujeros ciegos. Para ver la razón, véase la página 80.

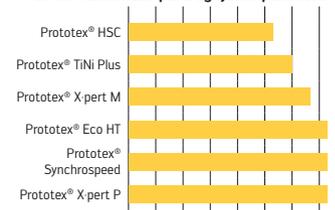
Ángulo de incidencia de flancos de herramientas para agujeros ciegos



Ángulo de incidencia de flancos de herramientas para agujeros pasantes



Ángulo de corte inicial de roscado de herramientas para agujeros pasantes



## Particularidades en el roscado con macho

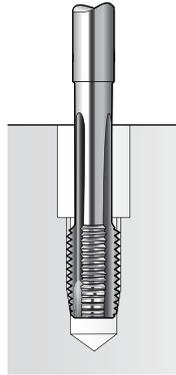
### Profundidad y roscas de agujero ciego profundas

– Si es posible, utilizar machos de roscar con ranurado recto con suministro de refrigerante axial o machos de roscar de agujeros ciegos muy helicoidales con frente de corte sin recubrimiento o con este vaporizado:

- Paradur® HT (con ranurado recto)
- Paradur® Synchrospeed con recubrimiento de TiN/vap (helicoidal)

– Para aceros inoxidables y en general, como solución para los problemas recomendamos el prensado de rosca; para el roscado con macho de aceros inoxidables es imprescindible usar machos de roscar espirales:

- Prensado de rosca: Protodyn® S Eco Inox
- Roscado con macho: Paradur® X-pert M



### Salida de rosca ladeada

- Usar machos de roscar con pieza de guía lo más larga posible y máxima estabilidad (p. ej., Prototex® X-pert P, Prototex® X-pert M)
  - Las inclinaciones hasta 30° no plantean problemas
- Alternativa: Fresado de rosca



### Roscas con taladro para roscar claramente más profundo que la profundidad de rosca

– Utilizar machos de roscar de roscas de agujero pasante con corte inicial de roscado modificado:

- Reducir el destalonado de entrada al valor de un macho de roscar de agujeros ciegos
- Reducir la longitud del corte de entrada a aprox. 3 hilos

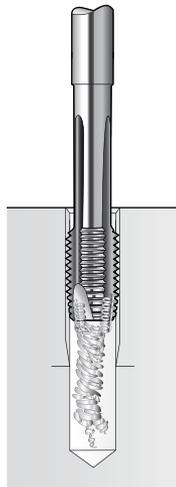
**Ventaja:** mayor duración que los machos de roscar muy espiralizados para agujeros ciegos

**Inconveniente:** las virutas se quedan en el orificio

– Para materiales de viruta corta como p. ej. GG25, también se pueden usar herramientas con ranurado recto sin corte inicial de roscado:

- Paradur® Eco Cl

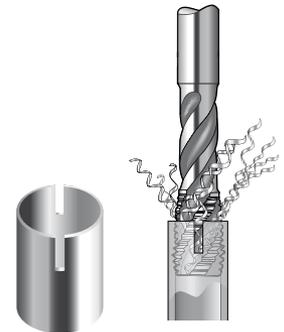
– Naturalmente, para este mecanizado también se pueden usar machos de roscar de agujeros ciegos muy espiralizados



### Rosca ranurada

– Las roscas ranuradas deben mecanizarse con herramientas muy espiralizadas:

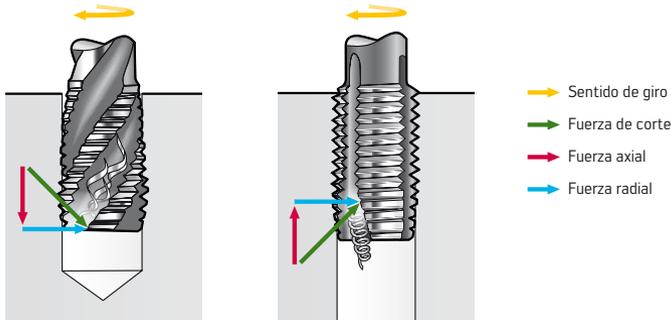
- Paradur® X-pert M
- Paradur® X-pert P
- Paradur® Eco Plus



## Fuerzas de proceso durante el roscado con macho

En el roscado aparecen fuerzas axiales condicionadas por la herramienta. Los machos de roscar con hélice a derechas experimentan una fuerza axial en la direc-

ción de avance. En machos de roscar con corte inicial de roscado esta fuerza actúa en contra de la dirección de avance.



Fuerzas de proceso en machos de roscar con hélice a derechas

Fuerzas de proceso en machos de roscar con corte inicial de roscado

Si se emplean mandriles de compensación estas fuerzas axiales pueden provocar el corte de una rosca demasiado grande; en este caso se habla de un error de corte axial. El error de corte axial se ve

favorecido por el uso de herramientas muy espiralizadas con elevado ángulo de incidencia de flancos en materiales blandos o por un tratamiento inadecuado de los filos de corte.

Pieza de trabajo Macho de roscar



Rosca con error de corte axial con herramientas con hélice a derechas: error de corte en parte inferior de flancos

Pieza de trabajo Macho de roscar



Rosca con error de corte axial con machos de roscar con hélice a izquierdas o con machos de roscar con corte inicial de roscado: error de corte en parte superior de flancos

Para más información acerca de los errores de corte y de las medidas para evitarlos, véase la página 91 (Problemas y soluciones en el roscado con macho).

## Programación de avance al usar mandriles de compensación

Al utilizar adaptadores de roscado con compensación longitudinal hay que prestar atención durante el mecanizado a las fuerzas axiales que puedan aparecer condicionadas por la herramienta.

En machos de roscar helicoidales para agujeros ciegos se origina una fuerza axial en la dirección de avance. Esta fuerza debe contrarrestarse mediante una programación negativa.

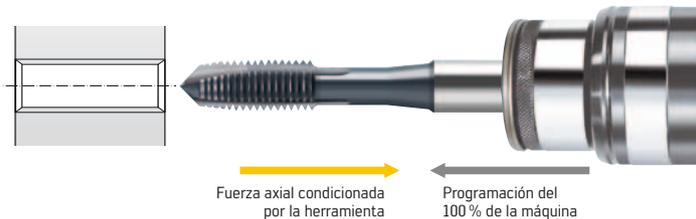


Los valores de avance habituales para este caso de mecanizado varían entre el 90 y el 98 % del avance teórico. El avance teórico se puede determinar mediante la siguiente fórmula:

$$V_f = n \times p$$

$n = n.^{\circ}$  de revoluciones;  $p =$  paso de rosca

En herramientas con hélice a izquierdas o en machos de roscar con corte inicial de roscado, las relaciones se invierten y aparecen fuerzas axiales en la dirección contraria al avance.



En este caso se recomienda la programación del avance teórico.

## Modificaciones

	Bisel negativo (bisel Secur)	Entrada acortada	Reducción de desprendimiento en la entrada	Rosca con chaflán posterior	Fronte de corte sin recubrimiento
<b>Virutaje</b>	Las virutas se enrollan más estrechamente, virutas más cortas	Las virutas se enrollan más estrechamente, menos virutas	Las virutas se enrollan más estrechamente, virutas más cortas	Sin cambios	Las virutas se enrollan más estrechamente, virutas más cortas
<b>Producción durante vida útil</b>			no recubierto: recubierto:		
<b>Calidad de rosca</b>			no recubierto: recubierto:		
<b>Espesor de viruta</b>					
<b>Par de giro</b>					
<b>Ejemplo de aplicación</b>	Eliminación de enlazamiento de viruta en aceros estructurales como St52, C45, etc.	Rosca casi hasta el fondo de la perforación, control de virutas mejorado	Optimización del virutaje en aceros y aluminio	Problemas con roturas o adherencias en la pieza de guía	Optimización del virutaje en aceros, mecanizado de cigüeñales
<b>Herramientas estándar con la modificación correspondiente</b>	Paradur® Secur Paradur® HSC Prototex® HSC	Todas las herramientas con formas de entrada E/F	Paradur® Ni 10 Paradur® HSC	Paradur® Eco Plus Paradur® X-pert M Paradur® Synchrospeed	Todas las herramientas sin recubrimiento y Paradur® Synchrospeed (TiN-vap)

aumenta  
 permanece sin cambios  
 disminuye  
 disminuye mucho

## Problemas y soluciones

### Control de virutas:

El control de virutas en el roscado con macho de agujeros ciegos, sobre todo en agujeros ciegos profundos en materiales tenaces de viruta larga, es un tema fundamental. Los problemas con el control de virutas se manifiestan en forma de ovillos de virutas, picos en el par de giro que se producen ocasionalmente, roturas del dentado en la pieza de guía y/o rotura total.

### Solución:

Para optimizar el control de virutas se pueden modificar\* los machos de roscar estándar o crearse nuevos modelos:

- Rectificado de una reducción de desprendimiento para obtener virutas cortas
- Reducción del ángulo de desprendimiento para obtener virutas enrolladas de forma más estrechada y más cortas
- En herramientas poco helicoidales o con ranurado recto se pueden combinar las medidas indicadas más arriba y completarse con el suministro axial de lubricante refrigerante, con lo que se favorece el enjuague de las virutas cortas; sobre todo en la producción a gran escala este es un método probado para aumentar la seguridad del proceso y la productividad
- Amolado del frente de corte o reducción de desprendimiento sin recubrimiento; con ello se generan virutas fáciles de controlar
- Sustitución de los recubrimientos de TiN/ TiCN por THL, ya que este último presenta unas mejores propiedades de virutaje; usar herramientas sin recubrimiento o vaporizadas en lugar de las recubiertas
- Acortamiento de la entrada (reprocesamiento); con ello se produce una menor cantidad de virutas, más gruesas
- Reducción del número de ranuras (reconstrucción); el grosor de las virutas aumenta y la estabilidad de la herramienta también

### Por norma es válido lo siguiente:

Cuanto mayor sea la resistencia del material y menor sea el alargamiento de rotura de este, mejor pueden controlarse las virutas. En aceros estructurales blandos, aceros de baja aleación y aceros inoxidables de baja resistencia, el control de virutas es lo más difícil de conseguir.

Cuantos más efectos incidan sobre el virutaje debidos a las medidas anteriormente mencionadas, peor será la calidad de la superficie de la rosca. Por ello es imprescindible acompañar las medidas a los requisitos del cliente.

- Uso de una herramienta con bisel negativo (p. ej., Paradur® Secur)
- Prensado de rosca o fresado de rosca: Los materiales cuyo control de virutas resulta problemático en el roscado con macho de agujeros ciegos se pueden mecanizar mayoritariamente sin arranque de viruta mediante conformado. Si no está permitido el prensado de rosca, se puede emplear el fresado de rosca como solución al problema. En este caso se producen virutas cortas condicionadas por el proceso.



Ejemplo de roturas ante problemas en el control de virutas

### Errores de corte:

La geometría de los machos de roscar está ajustada a determinados casos de aplicación. Si se da un uso incorrecto, los machos de roscar pueden producir roscas demasiado grandes; en tal caso se habla de errores de corte.

### Observación:

Los errores de cortes están prácticamente descartados en el prensado de rosca, el fresado de rosca y en el roscado sincronizado.

Los errores de corte se producen a lo sumo con machos de roscar muy espiralizados para roscas de agujeros ciegos. La fuerza axial que se origina por el ángulo de hélice en la dirección de avance puede introducir al macho de roscar en el agujero más deprisa de lo que corresponde al propio paso; en este caso se habla de un "efecto sacacorchos" y del llamado **error de corte axial**. Los machos de roscar de agujeros pasantes experimentan fuerzas axiales condicionadas por la geometría en la dirección opuesta al avance, lo que puede provocar igualmente un **error de corte axial**. El error de corte axial se ve favorecido por el uso de machos de roscar con elevado ángulo de incidencia



Rosca de agujero ciego con error de corte axial

de flancos en materiales blandos o por un tratamiento inadecuado de los filos de corte.

Los machos de roscar que provocan errores de corte por las razones anteriormente indicadas producen sistemáticamente roscas demasiado grandes. Pueden producirse errores de corte esporádicos cuando sobre la herramienta actúan fuerzas radiales en un solo sentido debidas a un atasco de viruta o a adherencias de material; en este caso se habla de un **error de corte radial**.

### Solución:

- Roscado sincronizado
- Usar herramientas adaptadas al material
- Elegir un recubrimiento adecuado (contra un error de corte radial)
- Optimizar el control de virutas (contra un error de corte radial)
- Usar machos de roscar con un ángulo de hélice menor
- Usar machos de roscar con un tratamiento especial:
  - Paradur® X-pert P; Paradur® Eco Plus
  - Prototex® X-pert P; Prototex® Eco HT
- Fresado de rosca
- Prensado de rosca



Rosca de agujero pasante con error de corte axial

\* Las modificaciones se explican en las páginas 88 - 89 de forma detallada y se representan gráficamente.

## Problemas y soluciones

### Superficie de rosca:

La superficie de la rosca está determinada por:

- El proceso de fabricación: corte, conformado (prensado) y fresado
- El desgaste de la herramienta
- La geometría
- El recubrimiento
- El material a mecanizar
- El lubricante refrigerante y su disponibilidad en la zona de operación de la herramienta

#### Observación:

En el roscado y el prensado de rosca apenas existe la posibilidad de influir sobre la calidad superficial mediante los datos de corte. Por el contrario, en el fresado de rosca se pueden elegir de forma independiente entre sí entre las velocidades de corte y las velocidades de avance.

- Optimización de la superficie de rosca en el roscado:
- Sustituir el roscado por el prensado de rosca o el fresado de rosca
  - Aumentar el ángulo de desprendimiento
  - Espesor de viruta menor por una entrada más larga o un elevado número de ranuras (no obstante, con machos de roscar de agujeros ciegos el virutaje empeora)
  - Los recubrimientos de TiN y TiCN suelen producir las mejores superficies en aceros (en Al las herramientas sin recubrimiento o con capas de CrN y DLC proporcionan las mejores superficies)



Macho de roscar con capa de TiCN en AISi7



Macho de roscar con capa de DLC en AISi7

- Enriquecer la emulsión o usar aceite en lugar de emulsión
- Suministrar lubricante refrigerante directamente a la zona de operación
- Sustituir la herramienta antes por otra nueva

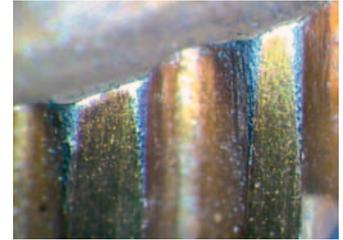
Si bien algunas de las medidas propuestas producen una mejora de la calidad de la superficie, también conllevan un empeoramiento del control de virutas, lo cual resulta problemático sobre todo en el caso de agujeros ciegos profundos. También en este caso debe encontrarse un equilibrio entre ambos efectos, considerando en todo momento las exigencias del cliente.

### Desgaste:

Una elevada dureza ofrece una gran resistencia al desgaste y, por tanto, favorece una larga duración. Un aumento de la dureza suele conllevar, sin embargo, una menor tenacidad.

En medidas pequeñas y con herramientas muy espiralizadas se requiere una elevada tenacidad, ya que en caso contrario pueden producirse roturas totales.

En los laminadores, las herramientas poco espiralizadas y con ranurado recto, y en el mecanizado de materiales abrasivos poco resistentes, la dureza de la herramienta puede aumentar sin problemas por lo general.

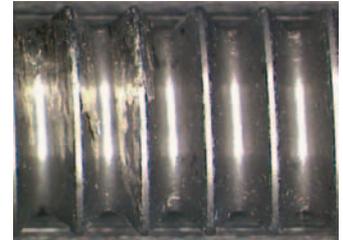


Ejemplo de desgaste abrasivo

### Adherencias en la herramienta:

Dependiendo del material a mecanizar, como soluciones a los problemas se pueden recomendar recubrimientos especiales y tratamientos de la superficie:

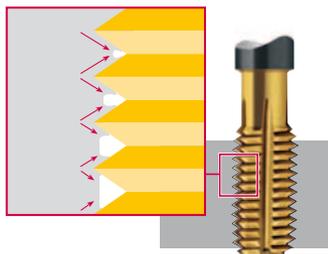
- Aluminio y sus aleaciones: sin recubrimiento o con CrN, DLC, WC/C
- Aceros blandos y aceros inoxidables: vap
- Aceros de construcción blandos: CrN



Ejemplo de adherencias

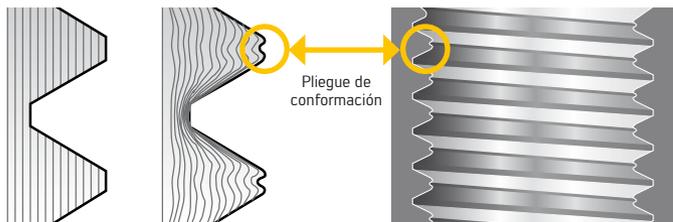
## Principios básicos del procedimiento

El prensado de rosca es un procedimiento para la producción sin arranque de viruta de roscas interiores por conformación en frío. El material se lleva al estado de fluencia por extrusión. Con ello se genera un perfil de rosca compactado en sí mismo. Las ranuras para virutas requeridas en el roscado con macho se pueden suprimir en este caso, lo que aumenta la estabilidad de la herramienta.



Mediante el endurecimiento en frío en combinación con el proceso ininterrumpido de contextura de las fibras de roscas conformadas (véase la ilustración inferior derecha), aumentan considerablemente tanto la resistencia a la rotura

con carga estática, como la resistencia a la fatiga con carga dinámica. Frente a ello está el proceso de contextura de las fibras ininterrumpido, como se da en el roscado con macho y el fresado de rosca (véase la ilustración inferior izquierda).



Hay que tener en cuenta que en las roscas conformadas, en la zona del dentado siempre aparece un pliegue de conformación. Por ello no está permitido el prensado de rosca en todos los sectores industriales. A continuación se enuncian limitaciones concretas.

- Industria alimentaria y tecnología médica (aparición de gérmenes en la zona del pliegue de conformación)
- Enroscado automático de componentes (posibilidad de atasco del tornillo en el pliegue de conformación)
- No permitido en tecnología aeronáutica

El prensado de rosca está predestinado a la producción a gran escala, como por ejemplo en la industria automovilística. Debido a la producción sin arranque de viruta de roscas en combinación con la gran estabilidad de herramientas por el perfil poligonal cerrado, se pueden implementar procesos extremadamente seguros. Además, en comparación con el roscado con macho, frecuentemente se pueden aplicar parámetros de corte más altos con unas producciones durante la vida útil más altas al mismo tiempo. En comparación con el roscado con macho, en el prensado de rosca se requiere un par de giro aprox. un 30 % mayor.

### Observación:

En el prensado de rosca la perforación del taladro central está sometida a una tolerancia menor, en comparación con el roscado con macho y el fresado de rosca. Por esta razón el prensado de rosca no es una alternativa más rentable en todos los casos. Así, es imprescindible realizar consideraciones de los casos individualizados. En las páginas 70-71 pueden consultarse las fórmulas para el cálculo de las perforaciones del taladro central.

Las distintas formas de entrada tienen sentido para distintos casos de aplicación:

- Forma D, 3,5 - 5,5 hilos: rosca de agujero pasante
- Forma C, 2 - 3,5 hilos: rosca de agujero ciego y de agujero pasante
- Forma E, 1,5 - 2 hilos: rosca de agujero ciego

Aproximadamente un 65 % de todos los materiales que se van a tratar en la industria son conformables. Los límites son:

- Materiales frágiles con alargamiento de rotura inferior al 7% como p. ej.:
  - Función gris (GG)
  - Aleaciones de Si con > 12 % de proporción de Si
  - Aleaciones de Cu-Zn de viruta corta
  - Duroplásticos
- Paso de rosca > 3 mm (resulta especialmente rentable el conformado con pasos ≤ 1,5 mm)
- Resistencia a la tracción > 1200 - 1400 N/mm<sup>2</sup>

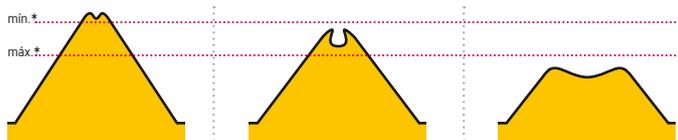
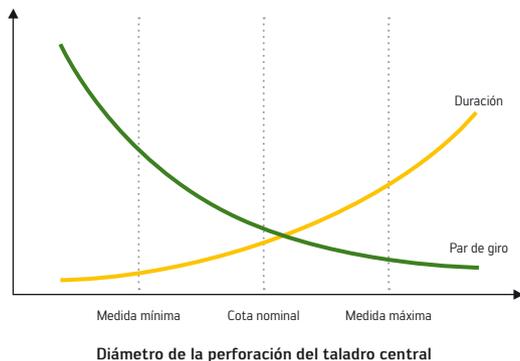
**Los materiales típicos para el prensado de rosca son:**

- Acero
- Acero inoxidable
- Aleaciones de cobre
- Aleaciones forjables de Al

## Influencia del diámetro de pretaladrado

El diámetro pretaladrado del taladro central tiene una gran influencia sobre el proceso de conformación de la rosca. Por un lado, influye sobre el par de giro necesario y la producción durante la vida

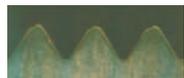
útil del laminador, y por otro, también sobre la conformación de la rosca. Estas relaciones se han representado con claridad en la gráfica.



\* Tolerancia del diámetro de núcleo generado según la norma DIN 13-50

Ejemplo: M16 x 1,5-6H, 42CrMo4; Rm = 1100 N/mm<sup>2</sup>

∅ pretaladrado: 15,22 mm  
→ ∅ núcleo: 14,37 mm



∅ pretaladrado: 15,3 mm  
→ ∅ núcleo: 14,51 mm



∅ pretaladrado: 15,34 mm  
→ ∅ núcleo: 14,62 mm



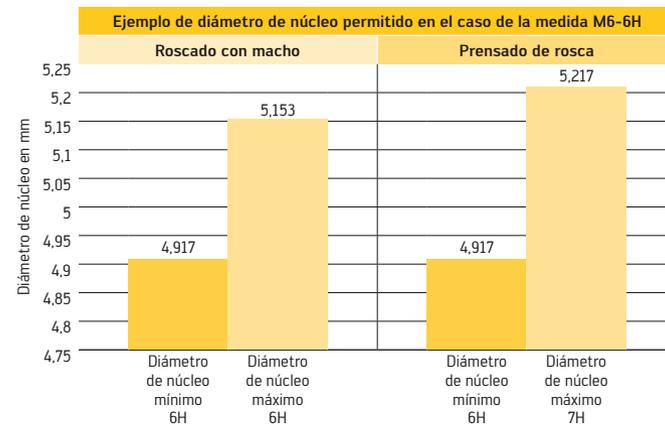
### Observación:

#### Relación entre el diámetro de pretaladrado y el diámetro de núcleo de la rosca:

Si el taladro central se taladra 0,04 mm más grande, el diámetro de núcleo de la rosca aumenta (tras el conformado) en 0,08 mm como mínimo (es decir, factor de multiplicación x 2 como mínimo).

Para la rosca conformada se permiten según la norma DIN 13-50 diámetros de núcleo mayores que en el roscado con macho. De este modo, en una rosca conformada con una clase de tolerancia 6H debe observarse el diámetro de núcleo

mínimo de la rosca de la clase de tolerancia 6H; sin embargo, el diámetro de núcleo máximo de la rosca se ajusta a la clase de tolerancia 7H. Esta relación se representa en el diagrama incluido más abajo por medio de un ejemplo.



### Sugerencia práctica:

Sobre todo en la producción a gran escala merece la pena optimizar el diámetro de pretaladrado de la rosca. A este respecto se aplica:

**El diámetro de pretaladrado debería ser lo mayor posible y elegirse tan pequeño como sea necesario.**

Cuanto mayor sea el diámetro de pretaladrado:

- mayor será la producción durante la vida útil de la herramienta
- más sencillo y seguro será el proceso de conformación
- menor será el par de giro necesario

Debe observarse que la precisión de calibración de la rosca se mantenga.

Los diámetros de pretaladrado de la rosca se pueden consultar en la tabla de la página 116.

## Modificaciones

	Representación gráfica	Efecto	Efecto secundario
Entrada en forma D		Producción elevada durante vida útil	Tiempo de ciclo de trabajo elevado de forma insignificante
Entrada en forma E		Rosca hasta aprox. el fondo de la perforación y tiempo de ciclo de trabajo insignificamente más corto	Producción durante vida útil en descenso
Salidas radiales de refrigerante		Condiciones mejoradas de refrigeración y lubricación (para roscas profundas y materiales exigentes)	Mayores costes de herramientas
Ranuras de lubricación en el mango		Mejores condiciones de refrigeración y lubricación (no tan eficiente como las salidas radiales de refrigerante)	–
Longitud total prolongada		Posibilidad de mecanizado de puntos de difícil acceso	–
Recubrimientos y tratamientos de superficies		Adecuación del recubrimiento al caso de aplicación concreto	En algunos casos, costes de herramientas más elevados

## Problemas y soluciones

Por principio el prensado de rosca es un proceso extremadamente seguro. Sobre todo con agujeros ciegos profundos en materiales blandos o tenaces en los que en el roscado con macho plantea enseguida problemas con la evacuación de virutas se ponen totalmente de manifiesto las ventajas del prensado de rosca. Por esta razón el prensado de rosca debe considerarse como la auténtica "solución al problema". Por una agradable casualidad técnica, precisamente aquellos materiales que más frecuentemente causan problemas de virutas (p. ej., St52, 16MnCr5, C15) se dejan conformar bien.

El prensado de rosca también es ventajoso cuando se requiere una muy buena calidad superficial. La profundidad de las rugosidades de las roscas conformadas suelen ser mucho menor que las obtenidas con filos cortantes.

A pesar de las ventajas surgidas de la producción de roscas sin arranque de viruta, también en el prensado de rosca hay que tener presentes ciertos puntos para garantizar un proceso seguro:

- El diámetro de pretaladrado presenta, en comparación con el roscado con macho, una tolerancia menor (p. ej., en la medida  $M6 \pm 0,05 \text{ mm}$ )
- En el taladro central no deben quedar virutas de taladrado; esto se puede garantizar mediante brocas helicoidales con refrigeración interior o mediante laminadores con salida axial de refrigerante; en último caso el laminador debería colocarse antes de la conformación sobre el taladro central durante un breve período de tiempo
- El par de giro necesario es superior en el prensado de rosca que en el roscado con macho; dado el caso, hay que aumentar el valor de ajuste del mandril

– En el conformado hay que conceder una mayor atención al lubricante refrigerante y a su suministro; una breve marcha en seco tiene mayores efectos que en el roscado. Esto tiene que ver con el hecho de que sobre los bordes de conformación actúan unas presiones superficiales mayores y que las ranuras de lubricación durante el conformado tienen menores secciones que las ranuras para virutas de los machos de roscar. Debido a que las ranuras de lubricación son menores, el laminador presenta una mayor estabilidad, la cual se precisa también debido al mayor par de giro. Unas ranuras de lubricación mayores supondrían una fácil rotura de los bordes de conformación como consecuencia de las grandes fuerzas ejercidas sobre estos. En la página 60 pueden consultarse los detalles para una refrigeración y una lubricación correctas.

- El coeficiente de fricción se reduce con cada recubrimiento conforme aumenta la temperatura; por esta razón unas mayores velocidades de conformación conllevan mayores producciones durante la vida útil
- Renombrados fabricantes de automóviles exigen frecuentemente el mantenimiento de una determinada altura portante de la rosca; con las herramientas estándar esto no siempre se puede garantizar de forma segura

### Observación:

Walter Prototyp está en disposición de implementar de forma segura las exigencias de los fabricantes de automóviles con perfiles especiales.

## Problemas y soluciones

### Casos límite del prensado de rosca:

Resulta difícil indicar límites claros al conformado, ya que siempre hay excepciones para las cuales se han superado con éxito los límites establecidos, o bien casos en los que estos no se han alcanzado en absoluto.

#### – Resistencia a la tracción

Dependiendo del material y de las condiciones de lubricación, el límite se encuentra en aprox. 1200 N/mm<sup>2</sup>. No obstante hay casos en los que se han podido conformar satisfactoriamente aceros inoxidables con laminadores HSS-E y el Inconel 718 (considerado de difícil mecanizado) con laminadores MDI. Ambos materiales presentaban una resistencia de aprox. 1450 N/mm<sup>2</sup>.

#### – Alargamiento de rotura

En general, se indica un valor mínimo para el alargamiento de rotura del 7%. No obstante, también se conocen a este respecto casos en los que, por ejemplo, se pudo conformar GGG-70 con solo un 2% de alargamiento de rotura. Por lo visto en este caso se detectaron fisuras minúsculas en los flancos que fueron aceptadas por el cliente. En tales casos no debería partirse del conformado como método inicial ante una elevada resistencia.

#### – Paso y perfil de rosca

Con pasos mayores de 3 y 4 mm hay que corregir a la baja los límites para las resistencias a la tracción enunciadas anteriormente. Hay pendientes de investigación tipos de roscas con flancos inclinados (p. ej., 30° en roscas trapezoidales) en casos individuales.

#### – Contenido de Si

Las aleaciones de fundición de AISi se pueden conformar si la proporción de silicio no supera el 10%. También a este respecto hay casos conocidos en los

que se pudieron conformar satisfactoriamente aleaciones con un contenido en Si del 12-13%. No obstante en estos casos se cuenta con una merma en la calidad de la superficie y en la resistencia a la rotura de la rosca.

#### – Pliegue de conformación

El pliegue de conformación que se produce irremisiblemente en el dentado de la rosca puede resultar problemático si los tornillos se enroscan automáticamente. Los primeros hilos de la rosca se unen a veces en el pliegue de conformación. También en el caso de componentes para la industria alimentaria y la tecnología médica se evitan las roscas conformadas, ya que puede acumularse suciedad en el pliegue de conformación que no puede eliminarse de forma fiable mediante lavado.

#### Observación:

Walter Prototyp está en disposición de diseñar herramientas especiales en las que los pliegues de conformación puedan descartarse bajo determinadas condiciones. Se conocen casos en los que los clientes han autorizado el prensado de rosca a pesar de su oposición inicial.



Perfil de rosca con dispositivo conformador estándar



Perfil de rosca con dispositivo conformador especial

#### – Industria aeronáutica

En la industria aeronáutica no se permite el prensado de rosca. Las modificaciones de la estructura, tal como se producen en el prensado de rosca o en la soldadura, se rechazan aquí por principio.

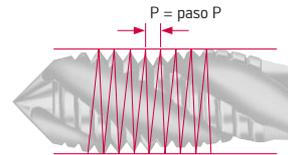
## Principios básicos del procedimiento

### Aspectos fundamentales del fresado de rosca:

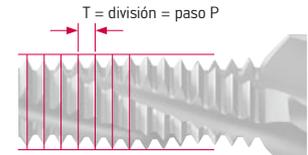
- Se requiere una máquina-herramienta con control CNC 3D (en la actualidad es un estándar ampliamente extendido)
- En el fresado de rosca convencional es posible hasta una profundidad de aprox.  $2,5 \times D_N$  y en el fresado de rosca orbital hasta aprox.  $3 \times D_N$

- Mayores costes de herramientas en comparación con el roscado con macho
- En roscas con menor paso y mayor medida frecuentemente el fresado de rosca es más rápido que el roscado con macho o el prensado de rosca

En contraste con el roscado con macho y el prensado de rosca, en el fresado de rosca el paso lo genera el control CNC.



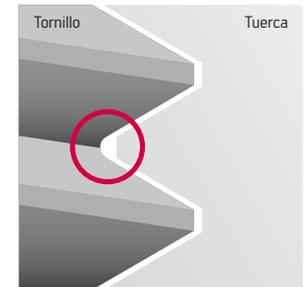
**Roscado con macho:** el paso de rosca P es generado por el macho de roscar o el dispositivo conformador.



**Fresado de rosca:** el paso de rosca P es generado por el control CNC (programa circular).

Teóricamente se podría usar una fresadora de roscas interiores incluso para producir una rosca exterior. Sin embargo, las roscas así generadas no cumplen la norma, ya que las roscas exteriores están redondeadas en el núcleo para minimizar el efecto de entalladura y el diámetro exterior se genera demasiado pequeño.

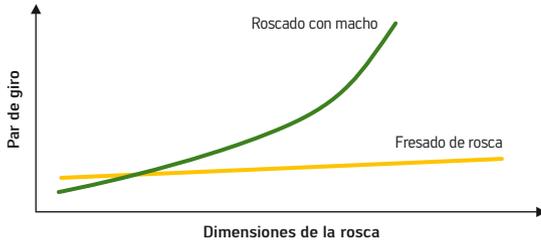
Sin embargo, como el anillo calibrador de roscas comprueba la rosca en el diámetro de los flancos, se mantiene la precisión de calibración.



## Principios básicos del procedimiento

Conforme aumenta el tamaño de rosca, en el fresado de rosca se incrementa el par de giro necesario solo moderadamente, en contraste con el roscado con

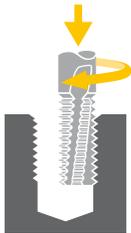
macho y prensado de rosca. Por esta razón también se pueden producir grandes roscas en máquinas con baja potencia de accionamiento.



El fresado de rosca es un procedimiento de fabricación con un proceso extremadamente seguro. Generalmente se generan virutas cortas, por lo que su evacuación no reviste

dificultades. Además, para el fresado de rosca no se requieren mandriles de sujeción especiales, pudiendo utilizarse prácticamente todos los mandriles para fresadora convencionales.

Cabe distinguir entre dos procesos de fresado fundamentales:



**Fresado en marcha inversa**  
(en roscas a derecha desde arriba hacia abajo)  
El fresado en marcha inversa se prefiere durante el mecanizado de materiales duros o como solución frente a roscas cónicas.



**Fresado en marcha normal**  
(en roscas a derecha desde abajo hacia arriba)  
El fresado en marcha normal aumenta la duración y previene las marcas de vibración, aunque favorece la conicidad de las roscas.

### Observación:

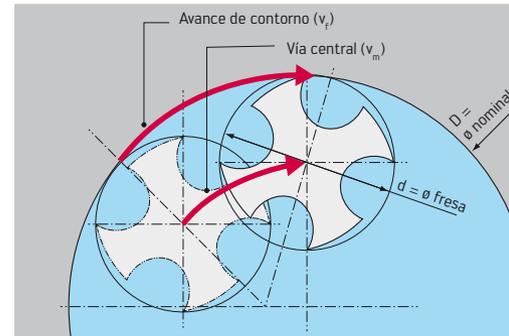
Walter GPS determina automáticamente el proceso correcto para el caso de mecanizado correspondiente y tiene en cuenta tanto los datos específicos de la herramienta como los específicos del mecanizado.

### Corrección de pretaladrado

Como el fresado de rosca se realiza sobre una trayectoria circular y con ello el filo cortante recorre una trayectoria mayor que en el centro de mecanizado, hay que distinguir entre el avance del contorno y el avance del centro de la herramienta. Como el avance de la herramienta siempre está referido al punto medio de la herramienta, hay que reducir el avance de la fresa.

### Observación:

En el fresado de roscas de pernos las relaciones son exactamente al revés.



Walter GPS realiza esta reducción automáticamente al crear el programa CNC. Algunos controles CNC reducen el avance automáticamente por la misma razón. La reducción del avance sobre la trayectoria circular debe desactivarse en este caso en el programa CNC por medio del correspondiente comando G. Mediante una comparación del tiempo de ciclo calculado por GPS con el tiempo de ciclo real puede determinarse si la máquina corrige el avance automáticamente.

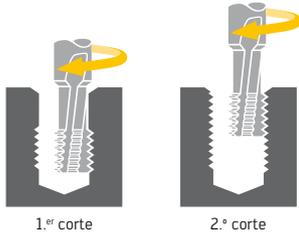
### Sugerencia práctica:

Para determinar si la máquina-herramienta corrige automáticamente el avance, el programa puede comprobarse durante la entrada sin engrane. Una comparación del tiempo de ciclo real con el tiempo determinado por Walter GPS indica si el avance debe adaptarse en el programa CNC.

## Principios básicos del procedimiento

Para reducir las fuerzas radiales que actúan sobre la herramienta, se pueden efectuar distribuciones de corte:

### Distribución de corte axial



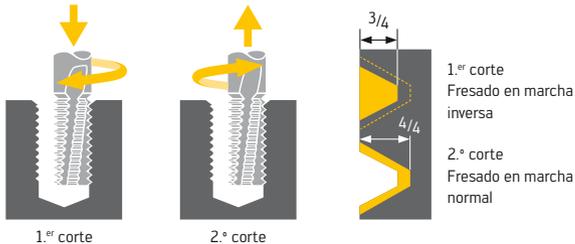
#### Observación:

En el caso de la distribución de corte axial hay que tener en cuenta que la fresa de rosca siempre se desplaza un múltiplo del paso.

Debido a las fuerzas de corte es normal que una fresa de rosca se desvíe menos en el mango que en la arista de corte delantera. Esto causa unas roscas cónicas. Por esta razón, en una fresa de rosca convencional, en el mecanizado de acero

hay que contar previamente por mm de profundidad de rosca con una conicidad de aproximadamente 1/1000 mm. Esto también se debe a las fuerzas radiales que actúan sobre la fresa de rosca.

### Distribución de corte radial



#### Ventajas:

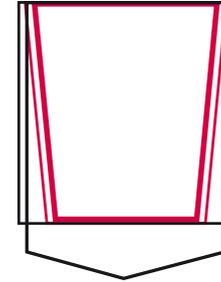
- Se pueden realizar profundidades de rosca mayores
- Peligro reducido de una rotura de la herramienta
- Fresado de rosca también posible con fijación relativamente débil
- Contrarresta roscas cónicas

#### Inconvenientes:

- Mayor desgaste de la herramienta
- Mayor tiempo de producción

Contorno teórico

Contorno real



Para contrarrestar esta ley física, la geometría de las fresas de rosca ya se han diseñado ligeramente cónicas. En condiciones de mecanizado difíciles puede ser necesario, no obstante, encontrar solución mediante las siguientes medidas:

- Distribución radial (múltiple)
- Ejecutar todos los cortes radiales en marcha inversa
- Al final del proceso avanzar un corte en vacío sin pasada adicional

#### Observación:

Como alternativa también se pueden usar fresas de corte orbitales (TMO), que generan roscas cilíndricas hasta el fondo de la perforación.

Eso sí, las medidas anteriormente indicadas aumentan el tiempo de ciclo, aunque son inevitables en algunos casos, si la precisión de calibración de la rosca no puede garantizarse de otro modo. Sobre todo en el caso de roscas con tolerancia estrecha y con materiales difíciles de mecanizar (p. ej., Inconel), esta conicidad resulta problemática para la precisión de calibración de la rosca.

## Distorsión de perfil

Debido al fresado diagonal en el ángulo de hélice, el perfil de rosca de la herramienta se transmite distorsionado sobre el componente. Esta distorsión, denominada

distorsión de perfil, se ha representado más abajo por medio de un ejemplo bien gráfico.



Sin paso, sin distorsión de perfil



Paso P = 12, distorsión de perfil existente

### Observación:

Cuanto más se aproxime el diámetro de la fresa al diámetro nominal de la rosca y cuanto mayor sea el paso de rosca, más marcada será la distorsión del perfil.

Para generar roscas calibradas, hay que observar las siguientes reglas:

### Roscas métricas:

Diámetro de fresa  $\leq \frac{2}{3}$  x diámetro nominal de rosca

### Roscas métricas finas:

Diámetro de fresa  $\leq \frac{3}{4}$  x diámetro nominal de rosca

### Ejemplo de distorsión de perfil en rosca M18 x 1,5

Diámetro fresa de roscar en mm	Desplazamiento de flancos por distorsión de perfil en mm
16	0,0386
14	0,0167

Con fresas de roscar pequeñas se pueden realizar teóricamente roscas tan grandes como se deseen. Sin embargo, la producción durante la vida útil disminuye

cuanto mayor es el tamaño de la rosca; también la estabilidad de la herramienta y la longitud de la pieza de corte son factores limitantes.

### Observación:

Las roscas especiales, como las roscas con ángulo de ataque reducido, requieren una comprobación respecto a su viabilidad técnica debido a la distorsión de perfil.

## Programación CNC

### Programación CNC con Walter GPS

Por norma se recomienda generar el programa CNC con Walter GPS. Es totalmente conveniente ya que el software GPS, en contraste con los ciclos preestablecidos de las máquinas, toma en consideración la estabilidad de la herramienta y, en caso de una posible sobrecarga de la herramienta, prevé una reducción de los datos de corte o una distribución de corte radial.

Walter GPS permite crear, incluso a usuarios inexpertos, un programa de fresado de rosca para 7 controles diferentes, de forma fácil y segura. A diferencia de su antecesor CCS, el manejo se ha simplificado sustancialmente. Asimismo, al estrategia económica para la producción de roscas es propuesta de forma automática.

Cada línea del programa lleva comentarios asociados, de modo que siempre se puede hacer el seguimiento de los movimientos de la máquina (se puede escoger entre distintos idiomas). Más abajo se incluye un ejemplo de programa CNC para el fresado de una rosca interior en un control que cumple la norma DIN 66025.

### Observación:

Resulta beneficioso realizar una distribución de corte radial con un avance por diente constante, en lugar de elegir un corte y rebajar el avance por diente. En caso de un avance por diente demasiado bajo el filo cortante se desgasta de forma desproporcionada.

Comment	Code
Tool radius presetting	.Tol. 6H: R=Rprg'-0.045 mm
Tool call in	01 M6 T
Selection of working plane	02 G90 G17
Spindle on	03 S5640 M3
2 mm above workpiece surface on centerline of thread	04 G00 X0.000 Y0.000 Z2.000
Start incremental programming	05 G91
Move to required depth on centerline of the predrilled hole	06 G00 Z-17.375
Set approach path for entry loop	07 G41 G01 X0.000 Y3.750 F1450
Move to the contour starting point	08 G03 X0.000 Y-8.750 Z0.375 I0.000 J-4.375 F176
Thread milling	09 G03 X0.000 Y0.000 Z1.500 I0.000 J5.000 F363
Move out of the contour	10 G03 X0.000 Y8.750 Z0.375 I0.000 J4.375
Reset to centerline	11 G40 G01 X0.000 Y-3.750
Retract from thread	12 G00 Z15.125
Start absolute programming	13 G90

## Programación CNC

### Radio de programación "Rprg."

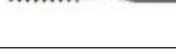
El radio de programación –abreviado, Rprg.– es una importante magnitud para el ajuste. El Rprg. se calcula en base al diámetro del flanco de la fresa de roscar, permitiendo una realización inmediata de roscas calibradas. Se suprime así la aproximación por tanteo al valor de corrección. El Rprg. se puede leer en el mango de la herramienta y al equipar la máquina debe introducirse en la tabla de la herramienta del control CNC durante la creación del programa CNC.

El Rprg. se define de modo que al usarse en los cálculos en el programa CNC, se alcance la medida mínima de la tolerancia de la rosca. Si se crea el programa CNC mediante el software GPS, se indica una medida de corrección con la cual puede alcanzarse la tolerancia media de la tolerancia de rosca seleccionada. La medida de corrección debe restarse del Rprg. y a continuación introducirse el Rprg. corregido en el control CNC.

Con el uso de la herramienta se van desgastando los filos de corte y la herramienta se va desviando cada vez más, con lo que las roscas se hacen demasiado estrechas. Mediante la reducción del Rprg. este desgaste se puede compensar, por lo que se siguen realizando roscas calibradas. Se recomiendan pasos de corrección de una magnitud de 0,01 mm. En herramientas pequeñas no es posible una corrección del Rprg. con tanta frecuencia como en el caso de herramientas más grandes, ya que las fuerzas radiales aumentan y con ello se incrementa el peligro de rotura de la herramienta. Si hubiera que reafilarse las herramientas, se recomienda sustituir estas cuando se haya alcanzado el 80 % de la producción máxima durante la vida útil.



## Modificaciones

Representación gráfica	Modificación	Efecto
	Sección de avellanado y sección plana	Avellanado y sección plana en una herramienta
	Ranuras de refrigeración en el mango	Refrigeración controlada sin atenuación de la sección de la herramienta en la zona del filo
	Salidas radiales de refrigerante	Refrigeración controlada en roscas de agujero pasante
	Hilos de rosca suprimidos	Fuerzas de corte reducidas pero mayor tiempo de mecanizado al precisarse dos pasadas
	Filo de desbarbado	Retirada de hilos de rosca incompletos en la entrada de la rosca sin ninguna otra operación adicional
	Primer perfil de rosca prolongado en parte frontal	Biselado de perforación del taladro central
	Esmerilado del cuello	Permite unas distribuciones axiales de corte; práctico para roscas profundas

## Problemas y soluciones

		Planteamiento de problema					
		Marcas de vibración	Corta duración	Rotura de filos de corte	Rosca cónica	Rotura de herramienta	Precisión de calibración
Datos de corte/estrategia/ajustes	$f_z$ en [mm/diente]	+	+	🔍	-	-	
	$v_c$ en [m/min]	-	-	🔍		🔍	
	Programación			🔍		🔍	🔍
	Marcha normal	✓	✓				
	Marcha inversa				✓		✓
	Distribución de corte	✓		✓	✓	✓	✓
	Rad. de programac. [Rprg.]						-
	Refrigeración		+	+			
Pieza de trabajo	Fijación	🔍	+	+	🔍	🔍	🔍
	Diámetro de pretaladrado	🔍	+	🔍	🔍	🔍	+
	Evacuación de viruta		+	+		🔍	
Herramienta	Estabilidad/geometría	🔍	+	+	🔍	🔍	+
	Longitud de vuelo	-	-	-	-	-	-
	Ángulo de hélice	+			+		
	Recubrimiento		🔍				
	Precisión de concentricidad	🔍	🔍	🔍		🔍	🔍

### Leyenda:

🔍 comprobar    - reducir    + mejorar/aumentar    ✓ usar preferentemente

### TMO: especialistas para tareas complejas:

Frecuentemente se puede recurrir a las herramientas de la gama TMO cuando hay que solucionar problemas. Como cuando hay que producir roscas profundas, mecanizar materiales templados o incluso si hay que producir roscas cónicas con fresas de roscar convencionales. Encontrará más información al respecto en las páginas 36 y 102 a 105.

### Roscas cónicas:

En las páginas 102 a 105 encontrará explicaciones y soluciones al problema.

### Observación:

El uso de herramientas de la gama TMO es una alternativa técnica excelente para generar roscas cilíndricas.

### Refrigeración y lubricación:

Los problemas condicionados por la refrigeración y la lubricación y las medidas correspondientes para solucionar estos se describen en la página 59.

### Mecanizado en templado:

- Usar únicamente herramientas adecuadas para el mecanizado en templado (TMO HRC y fresas de roscar de dureza 10)
- Mecanizado a ser posible en marcha inversa (véase la recomendación de Walter GPS)
- Seleccionar los diámetros de pretaladrado máximos permitidos
- Si hay problemas con el carácter cilíndrico de las roscas, realizar un corte en vacío o usar herramientas de la gama TMO HRC
- No usar lubricante refrigerante y retirar las virutas duras del agujero de taladro con aire soplado o MMS

## Fórmulas

---

### Número de revoluciones

$$n \text{ [min}^{-1}\text{]} \quad n = \frac{v_c \times 1000}{d_1 \times \pi} \quad \text{[min}^{-1}\text{]}$$

---

### Velocidad de corte

$$v_c \text{ [m/min]} \quad v_c = \frac{d_1 \times \pi \times n}{1000} \quad \text{[m/min]}$$

---

### Velocidad de avance

$$v_f \text{ [mm/min]} \quad v_f = p \times n \quad \text{[mm/min]}$$


---



## Diámetro de núcleo en roscado con macho y fresado de rosca

### M Rosca métrica ISO

Símbolos según norma DIN 13	Diámetro de núcleo de rosca interior (mm)		Ø de taladro (mm)
	6H mín.	6H máx.	
M 2	1,567	1,679	1,60
M 2,5	2,013	2,138	2,05
M 3	2,459	2,599	2,50
M 4	3,242	3,422	3,30
M 5	4,134	4,334	4,20
M 6	4,917	5,153	5,00
M 8	6,647	6,912	6,80
M 10	8,376	8,676	8,50
M 12	10,106	10,441	10,20
M 14	11,835	12,210	12,00
M 16	13,835	14,210	14,00
M 18	15,294	15,744	15,50
M 20	17,294	17,744	17,50
M 24	20,752	21,252	21,00
M 27	23,752	24,252	24,00
M 30	26,211	26,771	26,50
M 36	31,670	32,270	32,00
M 42	37,129	37,799	37,50

### MF Rosca métrica fina ISO

Símbolos según norma DIN 13	Diámetro de núcleo de rosca interior (mm)		Ø de taladro (mm)
	6H mín.	6H máx.	
M 6 x 0,75	5,188	5,378	5,25
M 8 x 1	6,917	7,153	7,00
M 10 x 1	8,917	9,153	9,00
M 10 x 1,25	8,647	8,912	8,75
M 12 x 1	10,917	11,153	11,00
M 12 x 1,25	10,647	10,912	10,75
M 12 x 1,5	10,376	10,676	10,50
M 14 x 1,5	12,376	12,676	12,50
M 16 x 1,5	14,376	14,676	14,50
M 18 x 1,5	16,376	16,676	16,50
M 20 x 1,5	18,376	18,676	18,50
M 22 x 1,5	20,376	20,676	20,50

### UNC Rosca unificada gruesa

Símbolos según ASME B 1.1	Diámetro de núcleo de rosca interior (mm)		Ø de taladro (mm)
	2B mín.	2B máx.	
Nr. 2-56	1,694	1,872	1,85
Nr. 4-40	2,156	2,385	2,35
Nr. 6-32	2,642	2,896	2,85
Nr. 8-32	3,302	3,531	3,50
Nr. 10-24	3,683	3,962	3,90
$\frac{1}{4}$ -20	4,976	5,268	5,10
$\frac{5}{16}$ -18	6,411	6,734	6,60
$\frac{3}{8}$ -16	7,805	8,164	8,00
$\frac{1}{2}$ -13	10,584	11,013	10,80
$\frac{5}{8}$ -11	13,376	13,868	13,50
$\frac{3}{4}$ -10	16,299	16,833	16,50

### UNF Rosca unificada fina

Símbolos según ASME B 1.1	Diámetro de núcleo de rosca interior (mm)		Ø de taladro (mm)
	2B mín.	2B máx.	
Nr. 4-48	2,271	2,459	2,40
Nr. 6-40	2,819	3,023	2,95
Nr. 8-36	3,404	3,607	3,50
Nr. 10-32	3,962	4,166	4,10
$\frac{1}{4}$ -28	5,367	5,580	5,50
$\frac{5}{16}$ -24	6,792	7,038	6,90
$\frac{3}{8}$ -24	8,379	8,626	8,50
$\frac{1}{2}$ -20	11,326	11,618	11,50
$\frac{5}{8}$ -18	14,348	14,671	14,50

### G Rosca de tubo

Símbolos según norma DIN EN ISO 228	Diámetro de núcleo de rosca interior (mm)		Ø de taladro (mm)
	mín.	máx.	
G $\frac{1}{8}$	8,566	8,848	8,80
G $\frac{1}{4}$	11,445	11,890	11,80
G $\frac{3}{8}$	14,950	15,395	15,25
G $\frac{1}{2}$	18,632	19,173	19,00
G $\frac{5}{8}$	20,588	21,129	21,00
G $\frac{3}{4}$	24,118	24,659	24,50
G 1	30,292	30,932	30,75

## Laminado de rosca del diámetro de núcleo

### M Roscas métricas normalizadas ISO, tolerancia 6H

Símbolos según norma DIN 13	Diámetro de núcleo de rosca interior según norma DIN 13-50 (mm) 6H mín. 7H máx.		Ø pretaladrado (mm)
M 1,6	1,221	-	1,45
M 2	1,567	1,707	1,82
M 2,5	2,013	2,173	2,30
M 3	2,459	2,639	2,80
M 3,5	2,850	3,050	3,25
M 4	3,242	3,466	3,70
M 5	4,134	4,384	4,65
M 6	4,917	5,217	5,55
M 8	6,647	6,982	7,40
M 10	8,376	8,751	9,30
M 12	10,106	10,106	11,20
M 14	11,835	12,310	13,10
M 16	13,835	14,310	15,10

### MF Rosca métrica fina ISO, tolerancia 6H

Símbolos según norma DIN 13	Diámetro de núcleo de rosca interior según norma DIN 13-50 (mm) 6H mín. 7H máx.		Ø pretaladrado (mm)
M 6 x 0,75	5,188	5,424	5,65
M 8 x 1	6,917	7,217	7,55
M 10 x 1	8,917	9,217	9,55
M 12 x 1	10,917	11,217	11,55
M 12 x 1,5	10,376	10,751	11,30
M 14 x 1,5	12,376	12,751	13,30
M 16 x 1,5	14,376	14,751	15,30

## Tabla comparativa de escalas de dureza

Resistencia a la tracción Rm en N/mm <sup>2</sup>	Dureza Brinell HB	Dureza Rockwell HRC	Dureza Vickers HV	PSI
150	50		50	22
200	60		60	29
250	80		80	37
300	90		95	43
350	100		110	50
400	120		125	58
450	130		140	66
500	150		155	73
550	165		170	79
600	175		185	85
650	190		200	92
700	200		220	98
750	215		235	105
800	230	22	250	112
850	250	25	265	120
900	270	27	280	128
950	280	29	295	135
1000	300	31	310	143
1050	310	33	325	150
1100	320	34	340	158
1150	340	36	360	164
1200	350	38	375	170
1250	370	40	390	177
1300	380	41	405	185
1350	400	43	420	192
1400	410	44	435	200
1450	430	45	450	207
1500	440	46	465	214
1550	450	48	480	221
1600	470	49	495	228
		51	530	247
		53	560	265
		55	595	283
		57	635	
		59	680	
		61	720	
		63	770	
		64	800	
		65	830	
		66	870	
		67	900	
		68	940	
		69	980	

## Ajuste de par de giro de adaptadores de roscado

Valores orientativos para el ajuste del par de giro de los adaptadores de roscado

Tipo de rosca	Medida [mm]	Paso [mm]	Valor de ajuste del par de giro de roscado [Nm]	Par de rotura de macho de roscar [Nm]	Valor de ajuste de par de giro en prensado de rosca [Nm]
M, MF	1	≤ 0,25	0,03*	0,03	0,07*
M, MF	1,2	≤ 0,25	0,07*	0,07	0,12
M, MF	1,4	≤ 0,3	0,1*	0,1	0,16
M, MF	1,6	≤ 0,35	0,15*	0,15	0,25
M, MF	1,8	≤ 0,35	0,24*	0,24	0,3
M, MF	2	≤ 0,4	0,3*	0,3	0,4
M, MF	2,5	≤ 0,45	0,5	0,6	0,6
M, MF	3	≤ 0,5	0,7	1	1
M, MF	3,5	≤ 0,6	1,2	1,6	1,5
M, MF	4	≤ 0,7	1,7	2,3	2,4
M, MF	5	≤ 0,8	3	5	4
M, MF	6	≤ 1,0	5,5	8,1	8
M, MF	8	≤ 1,25	12	20	17
M, MF	10	≤ 1,5	20	41	30
M, MF	12	≤ 1,75	35	70	50
M, MF	14	≤ 2,0	50	130	75
M, MF	16	≤ 2,0	60	160	85
M, MF	18	≤ 2,5	100	260	150
M, MF	20	≤ 2,5	110	390	160
M, MF	22	≤ 2,5	125	450	170
M, MF	24	≤ 3,0	190	550	260
M, MF	27	≤ 3,0	220	850	290
M, MF	30	≤ 3,5	320	1100	430
M, MF	33	≤ 3,5	350	1600	470
M, MF	36	≤ 4,0	460	2300	650
M, MF	39	≤ 4,0	500		
M, MF	42	≤ 4,5	700		
M, MF	45	≤ 4,5	750		
M, MF	48	≤ 5,0	900		
M, MF	52	≤ 5,0	1000		
M, MF	56	≤ 5,5	1300		

Base de la tabla anterior: material 42CrMo4, resistencia a tracción 1000 N/mm<sup>2</sup>, profundidad de rosca 1,5 x D<sub>N</sub>. Con ayuda de la tabla de conversión se pueden transferir los valores a otros materiales.

En las medidas identificadas con \* el par de giro necesario para la realización de una rosca de 1,5 x D<sub>N</sub> de profundidad aumenta el par de rotura de la herramienta. Solución: mecanizado de la rosca en varias fases de trabajo.

Cálculo para otros materiales

Material	Factor
Acero blando	0,7
Acero 1200 N/mm <sup>2</sup>	1,2
Acero 1600 N/mm <sup>2</sup>	1,4
Acero inoxidable	1,3
GG/GGG	0,6
Aluminio/cobre	0,4
Aleaciones de Ti	1,1
Aleaciones de Ni	1,4

La tabla sirve para el ajuste del par de giro de adaptadores de roscado, siempre que estos se puedan ajustar. Si el par de giro se ajusta demasiado alto, aumenta el riesgo de rotura de la herramienta. Si el ajuste es demasiado bajo la herramienta puede quedar encajada durante el mecanizado aunque la máquina siga rotando. Si no bastara la compensación de presión en este caso, la herramienta quedaría inservible y la máquina podría sufrir daños.



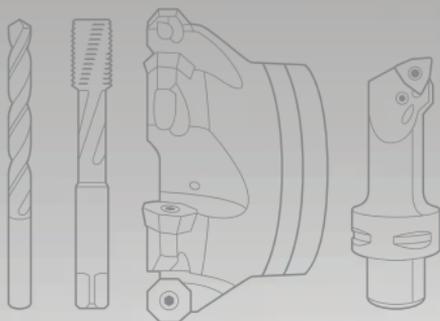
## Walter AG

---

Derendinger Straße 53, 72072 Tübingen  
Postfach 2049, 72010 Tübingen  
Alemania

[www.walter-tools.com](http://www.walter-tools.com)

---



---

### Walter Tools Ibérica S.A.U.

El Prat de Llobregat, España  
+34 (0) 934 796760, [service.iberica@walter-tools.com](mailto:service.iberica@walter-tools.com)

### Walter do Brasil Ltda.

Sorocaba – SP, Brasil  
+55 15 32245700, [service.br@walter-tools.com](mailto:service.br@walter-tools.com)

### Walter Argentina S.A.

Capital Federal, Argentina  
+54 (11) 4382-0472, [service.ar@walter-tools.com](mailto:service.ar@walter-tools.com)

### Walter Tools S.A. de C.V.

Saltillo, Coahuila, Mexico  
+52 (844) 450-3500, [service.mx@walter-tools.com](mailto:service.mx@walter-tools.com)

---