

# SEGURIDAD EN MUELAS ABRASIVAS

**Javier LORENZ MURO**  
Departamento de Trabajo  
y Seguridad Social del  
Gobierno Vasco.  
Centro de Seguridad e Higiene  
en el Trabajo de Guipúzcoa.

## INTRODUCCION

De todos es conocido el gran número de accidentes producidos por la rotura de muelas abrasivas. Estos varían desde contusiones leves hasta accidentes graves y mortales.

Con el fin de cuantificar el problema, basta decir que hoy en día, para el rectificado de trabajo de exteriores, se ha llegado a conseguir velocidades tangenciales de 125 m/s, equivalente a 450 km/h. En rectificadoras de interiores se está trabajando a unas r.p.m. muy elevadas, llegando incluso en algunos casos hasta 100.000 r.p.m.

Las máquinas a las que nos referimos por llevar como parte integral en las mismas las muelas abrasivas son:

- Esmeriladoras de bancada fija.
- Pulidoras.
- Rectificadoras de exteriores.
- Rectificadoras sin centros.
- Rectificadoras de husillos y engranajes.
- Rectificadoras de puente.
- Tronzadoras con disco abrasivo.
- Esmeriladora de bastidor oscilante.
- Afiladoras.
- Otras.

No entran dentro de nuestro estudio, las esmeriladoras manuales.

Estas máquinas, originarias de muchos accidentes, disponen de un elemento común, la herramienta, en este caso la muela, pero difieren notablemente, tanto en el tipo de trabajo, como en el modo y la forma.

Estas máquinas de gran uso y aplicación en los centros de trabajo, se utilizan para un acabado final de piezas o herramientas, bajo unas tolerancias de uso muy determinadas.

## ANALISIS DEL PROBLEMA

Para mejor comprender las normas en su utilización, es necesario enumerar los esfuerzos de ruptura a los que la muela está sometida:

### 1. Choques mecánicos

Las muelas están expuestas a choques múltiples:

- Caídas durante su transporte o almacenamiento.
- Contacto brusco entre muela y pieza en los arranques.
- Pasadas muy profundas.
- Vibraciones del eje.
- Excentricidad, provocando choques sobre la pieza en cada revolución.
- Deformado de las muelas, cuando se trabaje sobre el lateral.
- Etc.

Todos los golpes violentos y accidentales deben ser evitables, porque de lo contrario pueden disminuir instantáneamente la resistencia de la muela. Otros golpes menos peligrosos, pero repetitivos, pueden tener a la larga, el mismo efecto.

### 2. Fuerza centrífuga

En un punto dado de la muela, la fuerza centrífuga es proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación. El esfuerzo que se aplica a la muela, incide sobre la velocidad y origina peligros muy grandes, si se sobrepasa la velocidad límite de utilización. (Vp. velocidad periférica).

Las normas más difundidas en Europa señalan que la velocidad de rotura de una muela, debe ser de 1,5 a 2 veces la velocidad de utilización, lo que representa en términos de esfuerzos o tensiones en la muela un coeficiente de seguridad

comprendido entre 2,25 y 4, a fin de garantizar los esfuerzos anormales que se produzcan en el trabajo.

### **3. Efectos térmicos**

La causa del esfuerzo debido al calor por fricción resulta de la variación de temperatura en la estructura de la muela. Durante el esmerilado, la masa de la periferia de la muela alcanza una temperatura mayor que la masa adyacente al agujero. Esto tiene como resultado mayor compresión en la zona exterior y mayor tensión en la zona interior. Si la temperatura aumenta mucho, puede empezar a formarse desde el agujero hacia la periferia una grieta radial. Este tipo de fallos, se observa sobre todo en las operaciones en seco, como son el desbastado o el esmerilado a pulso.

### **4. Esfuerzos durante el montaje**

Las muelas durante su montaje no deben sufrir esfuerzos de tracción, flexión o torsión. Solamente son permitidos los esfuerzos de compresión, bajo unas normas y bajo unos criterios determinados.

Todo montaje defectuoso introduce unos esfuerzos anormales, en particular todo montaje hiperestático, siendo totalmente peligroso.

Es en este punto donde nos vamos a detener y demostrar la fuerza y el par necesario para amarrar la muela a la máquina.

De cara a las posibles causas de rotura de la muela, aparte del mal trato, uso inadecuado, fallo de la propia muela, etc., consideramos de especial importancia la construcción adecuada del dispositivo de sujeción de las muelas a la máquina, así como el adecuado par de apriete, durante su montaje.

En la actualidad se están experimentando nuevos sistemas de amarre y sujeción de muelas abrasivas a través de una tuerca central hidráulica, con manómetro de presión y válvula limitadora de presión. Sin embargo, su estado actual, aunque avanzado, se encuentra en fase de experimentación.

### **SELECCION DE LA MUELA MAS APROPIADA**

Un capítulo de vital importancia es la elección apropiada del tipo de muela, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Material a trabajar.
- Tipo de operación a realizar.

- Precisión en cuanto a dimensiones y grado de acabado.
- Superficie de contacto entre la muela y la pieza.
- Velocidad de la muela y de la pieza.
- Geometría de la muela.
- Tipo y condiciones de la máquina.

Una vez conocidos y determinados los datos anteriores, hay que tener presente que las características de las muelas se sigan por la norma UNE 16.300 que coincide con la ISO/R525 y que designa las especificaciones de las muelas abrasivas en función del grosor o tamaño del grano, grado o dureza, estructura, naturaleza del aglomerante y tipo de aglomerante. (Ver anexo 1).

### **ACOPLAMIENTO DE MUELA**

La muela es acoplada entre dos bridas de material férnico de diámetros iguales, asegurando así su arrastre, de forma que:

- Una brida de apoyo es solidaria al árbol de la máquina.
- La otra brida móvil es acoplada contra la muela, bien por un tornillo central fijado sobre el árbol, bien por una corona de tornillos sobre el plato. (Ver figuras 1, 2 y 3).

Entre las muelas y las bridas se interpone un papel de material comprimible que permite repartir uniformemente la presión ejercida sobre toda la superficie arrastrada y que según las Instrucciones UNE 006, debe oscilar entre 0,3 y 0,8 mm. de espesor.

Los diferentes tipos de bridas y las dimensiones recomendadas para su montaje y mantenimiento son indicadas en las citadas Instrucciones.

La presión ejercida por la brida móvil, debe permitir un arrastre correcto y sin posibilidad de deslizamiento de la muela.

Esta presión debe tener en cuenta lo siguiente:

- El peso, el desequilibrio y la velocidad periférica de la muela.
- Y la potencia del motor de arrastre del eje porta-muela con las diferentes fuerzas de rozamiento que entran en juego durante el montaje.

Una muela apretada débilmente puede deslizarse entre sus bridas, calentarse, soltarse y provocar un siniestro o un accidente.

Por el contrario una presión excesiva puede originar una deformación en las bridas de apoyo.

Si la fuerza del par no está muy repartida sobre toda la superficie arrastrada, se pueden crear unas tensiones peligrosas en la muela y originar la rotura de ésta.

El objetivo de este estudio, por prioridad en las causas de rotura de muelas abrasivas, va a consistir en indicar el par de apriete adecuado a ejercer en las bridas, así como la forma y orden ejercidos en el montaje de las mismas.

Los valores así definidos serán eventualmente corregidos, en función de las condiciones reales de trabajo, especialmente cuando aquéllas engendran unas vibraciones en el conjunto eje portamuela.

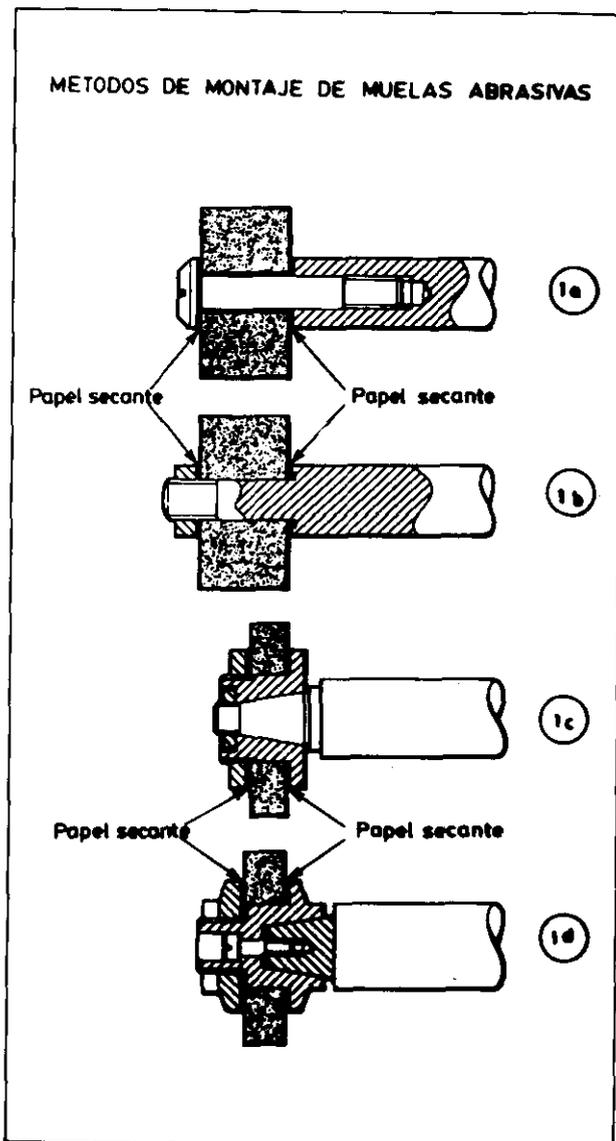


FIGURA 1 (1a - 1b - 1c - 1d)

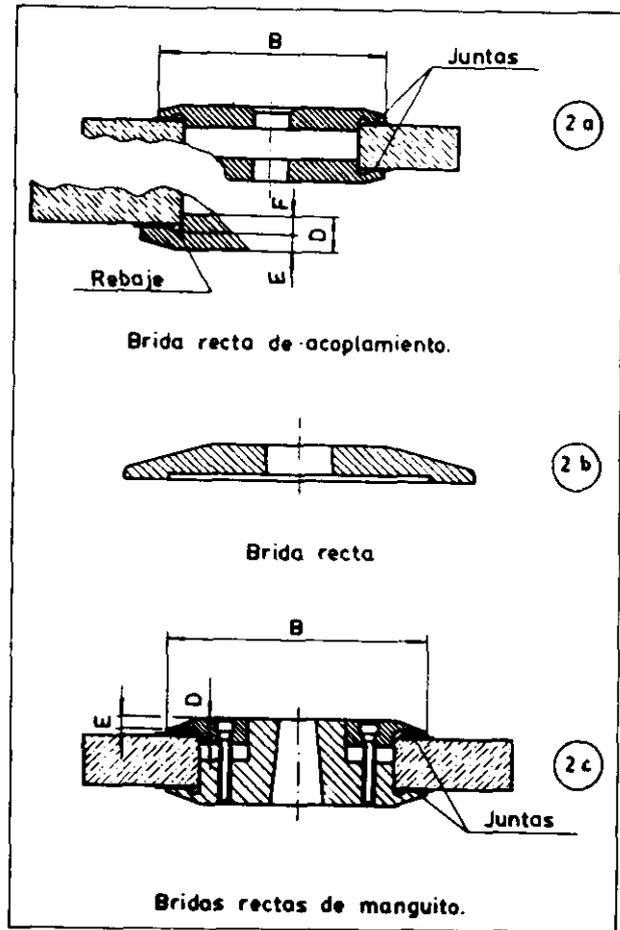


FIGURA 2 (2a - 2b - 2c - 2d)

### FUERZA AXIAL TOTAL A EJERCER SOBRE LA BRIDA MOVIL

La muela durante el trabajo, está sometida a tres esfuerzos:

- Cuando la muela está montada sobre el eje, dispone de un ligero juego para que pueda mantenerse holgadamente sobre el eje de la máquina. Tenemos en principio un peso  $P$  propio de la muela. Es necesario que este peso  $P$ , sea anulado por una componente de la fuerza axial. (Ver figura 4).
- Al presionar la pieza sobre la muela, nace la fuerza  $R$ , la cual la podemos descomponer en dos: la fuerza tangencial  $T$  y una componente radial  $N$ . Este último valor depende del valor del coeficiente de rozamiento existente entre la muela y la pieza. Experimentalmente se ha comprobado que en un trabajo de rebabado se puede decir que:

$$N = 2T (1)$$

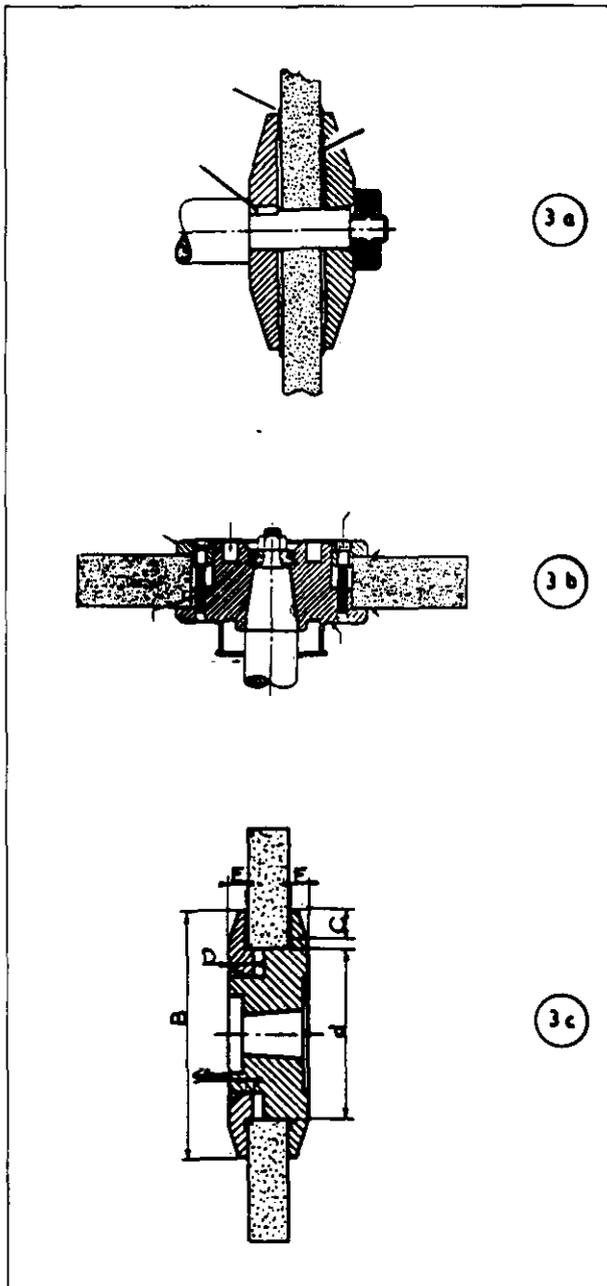


FIGURA 3 (3a - 3b - 3c - 3d)

- c) La fuerza axial  $Q$  de la brida sobre el flanco de la muela es una fuerza destinada a equilibrar el efecto de los esfuerzos  $P$ ,  $T$ ,  $N$ , gracias al coeficiente de rozamiento  $f$ . Así pues  $P$  y  $N$  son dos fuerzas radiales y  $T$  es una fuerza tangencial. Visto lo anterior podemos señalar que:

$Q_1$  es la fuerza axial que se opone al efecto  $P$   
 $Q_2$  es la fuerza axial que se opone al efecto  $T$   
 $Q_3$  es la fuerza axial que se opone al efecto  $N$

Como quiera que las fuerzas  $P$ ,  $T$  y  $N$  no actúan según unos vectores paralelos, tendremos un valor máximo de  $Q$  de la fuerza axial total, si se calcula:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2) \quad (\text{Ver figura 5})$$

### Fuerza $Q_1$

Suponiendo que el coeficiente de rozamiento es  $f = 0,5$ , el valor de la fuerza axial que anula el peso de la muela es:

$$P = 0,5 Q_1$$

$$Q_1 = \frac{P}{0,5} = 2P$$

$$Q_1 = 2P \quad (3)$$

### Fuerza $Q_2$

Si  $V_p$  es la velocidad periférica de la muela en m/s y  $W$  es la potencia absorbida durante el trabajo, se tiene:

$$W = TV_p$$

$$T = \frac{W}{V_p}$$

Ahora hallamos  $F$ , fuerza de rozamiento de la corona de apriete, de diámetro  $d$ . Esta fuerza de apriete equilibra el efecto de la fuerza tangencial  $T$ .

Por la ecuación de los momentos se tiene:

$$F \frac{d}{2} = T \frac{D}{2}$$

$$F \cdot d = T \cdot D$$

$$F = \frac{TD}{d} = \frac{W}{V_p} \cdot \frac{D}{d}$$

$D$  es el diámetro de la muela.  
 $d$  es el diámetro de la brida. (Ver figura 6).

Antes se ha indicado que el coeficiente de la brida sobre el papel secante que lleva la muela es 0,5, con lo cual tenemos:

$$F = 0,5 Q_2$$

$$Q_2 = \frac{F}{0,5}$$

$$Q_2 = 2F$$

$$Q_2 = 2 \frac{W}{V_p} \cdot \frac{D}{d} \quad (4)$$

**Fuerza  $Q_3$**

Como se ha señalado que:

$$N = 2T$$

$$N = 2 \frac{W}{V_p}$$

y teniendo en cuenta el coeficiente de rozamiento de la brida sobre el papel:

$$N = 0,5 Q_3$$

$$Q_3 = \frac{N}{0,5} = 2N$$

$$Q_3 = 2N$$

$$Q_3 = 4 \frac{W}{V_p} \quad (5)$$

La fuerza total axial máxima ejercida por la brida será:

$$Q \text{ (Kg)} = 2P + 2 \left( \frac{W}{V_p} \cdot \frac{D}{d} \right) + 4 \frac{W}{V_p}$$

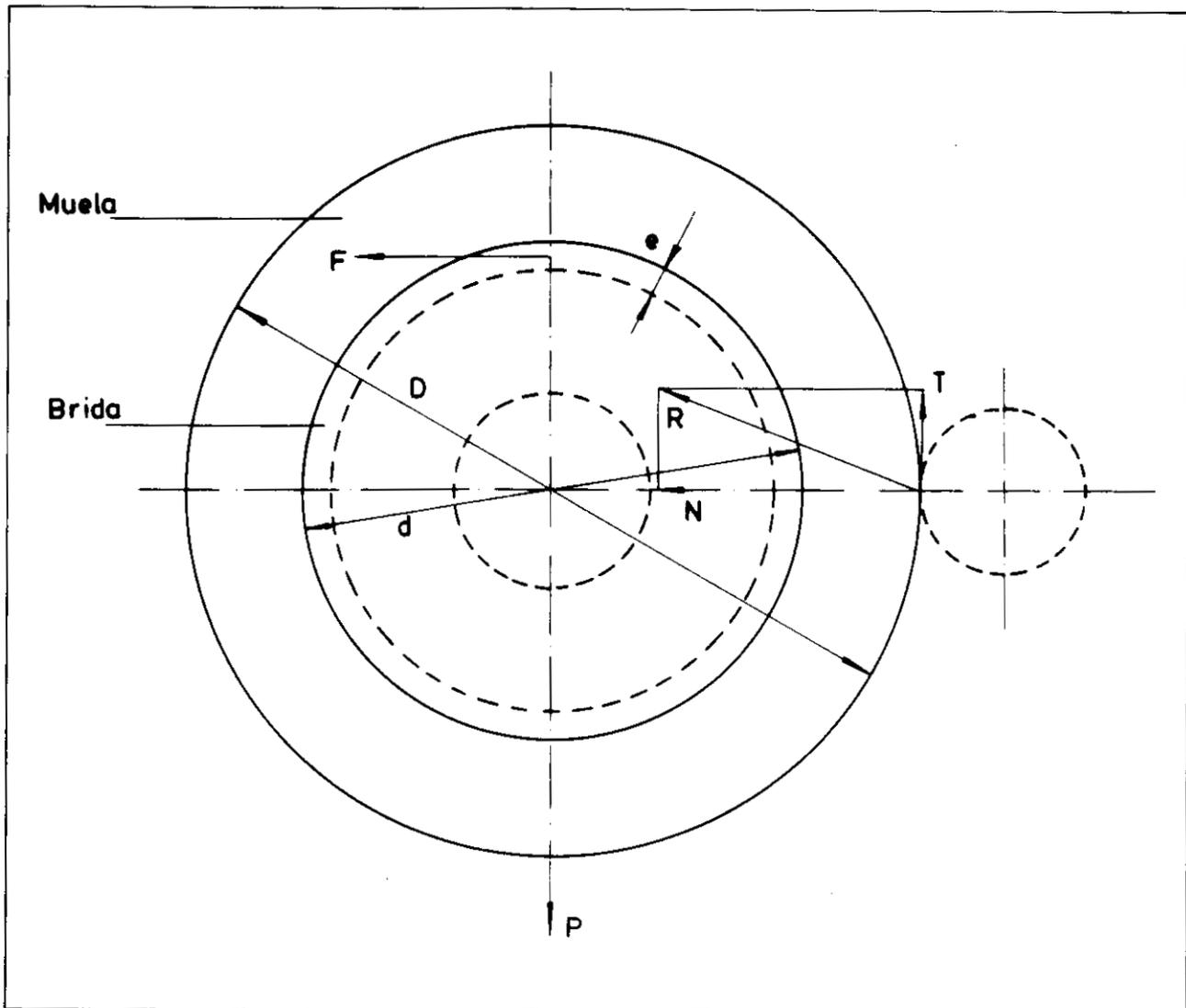


FIGURA 4 Fuerzas aplicadas sobre una muela durante el trabajo

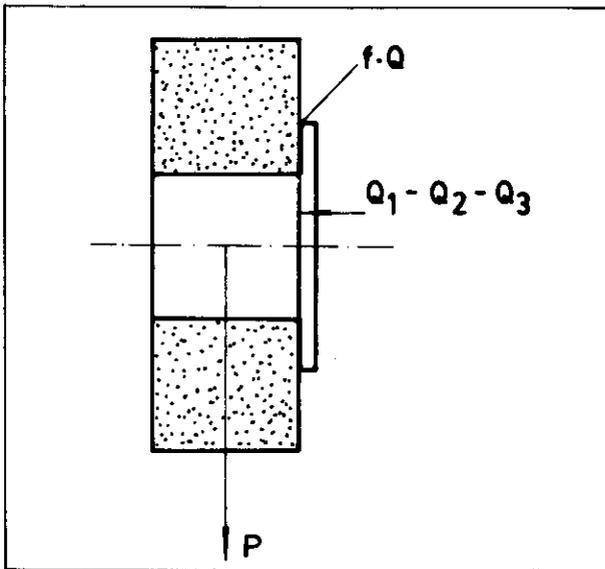


FIGURA 5

Por otra parte, hay que tener en cuenta los tipos de trabajo que una muela realiza y los esfuerzos a que está sometida, viéndose así el valor Q calculado aumentado en un 50 % para trabajos de rebabado en muelas montadas sobre bancada fija o de bastidor oscilante, y en un 100 % para trabajos de desbaste bruto, en muelas montadas sobre máquinas automáticas, teniendo así:

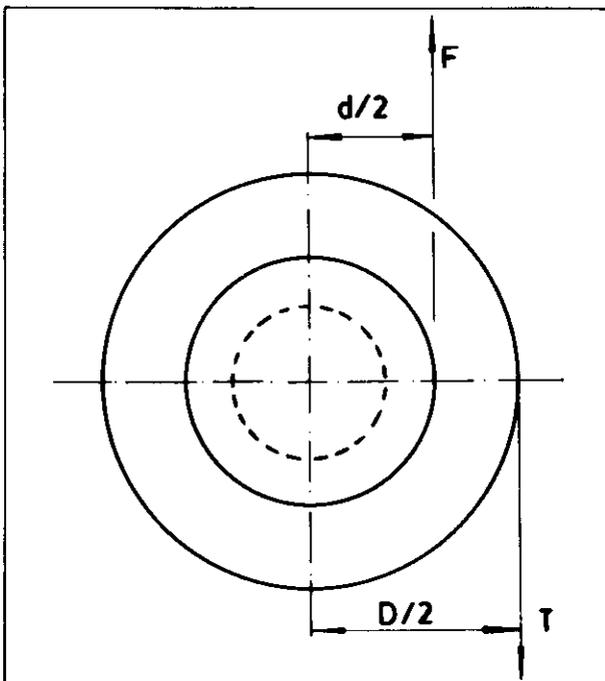


FIGURA 6

Trabajo de rectificado  $Q_r = Q$

Trabajo de rebabado  $Q_n = 1,5 Q$

Trabajo de desbaste  $Q_d = 2Q$

La presión de la superficie girante será:

$$P = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot e} = \text{Kg/cm}^2$$

, siendo e = superficie de contacto de la brida y muela.

La presión máxima teórica se corresponde al aplastamiento de una muela vitrificada de rectificación superior a 500 Kg/cm<sup>2</sup>.

### PAR DE APRIETE A EJERCER SOBRE CADA TORNILLO O TUERCA

La brida móvil es apretada por un tornillo central en las muelas de pequeño diámetro interior, mientras que las muelas de gran diámetro interior llevan una brida móvil sujeta por una corona de tornillos.

En efecto, se ha calculado la fuerza Q que se ejerce sobre la brida, pero además hay que tener presente que existen n tornillos de paso P, con lo que el par de torsión C ejercido sobre cada tornillo, suponiendo que no exista rozamiento (ver figuras 7, 8, 9, 10 y 11) es:

$$C = \frac{Q}{n} \cdot \frac{P}{2} = \text{Kg.m} \quad (7)$$

Pero con el fin de tener presente el rozamiento de los tornillos en su alejamiento, así como el rozamiento de la cabeza del tornillo sobre el flanco de la brida, el par real a ejercer es 4 veces el par teórico.

Este valor 4 se ha tomado como coeficiente de seguridad, ya que el contacto entre las dos superficies de apriete varía según su uso, tolerancias, grado de oxidación, elasticidad del papel, materias extrañas que puedan introducirse (polvo, viruta) y mantenimiento.

### ESPESOR Y DIMENSIONES DE LAS BRIDAS

El empleo de bridas de acoplamiento tal y como indica la tabla 8 del código FEPA es totalmente desaconsejable.

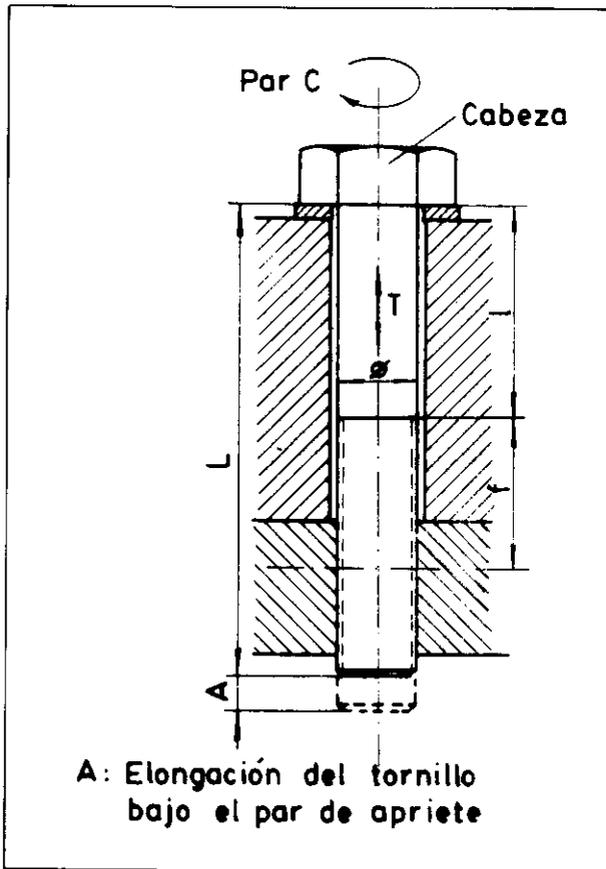


FIGURA 7

El espesor de la brida es función de la potencia del motor. Así los espesores mínimos de las bridas que figuran sobre las tablas, se entiende, para máquinas de potencia corriente, teniendo:

- 10 CV para muela de diámetro de 500 mm.
- 15 CV para muela de diámetro de 600 mm.
- 25 CV para muela de diámetro de 750 mm.
- 30 CV para muela de diámetro de 900 mm.

En el supuesto de que la potencia aplicada sobre una muela es superior a las señaladas aquí,

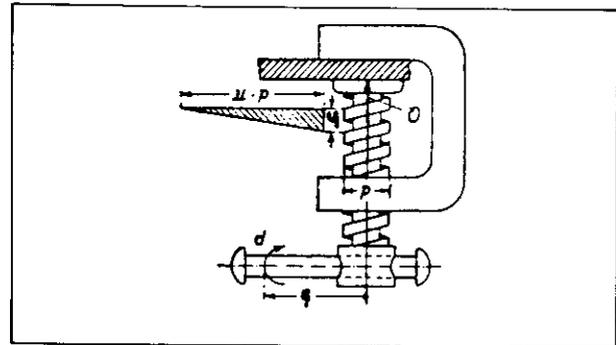


FIGURA 9

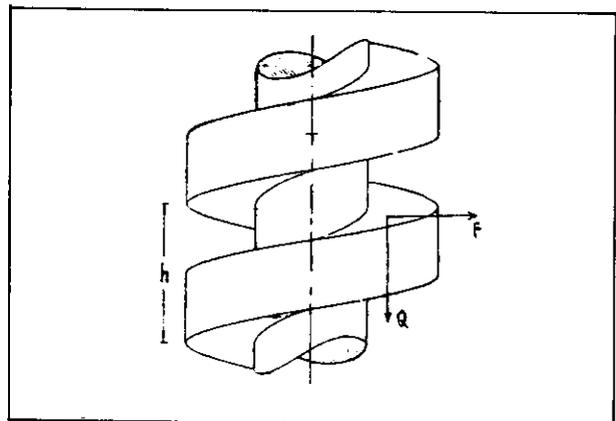


FIGURA 10

el espesor mínimo de la brida utilizando el apriete con una corona de tornillos, será igual al espesor mínimo indicado en la tabla 3, figura 12 de los anexos franceses, multiplicando por el producto de la raíz cuadrada de las potencias.

Supongamos una muela de 600 mm. de diámetro movida por un motor de 60 CV, el espesor mínimo de la brida será:

$$E = 15 \times \sqrt{\frac{60}{15}} = 30 \text{ mm.}$$

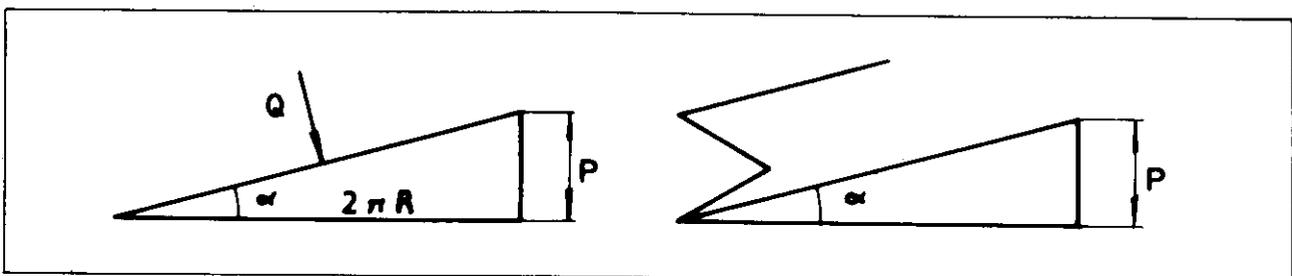


FIGURA 8

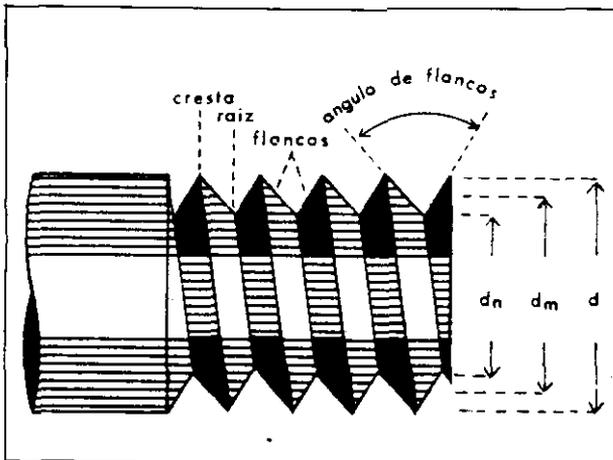


FIGURA 11

Para todas las muelas de diámetro interior superior a 20 mm. el diámetro mínimo interior  $B - 2C$  de la superficie de contacto (ver figuras 3c y 13), se debe respetar las siguientes condiciones:

$$B - 2C \geq \frac{51}{50} d + 4 \text{ mm.}$$

Siendo los datos de la muela:

$d$  = diámetro interior

$B$  = diámetro de la brida

$C$  = longitud radial de la superficie arrastrada

**VERIFICACION**

Es necesario verificar que tanto los tornillos como las muelas pueden soportar los esfuerzos resultantes del apriete.

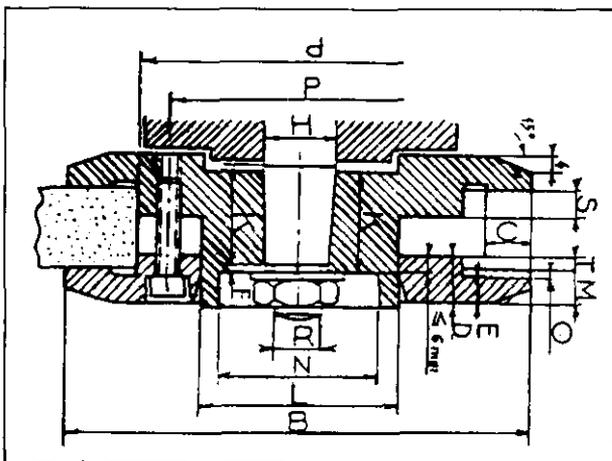


FIGURA 12

**Tornillos**

Una vez hallada la fuerza total axial a ejercer sobre la brida, se calcula el par a ejercer sobre cada tornillo y el resultado del mismo expresado en Kg.m, es necesario comprobar si dicho tornillo puede soportar el par resultante, para lo cual en función del tipo de designación del tornillo, rosca, paso y cabeza, comprobaremos en los valores de las tablas de la norma UNE 17.108 y en consecuencia verificaremos si el par calculado, se encuentra dentro de los valores que la norma anterior señala.

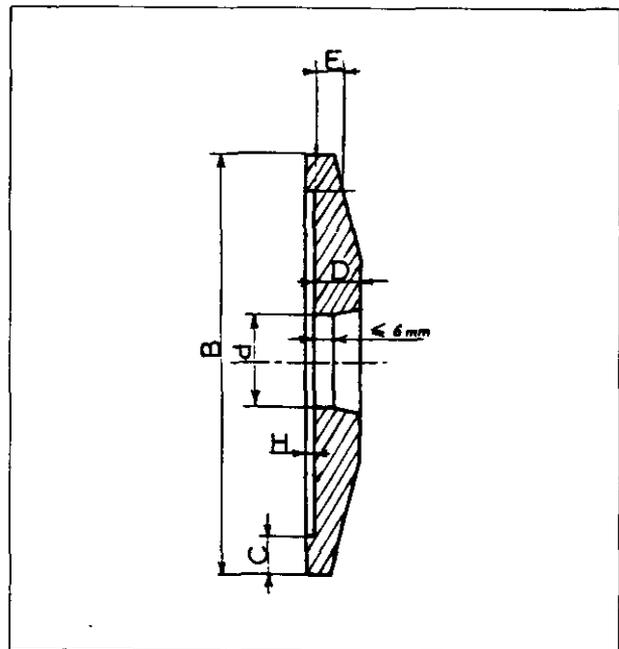


FIGURA 13

**Muelas**

La fuerza total axial  $Q$  no debe provocar un riesgo de aplastamiento de la muela.

Las tablas 1 y 2 son directamente los valores máximos de  $Q$ , en función de los diámetros de las bridas y teniendo en cuenta el hecho de que, si el apriete es realizado con unos tornillos nuevos y bien engrasados, la fuerza real obtenida puede ser superior a la calculada.

Para las muelas de mecanizado ( $Q_m$ ) se multiplica por 2 los valores de las tablas.

Para muelas de desbaste ( $Q_d$ ) se multiplica por 4 los valores de las tablas.

**TABLA 1**  
**FUERZA AXIAL MAXIMA (Q) CON BRIDAS**  
**RECTAS NORMALIZADAS Y TORNILLO**  
**CENTRAL**

d brida mm.	Q máximo kg.
10	80
20	200
28	440
40	750
44	1.105
50	1.255
63	1.980
80	2.510
90	3.680
100	4.080
120	6.010
140	7.020
150	9.400
180	12.420
190	13.100
200	15.720

NOTA: las muelas de un diámetro superior a 350 mm. (diámetro de brida d = 120 mm.) deben ser montadas sobre platos de cubo de bridas normalizadas y sujetos por corona de tornillos.

**TABLA 2**  
**FUERZA AXIAL MAXIMA (Q) CON BRIDAS**  
**BRIDAS NORMALIZADAS SUJETAS POR**  
**CORONAS DE TORNILLOS**

d brida mm.	Q máxima kg.	Tornillos
110	3.200	4 M 8
115	4.000	6 M 6
165	5.800	6 M 8
175	8.000	6 M 10
185	10.500	8 M 10
200	9.200	6 M 10
210	12.000	8 M 12
260	15.000	8 M 12
365	21.500	8 M 16
380	28.000	10 M 16
600	57.000	10 M 20

NOTA: 8 M 10 con agujero de muela de 152,4 mm.  
8 M 12 con agujero de muela de 127 mm.

Siempre hay que comprobar que la fuerza axial calculada es inferior a la máxima autorizada según las tablas 1 y 2.

Respecto a las características mecánicas de las bridas se tendrá presente lo que el anexo 2 señala.

**CONCLUSIONES**

Calculada la fuerza axial total y el par de apriete a ejercer, es necesario comprobar que los tornillos y las muelas puedan soportar los esfuerzos resultantes del apriete. Así en los tornillos la fuerza de tracción F resultante del par ejercido sobre cada uno de los tornillos, no podrá ser inferior a su resistencia de seguridad. Por otra parte la fuerza axial Q calculada, debe ser inferior a la máxima autorizada para cada material en cuestión, ya que de lo contrario, podría provocar la rotura de la muela.

Es necesario controlar el par de apriete en la sujeción de las bridas a la muela, haciendo uso de llaves dinamométricas y realizando un orden de apriete cruzado. (Ver figura 14). Frecuentemente se observa que al apretar los tornillos se prolonga el brazo de la palanca de la llave, mediante tubos, vasos, etc., incluso a veces se trata a martillazos. Como consecuencia de ello, se producen esfuerzos de compresión adicionales en la muela abrasiva.

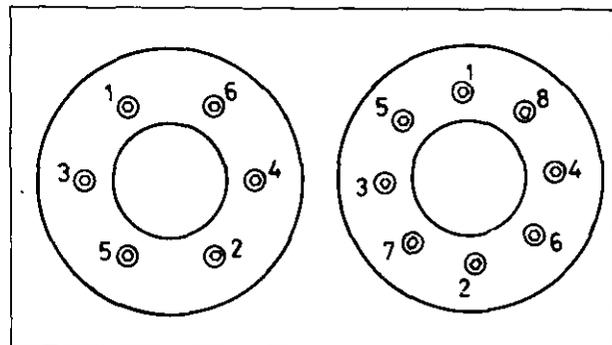


FIGURA 14

Cuando se utilicen manguitos para ajustar el diámetro interior de la muela, éstos no deberán sobresalir de la muela, ya que de lo contrario dificultaría el apriete de la brida. (Ver figura 15).

Igualmente es contraproducente la presencia de pequeñas partículas de polvo, que ensucian la rosca en el dispositivo de sujeción, con lo que la llave dinamométrica, actúa con fuerzas de apriete desiguales.

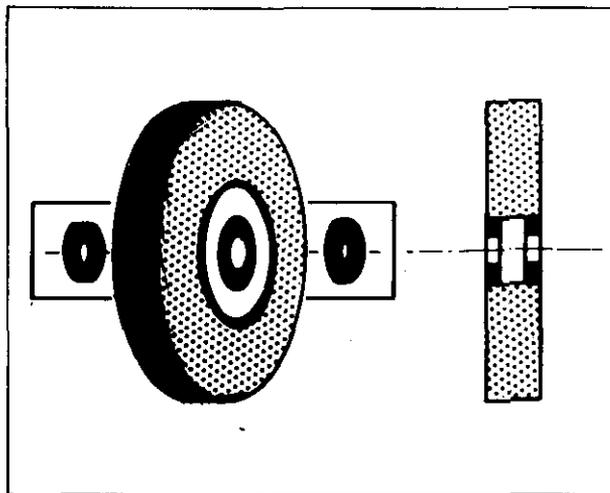


FIGURA 15

El par de apriete a aplicar en cada caso será el necesario, no se debe sobrepasar, ni tampoco debe ser escaso, ya que la muela quedaría suelta. Para saber el par de apriete en Kg.m a aplicar en cada caso, se hará uso de las fórmulas señaladas anteriormente.

A este respecto se señala en el anexo 3, los pares a aplicar en las bridas de sujeción y arrastre y que han sido extraídas de los Anexos Franceses del Código Europeo de Seguridad de muelas abrasivas. En el cálculo de estos pares se ha tenido presente el diámetro de la muela, su naturaleza, uso, bridas y dimensiones, número de tornillos empleados, diámetro de los tornillos, paso del filete, resistencia del mismo, etc.

Estos problemas prácticos, demuestran la necesidad de que la sujeción apriete de las muelas

TABLA 3

MUELAS		ARBOL (cotas mínimas)			CUBO DE BRIDA								TORNILLOS	
Diámetro	Agujero XX	H	K	R	K	F	B	L	E XXX	N	P	C	Diámetro	Núm.
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
300	76,2	29	40	18	40	2	120	45	11	35	62	12	8	4
	125 a 127	29	40	18	40	2	175	85	11	55	105	12	8	4
350 á 400	125 ó 127	29	40	18	40	2	180	85	12	55	105	15	8	6
	150 ó 152,4	29	40	18	40	2	205	100	12	70	130	15	8	6
	200 ó 203,2	33	40	20	40	2	254	120	12	90	180	15	8	6
450 á 500	125 ó 127	38	50	24	50	2,5	190	85	13	55	105	20	10	6
	150 ó 152,4	38	50	24	50	2,5	215	100	13	70	130	20	10	6
	200 ó 203,2	38	50	24	50	2,5	265	120	13	90	180	20	10	6
	250 ó 254	43	50	27	50	2,5	315	140	13	110	230	20	10	6
508	300 ó 304,8	43	50	27	50	2,5	365	190	13	150	280	20	10	6
	125 ó 127	43	60	27	60	3	200	83	15	55	105	22	12	6
550 á 600	150 ó 152,4	48	60	30	60	3	225	105	15	70	130	22	12	6
	200 ó 203,2	48	60	30	60	3	275	120	15	90	180	22	12	6
	250 ó 254	53	60	30	60	3	325	140	15	110	230	22	12	6
	300 ó 304,8	53	60	30	60	3	375	190	15	150	280	22	12	6
	200 ó 203,2	53	60	30	60	3,5	285	120	17	90	170	24	14	6
650 á 750	250 ó 254	53	60	30	60	3,5	335	140	17	110	220	24	14	6
	300 ó 304,8	57	60	30	60	3,5	385	190	17	150	270	24	14	6
	500 ó 508	57	60	30	60	3,5	585	390	17	350	470	24	14	6
	200 ó 203,2	67	70	36	70	4	300	120	20	90	170	30	16	8
800 á 1.000	250 ó 254	67	70	36	70	4	350	140	20	110	220	30	16	8
	300 ó 304,8	72	70	42	70	4	400	190	20	150	270	30	16	8
	500 ó 508	72	70	42	70	4	600	390	20	350	470	30	16	8

XX El diámetro más grande se corresponde para muelas de velocidad alta, siendo el diámetro pequeño para muelas de pequeña velocidad.

XXX  $E = M - 0$ , debiendo ser  $0 \geq 1,5$  mm.

sea realizada por personas experimentadas y responsables.

Sería muy conveniente que en un período de corto plazo, las Instrucciones UNE 006, hicieran uso de unos Anexos Complementarios, donde se contemplasen aspectos sobre pares de apriete, esfuerzos, resistencia de muelas, velocidades, ensayos, resistencia de las bridas, calidades de los materiales, etc.

Igualmente la Administración en colaboración con AENOR y los fabricantes de muelas y productos abrasivos, deberían normalizar las cargas aplicables a las bridas, en función del diámetro de éstas, del número de tornillos, de la métrica utilizada y de las características mecánicas y químicas de los materiales.

Por otra parte y después de haber entrado en vigor el REAL DECRETO 1495/1986 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas, cabe pensar en la necesidad de que la futura ITC de rectificadoras, pueda contemplar todos estos aspectos y otros, sobre la seguridad de las muelas abrasivas.

Para finalizar y con carácter preventivo, en el anexo 4, se indican las recomendaciones más importantes sobre montaje e inspección de muelas.

## **BIBLIOGRAFIA Y NORMAS DE CONSULTA**

- REAL DECRETO 1.945/1986 sobre el Reglamento de Seguridad en las Máquinas.
- IRANOR. *Código Europeo de Seguridad para el empleo de muelas abrasivas. Instrucciones UNE 006.*
- AMERICAN NATIONAL STANDARD. *Safety requirements for the use, care and protection for abrasive wheels B7.1-1978.*
- M.T.T.A. *Abrasive wheels regulations-Information to be displayed on grinding machines. Standars information sheet, núm. 13.*
- FEPA ET ANNEXES FRANCAISES. *Code Européen de sécurité pour l'emploi des meules et produits abrasifs agglomérés.*
- AMERICAN STANDAR ASSOCIATION. *Use, care and protection of abrasive wheels, the Int. Association of Governmental labor officials.*
- UNE 17.701. *Tornillos y espárragos. Características y ensayos de los elementos de fijación.*
- UNE 17.108-81. *Tornillos y tuercas de acero. Momentos de apriete.*
- UNE 17.704. *Rosca métrica ISO de empleo general. Medidas básicas.*
- UNE 16.300.75. *Definición, designación, gama de medidas y perfiles de los productos abrasivos aglomerados.*
- ISO 666. *Machines-outils. Montage des meules plates par moyeux flasques.*

**ANEXO 1**  
**SELECCION DE LA MUELA**  
**Abrasivo**

<b>Características del Material</b>	<b>Tipo de Material</b>	<b>Muela a utilizar</b>
De elevada resistencia	Aceros, bronce duro.	Carburo de silicio, orgánicas.
De baja resistencia	Fundiciones, aluminio, cristal, mármol, latón y bronce.	Corindón artificial (A) (Alundun)

**Tamaño del grano**

<b>Características del Material</b>	<b>Tipo de Rectificado</b>	<b>Grano a utilizar</b>
Materiales blandos	Desbaste bruto	Grano grueso
Material duro	Fino-acabado perfecto	Grano fino

**Grano de dureza**

<b>Características del Material</b>	<b>Velocidad de corte/contacto pieza m/s</b>	<b>Grado de dureza</b>
Material duro	Elevada-Gran superficie de contacto	Dureza baja
Material blando	Baja-Pequeña superficie de contacto	Dureza elevada
Material intermedio	Media-Normal	Intermedia

**Aglomerante**

<b>Tipo de Trabajo</b>	<b>Velocidad periférica m/s</b>	<b>Tipo de aglomerante</b>
Normal de rectificado	25 ÷ 30	Cerámico o Vitrificado
Normal de rectificado	35 ÷ 40	Orgánico (Resinoide)
Tronzado (muelas delgadas)	40 ÷ 80	Orgánico (Resinoide)

**Estructura**

<b>Características del material</b>	<b>Tipo de rectificado</b>	<b>Tipo de estructura</b>
Blando	Normal	Abierta
Duro	Fino	Cerrada
Intermedio	Normal-Fino	Media

ANEXO 2

DIMENSIONES MINIMAS DE LAS BRIDAS PARA LAS MAQUINAS DE REBARAR

A) Las máquinas fijas donde las muelas giran a una velocidad tangencial no sobrepasando los 50 m/s, el apriete de las bridas pueden estar en función de las características mecánicas siguientes:

	Kg/mm <sup>2</sup>
— Resistencia a la tracción	18 a 25
— Límite de elasticidad .....	18 a 25
— Resistencia a la compresión .....	60 a 90
— Resistencia al cizallamiento .....	22 a 30
— Módulo de elasticidad .....	9.500 a 12.500
— Dureza Brinell .....	160 a 220

B) Para máquinas móviles o para todas aquellas donde las muelas giran a una velocidad tan-

gencial comprendida entre 50 y 60 m/s, las bridas serán de acero o de fundición con las características siguientes:

	Kg/mm <sup>2</sup>
— Resistencia a la tracción	22 a 35
— Límite de elasticidad .....	22 a 35
— Resistencia a la compresión .....	90 a 100
— Resistencia al cizallamiento .....	30 a 45
— Módulo de elasticidad .....	12.000 a 15.000
— Dureza Brinell .....	180 a 265

C) Para todas las máquinas, donde las muelas giran a una velocidad tangencial sobrepasando los 60 m/s, las bridas serán de acero.

ANEXO 3

BRIDAS DE SUJECION Y ARRASTRE

A título indicativo, las tablas abajo expuestas en kilogramos-metro, dan los pares de torsión recomendados en función del diámetro de la muela, de su naturaleza y de su paso roscado.

Pares de torsión para muelas vitrificadas y de magnesita de pequeño agujero (1 tuerca)

Diámetro de muelas	Paso del roscado			
	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
	kg.m	Kg.m	Kg.m	Kg.m
100	0,4	0,4	0,6	0,8
200	1,2	1,6	2	2,8
300	—	3,6	4,8	6
400	—	6,4	8	10
500	—	10	14,8	16
600	—	14,4	19,2	24
750	—	25,6	34	44

Para muelas de resina, multiplicar estos pares de torsión por 2.

Pares de torsión por tornillo para muelas de rectificación vitrificadas y de magnesita (corona del tornillo)

Diámetro de muelas	Corona de tornillo	Par de torsión Kg.m
250	6 tornillos M 8	0,30
300	6 tornillos M 8	0,42
350	6 tornillos M 10	0,60
400	6 tornillos M 10	0,72
500	8 tornillos M 10	0,96
600	8 tornillos M 12	1,50
750	8 tornillos M 16	3,00
900	8 tornillos M 16	4,20
1.060	8 tornillos M 16	6,00
1.250	8 tornillos M 16	7,80

— Para muelas vitrificadas de mecanizado de superficie en general dividir estos pares de torsión por 2.

— Para muelas de mecanizado de rebabas en resina, multiplicar estos pares de torsión por 2.

— Para muelas de mecanizado de gran desbaste trabajando bajo fuerte presión, multiplicar estos pares de torsión por 4.

Publicado en los ANEXOS FRANCESES del

«Code français de Sécurité» editado y distribuido por l'Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.) et le Syndicat National des Fabricants de Produits Abrasifs (S.N.F.P.A.).

## ANEXO 4

### Inspección de muelas

1. Verificación de embalaje y muela en el momento de recepción.
2. Prueba de sonido.
3. Comprobación de marcaje, rpm, y velocidad periférica en m/s.
4. Manipulación cuidadosa, evitando golpes, etc., que pueda provocar desconches, micro-fisuras, dañando la resistencia de la muela.
5. Almacenaje adecuado.

### Montaje de muelas

1. Personal especializado.
2. Verificación de muelas y prueba de sonido en el momento de efectuar el montaje.
3. Verificación de platos, anillos separadores, etc., en cuanto a: planitud, diámetros, coronas de apriete, ángulos de inclinación, paralelismo, posibles desbordes o virutas, etc., limpiando todos los elementos.

NOTA: No utilizar nunca un plato, anillo separador, tornillo, etc., que se encuentre en mal estado.

4. Utilizar siempre etiquetas nuevas y limpias, intercalando una entre muela y plato o anillo y evitando posibles dobleces, el diámetro debe ser siempre mayor para evitar contacto de plato o anillo con muela.
5. Limpieza de agujero de muela y posicionado correcto del punto bajo.
6. La muela debe entrar libre en el eje no forzada.
7. Apriete y en cruz, utilizando llave dinamométrica, con su correspondiente par de apriete.
8. Equilibrado estático del conjunto y en máquina después de diamantar, si el equilibrado automático de máquina es insuficiente, es necesario efectuar un 2.º equilibrado estático fuera de máquina.
9. Montaje del conjunto en máquina cuidadoso, evitando cualquier golpe sobre elementos rígidos que puedan dañar e incluso romper la muela.
10. Dejar en marcha la muela, durante un mínimo de 3 minutos. Durante dicho tiempo nadie se colocará delante de la muela.