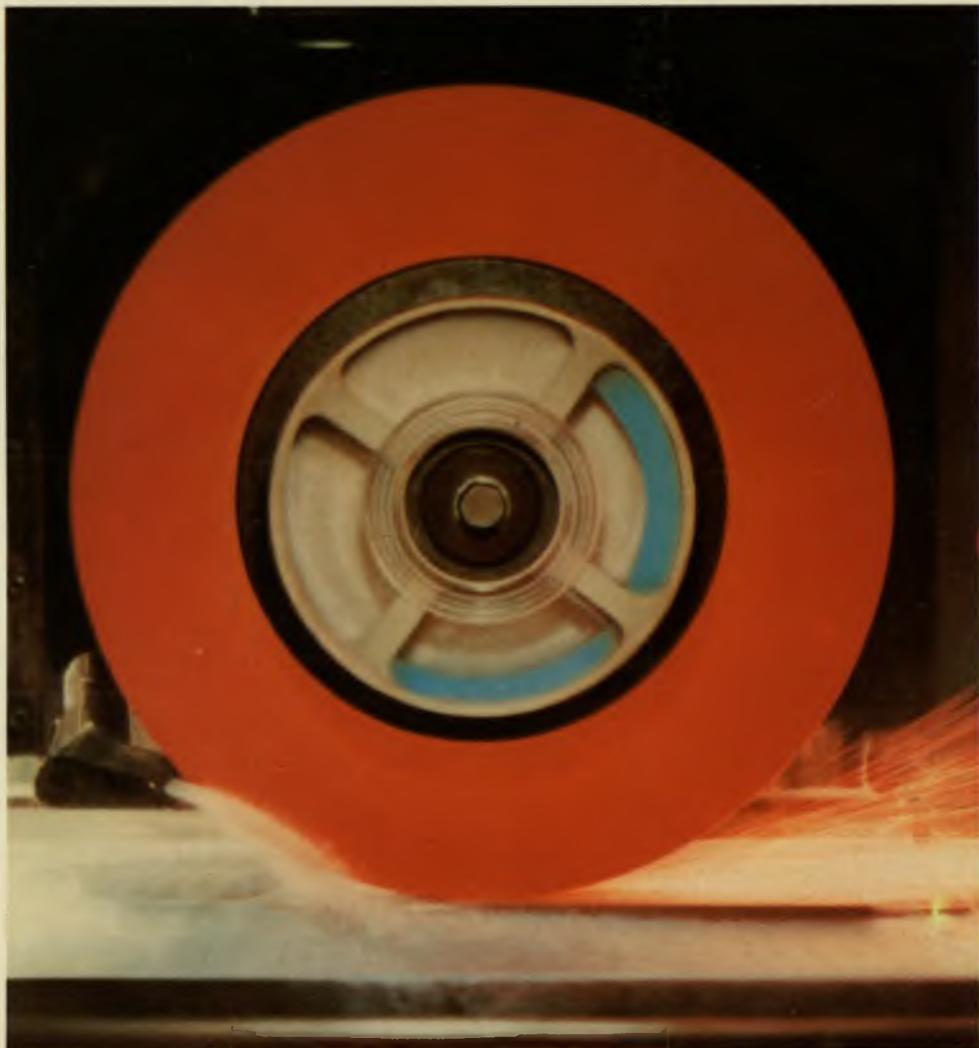
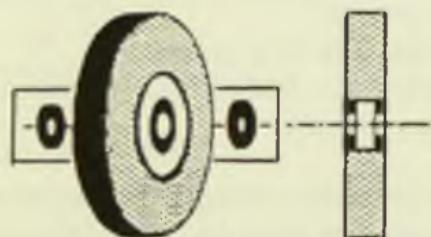


**EYSKO JAVRLARITZA**  
Lan eta gizarte segurantza saila  
LAN - ZUZENDARITZA / DIRECCION DE TRABAJO



**PREVENCION EN LA UTILIZACION  
DE MUELAS ABRASIVAS**

**GOBIERNO VASCO**  
**Departamento de Trabajo**  
**y Seguridad Social**



JORNADA TECNICA  
SOBRE  
**CONDICIONES DE TRABAJO**  
**Y SEGURIDAD**  
**EN MUELAS ABRASIVAS**

San Sebastián, 23 de Junio de 1988



**DIRECCION DE TRABAJO**

# **PROGRAMA**

**8,45: Entrega de documentación.**

**9,00: PRESENTACION DE LA JORNADA**

Genaro Gómez Echevarria

Ilmo. Sr. Director de Trabajo

**9,30: Definición, designación y tipos de muelas. Proceso de fabricación, ensayos y elección de la muela adecuada.**

Teodoro Garcia Aguirre

Director de Productos Norton, S.A.  
de Pamplona

**10,15: Análisis de riesgos y consideraciones técnicas sobre la accidentabilidad en muelas abrasivas.**

Javier Lorenz Muro

Gabinete de Seguridad e Higiene  
en el Trabajo de Guipúzcoa

**10,45: Película: “Muelas Abrasivas.  
Proceso productivo”**

**11,05-11,35: DESCANSO**

**11,35: Contaminantes físicos y químicos en procesos de esmerilado y rectificado.**

Javier Martinez Iturrealde Olasagasti  
Gabinete de Seguridad e Higiene en el  
Trabajo de Guipúzcoa.

**12,20: Seguridad en muelas abrasivas.**

**Fuerzas y pares a aplicar.**

**Manipulación, almacenaje, ensayos,  
montaje y utilización. Equilibrado y  
diamantado.**

Javier Lorenz Muro

Gabinete de Seguridad e Higiene  
en el Trabajo de Guipúzcoa

**13,20: Película: “Seguridad en la  
utilización de Muelas  
Abrasivas”.**

**13,40: COLOQUIO**

**14,30: CLAUSURA**

José Ignacio Arrieta Heras

Excmo. Sr. Consejero de Trabajo y  
Seguridad Social del Gobierno Vasco

## **LUGAR Y FECHA DE CELEBRACION**

SALON DE ACTOS  
DE LA CAJA DE GIPUZKOA  
C/ Andia, s/n  
San Sebastián

23 de Junio de 1988

## **INFORMACION GENERAL**

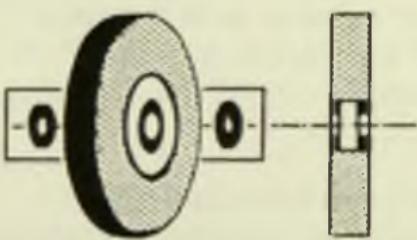
La inscripción es gratuita. La entrega del Boletín adjunto será requisito necesario para recoger la documentación.

## **ENTIDAD COLABORADORA**

**NORTON, S.A.**

**EUSKO JAURLARITZA**

**Lan eta Gizarte  
Segurantza Saila**



**JARDUNALDI  
TEKNIKOA**

**HARRI URRATZAILEEKIKO  
LAN ETA  
SEGURTASUN BALDINTZAK**

Donostia, 1988.ko Ekainak 23.



**LAN-ZUZENDARITZA**

# **EGITARATUA**

**8,45: Dokumentazioa ematea**

**9,00: JARDUNALDIAREN AURKEZPENA**

Jenaro Gómez Etxebarria  
Lan Zuzendari Jaun Txit Argiaren  
eskutik

**9,30: Harrien definitze, ezendatze eta  
motak. Eginbidea. Saiakuntzak eta  
harri egokia aukeratzea.**

Teodoro García Agirre  
Iruineako NORTON Ekoizkinak, A.B.-ko  
Zuzendaria

**10,15: Harri urratzaileekiko  
istriputasunazko arrisku-analisia  
eta teknika oharpenak**  
Javier Lorenz Muro  
Gipuzkoako Laneko Segurtasun  
eta Higienerako Kabinetea

**10,45: Pelikula: “Harri urratzaileak.  
Ekoizpen-bidea”**

**11,05-11,35: ATSEDENALDIA**

**11,35: Esmeriltze eta zuzentze-bideetako  
fisika eta kimika kutsatzaileak**  
Javier Martinez Iturrealde Olasagasti  
Gipuzkoako Laneko Segurtasun  
eta Higienerako Kabinetea

**12,20: Harri urratzaileekiko segurtasuna.  
Ezantzeo indarriak eta pareak.  
Maneiatzea, biltegiratzea,  
saiakuntzak, muntatzea, eta  
erabiltzea. Orekatzea eta  
diamantatzea.**  
Javier Lorenz Muro  
Gipuzkoako Laneko Segurtasun  
eta Higienerako Kabinetea.

**13,20: Pelikula: “Harri Urratzaileen  
erabiltzeko segurtasuna”**

**13,40: ELKARRIZKETA**

**14,30: AMAIERA**

José Ignacio Arrieta Heras  
Lan eta Gizarte Segurantza Sailburu  
Jaun Txit Gorena

# **JARDUNALDIAREN TOKIA ETA DATA**

**GIPUZKOAKO KUTXAREN  
OSPAKIZUN-ARETOA**  
Andia Kalea, z/g  
Donostian

1988.ko Ekainak 23.

## **INFORMAZIO OROKORRA**

Izen-ematea dohainik da. Eransten den orria beterik ematea beharrezkoia izango da dokumentazioa jaso ahal izateko.

## **ERAKUNDE LAGUNTZAILEA**

**NORTON, S.A.**



OSALAN

Lagunza Teknikoko Zentrua  
Centro de Asistencia Técnica  
Ctra. Camino de la Dinamita, s/n  
48903 Barakaldo-Bizkaia

# PREVENCIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE MUELAS ABRASEVAS

Este documento es una guía para la utilización segura de las muelas abrasevas. Se recomienda su lectura y aplicación en todo momento.

EUSKO JAURLARITZA  
Lan eta Gizarte  
Segurantza Saila



GOBIERNO VASCO  
Departamento de Trabajo  
y Seguridad Social



Lagunza Teknikoko Zentrua  
Centro de Asistencia Técnica  
C/ Camino de la Dinamita, s/n.  
48903 Barakaldo-Bizkaia

# PREVENCION EN LA UTILIZACION DE MUELAS ABRASIVAS

VITORIA-GASTEIZ, 1988  
EUSKO JAURLARITZAREN ARGITALPEN-ZERBITZU NAGUSIA

SERVICIO CENTRAL DE PUBLICACIONES DEL GOBIERNO VASCO

## **COLECCION INFORMES TECNICOS N.º 4**

- N.º 1. Prácticas de Seguridad en la Construcción (Tomos I y II)
- N.º 2. Gas natural: Instalación y Prevención
- N.º 3. El Alcohol en la Empresa: Problemas y soluciones
- N.º 4. Prevención en la utilización de muelas abrasivas

1.<sup>a</sup> Edición: Junio 1988

Tirada: 3.000 ejemplares

© Administración de la Comunidad Autónoma de Euskadi. Dirección de Trabajo.  
Dto. de Trabajo y Seguridad Social.

Edita: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.  
Duque de Wellington, 2 - 01011 Vitoria-Gasteiz

Fotocomposición: DIDOT, S.A. - Nervión, 3-5.º - 48001 BILBAO

Impresión: BOAN, S.A. - Particular de Costa, 12-14 - 48010 BILBAO

ISBN: 84-7542-491-0

D.L.: BI-1237-88

Este libro ha sido realizado, en lo que se refiere a Seguridad, por D. Javier Lorenz Muro, Ingeniero Técnico, asesor de Seguridad e Higiene por el Gabinete de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Gipuzkoa.

La parte de Higiene Industrial ha sido realizada por D. Javier Martínez Iturrealde Olasagasti, Ingeniero Industrial, Jefe de la Sección de Higiene Industrial del Gabinete de Seguridad e Higiene en el Trabajo de Gipuzkoa.

La coordinación ha sido realizada por D. Alvaro Abancens Izcue, Ingeniero Industrial, Director del citado Gabinete y D. José Asua Batarrita, Médico, Técnico en Salud Laboral de la Dirección de Trabajo.

Todos ellos del Departamento de Trabajo y Seguridad Social del Gobierno Vasco.

Las fotografías que aparecen han sido realizadas en las siguientes empresas:

- Ayra Durex, S.A.
- GELMA, S.A.L.
- Norton, S.A.
- Rodisa, S.A.
- Saremar
- Unesa

## **PRESENTACION**

Dentro de la programación efectuada por la Dirección de Trabajo para el año en curso, se incluían acciones especiales respecto a las condiciones de Seguridad e Higiene en Muelas Abrasivas. Fruto de la actuación experimental y de los estudios posteriores del Gabinete, se ha elaborado este libro, cuyo título resume a la perfección el contenido del mismo.

En el tratamiento de abrasivos conviene remontarse a sus primeras manifestaciones. El hombre prehistórico ya usaba la arena y la piedra arenisca para formar y perfilar los filos de sus herramientas, con las que se procuraba el sustento.

Los abrasivos son tan antiguos como el hombre y, desde los tiempos más remotos, fueron empleados por él, primero en estado natural y, posteriormente, de forma artificial.

El abrasivo, después de miles de años, ha llegado al momento actual como un elemento imprescindible en el despliegue tecnológico. Su aplicación es extendida a casi la totalidad de las industrias, llegando en ocasiones a ser imprescindible su aplicación.

En los últimos años las velocidades periféricas de las muelas han ido aumentando de 23, 28 ó 33 m/s a otras superiores de 45, 63, 80, 100 y 125 m/s, equivalente en este último caso a 450 km/h. En muelas de interior se han sobrepasado ampliamente las 100.000 r.p.m.

La publicación de este libro «**Prevención en la utilización de Muelas Abrasivas**», queda justificada, de una parte, por el escaso tratamiento monográfico que sobre dicho tema se ha publicado. Pese a la antigüedad del mecanizado por abrasión, prácticamente no existe bibliografía sobre el tratamiento de seguridad en muelas abrasivas. Esta falta de información ha sido la causa de que, durante muchos años, el trabajo con abrasivos haya sido considerado como tema de poca importancia. Por otra parte, dentro del trabajo por abrasión, la muela es la parte fundamental y a ella hay que atribuirle un número determinado de accidentes, algunos de los cuales son de elevada gravedad. Los accidentes producidos en muelas abrasivas tienen lugar en las máquinas rectificadoras, esmeriladoras o pulidoras. Hay que tener presente que el estudio y análisis que nosotros hacemos, sólo se refiere a la propia muela, quedando fuera

del mismo los accidentes y riesgos producidos por las máquinas anteriores, durante las intervenciones de movimientos de carros, mesas, transmisiones, parte eléctrica, etc... Estas últimas consideraciones serán abordadas en sucesivas publicaciones.

El objeto de este libro es servir de divulgación y conocimiento de los riesgos que implica el trabajo con los abrasivos. Merece especial atención el control estadístico que en él se indica, referido a los accidentes graves y leves, distribuidos por el tipo de gravedad, lesión, naturaleza, actividad, tipo de máquina, así como sus causas y orígenes, referidos a cada uno de los Territorios Históricos y global de la C.A.P.V.

Del análisis de las estadísticas anteriores, se observa la necesidad de abordar aspectos de prevención en muelas abrasivas referidos al control de la velocidad, trato y montaje adecuado, forma y par de apriete, almacenaje y transporte, elección de la muela adecuada, equilibrado y diamantado, aspectos relacionados con su uso, aplicación y mantenimiento, así como todo lo relacionado con la patología de los contaminantes físicos y químicos como es el polvo, el ruido, las nieblas, aceites y taladrinas.

Este libro, debido a la exposición clara, técnica y práctica de los temas que trata, servirá de valiosa aportación para todos los que se mueven en el campo de la Seguridad e Higiene en el Trabajo, fabricantes de abrasivos, usuarios de los mismos y, sobre todo, para los trabajadores que, en última instancia, son los que se encuentran en contacto más directo con el tema. Es de suponer que la aparición de este nuevo libro ha de reportar resultados altamente satisfactorios.

Desde aquí quiero agradecer la colaboración de todos aquellos que han hecho posible esta publicación y les animo a seguir trabajando, pensando que, con sus conocimientos pluridisciplinares, los riesgos en trabajos con abrasivos queden minimizados al máximo.

Fdo.: Genaro Gómez Etxebarria  
DIRECTOR DE TRABAJO DEL GOBIERNO VASCO

## Indice

1. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO: RIESGOS, ACCIDENTES Y ESTADISTICAS .....	11
1.1. Consideraciones técnicas .....	13
1.2. Metodología de la estadística .....	14
1.3. Análisis de la accidentabilidad .....	14
1.4. Interpretación de los resultados .....	15
1.5. Conclusiones .....	16
2. DEFINICION, DESIGNACION Y TIPOS DE MUELAS .....	23
2.1. Designación de las especificaciones de una muela .....	25
2.2. Otros datos de interés .....	36
2.3. Tipos de muelas y perfiles .....	39
2.4. Proceso de fabricación de muelas y ensayos .....	44
2.5. Factores que afectan a la selección de la muela .....	50
3. SEGURIDAD EN MUELAS ABRASIVAS. FUERZAS Y PARES APLICADOS DURANTE SU MONTAJE .....	53
3.1. Análisis del problema .....	56
3.2. Selección de la muela más apropiada .....	58
3.3. Acoplamiento de muela .....	58
3.4. Fuerza axial total a ejercer sobre la brida móvil .....	60
3.5. Par de apriete a ejercer sobre cada tornillo o tuerca .....	64
3.6. Espesor y dimensiones de las bridgas .....	66
3.7. Verificación .....	69
3.8. Conclusiones .....	71
4. MANIPULACION, ALMACENAJE, MONTAJE, VERIFICACION Y UTILIZACION DE MUELAS .....	85
4.1. Almacenaje .....	88
4.2. Verificación .....	89
4.3. Marcado de las muelas .....	90

4.4. Montaje de las muelas .....	91
4.5. Reglas generales de utilización .....	93
4.6. Placas a colocar en la máquina .....	94
4.7. Muelas montadas sobre vástago .....	94
 5. EQUILIBRADO, REAVIVADO Y CONFORMADO .....	109
5.1. Origen del desequilibrio de las muelas .....	111
5.2. Desequilibrio admisible .....	112
5.3. Tipos de equilibrado .....	116
5.4. Sistemas de equilibrado .....	120
5.5. Necesidad del equilibrado .....	124
5.6. Reavivado y conformado .....	126
5.7. Variables del reavivado .....	127
5.8. Conclusiones .....	129
 6. HIGIENE INDUSTRIAL: CONTAMINANTES QUIMICOS Y FISICOS EN MUELAS ABRASIVAS .....	137
6.1. Abrasivos, riesgos, patología, inhalación de partículas, toxicología y medidas de control y protección. ....	140
6.2. Fluidos de corte, riesgos y prevención. ....	152
6.3. Ruido, ámbito de aplicación, evaluación, determinación de situaciones de riesgo, límites de exposición admisible e implicaciones para la empresa. ....	156
 7. NORMAS Y DISPOSICIONES LEGALES DE USO Y APLICACION EN MUELAS ABRASIVAS .....	161
 8. BIBLIOGRAFIA .....	165

# **1. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO: RIESGOS, ACCIDENTES Y ESTADISTICAS**

## **1. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO: RIESGOS, ACCIDENTES Y ESTADISTICAS**

La prevención de accidentes laborales y enfermedades profesionales, no ha llegado ni se espera que llegue alguna vez a un grado de perfección tal, que destierre para siempre de las prácticas industriales, toda posibilidad de contingencias desgraciadas para la salud de los trabajadores a ellas dedicados. Por ello, se necesita de la observación constante tanto a priori como a posteriori, de todo aquello que ocurre en este aspecto, en todo el campo industrial, a la vez que se investiga y se estudian las causas y formas de los accidentes ocurridos, para que con ello, poder formular las correspondientes estadísticas, conjunto de números y datos, que nos servirán de base, para ajustar ciertos desequilibrios y situaciones, a la vez que nos indique la forma de poder corregir y mejorar, ciertas situaciones de conducta y lo que es más importante, las disposiciones existentes en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El tema de seguridad en muelas abrasivas queda justificado tanto por la gravedad de los accidentes como por la frecuencia de los mismos. Además, el número de máquinas que llevan incorporada la muela como herramienta de trabajo, representa el 19% del total de las máquinas-herramientas existentes en la C.A.P.V., lo cual viene a representar aproximadamente la quinta parte de todas las máquinas-herramientas del parque de maquinaria de la C.A.P.V.

### **1.1. Consideraciones técnicas**

Sabido es, que el mejor método para conocer la evolución de la accidentabilidad de una forma clara y de fácil comprensión, donde nos permita obtener conclusiones orientativas sobre aquellos puntos en las que se pueda incidir provisionalmente, a la vez que estudian las soluciones eficaces, es el uso y aplicación de la estadística.

Como punto de partida, lo primero que tenemos presente es que las estadísticas sean fiables. Este es un aspecto difícil y de vital importancia, dentro del análisis de los accidentes laborales, ya que pueden existir ciertas desviaciones en la correcta identificación de los riesgos. Por otro lado, la falta de notificación

de todos los accidentes ocurridos, puede desviar la realidad de los mismos, de aquí la necesidad de tomar inicialmente las estadísticas con las reservas propias de cada caso, aunque siempre se podrán obtener datos positivos orientadores, como es el caso que nos ocupa, la accidentabilidad en muelas abrasivas.

## **1.2. Metodología de la estadística**

Los cuadros estadísticos que en este capítulo quedan reflejados de cada uno de los Territorios Históricos y en la Comunidad Autónoma del País Vasco están obtenidos a partir del parte de accidente con baja. En dicho parte, queda reflejada la actividad de la Empresa, tamaño de la misma por número de trabajadores, parte del cuerpo dañada, forma del accidente y tipo de máquina generadora del accidente.

Además, todos los accidentes considerados como graves, han sido analizados sacando las conclusiones, causas y origen de los posibles fallos o deficiencias.

En los cuadros estadísticos figuran los accidentes referidos a los años 1986 y 1987, por ser estas fechas las consideradas como punto de partida, desde que el 1 de enero de 1986 fueron transferidas a la Comunidad Autónoma del País Vasco, las competencias en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo, incluyendo los partes de accidente y elaboración de las estadísticas de accidentes laborales.

En este estudio se incide más en los accidentes graves, por ser éstos los de mayores repercusiones humanas, sociales y económicas. Sin embargo, también se hace referencia a todos los accidentes leves con baja en muelas abrasivas.

Existe otro cierto número de accidentes sin baja, pero debido a su difícil cuantificación, en este apartado no son notificados, aunque si se tienen presente en las conclusiones y posibles medidas a tomar.

## **1.3. Análisis de la accidentalidad**

Los accidentes producidos en muelas abrasivas tienen lugar en máquinas rectificadoras, esmeriladoras o pulidoras. Estas máquinas-herramientas de acabado final o desbaste bruto de piezas, llevan como herramienta la muela abrasiva.

Hay que tener presente que dentro del estudio y análisis que nosotros hacemos, sólo es referido a la propia muela, quedando fuera del mismo, los accidentes y riesgos producidos por las máquinas anteriores en situaciones como, movimiento de carros, mesas, transmisiones, electricidad, etc.

En las estadísticas que se recogen en este apartado, figuran los accidentes leves y graves, ya que son en su inmensa mayoría, los que se producen en muelas abrasivas. Disponemos de algún caso concreto en años anteriores, sobre accidentes mortales, pero dado que no es lo más frecuente y siendo en años anteriores a 1986, quedan fuera de nuestro alcance estadístico.

La tendencia a sufrir accidentes mortales en estos últimos años por muelas abrasivas, es por fortuna nula. Sin embargo, consideramos que hay situaciones, donde el operario se encuentra frente a una muela, y que revisten una especial peligrosidad, pudiendo en cualquier momento surgir un accidente mortal.

Las estadísticas que aquí se transcriben, profundizan en los accidentes catalogados como graves o menos graves, ocurridos en la Comunidad Autónoma Vasca y en cada uno de los Territorios Históricos de Alava, Guipúzcoa y Vizcaya, durante el período de tiempo 1986-1987.

En dichas estadísticas, podemos ver la relación de accidentes graves, en función del tamaño de empresa, número de trabajadores y personas expuestas en los mismos.

Otro de los aspectos importantes a destacar es la correspondencia que existe entre accidentes y el tipo de actividad de la empresa.

Desde el punto de vista de prevención, adquiere gran importancia el conocer en qué máquinas se han producido dichos accidentes, así como el lugar de la lesión del cuerpo, la forma, sus causas y origen.

En otro de los cuadros, se estudia la relación entre dichos accidentes, máquinas, causa y origen y su relación con los posibles fallos, por incumplimiento de algún artículo del RD 1495/1986 del Reglamento de Seguridad en Máquinas. Esto nos ayuda para ver en qué artículos hay que incidir más en la prevención.

En otra estadística se puede ver la relación existente entre accidentes graves y leves en muelas y los accidentes totales, tanto en cada Territorio Histórico, como en toda la C.A.P.V. referido al año 1987 y en función de la población laboral activa.

Finalmente, se indican los accidentes graves y leves en muelas y su relación con las máquinas que llevan como herramienta la muela, es decir, todas las rectificadoras, esmeriladoras y pulidoras, incluidas las esmeriladoras manuales.

En las estadísticas, se expresan porcentajes en tanto por ciento, para poder cruzar diversos valores y realizar algunas comparaciones.

#### **1.4. Interpretación de los resultados**

Hay que señalar que la totalidad de los accidentes graves han sido inspeccionados y analizados. Respecto a los accidentes leves el 25% de los mismos, han sido analizados *in situ*, lo cual nos ayuda a una interpretación más fiable de los mismos, así como a tomar una postura más real y eficaz sobre sus causas y orígenes. Se puede observar que el 90% de los accidentes graves en muelas abrasivas, son producidos en esmeriladoras fijas y portátiles, como consecuencia, de una mayor intervención del operario en los trabajos de esmerilado y rebabado. En dichas máquinas, se puede decir que el trabajo del operario es manual, trabajos de pulso con la pieza o bien sujetando la esmeriladora, cuando ésta es manual. Estas máquinas no están bien protegidas y su estado actual desde el punto de vista de seguridad, es deficiente.

En la C.A.P.V. existen unas 5.343 máquinas de este tipo (censo del parque de maquinaria de la C.A.P.V. al 31-XII-82), teniendo un 90% de ellas una antigüedad entre 5 y 25 años.

Por otra parte, un 10% de los accidentes graves de muelas son imputables a máquinas rectificadoras. Esto nos indica, que estas máquinas, están mejor protegidas, siendo la intervención del operario en las mismas menor y en algunos casos insignificante. El parque de maquinaria de rectificadoras de la C.A.P.V. es de 6.455, oscilando su antigüedad entre 0 y 20 años, siendo un 43% de las mismas de menos de 10 años, lo que manifiesta, que con el avance tecnológico, las máquinas vienen mejor diseñadas desde el punto de vista de seguridad.

Otro dato de interés es que el 42% de los accidentes graves, son producidos por proyección de fragmentos, tanto de partículas y chispas, como por trozos de muelas, lo cual nos indica que los mismos son debidos a la falta de protección del punto de operación y a la no utilización de prendas de protección personal.

En cuanto a la parte del cuerpo afectada, destaca el 28% de los accidentes son en el tronco y un 19% en ojos y manos, respectivamente.

Respecto a las causas y orígenes, el 34% de los accidentes graves, son debidos al mal trato de la muela, presión indebida, acuñamiento y falta de regulación del porta-piezas.

Sin embargo, consideramos que con una protección adecuada del punto de operación, el 38% de los accidentes graves no se habrían producido.

Los fallos por exceso de velocidad, que representan el 23% de los accidentes graves, demuestran los fallos, tanto técnicos como humanos.

Y finalmente, la correspondencia entre accidentes graves en muelas y su incidencia en el Reglamento de Seguridad en Máquinas, señala los artículos más infringidos:

- Artículo 21. Sujeción de ciertas partes de la máquina.
- Artículo 22. Roturas o proyección de fragmentos de elementos rotatorios.
- Artículo 31. Elementos de trabajo y piezas móviles.
- Artículo 44. Mantenimiento, ajuste, regulación, engrase, alimentación u otras operaciones a efectuar en las máquinas.
- Artículo 45. Protección de los puntos de operación.

## 1.5. Conclusiones

Del análisis de las estadísticas anteriores se observa la necesidad de abordar los siguientes temas de prevención en muelas abrasivas:

- Control de la velocidad.
- Trato y montaje adecuado.
- Forma y par de apriete a aplicar en las muelas durante su montaje.
- Almacenaje y transporte.
- Elección de la muela adecuada, en función de la velocidad, máquina, material a trabajar, etc.

— Equilibrado y diamantado.

— Otros aspectos relacionados con su uso y aplicación y mantenimiento.

Como complemento a lo anterior, también se ve la necesidad de abordar aspectos de la Higiene Industrial y de los contaminantes físicos y químicos, que están directamente relacionados con la seguridad de la muela como son:

— Polvo.

— Nieblas y aceites.

— Ruido producido por el trabajo de la muela.

Conocidos los accidentes y analizados los orígenes y sus causas, se pueden cuantificar unos objetivos, sabiendo el riesgo, sus consecuencias y las probabilidades, según el siguiente esquema:

Probabilidades	$10^{-3}$			$10^{-7}$			$10^{-9}$		
	Frecuente o poco frecuente	Raro	Extremadamente raro	Extremadamente improbable					
Pequeñas									
Significativas									
Criticas									
Catastróficas									

Lo anterior nos sirve para saber si un sistema técnicamente es aceptable o no.

Así deducimos:

- a) El accidente de muela con consecuencias catastróficas (muertes, heridas graves) debe ser extremadamente improbable.
- b) Todo accidente de muela con consecuencias críticas (accidentes menos graves) debe ser extremadamente raro o improbable.
- c) Unos dispositivos de protección deben ser previstos, cada vez que una situación crítica exija una corrección inmediata.
- d) Todo error humano (cambio de velocidades de muelas, uso de velocidades inadecuadas, etc.) con consecuencias críticas debe ser improbable o extremadamente improbable.
- e) Todo accidente de muelas cuando las consecuencias son significativas (cuando existen daños, accidentes leves) no debe ser ni frecuente ni poco frecuente.
- f) Cuando las consecuencias son pequeñas (no hay accidentes ni interrupción del trabajo) no tienen especial relevancia en cuanto al grado de probabilidad.
- g) La probabilidad de  $10^{-9}$  por hora trabajada es el techo que se corresponde al riesgo catastrófico, siendo el riesgo frecuente, el más pequeño, cuando la probabilidad es superior al  $10^{-3}$  por hora.

El área rayada indica los límites de las probabilidades, teniendo presente que dichos parámetros pueden ser variados, en función de los factores propios al sistema estudiado, utilidad social, grado de aceptación de las partes implicadas y nivel de seguridad exigido, tanto por la Administración como por la Sociedad.

**ACCIDENTES GRAVES EN MUELAS ABRASIVAS, SEGUN TAMAÑO DE LA EMPRESA, TRABAJADORES EXPUESTOS POR TERRITORIOS HISTORICOS Y GLOBAL DE TODA LA C.A.P.V.**

**TERRITORIO HISTORICO DE ARABA**

Tamaño de Empresa por n.º de trabajadores	N.º Empresas	N.º Trabajado- res	Trabajadores expuestos	Accidentes Graves	
				Año 1986	Año 1987
1 - 10	1	6	6	1	—
11 - 50	—	—	—	—	—
51 - 500	1	322	9	1	—
Más de 500	—	—	—	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>328</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>—</b>

**TERRITORIO HISTORICO DE BIZKAIA**

Tamaño de Empresa por n.º de trabajadores	N.º Empresas	N.º Trabajado- res	Trabajadores expuestos	Accidentes Graves	
				Año 1986	Año 1987
1 - 10	3	15	9	—	3
11 - 50	4	106	65	2	2
51 - 500	3	401	38	2	1
Más de 500	—	—	—	—	—
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>522</b>	<b>112</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

**TERRITORIO HISTORICO DE GIPUZKOA**

Tamaño de Empresa por n.º de trabajadores	N.º Empresas	N.º Trabajado- res	Trabajadores expuestos	Accidentes Graves	
				Año 1986	Año 1987
1 - 10	1	6	2	—	1
11 - 50	2	48	14	—	2
51 - 500	3	812	42	2	1
Más de 500	3	2.536	55	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>3.402</b>	<b>113</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**COMUNIDAD AUTONOMA DEL PAIS VASCO**

Tamaño de Empresa por n.º de trabajadores	N.º Empresas	N.º Trabajado- res	Trabajadores expuestos	Accidentes Graves	
				Año 1986	Año 1987
1 - 10	5	27	17	1	4
11 - 50	6	154	79	2	4
51 - 500	7	1.535	89	5	2
Más de 500	3	2.536	55	2	1
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>4.252</b>	<b>240</b>	<b>10</b>	<b>11</b>

**ACCIDENTES GRAVES EN MUELAS ABRASIVAS DISTRIBUIDOS POR ACTIVIDAD,  
DURANTE LOS AÑOS 1986 Y 1987 EN TODA LA C.A.P.V.**

Tipo de actividad	Accidentes graves		Porcentaje respecto al total de este cuadro %	Total
	Año 1986	Año 1987		
Mecanización de piezas .....	2	2	19	4
Construcción de maquinaria .....	2	1	14	3
Fundición .....	2	—	10	2
Calderería y montajes .....	2	3	23	5
Aparatos de medición .....	—	1	5	1
Caucho y material plástico .....	—	1	5	1
Construcción, piedra y mármol .....	1	1	10	2
Recambios y accesorios .....	1	2	14	3
<b>TOTAL</b> .....	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>100</b>	<b>21</b>

**ACCIDENTES GRAVES EN MUELAS ABRASIVAS, DISTRIBUIDOS POR MAQUINAS  
DURANTE LOS AÑOS 1986 Y 1987 EN TODA LA C.A.P.V.**

Máquina	Accidentes graves		Total	Porcentaje respecto al total de este cuadro %
	Año 1986	Año 1987		
Esmeril fijo de bancada .....	3	3	6	28
Esmeril portátil .....	7	6	13	62
Rectificadora sin centros .....	—	1	1	5
Rectificadora de engranajes .....	—	1	1	5
<b>TOTAL</b> .....	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

**ACCIDENTES GRAVES EN MUELAS ABRASIVAS SEGUN LA LESIÓN Y LA FORMA DURANTE LOS AÑOS 1986 Y 1987 EN TODA LA C.A.P.V.**

Lesión	Número	Porcentaje respecto al total de este cuadro %
Cabeza .....	1	5
Ojos .....	4	19
Manos .....	4	19
Brazos .....	3	14
Miembros inferiores .....	2	10
Pie .....	1	5
Tronco .....	6	28
<b>TOTAL .....</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

Forma	Número	Porcentaje respecto al total de este cuadro %
Proyección de fragmentos .....	9	42
Cortes (muela o pieza) .....	6	28
Atrapamientos por objetos .....	2	10
Choque contra objetos móviles .....	2	10
Sobreesfuerzos .....	1	5
Quemaduras .....	1	5
<b>TOTAL .....</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

**ACCIDENTES GRAVES EN MUELAS ABRASIVAS, SEGUN LA CAUSA Y ORIGEN DURANTE LOS AÑOS 1986 Y 1987 EN TODA LA C.A.P.V.**

Causas y origen	N.º Accidentes	Porcentaje respecto al total de este cuadro %
— Contacto con muela. (Regulación, verificación, colocación y retirada de pieza, durante el rebabado manual, etc.) .....	3	14
— Rotura de muela. (Exceso de velocidad, método inadecuado, fallo del programa CNC) .....	5	23
— Presión indebida de pieza-muela. (Mal uso y trato de la muela, acuñamiento, no regulación del porta-piezas, etc) .....	7	34
— Falta de protecciones personales. (Gafas, mandil, etc.) .....	4	19
— Falta de protección punto de operación .....	2	10
<b>TOTAL .....</b>	<b>21</b>	<b>100</b>

**ACCIDENTES GRAVES EN MUELAS ABRASIVAS, DISTRIBUIDOS POR MAQUINAS, CAUSAS Y ORIGEN, Y SU INCIDENCIA EN  
EL REAL DECRETO DE SEGURIDAD EN MAQUINAS 1495/1986 (Vigente 21-1-87) REFERIDO A TODA LA C.A.P.V.**

Máquina	Causa y Origen	Accidentes Graves		Porcentaje respecto al total de este cuadro %	Incidencias en los artículos del Reglamento de Seguridad en Máquinas
		Año 1987	1987		
Rectificadoras sin centros	Método inadecuado. Falta de protección en el punto de operación.	1	9	22-44-45	
Esmerril portátil	Uso y método inadecuado y falta de protección personal.	6	55	21-22-31	
Esmerril fijo	Punto de operación sin proteger.	3	27	22-45	
Rectificadora de engranajes	Punto de operación sin proteger.	1	9	45	
TOTAL	Método inadecuado. Falta de protección personal y punto de operación sin proteger.	11	100	21-22-31-44-45	

**RELACION ENTRE ACCIDENTES EN MUELAS ABRASIVAS Y MAQUINAS  
RECTIFICADORAS Y ESMERILADORAS, POR TERRITORIO HISTORICO Y GLOBAL  
EN TODA LA C.A.P.V. DURANTE EL AÑO 1987**

Territorio Histórico de	N.º Accidentes		Total	N.º Accidentes en máquinas Rectificadoras y Esmeriladoras	Porcentaje del n.º de accidentes de muelas respecto al de máquinas
	Leves	Graves			
ARABA	38	—	38	87	44
BIZKAIA	413	6	419	464	90
GIPUZKOA	184	5	189	208	91
GLOBAL COMUNIDAD AUTONOMA DEL PAIS VASCO	635	11	646	759	85

**ACCIDENTES EN MUELAS ABRASIVAS EN CADA UNO DE LOS TERRITORIOS HISTORICOS Y GLOBAL EN TODA LA C.A.P.V. DURANTE EL AÑO 1987**

Territorio Histórico de	N.º Accidentes *		Total	Porcentaje respecto al total de accidentes %	Media de la población activa ocupada 1987
	Leves	Graves			
ARABA	38	—	38	0,7	93.350
BIZKAIA	413	6	419	2	363.250
GIPUZKOA	184	5	189	1,5	244.750
GLOBAL COMUNIDAD AUTONOMA DEL PAIS VASCO	635	11	646	1,7	701.350

\* Accidentes que han causado baja en el centro de trabajo.

## **2. DEFINICION, DESIGNACION Y TIPOS DE MUELAS**

## **2. DEFINICION, DESIGNACION Y TIPOS DE MUELAS**

Las muelas abrasivas son herramientas de corte con múltiples aristas (los granos abrasivos) unidos entre sí, por un producto sólido (el aglomerante) formando un cuerpo.

Los dos componentes esenciales de las muelas abrasivas son: el abrasivo y el aglomerante.

El grano abrasivo al ponerse en contacto durante el giro de la muela con el material a rectificar, arranca una diminuta viruta, igual que si fuera un diente de una fresa.

El aglutinante sirve para unir los granos abrasivos a fin de conseguir la cimentación y cohesión de los mismos, en orden a la forma y dimensiones de la muela abrasiva.

### **2.1. Designación de las especificaciones de una muela**

La designación de las especificaciones de una muela abrasiva implica cinco símbolos y por el siguiente orden:

1. Naturaleza del abrasivo.
2. Grosor o tamaño del grano.
3. Grado o dureza.
4. Estructura.
5. Naturaleza del aglomerante.

#### *1) Tipo de abrasivo. 1.<sup>a</sup> posición (sólo los más usuales)*

##### **ALUNDUM REGULAR (A)**

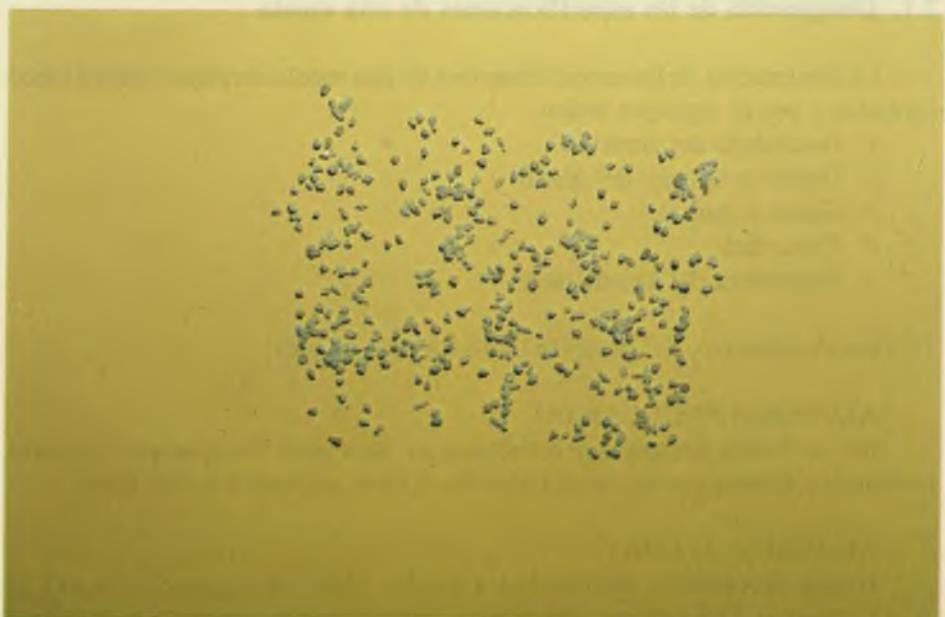
Por su forma compacta y resistente, es ideal para trabajos que necesitan medianas y fuertes presiones en todos los aceros, excepto los más duros.

##### **ALUNDUM 23 (23A)**

Ofrece propiedades intermedias a las del Alundum Regular y las del 32 A. El abrasivo 23A se recomienda para operaciones de amolado cilíndrico y sin centros.



*Carburo de siliceo negro. Tamaño de grano n.<sup>o</sup> 10.*



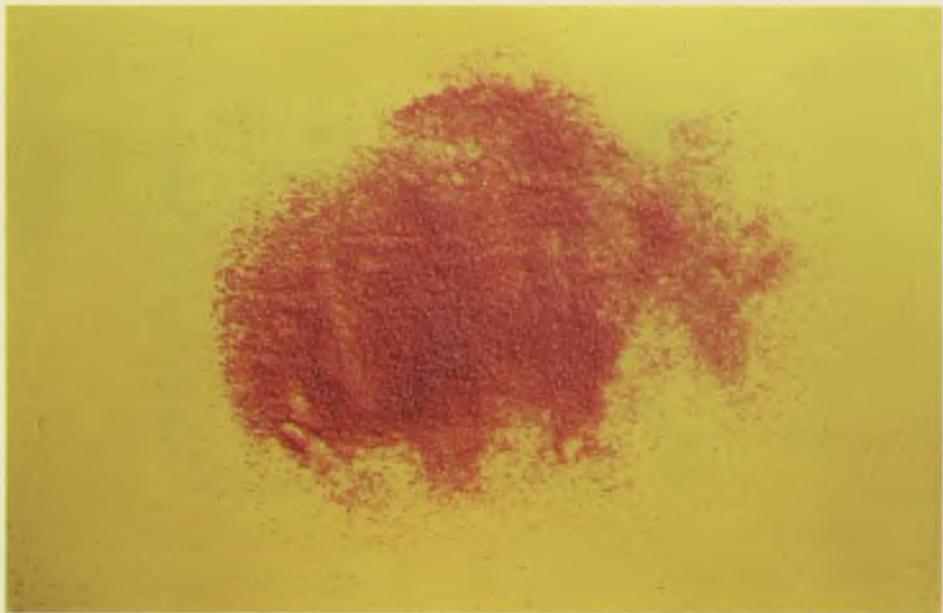
*Oxido de aluminio cristalizado al 99% de pureza. Tamaño de grano n.<sup>o</sup> 10.*



*Corindón normal. Oxido de aluminio cristalizado 95% de pureza. Tamaño de grano n.<sup>o</sup> 10.*



*Carburo de silicio verde. Tamaño de grano n.<sup>o</sup> 24.*



*Corindón. Tamaño de grano n.<sup>o</sup> 54.*



*Corindón rubí. Tamaño de grano n.<sup>o</sup> 24.*

### **ALUNDUM 32 (32A)**

Cada grano de abrasivo 32A es un único cristal completo. Cada cristal 32A tiene un número máximo de bordes cortantes que están sólidamente fijados al aglomerante, proporcionándole mucho mejores propiedades mecánicas de sujeción que los otros abrasivos. Se recomienda para rectificado externo e interno en máquinas de mucha potencia cuando se requieren pasadas profundas.

### **ALUNDUM 38 (38A)**

El 38A es el más quebradizo de los abrasivos de óxido de aluminio a causa de su naturaleza porosa. Esta fragilidad, más el hecho de que los granos del 38A tienen las aristas cortantes muy afiladas, le proporcionan una notable ventaja sobre otros abrasivos cuando se trata de rectificados duros en los talleres de herramientas.

### **ALUNDUM 44 (44A)**

Este abrasivo, aun siendo químicamente idéntico al Alundum Regular (A), tiene una composición cristalina más fina, que le da una resistencia excepcional a la fracturación mientras que al mismo tiempo, reduce el riesgo de dañar la superficie en el semi-acabado de aceros, en la Industria Siderúrgica.

### **ALUNDUM 57 (57A)**

El abrasivo 57A tiene propiedades que se encuentran entre el Alundum Regular (A) y el Alundum 38 (38A). Por sus características de semifriabilidad se parece al 38A. Es de color marrón-negro y por su forma es más resistente que el 38A. Es un abrasivo de alta calidad que conserva su poder cortante. Especialmente apropiado para muchas aplicaciones de precisión, incluyendo el amolado interno, de levas, de cigüeñales y sin centros.

### **ALUNDUM 76 (76A)**

Las características principales de los abrasivos 76A son su forma cilíndrica y su alta resistencia a la fracturación. Está diseñado para acondicionar planchas y palanquillas de acero inoxidable.

### **ABRASIVOS ZIRCONIO-ALUMINA**

Los abrasivos Zirconio Alúmina son los miembros más recientes de la familia de los abrasivos, basados en óxido de aluminio y óxido de zirconio y poseen propiedades mecánicas excepcionales. Debido a su estructura microcristalina, este abrasivo tiene una capacidad de corte extremadamente efectiva y una notable resistencia a la abrasión. En la práctica, estas dos características consiguen una calidad muy mejorada del producto semi-acabado después de amolar y una prolongada duración de la muela. Hay tres tipos:

El abrasivo Alundum ZS ha sido desarrollado científicamente para el mercado de la elaboración de acero, donde sus características le da mayores ventajas de costos que el tipo tradicional de abrasivo.

El Alundum ZF es el abrasivo para el trabajo pesado en fundiciones. Su poder de corte y su resistencia al impacto hacen que aguante bien las altas temperaturas y presiones a las que es sometido en el desbaste de fundición.

El Alundum NZ es para los abrasivos de Zirconio-Alúmina que se usan en algunas muelas para el amolado portátil, en discos de corte y en Abrasivos Aplicados (lijas).

### CRYSTOLON (Verde 39C-Negro 37C)

Los abrasivos de Carburo de Silicio «Crystolón» son más duros que los abrasivos de óxido de aluminio «Alundum». El 39C, que es el más puro de los dos, es el único abrasivo que se puede usar efectivamente para rectificar y afilar los carburos metálicos.

Ver diferentes tipos de abrasivos naturales y manufacturados con sus escalas de dureza en la escala MOHS y KNOOP, en las tablas 1 y 2.

TABLA I

#### DIFERENTES TIPOS DE ABRASIVOS NATURALES

Escala MOHS	ABRASIVO NATURAL	Escala KNOOP
6.	<i>Oxido de hierro</i> (Crocus) FeO	
7.	<i>Cuarzo</i> (Pedernal) SiO, — Se encuentra en la arenisca.	820
7.5.	<i>Granate</i> SiO <sub>4</sub> , FeO Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , — Se puede usar en joyería cuando es muy puro. — Se usa en la fabricación de abrasivos aplicados para carpintería.	
8.	<i>Corindón</i> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> fundido — Alúmina cristalizada de pureza variable hasta 94% de pureza.	2050
8.5.	<i>Esmeril</i> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -FeO — Compuesto, en proporción variable, de alúmina cristalizada (30 a 70%) dióxido de silicio y óxido de hierro.	
10.	<i>Diamante</i> — El más duro de todos los abrasivos.	8200

TABLA 2  
TIPOS DE ABRASIVOS MANUFACTURADOS

Escala MOHS	ABRASIVO MANUFACTURADO
9.	<p><i>Oxido de Aluminio</i>            Consiste en óxido de aluminio o alúmina (<math>Al_2O_3</math>), que se obtiene de la fusión de la Bauxita a 2100°C.            Hay tres tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Oxido de aluminio blanco: con menos de 1% de impurezas, el más friable.</li> <li>● Oxido de aluminio semifriable: 1,5% de impurezas, tal como el óxido de Titanio.</li> <li>● Oxido de aluminio marrón: 2 a 3% de impurezas. Ofrece la mayor resistencia al impacto.</li> </ul>
9.15.	<p><i>Carburo de Silicio</i>            Puede obtenerse sólo por la síntesis de Silicio y carbón a 2200°C.            El Carburo de Silicio que se usa para la fabricación de abrasivos aplicados es negro y tiene aristas muy afiladas.</p>
9.20.	<p><i>Aleación de Aluminio y Zicornio (NORZON)</i></p>

Los abrasivos manufacturados se empezaron a utilizar a finales del siglo XIX. Estos nuevos abrasivos resolvieron el problema de impurezas e inconsistencias que tenían los abrasivos naturales, al poder controlarse intensamente su fabricación.

## 2) Tamaño de los granos. 2.ª posición

Para indicar el tamaño de los granos abrasivos individuales en la muela, se utiliza un número. Este número corresponde al número de mallas por cada pulgada lineal en el tamiz que se usa para la medición de las partículas abrasivas. Por ejemplo: una muela de grano 30 contiene granos abrasivos que pueden pasar a través de un tamiz que tiene 27 aberturas por pulgada lineal, pero no puede pasar por el siguiente tamiz que tiene 33 aberturas.

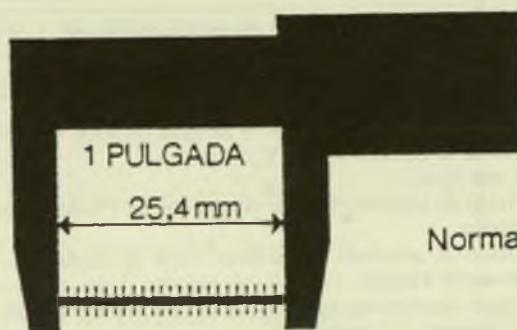
Este número se corresponde al número de aberturas en el tamiz por pulgada lineal (Fig. 1, Fig. 2 y tabla 3).

Tamaño de los granos en los abrasivos:

- Grueso : 10-12-14-16-20-24
- Mediano : 30-36-46-54-60
- Fino : 70-80-90-100-120-150-180
- Muy fino : 220-240-280-320-400-500-600

**GRANO**

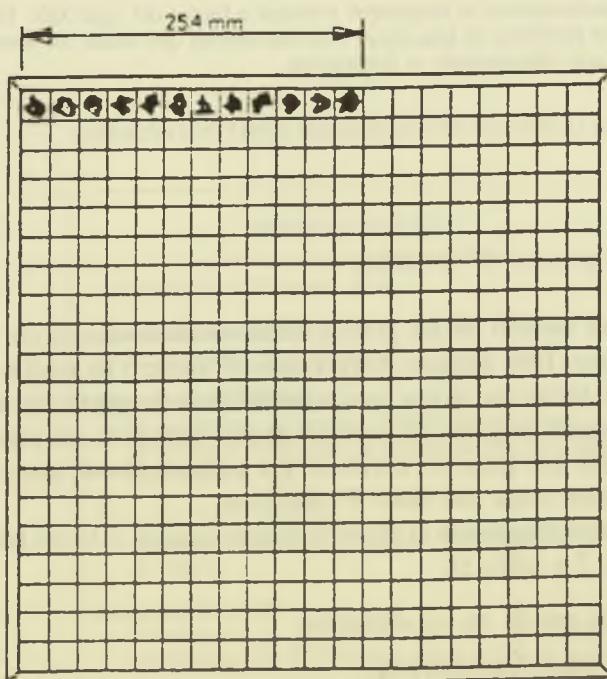
**P 24**



Norma: FEPA

$$\text{grano } 24 = \frac{25,4}{24} \approx 1\text{mm}$$

Figura 1



Medición del tamaño de grano

Figura 2

TABLA 3

STANDARD ASTM. USA (FEPA)		USA (TYLER)		ESPAÑA (UNE 7050)		FRANCIA		BRITISH STANDARD		ALEMANIA (CENTESIMAL)		URSS	
N.º	luz mallas	N.º	luz mallas	N.º	luz mallas	N.º	luz mallas	N.º	luz mallas	N.º	luz mallas	N.º	luz mallas
5	4000	10	1651	33	1600	12	1600	10	1676	4	1500	1,60	1600
6	3360	12	1397	—	—	14	1330	12	1405	—	—	—	—
7	2830	—	—	32	1250	—	—	—	—	—	—	1,25	1250
8	2380	14	1168	—	—	16	1200	14	1204	5	1200	—	—
10	2000	16	991	31	1000	20	910	16	1003	6	1020	1.—	1000
12	1680	20	883	30	800	—	—	18	853	—	—	0,80	800
14	1410	—	—	—	—	22,5	800	—	—	8	750	—	—
16	1190	24	701	—	—	—	—	22	699	—	—	0,70	700
18	1000	—	—	29	630	25	710	25	599	10	600	0,63	630
20	840	28	589	—	—	30	540	—	—	11	540	0,56	560
25	710	32	495	28	500	—	—	30	500	12	490	0,50	500
30	590	35	417	27	400	40	395	36	422	14	430	0,40	400
35	500	42	351	—	—	—	—	42	353	16	385	0,36	365
40	420	48	295	26	315	50	320	52	295	20	300	0,32	315
45	350	60	246	25	250	60	250	60	251	24	250	0,25	250
50	297	65	208	24	200	—	—	72	211	30	200	0,20	200
60	250	80	175	—	—	80	177	85	178	—	—	0,18	180
70	210	—	—	23	160	90	160	—	—	—	—	0,16	160
80	177	100	147	—	—	100	150	100	152	40	150	0,14	140
100	149	115	124	22	125	120	125	120	124	50	120	0,12	125
120	125	150	104	21	100	150	100	150	104	60	102	0,10	100
140	105	—	—	—	—	170	99	—	—	—	—	—	—
170	88	170	88	20	80	190	82	170	89	70	88	0,09	90
200	74	200	74	—	—	200	75	200	76	80	75	—	—
230	62	—	—	—	—	220	73	—	—	—	—	0,07	71
270	53	250	61	19	63	250	58	240	64	100	60	0,06	63
325	44	270	53	18	50	300	50	300	53	110	50	0,05	50
400	37	325	43	17	40	360	40	350	44	130	44	0,04	40
—	—	400	38	—	—	400	37,5	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	450	35	—	—	—	—	—	—

3) *Grado (dureza o resistencia del aglomerante). 3.<sup>a</sup> posición*

Los granos abrasivos en una muela son fijados en su sitio por «postes» de aglomerante. Si estos postes de aglomerante son muy resistentes y pueden retener los granos, a pesar de las fuerzas del amolado que tratan de arrancarlos, la muela será considerada de grado duro. Por el contrario, si sólo con un poco de fuerza se sueltan los granos, la muela será considerada de grado blando. De tal forma, dado un tipo determinado de aglomerante, es la cantidad del mismo lo que determina la dureza o grado de la muela.

El método utilizado para indicar la dureza de las muelas se basa en letras que van desde la letra A hasta la Z. Este método es el que utiliza normalmente toda la Industria.

<i>Muy blando</i>	<i>Blando</i>	<i>Mediano</i>	<i>Duro</i>	<i>Muy duro</i>
A-B-C-D-E-F-G	H-I-J-K	L-M-N-O	P-Q-R-S	T-U-V-W-Z

Tiene que quedar claro que el grado no es un valor exacto. En realidad es una variación entre límites estrechos. Todas las muelas que se encuentran entre los límites abarcados por una letra, se consideran del mínimo grado y llevan la misma letra indicadora del grado.

#### 4) *Estructura. 4<sup>a</sup> posición*

Solamente cuando es requerido el número de la estructura es indicada como parte de la especificación. Cada grado tiene un número de estructura predeterminado que complementa el grado de dureza y por lo tanto su efecto.

La estructura se corresponde a la dispersión de los granos, es decir, a la distancia relativa entre granos abrasivos.

Las estructuras pueden ser: cerradas, medias, abiertas y muy abiertas.



*Muelas indicando el tipo de estructura abierta, media y cerrada.*

## *5) Tipo de aglomerante. 5.<sup>a</sup> posición*

El aglomerante es sólo el agente que sujetá el abrasivo en su sitio. La cantidad de aglomerante determina la dureza real de la muela.

Los tres aglomerantes normalmente utilizados son: VITRIFICADOS, RESINOIDES y de CAUCHO.

### *—Vitrificado (Indicado con una «V» en la especificación)*

El aglomerante vitrificado está compuesto de Arcilla y Feldespato, mezclados con abrasivo y cocidos en un horno a temperaturas de 1200°C aproximadamente. Durante el horneado los aglomerantes vitrificados se convierten en vidrio o porcelana, que resisten al calor y son químicamente estables, sujetando los granos abrasivos. Los aglomerantes vitrificados son muy usados para el amolado de precisión (el 60% de las muelas son fabricadas con aglomerantes vitrificados).

### *—Aglomerante V*

El aglomerante es utilizado para fabricar muelas de Alundum y Crystolón, proporcionándoles una excepcional resistencia operacional. Se utiliza para todas las aplicaciones donde se requiera una gran resistencia de los bordes.

### *—Aglomerante VBE y VG*

Los aglomerantes VBE y VG se utilizan para muelas que requieren una acción de corte relativamente suave. El aglomerante VBE es el más utilizado y el más versátil de los aglomerantes.

### *—Aglomerante VBEP*

La utilización del aglomerante VBEP, especialmente en el amolado de superficies, proporciona un amolado más suave que los aglomerantes VBE y VG a causa de su naturaleza más porosa. El aglomerante VBEP es utilizado mayormente en segmentos. Hay que tener presente que VBEP no es una especificación del aglomerante, sino un aglomerante VBE con una estructura más abierta que se identifica con la letra «P».

### *—Aglomerante VBA*

El aglomerante VBA es disponible sólo para aplicaciones de producción en rectificado de cigüeñales. Se utiliza exclusivamente con abrasivos Alundum 57, Alundum 23 y Alundum 32.

### *—Aglomerante VK*

El aglomerante VK es utilizado exclusivamente con abrasivos 37C y 39C.

#### *—Agglomerante VKP*

El agglomerante VKP es una modificación del agglomerante VK para requerimientos de una acción de corte más suave.

#### *—Resinoide (Indicado con una «B» en la especificación)*

Los agglomerantes resinoides son resinas obtenidas por la reacción del fenol con formaldeido. Estas resinas se caracterizan por el hecho de que funden y polimerizan a una temperatura aproximada de 180°C. Los agglomerantes «B» son muy resistentes, tienen buena conductividad térmica y gran elasticidad. Estas características físicas los hacen apropiados para las aplicaciones más rigurosas, donde es común que soporten trabajos de alto impacto, como en desbaste de fundiciones y aplicaciones de corte.

Se pueden considerar diferentes variedades en los agglomerantes «B» según las aplicaciones. La letra «B» en estos casos es seguida por las modificaciones del agglomerante, indicadas con números o letras.

La tendencia es usar agglomerantes especializados para cada tipo de operación.

#### *—Caucho (Indicado con una «R» en la especificación)*

Los agglomerantes de caucho (goma) se obtienen, sea del caucho natural (látex), que se endurece por un proceso de vulcanización, o del caucho sintético.

#### *—Agglomerante R20 y R30*

Estos agglomerantes son principalmente creados para ranurado, normalmente en los tamaños de grano más fino, cuando el acabado y la calidad del borde cortante son de importancia capital.

#### *—Agglomerante R51*

Este agglomerante es de utilización común en la fabricación de muelas de arrastre para aplicaciones en el rectificado sin centros.

## **2.2. Otros datos de interés**

Otros factores a tener en cuenta en la designación de una muela son:

- El tipo de muela.
- Sus dimensiones:

Diámetro exterior (D) × Espesor (E) × Diámetro interior (d).

Ejemplo:

- Muela plana 1,80 × 6 × 10.

ANALISIS DE UN MARCADO DE MUELA

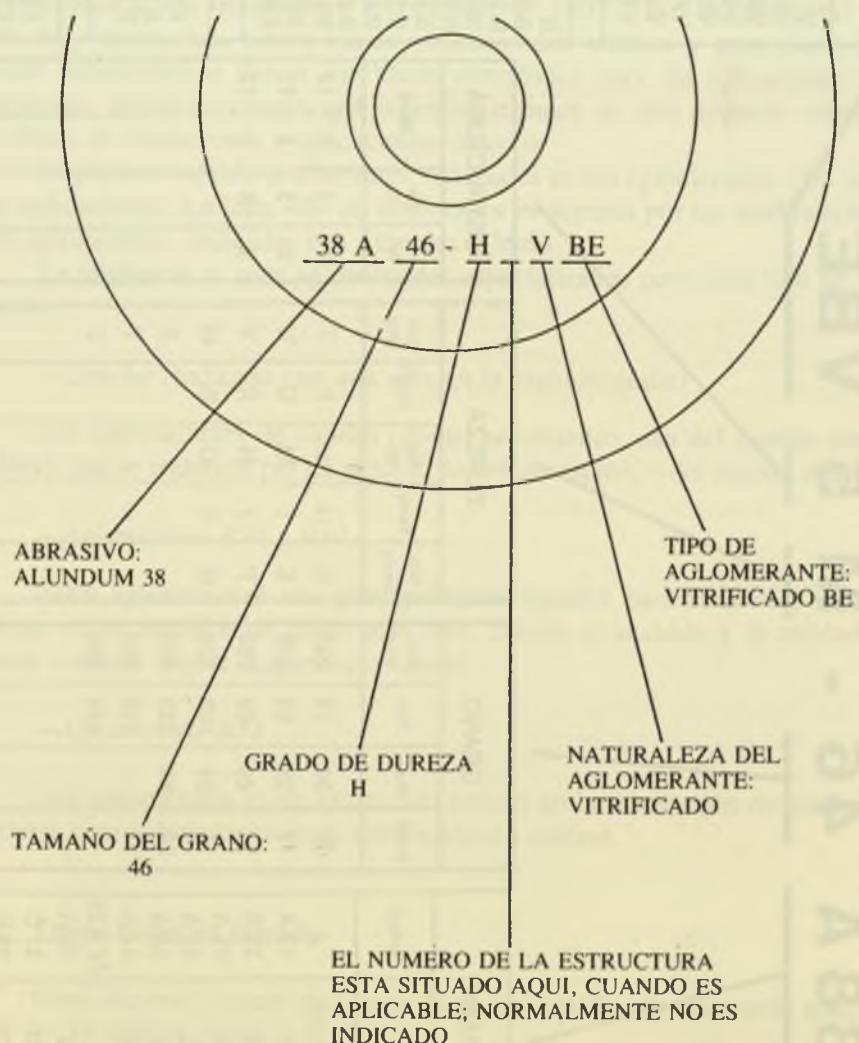
**38 A 46 - M 5 VBE**

AGLOMERANTE		VITRIFICADO		RESISTENTE		RESINOIDE	
V	V	V A	Type A	B E	-	B 2	Type B 2
V B E	V B E	V G	-	G	-	B 3	- B 3
V K	V K	V P	-	K	-	B 5	- B 5
V B E P	V B E P	V B E P	superporoso	B E superporoso	-	B 7	- B 7
V K P	V K P	V K P	poroso	K poroso	-	B 12	- B 12
						B 14	- B 14
						B 17	- B 17
						B 23	- B 23
						B H	- B H
						B D A	- B D A
						B N A	- B N A
ESTRUCTURA		Abierta		Cerrada		Media	
Muy blando	Blando	Medio	Duro	Duro	U	1	4
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	Q	2	7
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	J	5	10
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	N	8	11
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	R	3	12
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	V	6	
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	S	9	
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	W	10	
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	X	11	
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	Y	12	
Blando	Blando	Medio	Duro	Duro	Z		
DUREZA		GOMA		GOMA		GOMA	
GRANO		Cerrada		Abierta		Cerrada	
Grueso	Medio	Fino	Fini- simo	Cerrada	Abierta	Cerrada	Abierta
10	30	70	220	D	H	T	10
12	36	80	240	E	I	2	10
14	46	90	280	F	J	5	11
16	54	100	320	G	N	3	12
20	60	120	400	K	O	6	
24	150	500				9	
28	180	600				12	
32 A	76 A						
36 A							
44 A							
Z F e Z S							
Abrasivi Z							
Alundum 76							
Alundum 38							
Alundum 44							
Crystolon 37							
Crystolon 39							

MARCA	Simbolo	ABRASIVO
Alundum regol.	A	
Alundum 19	19 A	
Alundum 23	23 A	
Alundum 25	25 A	
Alundum 32	32 A	
Alundum 38	38 A	
Alundum 44	44 A	
Abrasivi Z	Z F e Z S	
Alundum 76	76 A	
Crystolon 37	37 C	
Crystolon 39	39 C	

## DESCRIPCION DE LA ESPECIFICACION DE UNA MUELA

FORMA TIPICA DE ESPECIFICACION (1) PARA UNA MUELA ABRASIVA



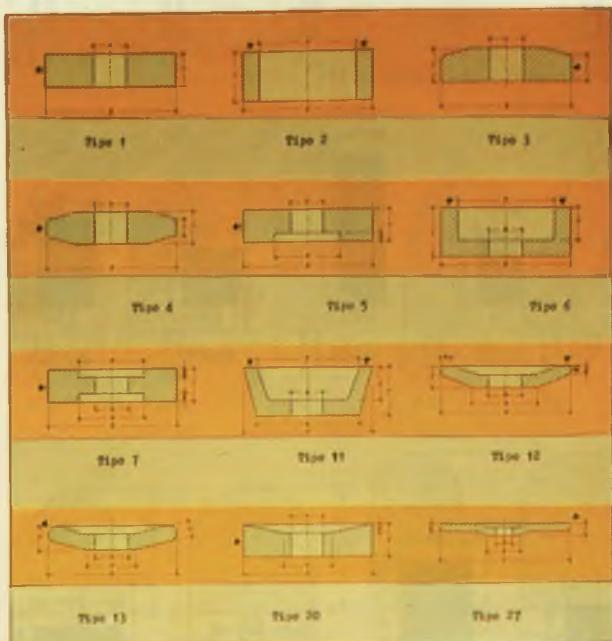
(1) Especificar es denominar una muela con un conjunto de números y letras que nos proporcionan el conjunto total de sus características.

## 2.3. Tipos de muelas y perfiles

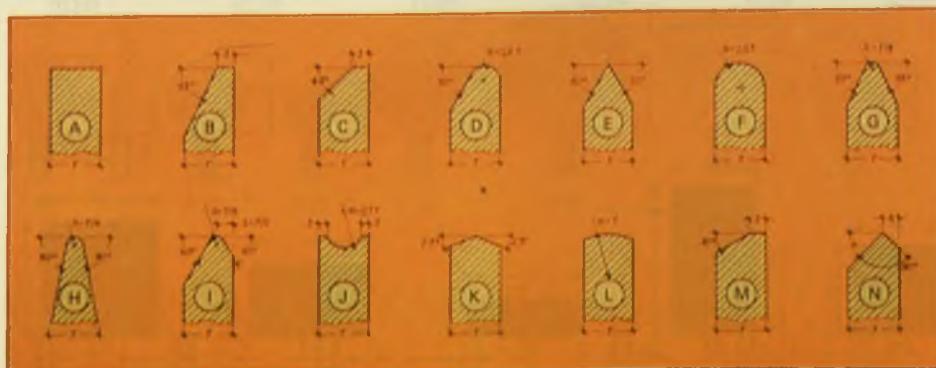
Los tipos y formas más normales según ISO 525, y que coinciden con lo F.E.P.A. y las Instrucciones UNE 006 son los indicados a continuación. Igualmente, se indican los perfiles más usuales.

Existen otros tipos de muelas, que aparecen en la citada ISO 525 y en la edición F.E.P.A. 1987 y que no son de uso común.

### ANEXO 1



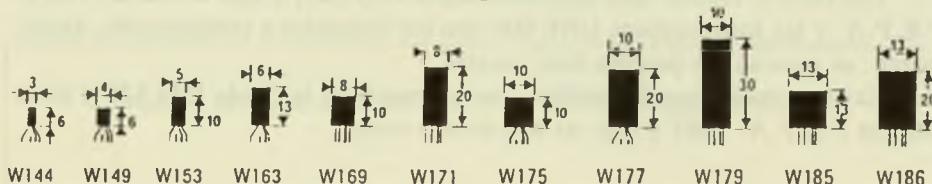
Tipos de muelas más usuales



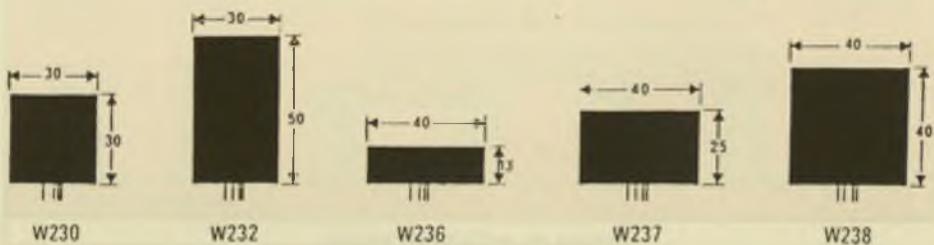
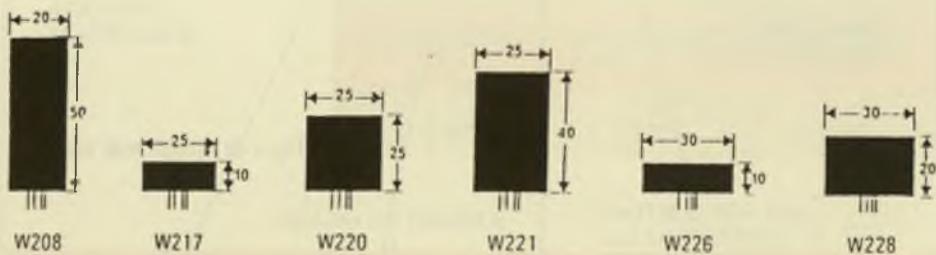
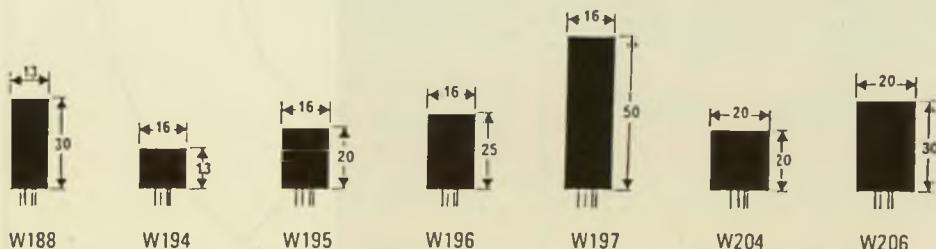
Formas de perfiles más usuales

Serie W.—MUELAS PLANAS

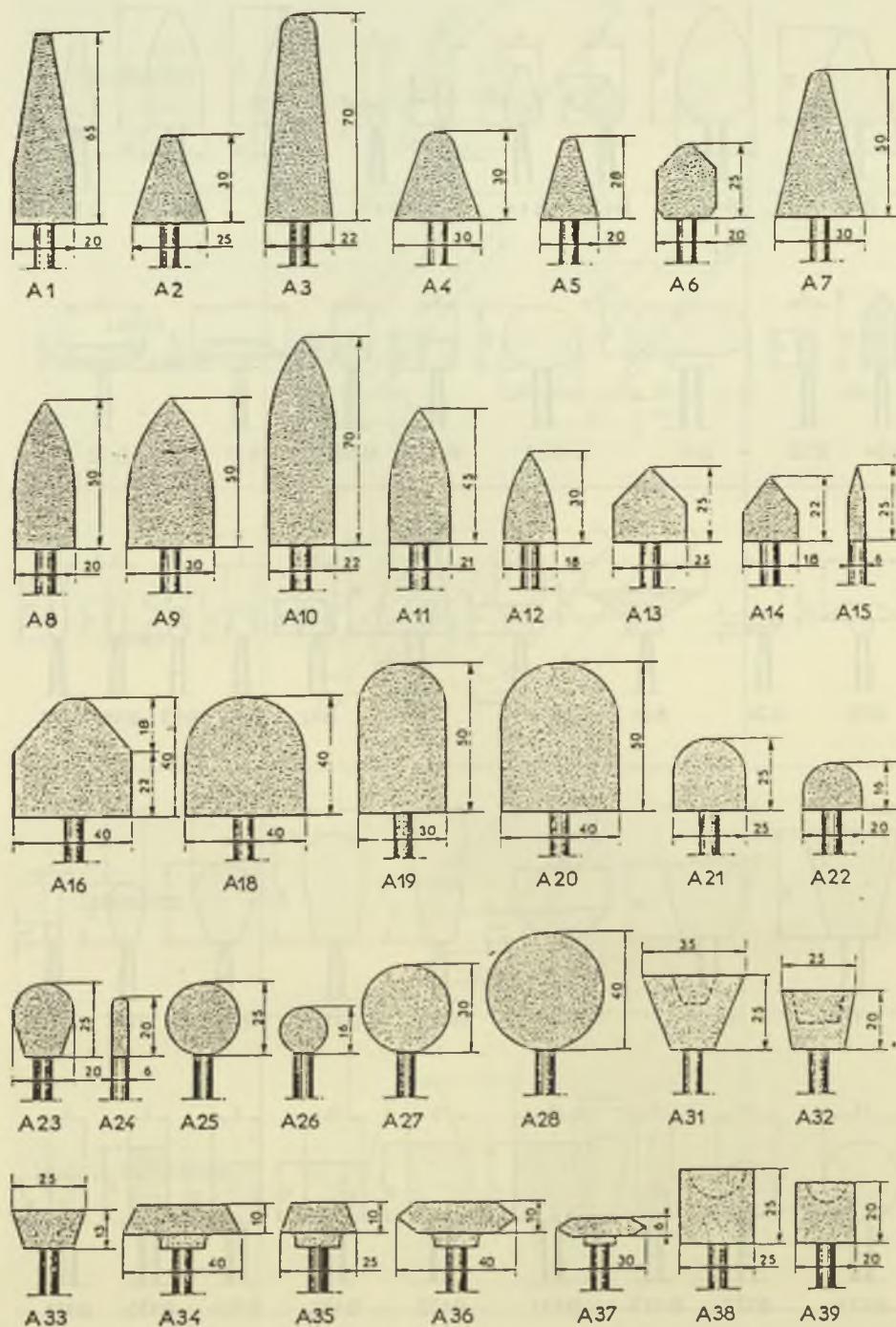
Diámetro de vástago 3 mm. o 1/8"



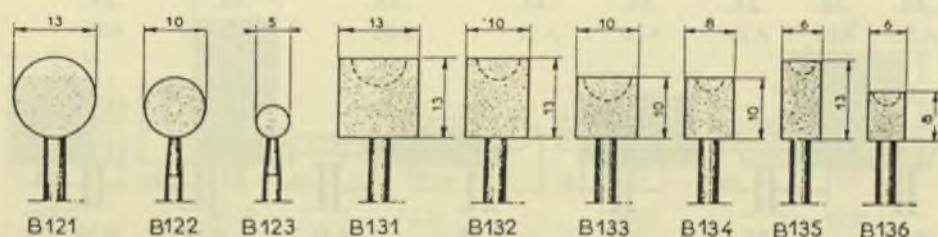
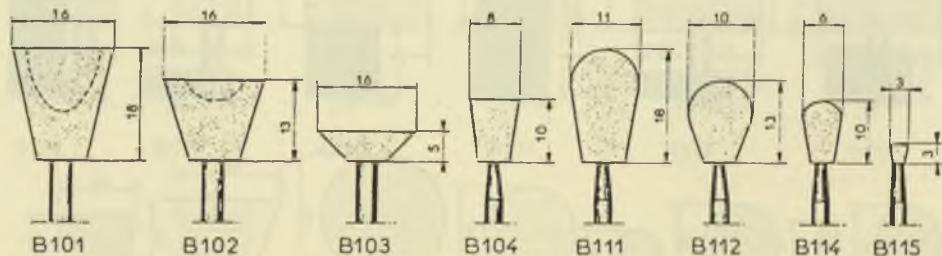
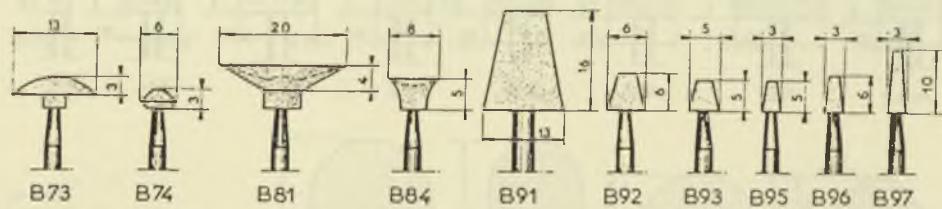
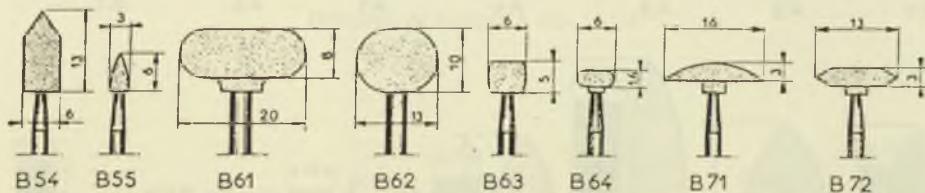
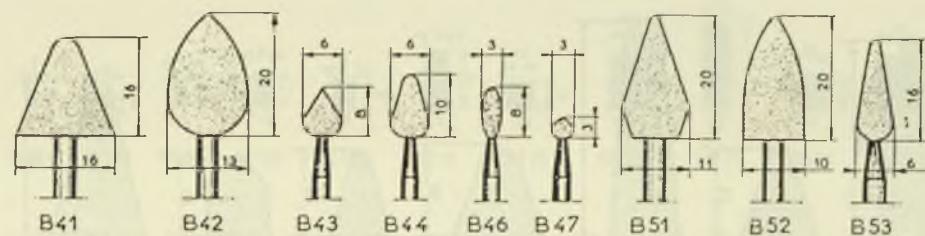
Diámetro de vástago 6 mm. o 1/4"



Serie A.—MUELAS DE FORMA



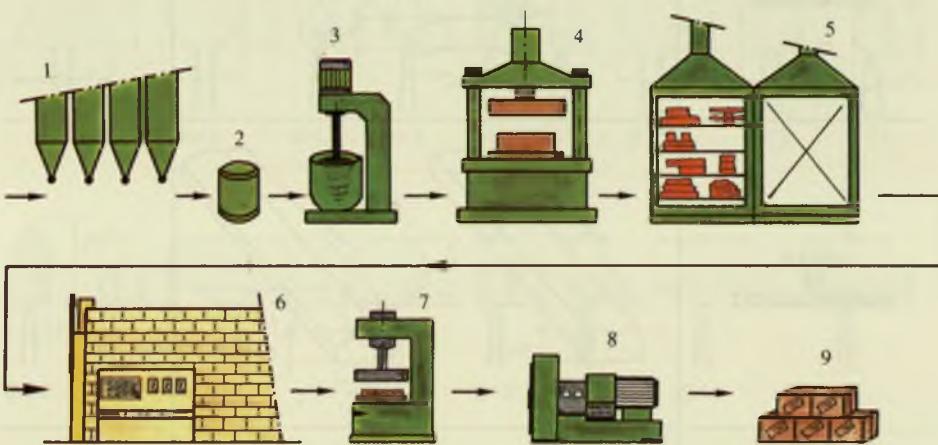
**Serie B.—MUELAS DE FORMA**



Formas	Dibujos	
<b>SEGMENTOS</b>		
<b>LIMAS DE SUPERACABADO</b>		
<b>LIMAS</b>		
<b>BLOQUES</b>		
<b>MUELAS MONTADAS</b>		

## 2.4. Proceso de fabricación de muelas y ensayos

El proceso y fabricación de las muelas abrasivas, con el conformado de perfiles y formas especiales, así como el control de ensayos y marcaje de muelas se realiza tal y como se indica en las fases de trabajo del cuadro 1 y figura 3.



Esquema del proceso de fabricación de abrasivos aglomerados

- |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1 - Silos de grano abrasivo     | 6 - Cocción               |
| 2 - Preparación del aglomerante | 7 - Rectificado           |
| 3 - Preparación de la mezcla    | 8 - Comprobación          |
| 4 - Moldeo y prensado           | 9 - Embalado y expedición |
| 5 - Secado en estufa            |                           |

Figura 3

CUADRO 1  
PROCESO DE FABRICACION DE MUELAS

● MATERIA PRIMA	
● PESADO (EN TOLVAS)	
● MEZCLADO (MEZCLADORAS)	
● PRENSADO (PRENSAS)	
● RECOCIDO-SECADO-HORNO	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Muelas vitrificadas en hornos (1000 a 1500°C)</li> <li>— Muelas de resina en estufas (150 a 240°C)</li> </ul>
● CONFORMADO (Perfiles y formas) Máquinas especiales	
● ACABADO Y — Dureza-penetración CONTROL:	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Módulo de elasticidad</li> <li>— Densidad</li> <li>— Equilibrio estático y/o dinámico</li> <li>— Velocidad</li> <li>— Dimensionado</li> <li>— Paralelismo</li> <li>— Control de aros de protección</li> <li>— Marcado y almacenaje</li> </ul>



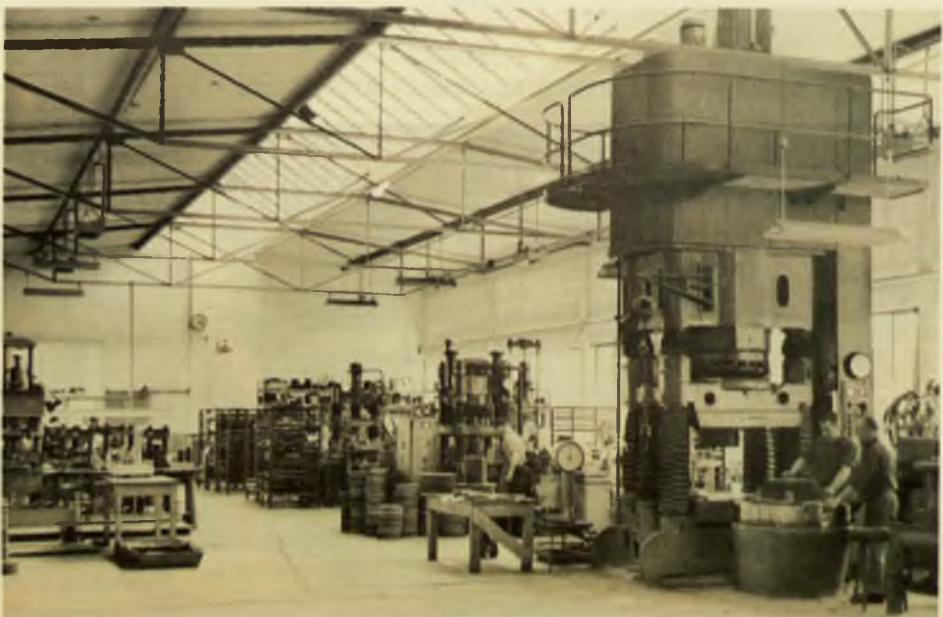
*Mezclado de la masa.*



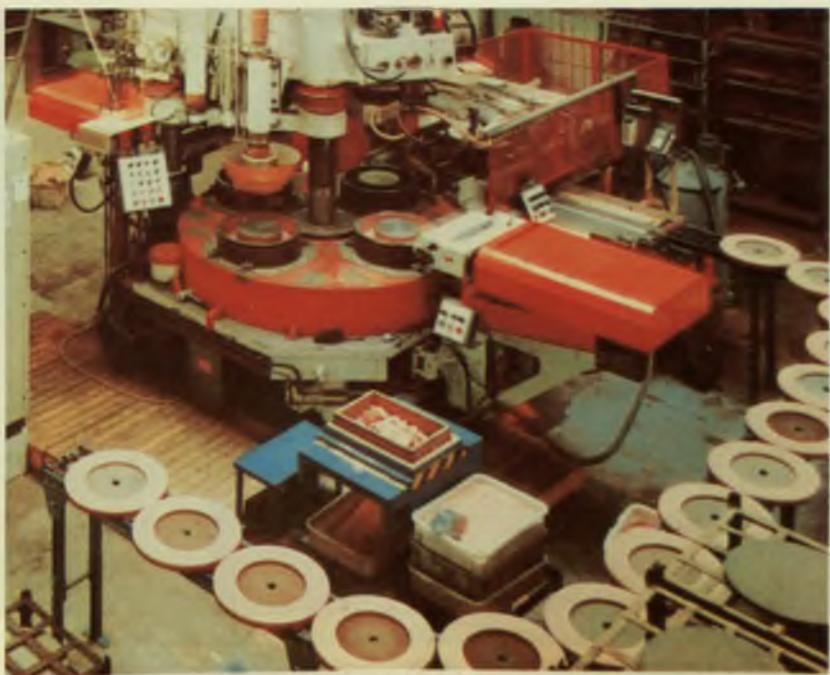
*Pesaje y distribución de la masa.*



*Carros cargados de muelas para realizar el secado y recocido en los hornos.*



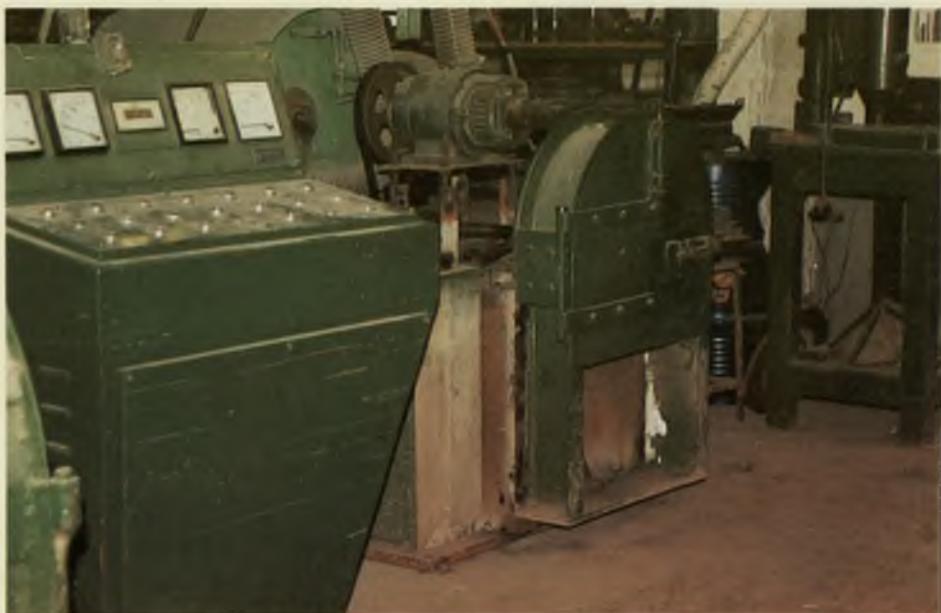
*Prensado de muelas.*



*Prensado de muelas.*



*Muela dispuesta para el control de la velocidad útil y de rotura.*



*Prueba durante el control de velocidad de la muela.*



*Control de la dureza de la muela.*



*Verificación geométrica de las dimensiones de la muela.*



*Muelas para  
interiores y de  
vástago.*



*Control de defectos  
de muelas por  
ultrasonidos.*

## 2.5. Factores que afectan a la selección de la muela

Los factores que determinan el abrasivo están ligados directamente con el tamaño del grano, la dureza y el aglomerante.

— Factores que determinan el tamaño de grano:

- Grado de acabado.
- Propiedades del material.

— Factores que determinan la dureza:

- Propiedades del material.
- Superficie de contacto.
- Velocidad de la muela.
- Condición de la máquina.

— Factores que determinan el aglomerante:

- Dimensión de la muela.
- Velocidad de uso.
- Tipo de operación.
- Grado de acabado requerido.

En el cuadro 2 se indican los criterios más importantes en el corte y elección de muela.

## CUADRO 2

### RELACION ENTRE CORTE Y ELECCION DE MUELA

La acción de corte es el comportamiento de la muela en el trabajo. La elección de la muela será teniendo en cuenta los numerosos factores que pueden influir en su comportamiento durante la utilización:

- |                                 |  |
|---------------------------------|--|
| — Naturaleza de la pieza .....  | con un material duro, utilizar una muela <b>BLANDA</b><br>con un material blando, utilizar una muela <b>DURA</b>   |
| — Superficie de contacto .....  | con una superficie grande, utilizar una muela <b>BLANDA</b><br>con una superficie pequeña, utilizar una muela <b>DURA</b>  |
| — Velocidad de la pieza .....   | con una velocidad lenta, la muela se comporta como <b>DURA</b><br>con una velocidad rápida, la muela se comporta como <b>BLANDA</b>  |
| — Velocidad de traslación ..... | con una velocidad lenta, la muela se comporta como <b>DURA</b><br>con una velocidad rápida, la muela se comporta como <b>BLANDA</b>  |
| — Velocidad de la muela .....   | con una velocidad lenta, la muela se comporta como <b>BLANDA</b><br>con una velocidad rápida, la muela se comporta como <b>DURA</b>  |
| — Profundidad de pasada .....   | al aumentar rinde la muela como más <b>BLANDA</b><br>al disminuir rinde la muela como más <b>DURA</b>  |
| — Potencia de la máquina .....  | potencia elevada: posibilidad de emplear una muela <b>DURA</b><br>potencia débil: posibilidad de emplear una muela <b>BLANDA</b>   |
| — Líquido refrigerante .....    | es necesario reducir la muela un grado cuando se pasa de un trabajo en seco a un trabajo en húmedo   |
| — Rectificado de la muela ..... | aumentando la velocidad de la pasada del rectificador, rinde la muela más <b>BLANDA</b><br>disminuyendo la velocidad de la pasada del rectificador, rinde la muela más <b>DURA</b> |

En el cuadro 3 se relacionan las velocidades periféricas máximas en m/s de las muelas, en función del tipo de muela, tamaño del grano y tipo de aglomerante.

**CUADRO 3**  
**VELOCIDADES DE FUNCIONAMIENTO**

Velocidades periféricas límites en operación en muelas de liga vitrificada u orgánica

TIPO DE LA MUELA	TAMAÑO DEL GRANO	LIGAS VITRIFICADAS		
		Grado blando m/s	Grado medio m/s	Grado duro m/s
Muelas rectas	24 y más gruesos	23	25	33
Muelas con recessos (suma de los recessos = mitad del espesor de la muela o menos)	30 y más finos	28	30	33
Muelas con relieve				
Muelas forma plato y forma plato-tillo	24 y más gruesos 30 y más finos	23 25	25 28	28 30

TIPO DE LA MUELA	TAMAÑO DEL GRANO	LIGAS ORGANICAS		
		Grado blando m/s	Grado medio m/s	Grado duro m/s
Muelas rectas	24 y más gruesos			
Muelas con recessos (suma de los recessos = mitad del espesor de la muela o menos)	*	30	40	50
Muelas con relieve				
Muelas forma plato y forma plato-tillo	30 y más finos			
Muelas rectas acopadas y con recessos profundos (suma de los recessos superior a la mitad del espesor de la muela)	24 y más gruesos 30 y más finos	25 30	35 40	40 45

### **3. SEGURIDAD EN MUELAS ABRASIVAS. FUERZAS Y PARES APLICADOS DURANTE SU MONTAJE**

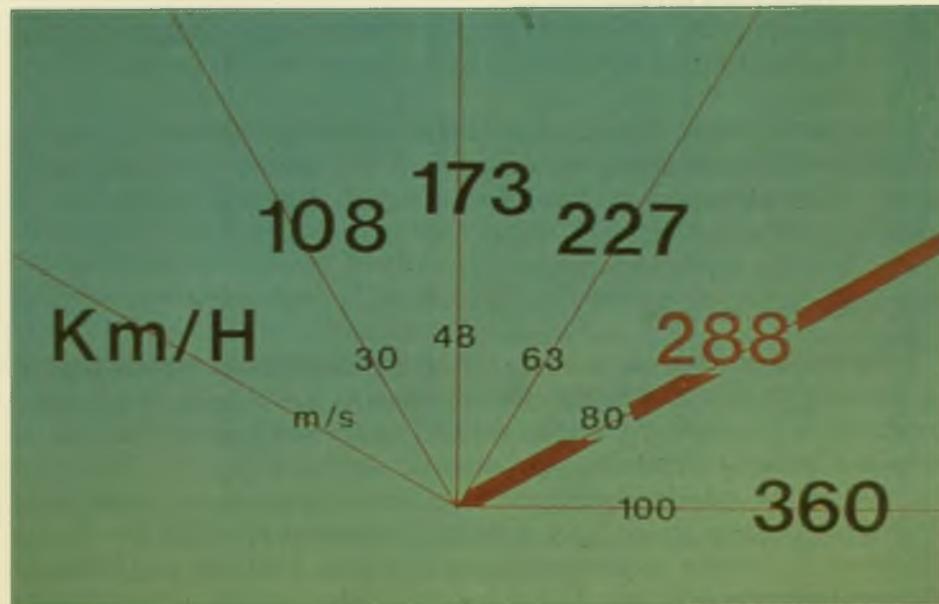
### 3. SEGURIDAD EN MUELAS ABRASIVAS

En este capítulo vamos a tratar a la muela abrasiva como herramienta que es, dentro del grupo de máquinas rectificadoras, esmeriladoras o pulidoras.

Estas máquinas de gran uso en los talleres y fábricas se utilizan para la mecanización periférica de diversas piezas y superficies de revolución.

Entran dentro de este estudio las siguientes máquinas:

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



Equivalentes entre m/s y km/h de las velocidades más usuales en muelas.

Los conceptos de presión, fuerza y pares a aplicar a las muelas abrasivas no son aplicables a las esmeriladoras manuales, ya que éstas disponen de sistemas diferentes para amarre y apriete de muelas.

Todo el tratamiento que vamos a dar aquí a la muela es referido a aspectos y operaciones durante su montaje, no contemplando la protección periférica y lateral de la muela. Este último aspecto queda pendiente para un futuro estudio monográfico de todas las máquinas que utilizan la muela abrasiva como herramienta.

Hoy día podemos decir que, con el avance y progreso tecnológico, se está llegando a velocidades tangenciales o periféricas de 160 m/s equivalentes a 576 Km/h. En rectificadoras de interiores se está trabajando a 110.000 r.p.m. Esto nos va a servir para cuantificar y valorar el riesgo que sobre sujeción y apriete en las muelas abrasivas, es necesario tener durante su montaje.

### 3.1. Análisis del problema

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

#### 3.1.1. 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.

#### 3.1.2. 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 (Tabla 4).

TABLA 4  
ENSAYOS DE SOBREVELOCIDAD

CATEGORIA DE MUELAS	COEFICIENTE DE SOBREVELOCIDAD
Muelas de corte	1,20
Muelas para esmeriladoras rotativas	1,50
Todas las muelas restantes	1,25

El coeficiente de 1,5 en términos de esfuerzo o tensiones representa un coeficiente de seguridad de 2,25.

Coeficiente de seguridad:

$$C_s = \left( \frac{V_r}{V_u} \right)^2$$

Coeficiente de sobrevelocidad:

$$C_v = \frac{V_e}{V_u}$$

$V_r$  = Velocidad ensayo de rotura.

$V_u$  = Velocidad de utilización.

$V_e$  = Velocidad de ensayo.

*NOTA:* Al decir que si aumenta la velocidad centrífuga, la fuerza aumenta proporcionalmente al cuadrado de la velocidad, queremos decir que si por ejemplo pasamos de una velocidad de 30 m/s a otra de 35 m/s, el aumento de velocidad es un 16%, mientras que el valor de la fuerza centrífuga supone un 36%.

### 3.1.3. 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 mayor temperatura 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.

### 3.1.4. 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 las 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.

### **3.2. Selección de la muela más 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 del aglomerante (*Ver Anexo 2*).

### **3.3. Acoplamiento de muela**

La muela es acoplada entre dos bridas de material férrico 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 (Fig. 4, 5 y 6).

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.

## METODOS DE MONTAJE DE MUELAS ABRASIVAS

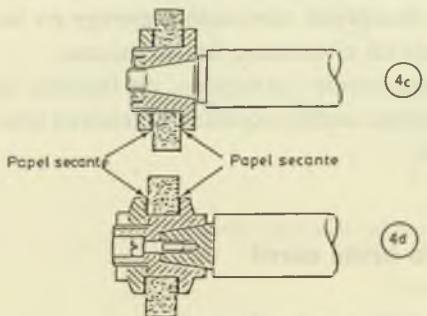
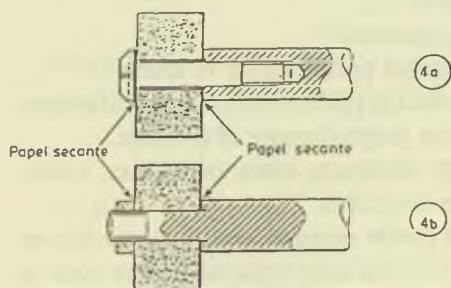
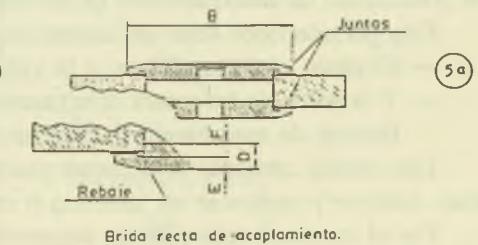
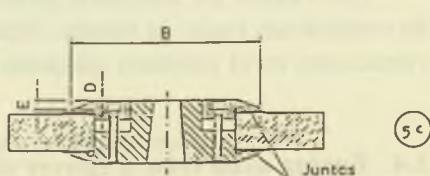


Figura 4 (4a - 4b - 4c - 4d)



Brida recta de acoplamiento.



Bridas rectas de manguito.

Figura 5 (5a - 5b - 5c)

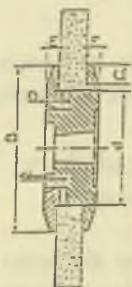
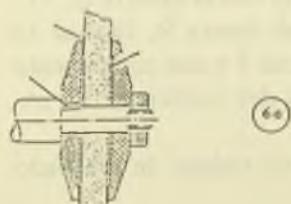


Figura 6 (6a - 6b - 6c)

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 susbridas, calentarse, soltarse y provocar un siniestro o un accidente.

Por el contrario una presión excesiva puede originar una deformación en lasbridas 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 aprieta adecuado a ejercer en lasbridas, 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 porta-muela.

### 3.4. Fuerza axial total a ejercer sobre la brida móvil

La muela durante el trabajo está sometida a tres esfuerzos.

- a) 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 (Fig. 7).
- b) Al presionar la pieza sobre la muela nace una 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:

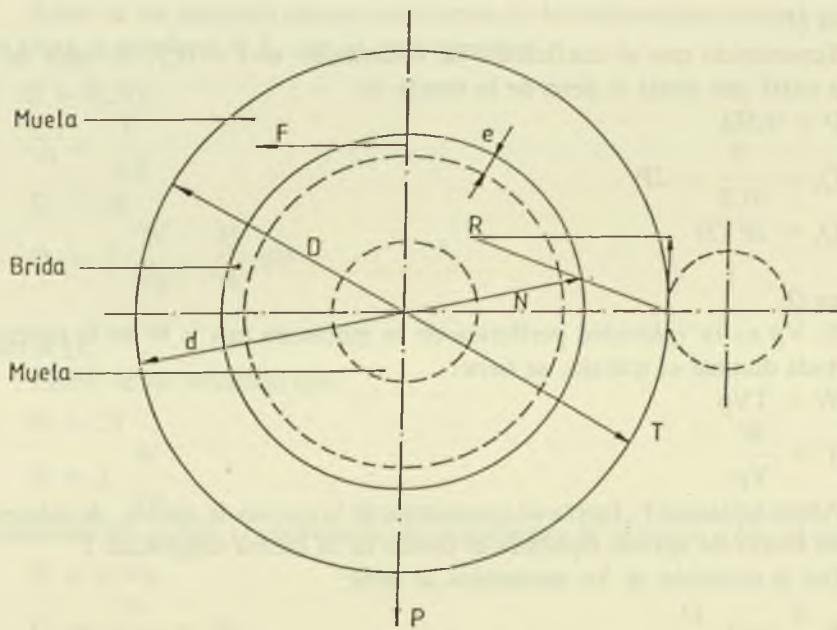
$$N = 2T \quad (1)$$

- 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  $N$ .



Fuerzas aplicadas sobre una muela durante el trabajo.

Figura 7

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:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2)$$

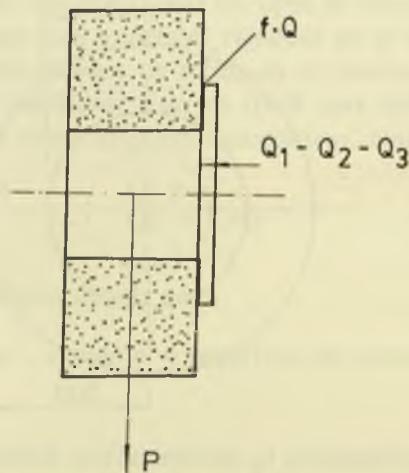


Figura 8

### 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:

$$P = 0,5Q_1$$

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

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

### 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:

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

$$F.d = T.D$$

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

D es el diámetro de la muela.

d es el diámetro de la brida (Fig. 9).

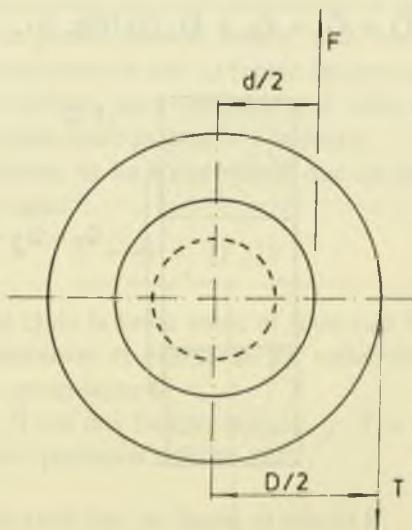


Figura 9

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:

$$F = 0,5Q_2$$

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

$$Q_2 = 2F$$

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

### Fuerza $Q_3$

Como se ha señalado que:

$$N = 2T$$

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

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

$$N = 0,5Q_3$$

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

$$Q_3 = 2N$$

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

La fuerza total axial máxima ejercida por la brida será:

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

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:

$$\text{Trabajo de rectificado} \quad Q_r = Q$$

$$\text{Trabajo de rebabado} \quad Q_R = 1,5Q$$

$$\text{Trabajo de desbaste} \quad Q_d = 2Q$$

La presión de la superficie girante será:

$$P = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot e} = \text{Kg/cm.}^2, \text{ siendo } e = \text{superficie de contacto de la brida y muela.}$$

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

### 3.5. 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 sujetada 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 (Fig. 10 - 11 - 12 - 13 y 14) es:

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

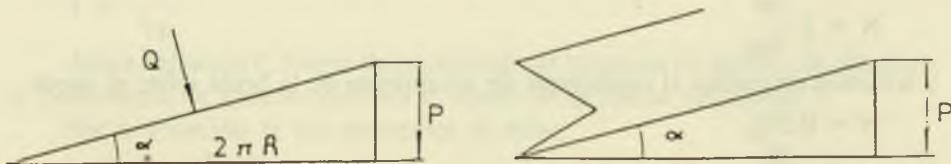
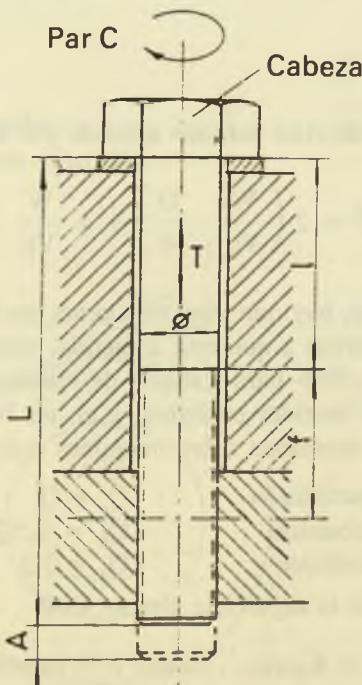


Figura 10



A: Elongación del tornillo  
bajo el par de apriete

Figura 11

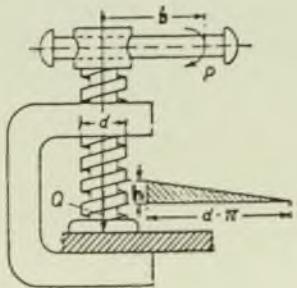


Figura 12

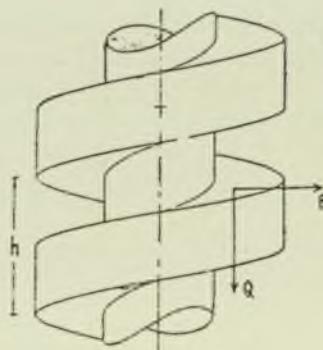


Figura 13

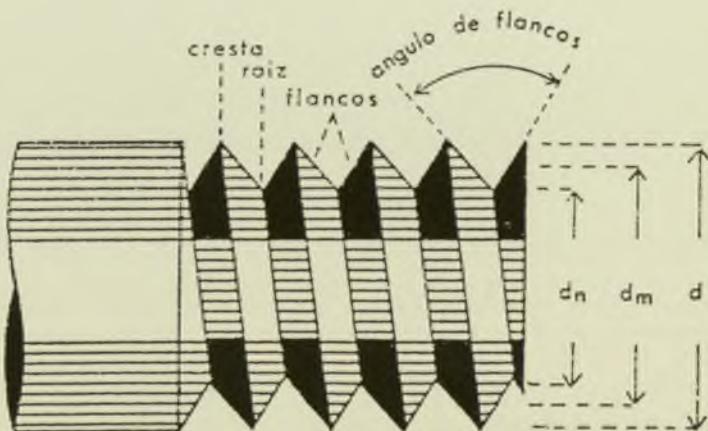


Figura 14

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 la brida, el par real a ejercer es 4 veces al 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.

En la práctica, con el fin de agilizar y tener presente, tanto el rozamiento como la grasa de los tornillos, el estado del filete y paso de los mismos, se

sustituye el término  $\frac{P}{2\pi}$  de la fórmula 7 por el término  $\frac{K}{1000}$ , siendo el factor

K, coeficiente numérico que tiene un valor determinado en función del diámetro nominal del tornillo (coeficiente de rozamiento tornillo/tuerca 0,2).

Así, para un tornillo de diámetro 10 mm., tendríamos el siguiente cálculo:

$$c = \frac{Q}{n} \times \frac{K}{1000} = \frac{Q}{n} \times \frac{2,64}{1000} = \text{Kg.m}$$

### VALORES DE K

Diámetro nominal del tornillo d (mm.)	K
6	1,60
8	2,12
10	2,64
12	3,16
16	4,16
20	5,20
24	6,24

Diámetro nominal del tornillo d (mm.)	K
30	7,76
36	9,26
42	10,72
48	12,36
56	14,32
64	16,32
72	18,23

### 3.6. 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.

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, el espesor mínimo de la brida utilizando el apriete con una corona de tornillos, será igual al espesor mínimo indicado en la tabla 5, figura 15 de los anexos franceses, multiplicando por el producto de la raíz cuadrada de las potencias.

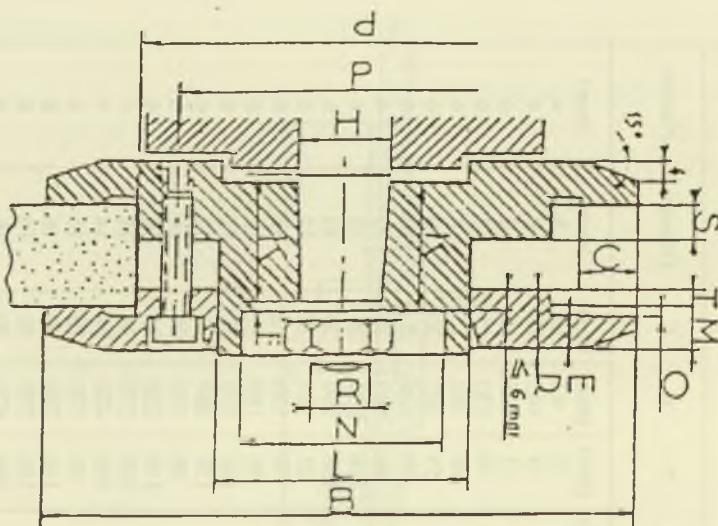


Figura 15

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

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

$$E = \text{Espacio mínimo} \sqrt{\frac{\text{Potencia motor}}{\text{Espacio mínimo}}} = \text{mm.}$$

Para todas las muelas de diámetro interior superior a 20 mm. el diámetro mínimo interior  $B - 2C$  de la superficie de contacto (figuras 6c y 16), 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.

TABLA 5

MUELAS		ARBOL (cotas mínimas)				CUBO DE BRIDA				TORNILLOS					
Diametro	Agujero **	H	K	R	K	F	B	L	***	E	N	P	C	Diametro	Número
300	(mm) 76,2	(mm) 29	(mm) 40	(mm) 18	(mm) 40	(mm) 2	(mm) 120	(mm) 45	(mm) 11	(mm) 35	(mm) 62	(mm) 12	(mm) 8	(mm) 4	
	125 ó 127	29	40	18	40	2	175	85	11	55	105	12	8	4	
	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	
	125 ó 127	38	50	24	50	2,5	190	85	13	55	105	20	10	6	
350 a 400	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	
	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	
	150 ó 152,4	48	60	30	60	3	225	105	15	70	130	22	12	6	
450 a 500	200 ó 203,2	48	60	30	60	3	275	120	15	90	180	22	12	6	
	250 ó 254	43	50	27	50	2,5	315	140	13	110	230	20	10	6	
	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	
	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	
550 a 600	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	
	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	
650 a 750	200 ó 203,2	67	70	36	70	4	300	120	20	90	170	30	16	8	
	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	
	200 ó 203,2	67	70	36	70	4	300	120	20	90	170	30	16	8	
	250 ó 254	67	70	36	70	4	350	140	20	110	220	30	16	8	
800 a 1000	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	
	200 ó 203,2	67	70	36	70	4	300	120	20	90	170	30	16	8	
	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	

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

\*\*\* E = M - O, debiendo ser  $O \geq 1,5$  mm.

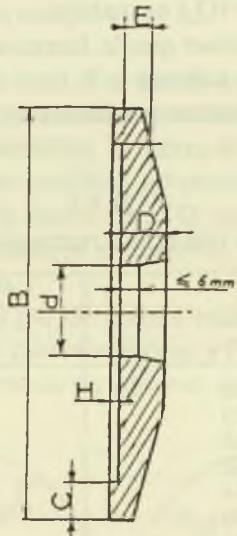


Figura 16

### 3.7. Verificación

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

### 3.7.1. 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.

### 3.7.2. *Muelas*

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

Las tablas 6 y 7 son directamente los valores máximo 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.

Siempre hay que comprobar que la fuerza axial calculada es inferior a la máxima autorizada según las tablas 6 y 7.

Respecto a las características mecánicas de las bridas se tendrá presente lo que el Anexo 3 señala.

TABLA 6

Fuerza axial máxima (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 normalizados y sujetos por corona de tornillos.

TABLA 7

Fuerza axial máxima (Q) con bridas normalizadas sujetas por corona de tornillos.

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

### 3.8. 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 (Fig. 17). Frecuentemente se observa que al apretar los tornillos, se

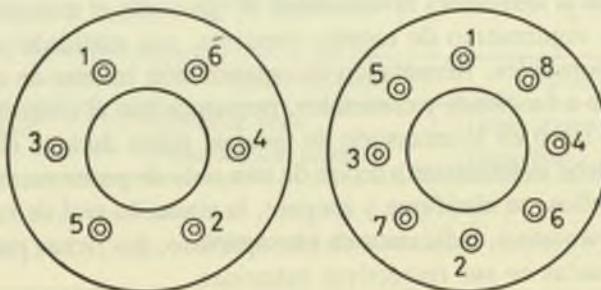


Figura 17

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.

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 (Fig. 18).

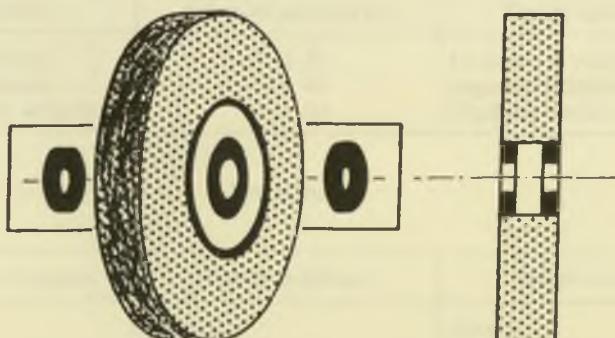


Figura 18

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.

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 4, 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.

La experiencia demuestra la necesidad de que todo el tratamiento de cuidado, control y seguimiento de muelas abrasivas, sea realizado por personas formadas y responsables. Respetando la organización interna de cada taller y fábrica en cuanto a funciones y cometidos, pensamos que el control y el trabajo pormenorizado, tanto en la recepción de muelas, como durante el montaje de las mismas, se debe sistematizar a través de una serie de pasos sucesivos, donde en cada uno de ellos, se clarifique y asegure, la situación real de la muela. Por ello y a modo orientativo, indicamos en este apartado, dos fichas para recepción y montaje de muelas en sus respectivas máquinas.

Para finalizar y con carácter preventivo en el Anexo 5 se indican las recomendaciones más importantes sobre montaje e inspección de muelas. Estos aspectos se consideran imprescindibles en todo uso, cuidado y mantenimiento de muelas abrasivas. El personal responsable, deberá anotar en la ficha correspondiente, todos aquellos cuidados necesarios tanto durante la recepción, como durante la inspección y montaje de muelas.

## ANEXO 2

### SELECCION DE LA MUELA

#### *Abrasivo*

Características del material	Tipo de material	Muela a utilizar
De elevada resistencia	Aceros bronce duro	Carburo de silicio, orgánicas
De baja resistencia	Fundiciones, aluminio, cristal, mármol, latón y bronce	Corindón artificial (A) (Aluminio)

#### *Tamaño del grano*

Características del material	Tipo de rectificado	Grano a utilizar
Materiales blandos	Desbaste bruto	Grano grueso
Material duro	Fino-acabado perfecto	Grano fino

#### *Grado de dureza*

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

#### *Aglomerante*

Tipo de trabajo	Velocidad periférica m/s	Tipo de aglomerante
Normal de rectificado	25 a 30	Cerámico o Vitrificado
Normal de rectificado	35 a 40	Orgánico (Resinoide)
Tronzado (muelas delgadas)	40 a 80	Orgánico (resinoide)

#### *Estructura*

Características del material	Tipo de rectificado	Tipo de estructura
Blando	Normal	Abierta
Duro	Fino	Cerrada
Intermedia	Normal-Fino	Media

### ANEXO 3

#### DIMENSIONES MINIMAS DE LAS BRIDAS PARA LAS MAQUINAS DE REBABAR

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:

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

B) Para máquinas móviles o para todas aquellas donde las muelas giran a una velocidad tangencial comprendida entre 50 y 60 m/s., las bridas serán de acero o de fundición con las características siguientes:

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

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

## ANEXO 4

### 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
1060	8 tornillos M 16	6,00
1250	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 5

### INSPECCION 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 rebordes 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.<sup>º</sup> 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.

## RECEPCION DE MUELAS

IDENTIFICACION MUELA	Proveedor	Dimensiones	r.p.m. (máx.) vp. m/s.		
	Características	Referencia	Lote o fecha fabricación		
			Ficha n. <sup>o</sup>		
<b>OBSERVACIONES:</b>					
ALMACEN			CONFORMIDAD		
Comprobación de pedido			C*	NC*	
Embalaje (señal de muy frágil, flecha de posicionamiento)			C	NC	
Control visual, roturas, grietas, ensayo del sonido			C	NC	
Etiquetado, marcado, triángulo de posicionado de muela			C	NC	
Descarga y transporte al almácén			C	NC	
Almacenaje			C	NC	
Fecha		Firma			

\*NOTA: C = Conforme. NC = No conforme.

## MONTAJE DE MUELAS EN MAQUINAS

Máquina	N.º	Fecha montaje	Fecha desmontaje	Lote o fecha fabricación			
				Ficha n.º			
Observaciones montaje: Observaciones desmontaje:							
FASE	OPERACION			RESPONSABLE			
1	Transporte del almacén a la máquina			PM	C		NC
2	Inspección y prueba del sonido			PM	C		NC
3	Quitar muela gastada			PM	C		NC
4	Inspección oocular muela gastada			PM	C		NC
5	Control de brida, ejes, roscado, paralelismo y tornillos			PM	C		NC
5 bis	Reparación, si procede (rebabas, deformaciones, etc.)			OM	C		NC
6	Limpieza ejes,bridas, platos, etc.			PM	C		NC
7	Instalar la muela nueva, idoneidad de la misma, apriete por llave dinamométrica, par adecuado, papel comprimible, tornillos o tuerca adecuada			PM	C		NC
8	Control de r.p.m. y vp. en m/s (con tacómetro)			PM	C		NC
9	Comprobación y regulación protección periférica, lateral y porta-piezas			PM	C		NC
9 bis	Reparación, si procede			OM	C		NC
10	Inspección sistema de variación de velocidad			OM	C		NC
11	Colocación de las defensas, laterales, periféricas y lengüetas			PM	C		NC
12	Puesta en marcha y control de r.p.m.			PM	C		NC
13	Comprobar vibraciones			OM	C		NC
14	Marcha en vacío durante 3 minutos			PM	C		NC
15	Reparación si procede por cualquier anomalía			OM - PM	C		NC
Firma PM Montaje Firma OM		Desmontaje Firma PM					

\*NOTA: PM = Preparador de máquina.  
OM = Operador de mantenimiento.



*Inicio del montaje de la muela.*



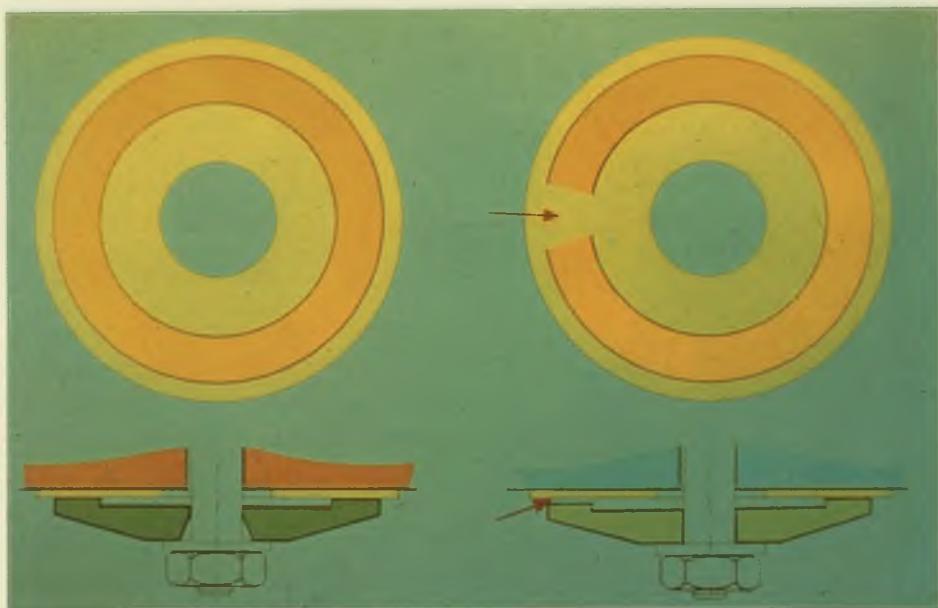
*Preparación y limpieza de los tornillos de sujeción.*



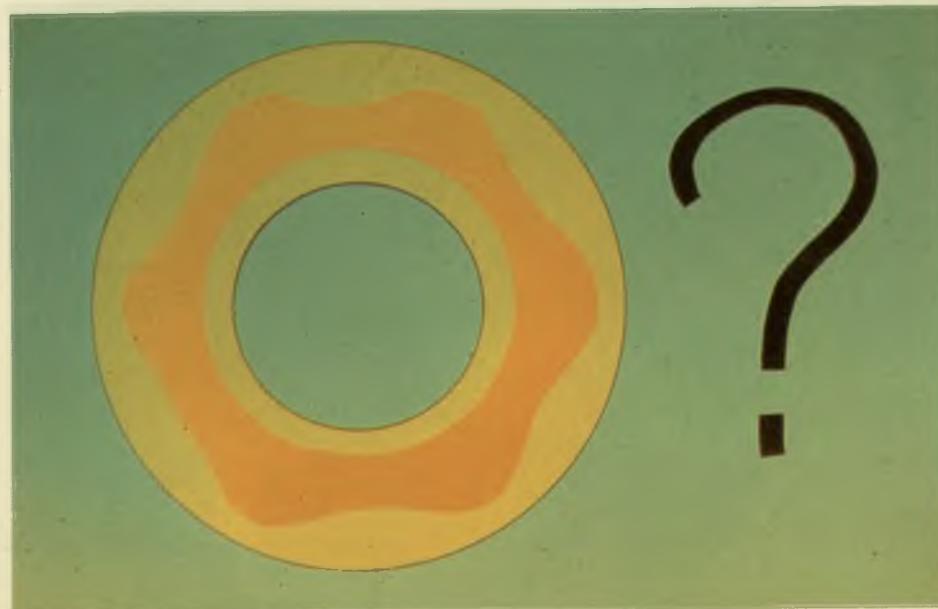
Aparato para control de las r.p.m. y llave dinamométrica con sus adaptadores.



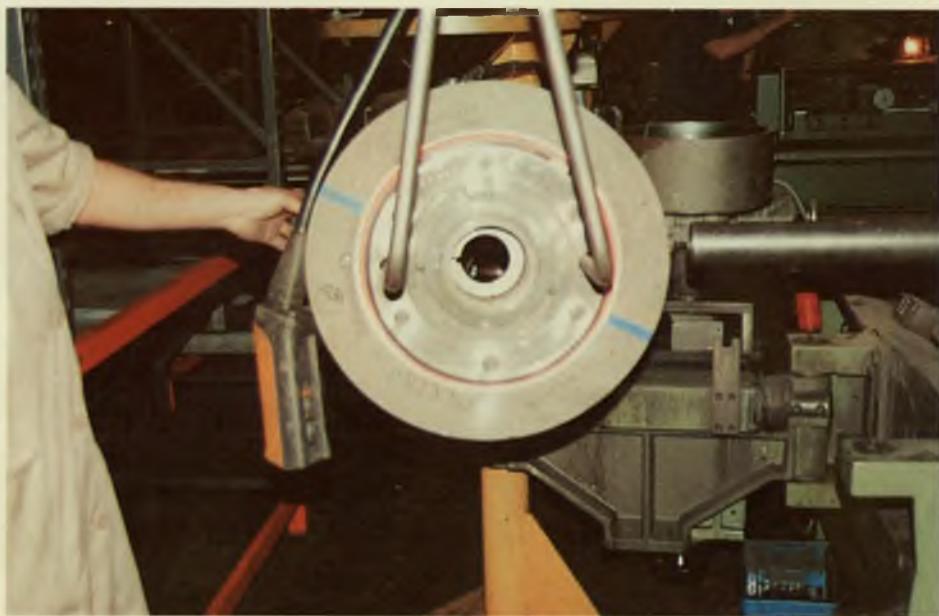
Apriete con llave dinamométrica.



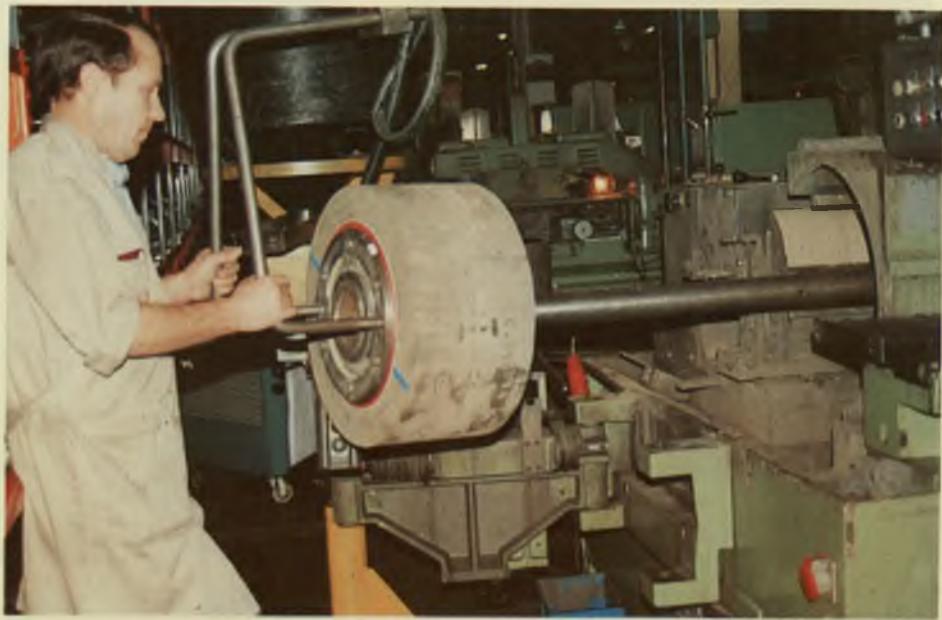
*Influencia de un mal apriete de la brida sobre la muela.*



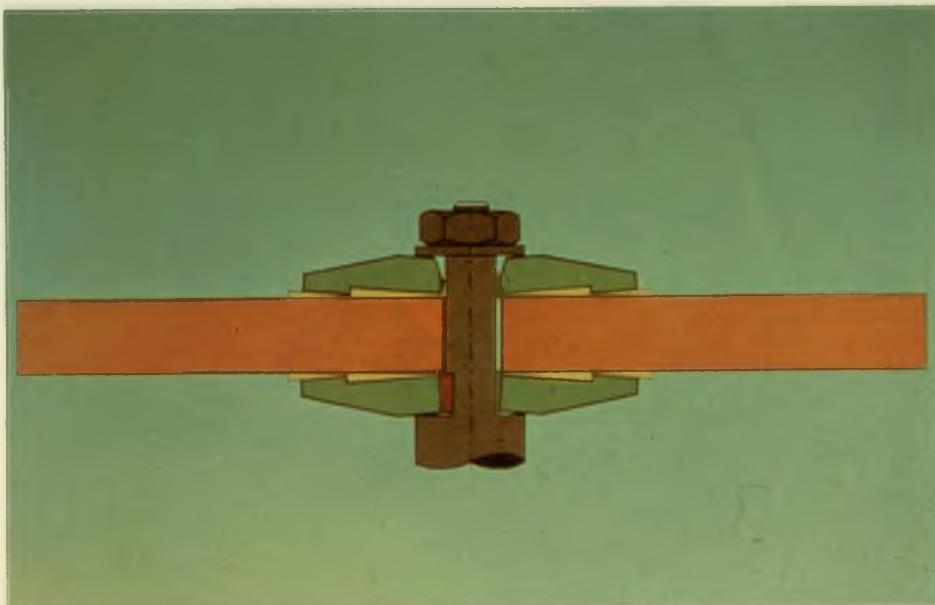
*Reparto uniforme del esfuerzo de compresión de la brida.*



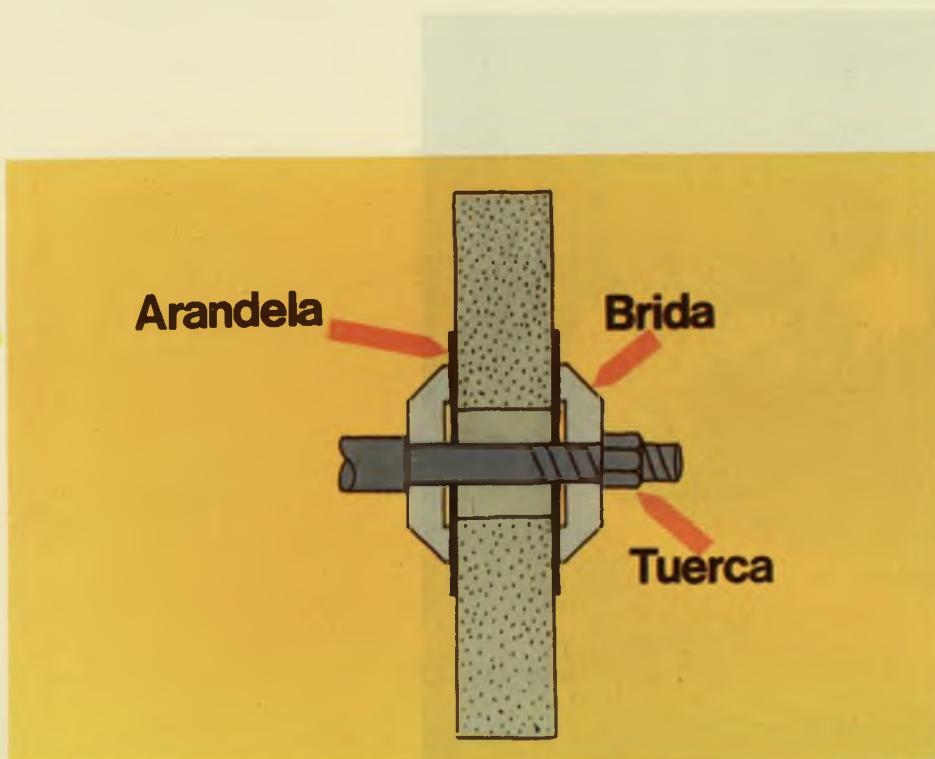
*Elevación de la muela para su montaje.*



*Ubicación de la muela en el eje de la rectificadora.*



*Bridas apretadas de forma incorrecta.*



*Bridas apretadas de forma correcta.*



*Comprobación de las r.p.m. con el tacómetro.*



*Esmerilado manual.*

## **4. MANIPULACION, ALMACENAJE, MONTAJE, VERIFICACION Y UTILIZACION DE MUELAS**

#### **4. MANIPULACION**

Todas las muelas son frágiles y pueden romperse. Su manipulación, por lo tanto, debe ser muy cuidadosa a fin de evitar cualquier daño. Deben observarse las siguientes reglas:

- a) Evitar que las muelas caigan o choquen entre sí.
- b) No hacerlas rodar sobre el suelo, para evitar la rotura de sus cantos.
- c) En cualquier transporte que no pueda efectuarse manualmente, debe utilizarse un carro o aparato apropiado que permita el traslado en buenas condiciones.



*La manipulación de las muelas debe ser muy cuidadosa.*



*Manipulación de una muela, ya preparada para su instalación*

#### **4.1. Almacenaje**

Deben preverse estanterías o cajones de madera para colocar los diferentes tipos de muelas utilizadas, bien sean nuevas o usadas.



*Una forma adecuada de almacenaje.*

Deben conservarse en local seco, no sujeto a grandes cambios de temperatura. La humedad, la temperatura y, especialmente el hielo, afectan a ciertos aglutinantes.

Las muelas cerámicas pueden almacenarse por tiempo indefinido. Las muelas de aglutinante resinoide, por el contrario, no deben guardarse más de dos años y es aconsejable emplearlas antes. La etiqueta que indica las medidas y especificaciones se deja en la muela hasta el momento de ser usada en la máquina.

#### 4.2. Verificación

Una vez que hayan sido desembaladas, las muelas deben ser examinadas detenidamente para asegurarse de que no han sido deterioradas durante la manipulación, el transporte o por cualquier otra causa.

Para esto se efectúa la prueba llamada «ensayo de sonido». Este ensayo se efectúa de la siguiente forma:

Cuando la muela no pesa mucho se suspenderá por el agujero con una pieza metálica o simplemente con el dedo. Las muelas más pesadas pueden descansar verticalmente sobre un suelo duro y limpio.

Para hacer este ensayo, las muelas deben estar secas y exentas de serrín, de lo contrario se amortiguaría el sonido. Hay que observarse también que las muelas de aglomerante orgánico no emiten el mismo sonido, claro y metálico, que las muelas vitrificadas y de silicato.



*Prueba del ensayo de sonido.*



*Muela suspendida mientras se realiza el ensayo de sonido.*

Golpear suavemente las muelas a unos 45° a ambos lados de la vertical del centro y a unos 25 ó 50 mm. de la periférica, como indica los puntos de la figura. Girar seguidamente la muela 45° y ensayar de nuevo.

Una muela sana e intacta dará un sonido claro y metálico. Si está agrietada, el sonido será mate.

#### **4.3. Marcado de las muelas**

Las muelas deben de traer grabados los siguientes datos:

- Marca del fabricante.
- Dimensiones.
- Composición de la muela.
- Número de revoluciones por minuto, r.p.m., de la muela y la velocidad periférica, V<sub>p</sub>, en m/s.

En muelas pequeñas y de interiores estos datos se pondrán en una ficha o etiqueta.

$$\text{Velocidad periférica: } V_p = \frac{\pi D N}{1000 \times 60} = \text{m/s}$$

D = diámetro exterior de la muela.

N = número de revoluciones por minuto de la muela.

(Ver Anexo 6, relación entre diámetro de muela, velocidad periférica y r.p.m.)

## 4.4. Montaje de las muelas

### 4.4.1. Verificación antes del montaje

Antes de ser montadas todas las muelas deben ser de nuevo cuidadosamente inspeccionadas y sonadas para asegurarse de que no se han deteriorado durante el transporte, en su almacenaje o por cualquier otra causa. (Ver 4.2.).

Las muelas destinadas a trabajar en velocidades especiales, deben ser marcadas por unas bandas de color a lo largo del diámetro.

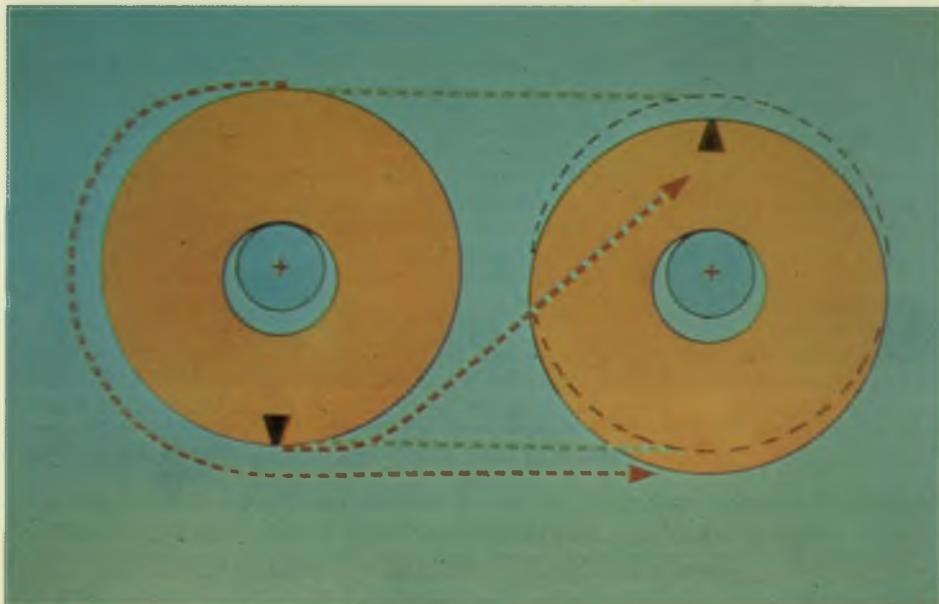
VELOCIDAD MAXIMA ADMISIBLE EN M/S	TIPO DE MUELA	
	AGLOMERANTE RESINOIDE Color de la línea	AGLOMERANTE VITRIFICADO Color de la línea
34 a 50	BLANCO	AZUL
51 a 63	AMARILLO	AMARILLO
64 a 80	ROJO	ROJO
81 a 100	VERDE	VERDE
101 a 120	AZUL-BLANCO-VERDE	AZUL-BLANCO-VERDE
121 a 140	AMARILLO-BLANCO-VERDE	AMARILLO-BLANCO-VERDE
141 a 160	ROJO-BLANCO-VERDE	ROJO-BLANCO-VERDE



Comprobación de posibles defectos por ensayo del sonido

#### *4.4.2. Montaje*

Las muelas deben montarse libremente sobre el eje. No deben entrar forzadas en el mismo, ni con demasiada holgura, las tolerancias serán  $\approx h 12/F 8$ .



*Importancia e influencia de la señalización, orientación y excentricidad de la muela.*

Los platillos portamuelas con la muela deberán atornillarse uniformemente y el apriete de los tornillos será diametralmente opuesto no debiendo realizar el apriete a fondo hasta que todos los tornillos de los platillos están montados.

En todos los aprietes se deberán utilizar llaves dinamométricas.

#### *4.4.3. Estado superficial*

Todas las superficies de las muelas, juntas y platos que están en contacto, deben estar limpias y exentos de cualquier cuerpo extraño.

#### *4.4.4. Núcleo*

El núcleo de la muela (casquillo, arandela reductora, etc.) no debe rebasar las caras de la misma.

#### **4.4.5. Arandelas**

Entre la muela y los platillos deben interponerse juntas de un material elástico (etiquetas, papel secante, etc.) que se comprima y cuyo espesor no debe ser inferior a 0,3 mm. ni superior a 0,8 mm. El diámetro de la junta no debe ser más pequeño que el diámetro del plato.

### **4.5. Reglas generales de utilización**

#### *4.5.1. Puesta en servicio de muelas nuevas*

Todas las muelas nuevas deben girar a la velocidad de trabajo al menos durante 3 minutos, antes de aplicarles el trabajo. Durante este tiempo no debe haber nadie en línea con la abertura del protector.

#### *4.5.2. Forma de efectuar el trabajo*

La pieza no debe迫使se contra una muela fría, sino aplicarse gradualmente, permitiendo a la muela calentarse, disminuyendo así al mínimo el riesgo de rotura. Esto se aplica cuando se comienza el trabajo por las mañanas en locales fríos y a las muelas nuevas que hayan estado almacenadas en sitios fríos.

#### *4.5.3. Presión de trabajo*

La presión entre la muela y la pieza a trabajar no debe ser en ningún momento tan fuerte que pueda originar una flexión del vástago. Es particularmente importante observar esta regla en relación con las muelas pequeñas en que la extremidad del vástago que penetra en la muela es de reducido diámetro (Ver 4.7.)

#### *4.5.4. Trabajo con refrigerante*

Cuando se comienza un trabajo, primero hay que poner en marcha la muela y luego el refrigerante.

Las muelas que trabajan con refrigerante no deben quedar sumergidas en él cuando no están trabajando. La parte sumergida podría originar en la muela un reblandecimiento provocando un desequilibrio. Cuando se finaliza un trabajo, debe, primeramente, cerrar el circuito del líquido y dejar girando la muela hasta que todo el líquido haya sido desalojado.

#### *4.5.5. Muelas desgastadas*

Las muelas que se hayan desgastado hasta perder su redondez deben ser rectificadas por una persona competente.

Las muelas desequilibradas por motivo de su uso y que no puedan ser equilibradas por medio de su rectificado o reavivado, deben quitarse de la máquina.

Las muelas que no estén en uso deben colocarse nuevamente en su estantería. Para evitar que se dañen se deben manejar con cuidado y no deben tocar el suelo.

Cuando estas muelas se vuelvan a usar se empleará la misma regla que si fuesen nuevas.

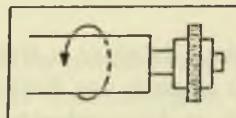
#### **4.6. Placas a colocar en la máquina**

En el cabezal y en sitio bien visible se pondrá una placa de aluminio indicando la velocidad periférica (en color rojo).

Por ejemplo, **45 M/S**

También en el cabezal y en sitio bien visible se pondrá una placa de aluminio indicando el sentido de la marcha de la muela.

Ejemplo:



En los anexos 7 y 8 se relacionan, el tipo de muela, tipo de aglomerante, dureza y la velocidad periférica en m/s.

#### **4.7. Muelas montadas sobre vástago**

El límite máximo de seguridad para velocidades de trabajo en muelas montadas con vástago, depende de tres factores:

1. Diámetro de vástago.
2. Distancia de la boca de la pinza a la muela (Fig. 19).
3. Forma y tamaño de la propia muela.

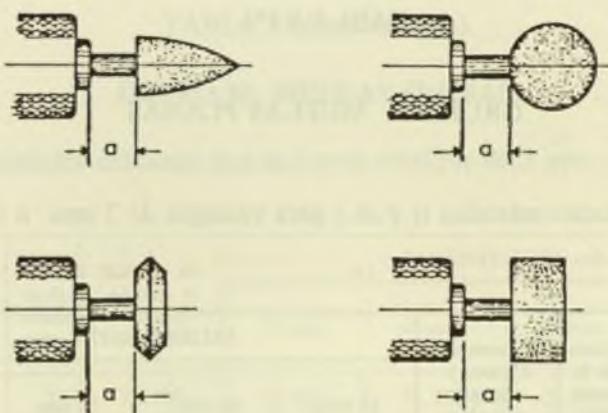


Figura 19

La distancia «a» corresponde al saliente del vástago.

En las tablas de 8 a 12 se puede hallar el límite máximo de seguridad para velocidad de trabajo. Los apoyos en falso, se entiende para vástagos no roscados. Para muelas montadas sobre vástagos roscados, se requiere velocidades de utilización inferiores a la de tamaños iguales no roscados.

Bajo ciertas condiciones de seguridad y equilibrio, se puede admitir velocidades superiores a las indicadas en las tablas de 8 a 12. Estas velocidades están basadas en la resistencia de las muelas montadas, de aglomerante vitrificado, de resina, o de caucho, de grado medio y aparecen en la tabla 13. Esta velocidad no debe sobrepasarse nunca.

Como repaso de las normas de empleo y uso de muelas, en el Anexo 9 se indican los principios mínimos que han de respetarse.

TABLA 8 (\*)

## GRUPO W. MUELAS PLANAS

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 3 mm. ó 1/8"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
W 143	3	3	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 144	3	6	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 145	3	10	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 146	3	13	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 151	5	3	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 152	5	6	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 153	5	10	80.850	52.500	37.500	26.250	17.620
W 154	5	13	70.500	45.600	31.500	21.970	15.220
W 157	6	2	123.000	65.625	47.770	33.150	21.750
W 158	6	3	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
W 159	6	5	92.400	57.370	39.370	27.900	18.900
W 160	6	6	81.370	51.000	34.120	24.000	16.870
W 161	6	8	77.250	45.970	30.900	22.500	16.120
W 162	6	10	68.400	42.370	28.870	20.850	15.000
W 163	6	13	60.000	38.020	26.250	18.750	13.870
W 164	6	19	45.900	30.000	21.750	15.900	11.850
W 165	8	2	107.400	62.470	41.250	29.250	20.250
W 166	8	3	96.970	57.000	35.620	25.120	18.000
W 167	8	6	75.000	45.750	31.120	22.500	15.750
W 168	8	8	68.400	41.770	28.650	21.000	15.000
W 169	8	10	61.650	37.720	27.000	19.870	14.250
W 170	8	13	52.500	33.000	23.020	16.650	12.600
W 171	8	19	37.120	25.500	18.750	14.620	10.020
W 172	10	2	99.370	59.250	41.020	29.250	20.250
W 173	10	3	87.600	53.250	24.750	20.850	17.250
W 174	10	6	69.000	41.250	27.750	20.400	15.000
W 175	10	10	54.000	33.000	24.150	18.000	13.500
W 176	10	13	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
W 177	10	19	33.750	23.250	17.620	13.650	10.850
W 178	10	25	26.250	18.750	14.250	10.870	8.250

(\*) Instrucciones UNE 006.

TABLA 8 (Continuación)

## GRUPO W. MUELAS PLANAS

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 3 mm. ó 1/8"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
W 181	13	2	76.390	55.500	36.750	25.500	17.850
W 182	13	3	73.500	43.650	29.100	20.770	15.450
W 183	13	6	51.750	31.870	22.500	17.250	12.900
W 184	13	10	41.020	26.400	19.500	15.000	11.400
W 185	13	13	34.500	22.500	16.870	13.120	9.900
W 186	13	19	26.250	17.400	12.750	9.750	8.020
W 187	13	25	20.620	13.870	10.120	7.870	6.370
W 190	16	2	61.120	48.000	31.500	22.650	16.870
W 191	16	4	58.870	34.500	25.120	18.900	14.250
W 192	16	7	43.120	27.370	19.870	15.220	11.620
W 193	16	10	32.250	23.020	16.500	12.520	9.750
W 194	16	13	29.400	19.120	13.500	10.500	8.250
W 195	16	19	22.120	14.250	10.120	7.650	6.150
W 196	16	25	17.620	11.620	8.100	6.150	5.100
W 199	19	2	50.930	44.770	30.000	21.750	15.750
W 200	19	3	50.930	33.520	23.850	17.850	13.350
W 201	19	6	38.250	24.370	17.400	13.270	9.970
W 202	19	10	30.600	19.500	13.500	10.120	7.800
W 203	19	13	25.500	15.900	10.870	8.250	6.600
W 204	19	20	18.900	12.000	8.400	6.220	5.250
W 210	22	2	43.650	35.250	25.720	18.900	14.320
W 211	22	3	43.650	27.900	20.400	15.820	12.220
W 212	22	6	33.750	20.400	14.400	11.020	9.000
W 213	22	10	27.000	16.870	11.250	8.250	6.600
W 215	25	3	38.200	24.900	18.000	13.870	10.500
W 216	25	6	30.520	18.600	12.750	9.520	7.500

TABLA 9 (\*)

## GRUPO W. MUELAS PLANAS

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 6 mm. ó 1/4"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
W 176	10	13	81.000	54.379	42.000	33.000	25.500
W 177	10	19	66.000	46.500	32.250	27.370	21.000
W 178	10	25	55.200	40.500	30.000	23.250	17.250
W 179	10	30	45.750	33.750	25.720	19.720	—
W 182	13	3	76.390	62.400	45.750	35.400	27.520
W 183	13	6	76.390	54.750	40.500	31.120	24.000
W 184	13	10	71.250	47.620	35.020	27.000	20.850
W 185	13	13	61.500	42.000	31.500	24.000	18.370
W 186	13	19	51.000	36.370	27.750	21.220	16.120
W 187	13	25	40.500	30.000	24.000	18.750	14.250
W 188	13	38	30.370	24.000	18.900	15.000	—
W 189	13	50	24.000	18.750	15.000	12.150	—
W 190	16	2	61.120	61.120	48.000	37.500	29.020
W 191	16	3	61.120	60.000	44.250	34.500	27.000
W 192	16	6	61.120	51.750	38.400	29.770	23.250
W 193	16	10	61.120	45.000	33.370	25.870	20.100
W 194	16	13	56.400	39.750	29.400	22.720	17.400
W 195	16	19	46.500	32.400	24.900	19.720	15.370
W 196	16	25	35.250	27.000	21.300	16.870	13.120
W 197	16	50	21.000	16.500	12.900	10.870	—
W 198	16	63	16.500	12.900	10.870	—	—
W 201	19	6	50.930	50.930	38.100	29.020	22.500
W 202	19	10	50.930	44.100	32.400	25.120	19.350
W 203	19	13	50.930	36.370	27.750	21.750	16.870
W 204	19	19	42.750	30.750	23.250	18.000	14.020
W 205	19	25	34.500	25.870	19.500	15.000	12.000
W 206	19	30	28.720	21.520	17.020	13.500	—
W 207	19	38	24.000	18.520	14.620	12.000	—
W 208	19	50	18.750	15.370	12.000	9.900	—
W 209	19	63	15.000	12.150	10.500	—	—
W 211	22	3	43.650	43.650	42.900	33.000	26.250
W 212	22	6	43.650	43.650	35.100	27.600	21.370
W 213	22	10	43.650	40.870	29.400	23.400	18.370

(\*) Instrucciones UNE 006.

TABLA 9 (Continuación)

## GRUPO W. MUELAS PLANAS

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 6 mm. ó 1/4"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
W 215	25	3	38.200	38.200	38.200	33.750	25.500
W 216	25	6	38.200	38.200	33.750	26.250	20.250
W 217	25	10	38.200	38.200	28.500	22.500	17.400
W 218	25	13	38.200	32.770	24.900	19.500	14.850
W 219	25	19	35.100	24.520	18.750	15.000	12.000
W 220	25	25	25.500	19.120	15.750	12.370	10.500
W 221	25	38	19.120	14.620	12.000	10.500	—
W 222	25	50	15.900	12.370	9.750	8.620	—
W 223	25	63	12.370	9.900	8.620	—	—
W 225	30	6	30.560	30.560	30.560	24.000	18.750
W 226	30	10	30.560	30.560	26.250	20.100	15.750
W 227	30	13	30.560	29.620	22.650	18.000	14.100
W 228	30	19	30.520	22.500	17.850	14.250	11.400
W 229	30	25	24.000	18.750	15.370	12.000	9.900
W 230	30	30	20.400	15.900	12.750	10.500	—
W 231	30	38	17.620	13.500	10.650	9.000	—
W 232	30	50	14.250	10.650	9.000	7.500	—
W 235	38	6	25.470	25.470	25.470	22.720	17.620
W 236	38	13	25.470	25.470	21.750	17.250	13.650
W 237	38	25	22.500	17.620	13.270	10.870	9.520
W 238	38	38	15.600	12.000	9.750	8.250	—

TABLA 10 (\*)

## GRUPO B. MUELAS DE FORMA

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 3 mm. ó 1/8"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
B 41	15	15	33.750	23.250	17.620	13.650	10.350
B 42	13	19	33.750	23.250	17.620	13.650	10.350
B 43	6	10	81.370	51.000	34.120	24.000	16.870
B 44	6	10	68.400	42.370	28.870	20.850	15.000
B 45	6	8	104.250	61.870	44.620	30.900	20.250
B 46	3	8	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 47	3	4	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 51	12	19	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
B 52	10	19	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
B 53	8	15	60.000	38.020	26.250	18.750	13.870
B 54	6	13	60.000	38.020	26.250	18.750	13.870
B 55	3	6	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 61	19	8	38.250	24.370	17.400	13.270	9.970
B 62	13	10	41.020	26.400	19.500	15.000	11.400
B 63	6	5	92.400	57.370	39.370	27.900	18.900
B 64	6	2	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 65	3	3	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 70	19	3	50.930	41.250	27.750	20.400	15.000
B 71	16	3	61.120	48.000	31.500	22.650	16.870
B 72	13	3	73.500	43.650	29.100	20.770	15.450
B 73	13	3	73.500	43.650	29.100	20.700	15.450
B 74	6	2,5	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 81	19	5	50.930	41.250	27.750	20.400	15.000
B 82	13	6	76.390	51.000	34.120	24.000	16.870
B 83	10	5	87.600	53.250	35.250	24.750	17.250
B 84	8	5	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 92	13	16	34.500	22.500	16.870	13.120	9.900
B 92	6	6	81.370	51.000	34.120	24.000	16.870
B 93	5	5	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 94	4	2,5	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 95	3	5	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 96	3	6	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 97	3	10	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370

(\*) Instrucciones UNE 006.

TABLA 10 (Continuación)

## GRUPO B. MUELAS DE FORMA

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 3 mm. ó 1/8"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
B 98	2,5	7	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 101	16	18	33.750	23.250	17.620	13.650	10.350
B 102	16	13	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
B 103	16	5	61.120	41.250	27.750	20.400	15.000
B 104	8	10	68.400	42.370	28.870	20.850	15.000
B 105	7	7	104.250	61.870	44.620	30.900	20.250
B 106	4	3	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 111	11	18	33.750	23.250	17.620	13.650	10.350
B 112	10	13	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
B 113	7	7	81.370	51.000	34.120	24.000	16.870
B 114	6	10	68.400	42.370	28.870	20.850	15.000
B 115	2,5	4	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 121	13	13	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
B 122	10	10	61.650	37.720	27.000	19.870	14.250
B 123	5	5	104.250	61.820	44.620	30.900	20.250
B 124	4	3	105.000	64.500	46.650	32.400	21.370
B 131	13	13	34.500	22.500	16.870	13.120	9.900
B 132	10	13	45.370	28.500	21.000	15.900	12.150
B 133	10	10	54.000	33.000	24.150	18.000	13.500
B 134	8	10	61.650	37.720	27.000	19.870	14.250
B 135	7	13	60.000	38.020	26.250	18.750	13.870
B 136	7	8	77.250	45.920	30.900	22.500	16.120

TABLA 11 (\*)

## GRUPO B. MUELAS DE FORMA

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 6 mm. ó 1/4"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»			
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.
B 41	16	16	61.120	46.500	35.250	27.370	21.000
B 42	13	19	61.120	46.500	35.250	27.370	21.000
B 51	11	19	81.000	54.370	42.000	33.000	25.500
B 52	10	19	81.000	54.370	42.000	33.000	25.500
B 61	19	8	50.930	50.930	38.100	29.020	22.500
B 62	13	10	71.250	47.620	35.020	27.000	20.850
B 71	16	4	61.120	61.120	48.000	37.500	29.020
B 72	13	4	76.390	62.400	45.750	35.400	27.520
B 73	13	4	76.390	62.400	45.750	35.400	27.520
B 91	13	16	61.500	42.000	31.500	24.000	18.370
B 101	16	18	61.120	46.500	35.250	27.370	21.000
B 102	16	13	61.120	54.370	42.000	33.000	25.500
B 111	11	18	66.000	46.500	35.250	27.360	21.000
B 112	10	13	81.000	54.370	42.000	33.000	25.500
B 121	13	13	76.390	54.370	42.000	33.000	25.500
B 131	13	13	61.500	42.000	31.500	24.000	18.370
B 132	10	13	81.000	54.370	42.000	33.000	25.500

(\*) Instrucciones UNE 006.

TABLA 12 (\*)

## GRUPO A. MUELAS DE FORMA

Velocidades máximas (r.p.m.) para vástagos de 6 mm. ó 1/4"

Forma número	Diámetro de la muela mm.	Altura de la muela mm.	Saliente de 13 mm. y vástagos roscados	SALIENTE-COTA «a»				
				25 mm.	40 mm.	50 mm.	60 mm.	75 mm.
A 1	20	65	19.800	16.500	13.120	10.650	9.000	6.750
A 2	25	32	38.200	32.620	25.500	20.620	16.870	13.500
A 3	23	70	18.000	14.620	12.000	9.750	7.500	5.250
A 4	32	32	30.560	24.750	20.250	16.120	13.120	10.500
A 5	19	28	45.000	33.750	27.000	21.000	16.500	13.500
A 6	19	28	39.000	29.700	24.000	18.970	15.000	12.000
A 11	22	45	27.520	21.900	18.000	14.620	12.000	9.370
A 12	18	32	48.000	32.250	27.370	21.750	17.250	13.500
A 13	28	28	33.950	32.250	25.500	20.620	16.500	12.750
A 14	18	22	55.560	40.500	30.750	24.370	19.500	15.000
A 15	7	28	72.750	47.620	34.500	26.250	19.870	13.870
A 21	25	25	34.500	26.250	21.000	17.250	13.870	10.870
A 22	19	16	50.930	40.500	30.750	24.370	19.500	15.000
A 23	19	25	39.370	30.370	24.370	19.500	15.000	12.000
A 24	7	19	76.500	49.500	36.370	27.000	20.250	15.370
A 25	25	25	35.620	27.370	22.120	18.000	14.250	11.250
A 26	16	16	61.120	46.500	35.250	27.750	21.370	15.750
A 31	35	25	27.780	26.250	21.000	17.250	13.500	10.870
A 32	25	16	38.200	38.200	30.000	24.000	18.900	15.000
A 33	25	13	38.200	38.200	30.000	24.000	18.900	15.000
A 34	40	10	25.470	25.470	25.470	21.970	18.000	13.870
A 35	25	10	38.200	38.200	31.500	25.500	20.250	15.900
A 36	42	10	23.520	23.520	23.520	21.750	17.620	13.870
A 37	30	7	30.560	30.560	30.560	28.100	22.500	18.000
A 38	25	25	34.500	26.250	21.000	17.020	13.500	10.650
A 39	19	19	47.250	35.250	27.750	22.120	17.250	13.120

(\*) Instrucciones UNE 006.

**TABLA 13 (\*)**  
**VELOCIDADES MAXIMAS ESPECIALES**

Diámetro muela mm.	Velocidad máxima r.p.m.
6	152.800
8	122.200
10	101.900
11	87.310
13	76.390
16	61.120
17	55.560
20	47.750
22	43.650
24	40.740
25	38.200
28	33.950
32	30.560
34	27.780
40	25.470
42	23.520
44	21.820
50	19.100

(\*) Instrucciones UNE 006.

## ANEXO 6 (\*)

Diámetro muela mm.	Velocidad periférica m/s											
	12	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125
3	76.390	101.860	127.320	159.160								
6	38.200	50.930	63.660	79.580	101.860	111.410	127.320	159.160				
8	28.650	38.200	47.750	59.680	76.390	83.560	95.490	119.370	150.400			
10	22.920	30.560	38.200	47.750	61.120	66.850	76.390	95.490	120.320	152.790		
13	17.630	23.510	29.380	36.730	47.010	51.420	58.770	73.460	92.560	117.530		
16	14.320	19.100	23.870	29.840	38.200	41.780	47.750	59.680	75.200	95.490		
20	11.460	15.270	19.100	23.870	30.560	33.420	38.200	47.750	60.160	76.390	95.490	
25	9.170	12.220	15.280	19.100	24.450	26.740	30.560	38.200	48.130	61.120	76.390	95.490
32	7.160	9.550	11.940	14.920	19.100	20.890	23.870	29.840	37.600	47.750	59.680	74.600
40	5.730	7.640	9.550	11.940	15.280	16.710	19.100	23.870	30.080	38.200	47.750	59.680
50	4.580	6.110	7.640	9.550	12.220	13.370	15.280	19.100	24.060	30.560	38.200	47.750
63	3.640	4.850	6.060	7.580	9.700	10.610	12.130	15.160	19.100	24.250	30.320	37.890
80	2.870	3.820	4.780	5.970	7.640	8.360	9.550	11.940	15.040	19.100	23.870	29.840
100	2.290	3.060	3.820	4.780	6.110	6.680	7.640	9.550	12.030	15.280	19.100	23.870
125	1.830	2.440	3.060	3.820	4.890	5.350	6.110	7.640	9.630	12.220	15.280	19.100
150	1.530	2.040	2.550	3.180	4.070	4.460	5.090	6.370	8.020	10.190	12.730	15.920
180	1.270	1.700	2.120	2.650	3.400	3.710	4.240	5.310	6.680	8.490	10.610	13.260
200	1.150	1.530	1.910	2.390	3.060	3.340	3.820	4.780	6.020	7.640	9.550	11.940
230	1.000	1.330	1.660	2.080	2.660	2.910	3.320	5.150	5.230	6.640	8.300	10.380
250	920	1.230	1.530	1.910	2.440	2.670	3.060	3.820	4.810	6.110	7.640	9.550
300	760	1.020	1.270	1.590	1.040	2.230	2.550	3.180	4.010	5.090	6.370	7.960
350 356	640	860	1.070	1.340	1.720	1.880	2.150	2.680	3.380	4.290	5.360	6.710
400 406	560	750	940	1.180	1.510	1.650	1.880	2.350	2.960	3.760	4.700	5.880
450 457	500	670	840	1.040	1.340	1.460	1.670	2.090	2.630	3.340	4.180	5.223
500 508	450	600	750	940	1.200	1.320	1.500	1.880	2.370	3.010	3.760	4.700
600 610	380	500	630	780	1.000	1.110	1.250	1.570	1.970	2.500	3.130	3.910
750 762	300	400	500	630	800	880	1.000	1.250	1.580	2.010	2.510	3.130
800 813	280	380	470	590	750	820	940	1.170	1.480	1.880	2.350	2.940
900 915	250	330	420	520	670	730	830	1.040	1.310	1.670	2.090	2.610
1.000 1.020	220	300	370	470	600	660	750	940	1.180	1.500	1.870	2.340
1.060 1.066	210	290	360	450	570	630	720	900	1.130	1.430	1.790	2.240
1.200 1.220	190	250	310	390	500	550	630	780	990	1.250	1.570	1.960
1.500	150	200	250	320	410	450	510	640	800	1.020	1.270	1.590
1.800	130	170	210	270	340	370	420	430	670	850	1.060	1.330

(\*) FEPA 1987.

## ANEXO 7 (\*)

### VELOCIDADES MAXIMAS NORMALES

Número de orden	Clase de muela	Aglomerantes vitrificados y de silicato			Aglomerantes orgánicos		
		Muela de dureza			Muela de dureza		
		baja m/s	media m/s	alta m/s	baja m/s	media m/s	alta m/s
1	— Muelas planas (excepto la núm. 7). — Muelas cónicas. — Muelas con rebaje. — Muelas de plato. — Muelas de plato plano.	28	30	33	33	40	48
2	— Aros.	23	28	30	25	30	35
3	— Muelas con cola de milano. — Copa cónica.	23	28	30	30	40	48
4	— Muelas de copa.	23	25	28	30	40	48
5	— Disco abrasivo montado sobre plato o de tuercas encastradas.	28	30	33	28	35	42
6	— Discos tipo aro montados sobre plato o de tuercas encastradas.	23	28	30	25	30	38
7	— Muelas armadas hasta 250 mm. de diámetro y 13 mm. de espesor, excepto las de tronzar.				50	60	80(1)
8	— Muelas de centro hundido.				50	60	80(1)

NOTAS: Consultese al fabricante para el empleo de formas raras y extremas, como en el caso de muelas, de copa o vaso, de paredes altas y delgadas, muelas de gran altura y poco diámetro, o muelas de agujero muy grande. Las velocidades máximas corresponden a la resistencia de la muela y no a su rendimiento. La velocidad correspondiente al mejor rendimiento puede ser notablemente más baja.

(1) Estas velocidades se refieren a máquinas girando en vacío.

(\*) Instrucciones UNE 006.

## ANEXO 8

### VELOCIDADES MAXIMAS ESPECIALES

Número de orden	Clase de muela	Aglomerante cerámico y de silicato			Aglomerante orgánico		
		Muela de dureza			Muela de dureza		
		baja m/s	media m/s	alta m/s	baja m/s	media m/s	alta m/s
9	— Muelas de tronzar empleadas en máquinas suspendidas o portátiles.						63
10	— Muelas de tronzar sobre máquina fija (2).						80
11	— Muelas para roscas.	40	50	60	50	60	
12	— Muelas para cigüeñales.	28	30 a 37	33 a 42			
13	— Muelas para ejes de levas.	28	30 a 40	33 a 42			
14	— Muelas prensadas en caliente empleadas sobre desbarbadoras automáticas.						60

(2) Queda prohibido el empleo de muelas de tronzar no armadas en máquinas portátiles, cualquiera que sea el aglomerante.

## ANEXO 9

Unos principios mínimos tienen que respetarse antes de la utilización de las muelas abrasivas.

### VERIFICACION

A la recepción del Envío de muelas, controlar éstas visualmente para asegurarse de que están intactas.

Este control se completa con:

### ENSAYO DE SONIDO

A fin de descubrir un posible golpe durante el almacenamiento o en el transporte, es necesario «sonar» las muelas golpeándolas con un objeto no metálico.

El ensayo de sonido debe hacerse:

- a la recepción del producto,
- a la salida del almacén,
- en el momento del montaje sobre la máquina.

### MANIPULACION

Es necesario manipular las muelas con precaución para evitar los golpes.

### ALMACENAMIENTO

Las muelas serán almacenadas sobre estanterías especialmente estudiadas al efecto.

NOTA: Los productos resinoides deben ser utilizados en los 2 años que siguen a su fabricación.

### VELOCIDAD

La velocidad máxima marcada sobre la muela no debe JAMAS superarse, debiendo hacerse un control periódico de las revoluciones del eje porta-muelas.

### MONTAJE

Es necesario asegurarse de que:

- el eje es el adecuado,
- los platillos de sujeción estén bien planos,
- el diámetro de los platillos esté de acuerdo con el de la muela,
- el platillo fijo esté bien sujetado,
- la muela se coloque libremente en el eje, sin forzarla,
- las etiquetas (secantes) se intercalen correctamente entre la muela y los platillos de sujeción,
- la fijación de la muela esté bien bloqueada.

No olvidar equilibrar la muela (trabajos de precisión).

## **5. EQUILIBRADO, REAVIVADO Y CONFORMADO**

## **5. EQUILIBRADO, REAVIVADO Y CONFORMADO**

Las altas velocidades periféricas de las muelas abrasivas dan una especial importancia a la dinámica del proceso mismo de rectificado y a la máquina, con el incremento de la calidad y producción de rectificado. Ello cobra especial importancia con la aparición de fuerzas periódicas de aceleración de masas y vibraciones parasitarias como son las producidas por las muelas.

En la fabricación de las propias muelas, se obtiene ya un desequilibrio mínimo.

El desequilibrio de las muelas durante el acabado, se mide con equilibradoras para controlar su estado. Cuando el desequilibrio admisible es sobre pasado, se introducen modificaciones en la conformación de la muela, o en casos especiales, se realiza por compensación de masas (contrapesos y agua).

Las muelas son analizadas por sus propiedades geométricas y físicas, de acuerdo con la técnica del equilibrado.

De las propiedades físicas, es importante para el equilibrado, la masa de la muela, el lugar del centro de gravedad y en el caso de cuerpos a rectificar largos y cilíndricos, la situación del eje de inercia de masas que corresponde al eje portante.

La propiedad geométrica viene caracterizada por el eje portante de la muela, el cual es determinado por el centro geométrico de aquella y posteriormente durante el funcionamiento por su montaje con la brida y el eje portante del husillo.

Sólo cuando intervienen conjuntamente las citadas propiedades físicas y geométricas se produce el desequilibrio de la muela.

### **5.1. Origen del desequilibrio de las muelas**

Durante el proceso de fabricación de las muelas existe un desequilibrio imputable a la falta de homogeneidad de la muela, por la distribución de las masas no uniforme, referida al eje portante y en la forma asimétrica, derivada de las desviaciones geométricas. La figura 20, muestra las causas de falta de homogeneidad, que se producen por mezclas irregulares por compresiones previas del chorro de alimentación y por la concentración de cargas no paralelas.

Estos problemas se reducen controlando el molde y la matriz, buscando paralelismo entre las caras y ángulos rectos respecto a las superficies laterales del molde cilíndrico. El centro del molde y el de la matriz deberán coincidir y las tolerancias no deberán sobrepasar los límites admisibles.

## 5.2. Desequilibrio admisible

En las muelas dispuestas para el suministro, se rigen por el valor máximo admisible de la cantidad de desequilibrio referente a los aspectos técnicos del rectificado y según la siguiente ecuación:

$$\vec{U}_a = m_a \cdot \vec{r} \quad (1)$$

$\vec{U}_a$  = momento de desequilibrio admisible.

$m_a$  = masa admisible de desequilibrio.

$r$  = radio de la muela.

Antes, como valores orientativos se utilizaban las recomendaciones VDS, que definían la masa de desequilibrio.

$$\gamma = \frac{m_a}{M} \% \quad (2)$$

$m_a$  = masa admisible de desequilibrio.

$M$  = masa de la muela (g).



Fig. 20.—Homogeneización de la masa.

El valor de  $\gamma$  tiene la dimensión %o y viene determinado por los valores de anchura y diámetro de la muela, así como por la finalidad del uso de la muela (tabla 14).

TABLA 14

Las tolerancias admisibles según la comisión técnica de la Asociación de Fabricantes Alemanes son las de la tabla siguiente:

ANCHURA MUELA mm.	DIAMETRO MUELA mm.	TANTOS POR MIL ADMISIBLES DEL PESO TOTAL MUELA %
Hasta 8	Todos	12
8 a 12,5	Todos	10
12,5 a 19	Todos	6
20 y más	300	4
20 y más	300 a 750	3
20 y más	750	2

Posteriormente y debido al avance y técnica del rectificado, teniendo presente las vibraciones, la norma DIN 69.106, empleó el coeficiente K para obtener la masa admisible de desequilibrio.

Igualmente la norma ISO 6.103 y la UNE 16.342 establecen el valor del coeficiente K, en función de su utilización, tipo de máquina, tipo y dimensiones de muela y velocidad periférica:

$$m_a = K \sqrt{M} \quad (3)$$

$m_a$  = centinewtons (CN) = g.

M = peso de la muela en centinewtons (CN).

### Ejemplo

Una muela plana para el rectificado cilíndrico exterior tiene:

M = 18000 g. (CN)

d = 400 mm.

Vp = 60 m/s.

El valor de K, según la tabla 15, es K = 0,25.

$$m_a = 0,25 \sqrt{18000} = 33,5 \text{ g.}$$

TABLA 15

Valores del coeficiente K

UTILIZACION	MAQUINAS	MUELAS (D mm)	COEFICIENTE K EN FUNCION DE V (m/s)			
			V≤40	40<≤63	63<V≤100	
Desbarbado	Portátiles		Planas o de forma (centro hundido incluido) reforzadas o no; aglomerante resina sintética o vitrificado.	0,40	0,32	0,25
	Fijas o suspendidas	Torreta o bancada soporte		0,63	0,50	0,40
		Máquinas de rectificar de gran presión	Planas en resina sintética de gran densidad.	0,80	0,63	0,50
Rectificación Afilado Planeado	Fijas	Planas o de forma; aglomerante resina sintética o vitrificado	D≤305	0,25	0,20	0,16
			305<D≤610	0,32	0,25	0,20
			D>610	0,40	0,32	0,25
Tronzado	Portátiles	Planas, o de centro hundido reforzadas, aglomerante resina sintética		0,40	0,32	0,25
	Fijas u oscilantes	Planas o de centro hundido, reforzadas o no; aglomerante resina sintética	D≤305	0,50	0,40	0,32
			D>305	0,63	0,50	0,40

Según la tabla 16,  $m_a = 28$  g.

El momento de desequilibrio admisible será:

$$U_a = 33,5 \times 200 = 6.700 \text{ g.mm.}$$

En el supuesto de que el centro de gravedad esté desplazado paralelamente un espacio  $e$ , hacia el eje portante, tendremos para un desplazamiento de  $e = 0,1$  mm.

$$\vec{U} = M \cdot \vec{e}$$

$$U = 18000 \times 0,1 = 1800 \text{ g.mm.}$$

Referido al diámetro exterior de la muela tendremos:

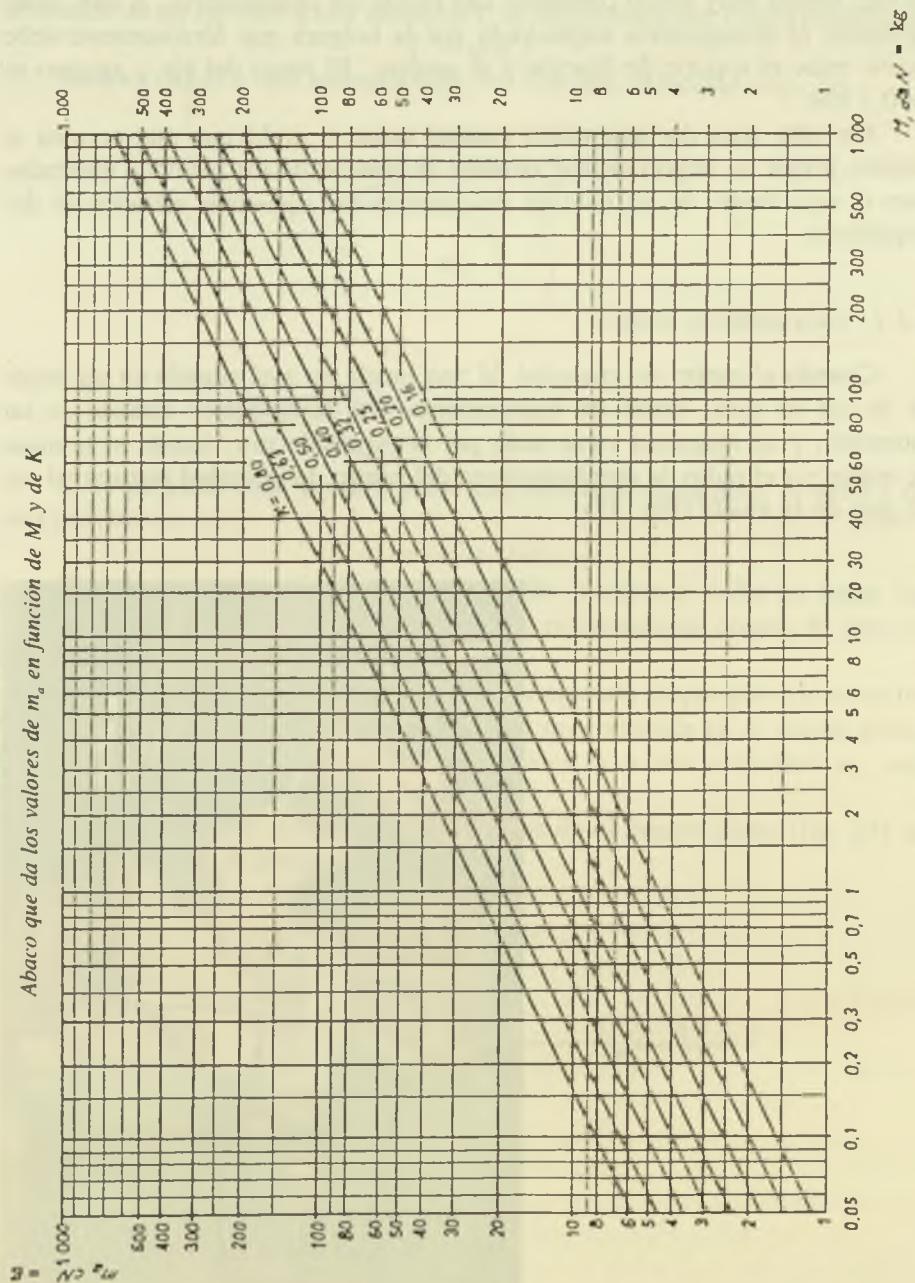
$$m = \frac{U}{d/2} = \frac{1800 \text{ g.mm.}}{200 \text{ mm.}} = 9 \text{ g. de masa de desequilibrio}$$

$$\text{según la VDS, } \gamma = \frac{27}{18000} = 1,5\% \text{ (lo comprobamos en la tabla 14).}$$

De todo lo anterior el valor real que nos interesa es el  $m_a$ , el cual podemos comprobar mediante las tablas 15 y 16 de la UNE 16.342 y el % admissible de la tabla 14.

TABLA 16

Abaco que da los valores de  $m_a$  en función de  $M$  y de  $K$



### 5.3. Tipos de equilibrado

Suponiendo que las muelas son sólidos cilíndricos que giran alrededor de un eje, resulta muy difícil conseguir una muela sin desequilibrio. A ello, debe agregarse el desequilibrio engendrado por la holgura que forzosamente debe existir entre el soporte de fijación y el agujero. El juego del eje y agujero es de 0,2 mm.

Por ello, para dar una visión general sobre el problema, que permita al usuario juzgar su importancia y también la bondad de los métodos utilizados para el equilibrado de las muelas, describimos los siguientes métodos de desequilibrio:

#### 5.3.1. Desequilibrio estático

Cuando el centro de gravedad de una muela no está situado en un punto de su eje de giro, existe un desequilibrio. Un desequilibrio estático es un momento, y su magnitud viene dada por la expresión  $m \cdot r$ , siendo  $m$  la masa de muela y  $r$  el radio de desplazamiento del centro de gravedad respecto al eje de giro de la muela (Fig. 21).



Fig. 21.—Forma de equilibrado estético

### 5.3.2 Desequilibrio estático corregido dinámicamente

Si la masa  $m$  del punto anterior va animada de una velocidad de giro  $w$  alrededor de un eje «O» a una distancia  $r$ , se engendrará una fuerza centrífuga:

$$F = mw^2 r$$

Esta es radial y está animada a su vez con una velocidad (fig. 22).

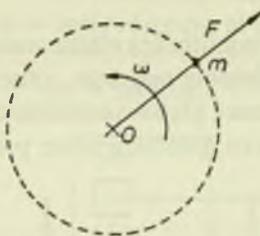


Fig. 22.—Fuerza que produce el equilibrado

Si se proyecta esta fuerza  $F$  sobre una dirección cualquiera, el valor  $f$  de esta proyección vale:

$$f = mw^2 r \cos(wt - \gamma)$$

Esta fuerza hará aparecer vibraciones de frecuencia  $w/2\pi$  en todas las direcciones posibles, pero su amplitud variará en función del coseno de  $(wt - \gamma)$  según la dirección considerada.

Para que exista equilibrio bastará que a esta masa  $m$  que gira con un radio  $r$  y a una velocidad  $w$ , se le ponga una masa  $m_1$  contenida en el mismo plano que la anterior y que, girando con un radio  $r_1$  y a una velocidad  $w_1$ , sea equivalente dinámicamente a la primera.

Si las masas  $m$  y  $m_1$  no están contenidas en el mismo plano (fig. 23) se engendrará un par de intensidad  $f_1 d$ .

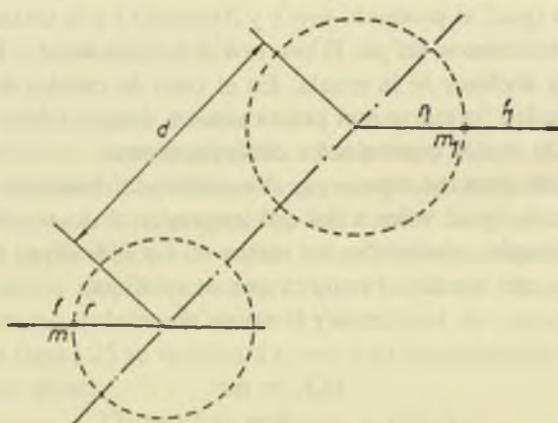


Fig. 23.—Par producido por fuerzas en planos distintos.

En conclusión, si el centro de gravedad de una muela está situado en su eje de giro, podemos afirmar que está equilibrada estáticamente, pero ello no implica que lo esté dinámicamente. No obstante, en la práctica puede afirmarse que cuanto mejor equilibrada esté una muela estáticamente menor será en general su desequilibrio dinámico.

### 5.3.3. Desequilibrio dinámico

Supongamos una muela equilibrada estáticamente, si le añadimos dos masas iguales «A» y «B» diametralmente opuestas, situadas a la misma distancia del eje de giro, pero sobre diferentes planos perpendiculares al eje (fig. 24), seguirá equilibrada estáticamente, pero dinámicamente presentará un desequilibrio.

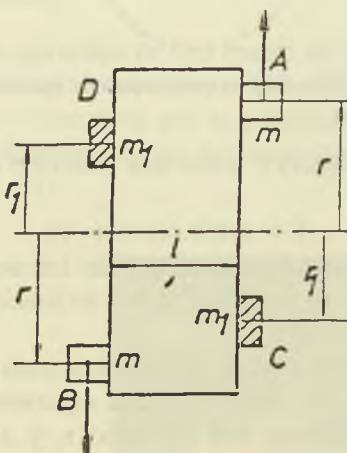


Fig. 24.—Desequilibrio dinámico

Cada una de las masas «A» y «B» iguales a  $m$  engendran al girar una fuerza de inercia igual al producto  $mw^2r$  y llamando  $l$  a la distancia que separa los dos planos, tendremos un par  $F.l = mw^2rl$  proporcional a la magnitud  $l$  y en definitiva a la anchura de la muela. En el caso de muelas de poco espesor, los pares que pueden formarse son prácticamente despreciables y podrán equilibrarse añadiendo masas equivalentes dinámicamente.

En muelas de grandes espesores, el equilibrado dinámico deberá hacerse oponiendo pares de igual valor a los que engendre el desequilibrio natural de la muela. Por ejemplo, añadiendo dos masas «C» y «D» (Fig. 24), de masa  $m_1$  a una distancia  $r_1$  del eje de tal manera que se verifique:

$$m_1 w^2 r_1 l = mw^2 rl$$

o sea

$$m_1 r_1 = mr$$

luego

$$r_1 = mr/m_1$$

Generalizando, puede decirse que el desequilibrio dinámico engendrado por una sobrecarga en un cuerpo de revolución al girar, se caracteriza por los productos  $m_1r_1$  y  $m_2r_2$  de las masas  $m_1$  y  $m_2$  a situar en los planos de compensación  $P_1$  y  $P_2$  a una distancia  $r_1$  y  $r_2$  (Fig. 25) del eje de rotación, tales que:

$$(1) m_1r_1l = mrl_C \text{ respecto al punto C}$$

o sea

$$r_1 = mrl_C/m_1l$$

$$(2) m_2r_2l = mrl_D \text{ respecto al punto D}$$

luego,

$$r_2 = mrl_D/m_2l$$

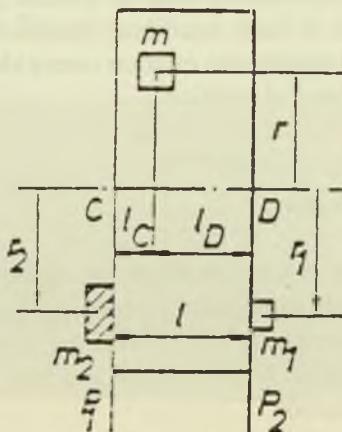


Fig. 25.—Momentos de inercia

y de tal forma que el momento engendrado por la fuerza de inercia de la masa  $m$  respecto a un punto cualquiera del eje de giro, sea igual y contrario al engendrado por las sobrecargas de equilibrado.

En este caso, sumando miembro a miembro las ecuaciones (1) y (2) tenemos:

$$(m_1r_1 + m_2r_2)l = mr(l_C + l_D) = mrl$$

luego,

$$m_1r_1 + m_2r_2 = mr$$

la suma de momentos es nula respecto a los puntos «C» y «D» y por tanto lo será también para todos los puntos del eje; en el caso particular de equilibrado de muelas, como sea que en general los fabricantes de máquinas rectificadoras no han previsto la posibilidad de variar los radios de colocación de los contrapesos en los planos de compensación  $P_1$  y  $P_2$  (planos determinados por las pletinas de fijación), solamente existe la posibilidad de variar las masas  $m_1$  y  $m_2$  con lo que la figura 25 se verificará  $r_1 = r_2$  y el razonamiento anterior quedará justificado como sigue:

$$(3) m_1r_1l = mrl_C; m_1 = mrl_C/r_1l$$

$$(4) m_2r_1l = mrl_D; m_2 = mrl_D/r_1l$$

sumando miembro a miembro las ecuaciones (3) y (4) tendremos:

$$(m_1 + m_2)r_1 l = mr(l_C + l_D) = mrl$$

y simplificando

$$m_1r_1 + m_2r_2 = mr$$

También en este caso vemos que los pares son equivalentes. Como conclusión, diremos que el equilibrado dinámico exige como mínimo dos planos de compensación, mientras que para el equilibrado estático es necesario uno. Es evidente que las masas  $m_1$  y  $m_2$  sólo pueden ser iguales en el caso de que las distancias  $l_C$  y  $l_D$  sean iguales; sin embargo, como la masa  $m$  puede suponerse bastante centrada y las muelas suelen tener un espesor pequeño comparado con su diámetro, en la práctica se suele equilibrar dinámicamente de forma similar a un equilibrado estático (equilibrado estático corregido dinámicamente) y aun en muchos casos sólo se hace el estático.

#### 5.4. Sistemas de equilibrado

La compensación del desequilibrio en las muelas se puede realizar por medios líquidos y de forma automática, o bien por medio de contrapesos regulados manual o automáticamente. En la brida del cuerpo abrasivo en rotación se halla integrado un sistema de recipientes anulares de varias cámaras para alojar la masa de compensación.

El desequilibrio  $U$  tiene un contrapeso  $K$  de igual magnitud, el contrapeso  $K$  es repartido en dos magnitudes vectoriales  $V$  y  $V_2$  (Fig. 26).

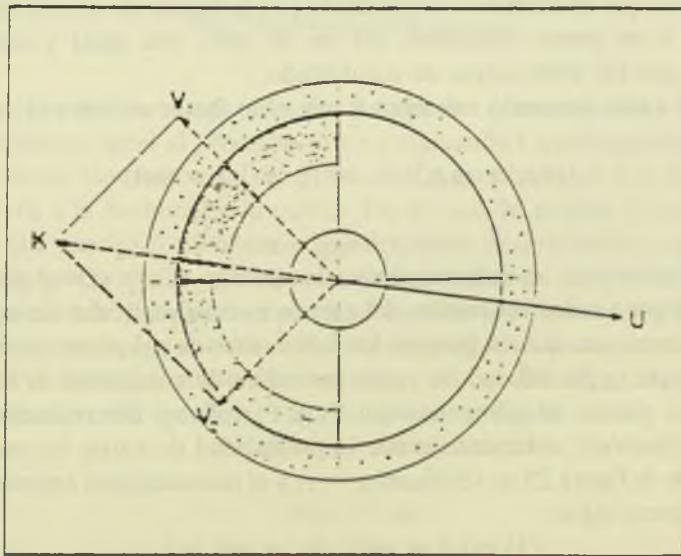
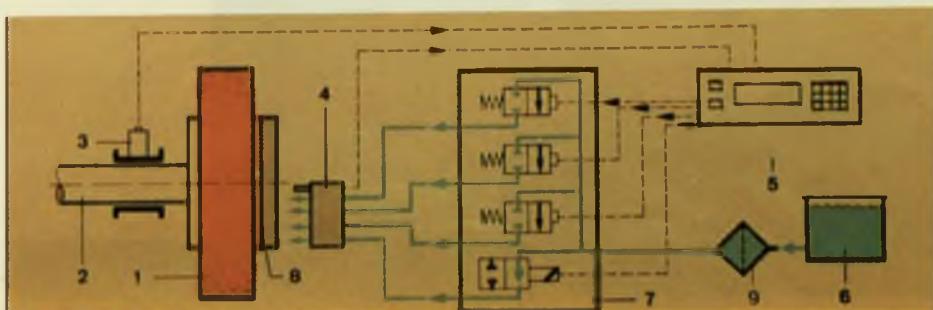


Figura 26

La magnitud del desequilibrio y su situación están determinados en un procedimiento especial de medición y dispuestos para el mando del proceso de equilibrado. El líquido de compensación es conducido a través de cuatro boquillas inyectoras dispuestas en forma fija.

Una correcta compensación de las masas de desequilibrio del cuerpo a rectificar es decisiva para la eliminación de todas las fuerzas dinámicas. La compensación de masas de uno o dos planos, depende de los centros de gravedad del desequilibrio.

Los siguientes sistemas de equilibrado fueron desarrollados por Hofmann. Estos sistemas que equilibran el conjunto de la muela, alojamiento y husillo, hacen posible una estabilidad de marcha segura y sin perturbaciones de la rectificadora (Figs. 27 a 33).



- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1 - Muela                                       | 5 - Unidad de ajuste y medición    |
| 2 - Eje de impulsión                            | 6 - Medio de refrigeración         |
| 3 - Captador de vibraciones                     | 7 - Juego de válvulas              |
| 4 - Bloque de boquillas, con generador de fases | 8 - Recipiente anular de 4 cámaras |

Fig. 27.—Esquema de funcionamiento

Un moderno equipo electrónico, con microprocesador incorporado, identifica automáticamente el comportamiento vibratorio, determinando los factores específicos de la máquina. La capacidad de esta nueva tecnología augura un óptimo resultado de equilibrado en cualquier condición de funcionamiento. Las vibraciones exteriores y variaciones en la estabilidad de marcha, no ejercen ninguna influencia sobre el resultado de la medición.

Un proceso propio de observación y diagnóstico controla todos los componentes del sistema e informa en su momento de las modificaciones sobre el estado de equilibrado.

El sistema de regulación con apoyo del ordenador, garantiza una optimización del proceso de equilibrado en cada rectificadora. La capacidad abarca una compensación de masas de 5 a 50.000 c.m.g. (centímetros gramo).

Existe otro sistema bastante generalizado, como es el tipo KOMPENSER, que se basa igualmente por las vibraciones que recoge un captador colocado en

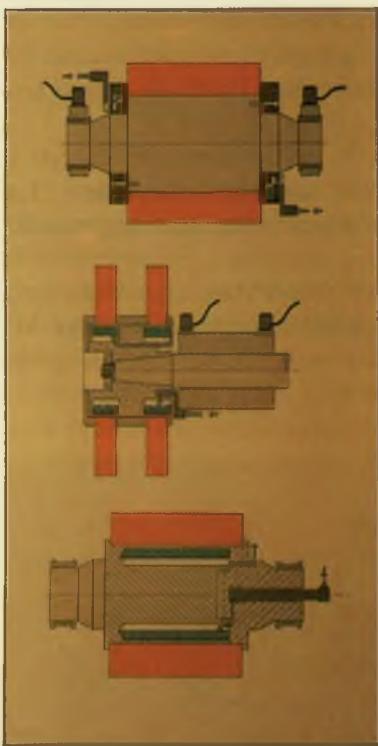


Fig. 28.—Equilibrado en un plano.  
Integración del husillo en rectificadoras sin centros.

Fig. 29.—Equilibrado en dos planos.  
Integración de la brida en rectificadoras planas y rectificadoras para cilindrado exterior.

Fig. 30.—Equilibrado en dos planos.  
Integración de la brida en rectificadoras sin centros.



Fig. 31.—Equilibrado electrónico por ultrasonidos.



Fig. 32.—Equilibrado dinámico en máquina especial.

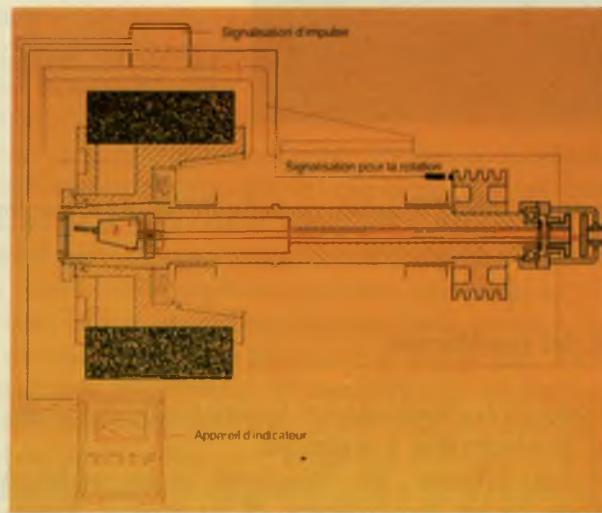


Fig. 33.—Equilibrado por desplazamiento del contrapeso «A».

el cabezal de la muela y que a través de un equipo electrónico, nos va indicando los desequilibrios a que está sometida la muela. Luego de forma manual y sin desmontar la muela, a través de unos engranajes regulables que van solidarios en el cabezal de equilibrado y sobre el eje portamuela, son regulados según los desequilibrios que detecta el medidor electrónico (ver figura 34).



Fig. 34.—Equilibrado sobre el eje porta-muelas.

Otra forma de equilibrio se señala en la figura 35, en el que los contrapesos van sobre una corona.

### 5.5. Necesidad del equilibrado

Las vibraciones en las máquinas son fenómenos no deseables, que influyen sobre la calidad, productividad y seguridad.

En nuestro caso concreto, las vibraciones en las rectificadoras, son las causas primordiales de los desequilibrios de las muelas, debido a lo cual se provocan movimientos relativos entre la muela y la pieza a rectificar.

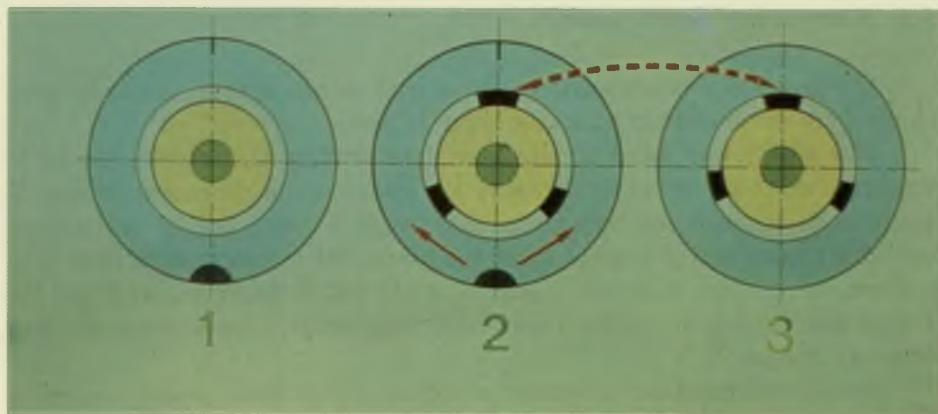


Fig. 35.—Reavivado y conformado de una muela.

Las vibraciones, ondulaciones y rugosidades pronunciadas conducen a una depreciación de la calidad de las piezas. Además prolongan el tiempo de rectificado, acentuando el desgaste de las muelas.

Con las velocidades de rectificado en aumento, las fuerzas centrífugas que resultan del desequilibrio, suben cuadráticamente, limitando la capacidad de la muela. La estabilidad se consigue eliminando las fuerzas dinámicas, cuando el desequilibrio de la muela es suprimido durante el funcionamiento.

La absorción de agua y taladrinas, así como la eliminación de masa, provocan vibraciones que llevan a un sucesivo desgaste dinámico.

Las muelas salen de fábrica bien equilibradas y comprobadas para trabajar a las velocidades que se indican en sus etiquetas. Pero dado las elevadas velocidades a que giran las muelas, un pequeño desequilibrio de su masa puede producir tal fuerza que no sólo podría ocasionar fuertes vibraciones, haciendo imposible su empleo como herramienta, sino que incluso se podría producir la rotura de dicha muela. Por ello, en las muelas de grandes dimensiones, es necesario realizar un nuevo equilibrado antes de ser montado en la máquina.

Esta operación se efectúa normalmente después de montadas las bridas de sujeción y rectificada su periferia, una vez que la muela se coloca en la máquina. De esta forma, se puede subsanar el desequilibrio existente y compensarlo con los pesos y masas que sean necesarios, y que estén fijados sobre las bridas de sujeción de la muela, o en recipientes anulares concéntricos.

Para acabados finos, un mal equilibrado puede producir marcas sobre la pieza, siendo necesario realizar la operación de equilibrado varias veces.

Como conclusión al problema de desequilibrado de muelas, se considera éste, un aspecto fundamental dentro de la seguridad de la propia muela, ya que todo desequilibrio produce fuerzas y esfuerzos anormales a la propia muela y a la propia máquina, con el consiguiente riesgo de la rotura de la muela. Por ello se considera imprescindible el equilibrar el conjunto cubo, brida-muela, utilizando los medios previstos a este efecto, siempre que ello sea necesario.

## 5.6. Reavivado y conformado

El reavivado y conformado en las muelas es una operación que se debe exigir antes de su entrada en acción sobre la pieza.

Este rectificado sobre la muela se debe realizar al ser colocada en la máquina, antes de ser utilizada sobre las piezas, a fin de conseguir que la periferia de la muela sea concéntrica con su eje o centro de giro, evitándose con ello vibraciones y marcas sobre las piezas. Si la pieza se calienta y el rendimiento es bajo se deberá o que la muela está lustrada, es decir que los granos han perdido su corte, o que están engrasados, cuando los poros han quedado tapados.

Para efectuar dicho conformado se utilizan dos sistemas, uno de los cuales consiste en efectuar el perfil con un aparato tipo «diaform», el cual actúa como un pantógrafo provisto de una plantilla a diversas escalas y un cabezal con uno o varios diamantes que reproducen el perfil de la plantilla sobre la muela.

El reavivado debe realizarse periódicamente en el transcurso del trabajo de las muelas para conseguir:

- Eliminar los granos abrasivos gastados, haciendo que aparezcan granos nuevos.
- Preparar la superficie de corte de la muela, para lograr un determinado grado o calidad de la pieza.
- Para evitar descentramiento y saltos de la muela, ya que si existen saltos, la muela tiende a impulsar la pieza hacia fuera.

El reavivado con diamante, que se realiza aplicando sobre la muela pasadas muy ligeras, para conseguir los objetivos anteriores, también se utilizan para conformar la geometría de la muela.

En las máquinas automáticas de CNC llevan incorporada una moleta, que automáticamente entra en funcionamiento cada 4 ó 5 piezas, y conforma toda la periferia de la muela. Lleva incorporado un sistema de avance y retroceso de moleta y a su vez, también está controlada la velocidad de giro de la moleta.

La moleta está bien protegida y fuertemente refrigerada con agua o taladrina. Cualquier fallo de avance, retroceso o giro de la moleta lo detecta el control.

Para el reavivado se emplean diversas herramientas como son:

- Diamantes monopunta o múltiples.
- Moletas de acero o de diamante.
- Limas o bloques abrasivos.
- El método crushing.
- Muelas de carborundum.

La elección de una herramienta u otra (figuras 36 y 37) depende del grado de precisión a que se destina la muela y del grano de dicha muela. Hoy día se está utilizando cada vez más el diamante.

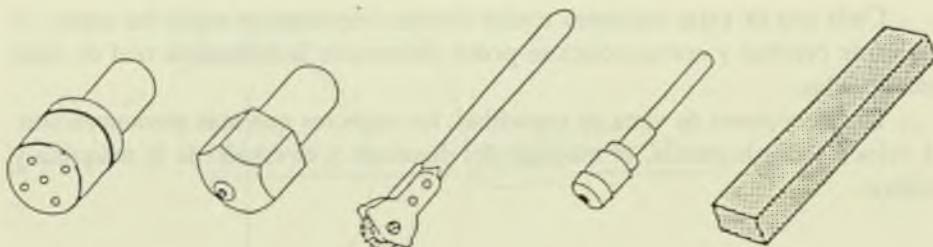


Figura 36

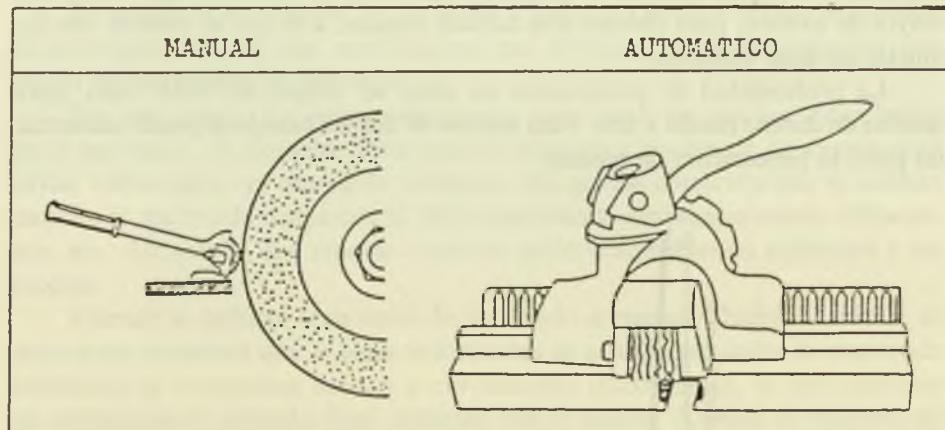


Figura 37

### 5.7. Variables del reavivado

Con el fin de lograr un buen reavivado, hay que tener presentes las siguientes variables:

- Velocidad de reavivado.
- Velocidad de la muela.
- Estado del diamante.
- Cantidad de material arrancado por pasada.
- Tipo de diamante.
- Número de «pasadas muertas».
- Montaje del diamante.
- Estado de la máquina y utillaje.
- Dureza de la muela.
- Tipo de abrasivo.
- Tamaño del grano.

Cada una de estas variantes tendrá distinta importancia según los casos. A través de pruebas y correcciones se podrá determinar la influencia real de cada una de ellas.

Desde el punto de vista de seguridad, los aspectos que más preocupan son: la velocidad de la muela, el montaje del diamante y el estado de la máquina y utillaje.

#### 5.7.1. *Velocidad de la muela*

La velocidad de avance del reavivado está en función del diámetro de la muela (figura 38).

El diámetro de la muela ejerce una gran influencia sobre la velocidad del reavivado; así, para muelas de pequeño diámetro, es necesario una velocidad mayor de avance, para obtener una calidad similar, a la que se obtiene con las muelas de gran diámetro.

La profundidad de penetración no debe ser mayor de 0,025 mm. para muelas de dureza media y alta. Para muelas de dureza blanda se puede aumentar un poco la penetración de pasada.

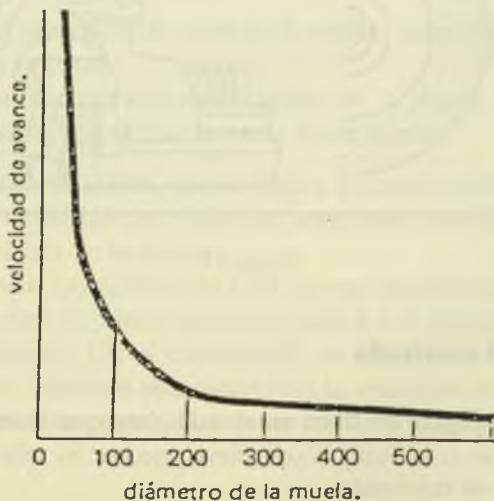


Fig. 38.—Avance en el reavivado, en función del diámetro de la muela

#### 5.7.2. *Montaje del diamante*

El montaje del diamante debe ser efectuado en un ángulo de  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  en relación con el eje de la muela, lo cual evita vibraciones.

Si la máquina no está bien alineada pueden producirse marcas en la pieza. Este problema se corrige, si se sitúa el diamante en la misma posición en que la muela entra en contacto con la pieza (figura 39).

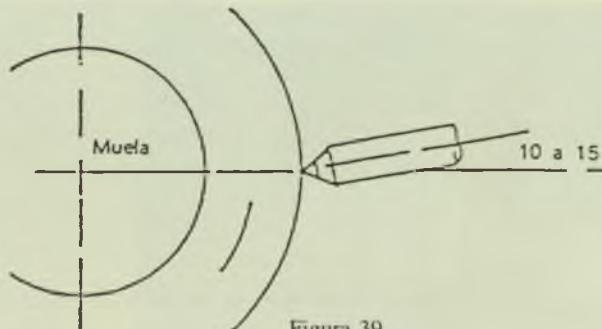


Figura 39

#### 5.7.3. Estado de la máquina

El estado de la máquina, es un factor a tener en cuenta a la hora de realizar el reavivado, ya que una rectificadora mal nivelada puede impedir que una muela dé los resultados deseados.

Por otra parte, los útiles defectuosos son causa de muchas dificultades en el reavivado. El diamante debe estar lo más cerca posible de su soporte para evitar vibraciones, ya que de lo contrario, los granos abrasivos que se sueltan durante el reavivado desgastan el útil, ocasionando desplazamientos, vibraciones, etc. Así resulta que muchas veces se atribuyen problemas indebidos a las muelas.

Cuando se utilizan accesorios de reavivado accionados hidráulicamente se debe tener en cuenta que, a bajas velocidades de avance, los útiles de reavivado hidráulico se encuentran sujetos a movimientos discontinuos, lo que ocasiona un defecto en el acabado final obtenido con la muela. Además la mayoría de las válvulas hidráulicas son sensibles a los cambios de viscosidad de aceite. El aceite se vuelve más fluido cuando se calienta la máquina, con lo cual se aumenta la velocidad transversal. Cuando el acabado debe ser muy preciso, esta variación de velocidad, debe ser comprobada para compensarla debidamente.

Se debe dar varias pasadas a la muela, siendo cada pasada de 0,01 mm. de avance.

Recientemente se está utilizando para el conformado de muelas con perfiles complejos, el método llamado «crushing» en el que un rodillo de acero templado con la forma y ranuras ligeramente helicoidales y muy espaciadas, gira a una velocidad de 60 a 90 m/min. y es aplicado a una presión de 18 a 90 Kg por cm.<sup>2</sup> de anchura contra la muela, la cual gira a una velocidad reducida. Este método es aplicable a muelas con aglomerante cerámico.

### 5.8. Conclusiones

La operación de reavivado debe realizarse periódicamente en las muelas, utilizando útiles que hayan sido concebidos especialmente para este fin (figuras 40 a 44).



Fig. 40.—Diamantado normal.



Fig. 41.—Reavivado y conformado de una muela.



Fig. 42.—Otra forma de reavivar y conformar una muela.



Fig. 43.—Realización del perfil de una muela.

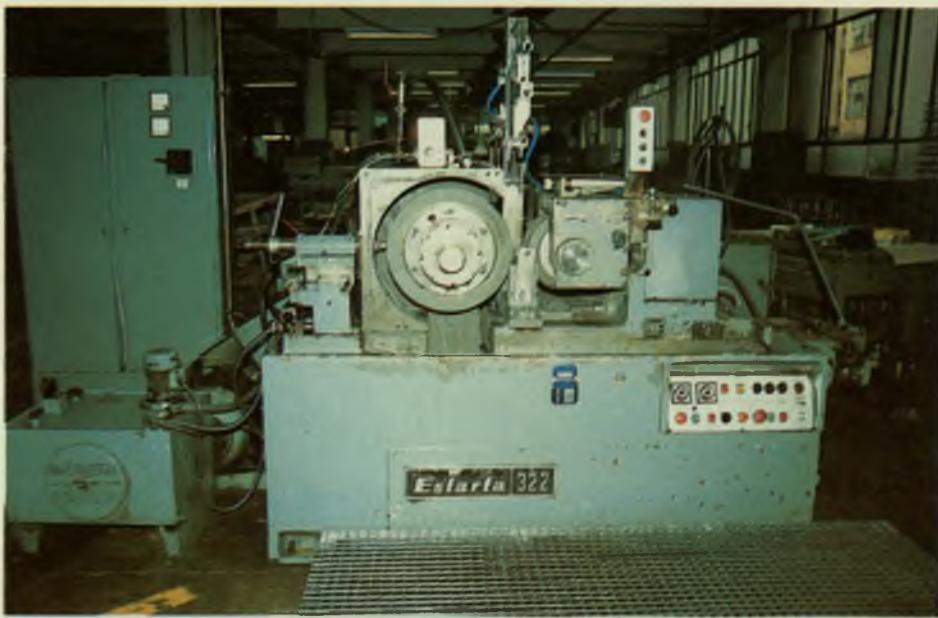


Fig. 44.—Diamantado de una muela en una rectificadora sin centros

Todos los reavivadores manuales, excepto los de diamante, deben ir provistos de un protector por encima de las moletas, al objeto de proteger al operario contra las posibles proyecciones de partículas de la propia moleta y de las muelas. No obstante, será necesario el utilizar protecciones para la vista, como son las gafas de seguridad homologadas.

Por lo general, los reavivadores de las rectificadoras están incorporados dentro del conjunto muela-cabezal protector, de forma que no es factible su acceso. Sin embargo, para muelas cerámicas o de magnesio se puede utilizar el reavividor, sólo para las muelas inferiores a 33 m/s. Por el posible riesgo de emisión de polvo, la operación de reavivado y conformado debe realizarse por vía húmeda.

El reavivado a mano no es aconsejable. Se debe utilizar siempre un diamante o útil que esté bien diseñado, debiendo estar montado sobre el cabezal de la muela y con desplazamiento automático.

En las máquinas de CNC, cualquier fallo en el avance, retroceso y velocidad de giro de la moleta y diamante, debe estar controlada por la seguridad del propio control.

Cuando el cambio de perfil exterior de una muela se realice fuera de la propia rectificadora, deberá asegurarse que dicha muela esté montada sobre un mandrino y bien ajustado a la muela para evitar la salida intempestiva de la misma.

El cambio de perfil de muelas de interiores se realizará en máquinas diseñadas para este fin. En ambos casos el carro de arrastre y punto de operación estarán protegidos y con refrigeración de agua, taladrina o bien con aspiración localizada.

A modo de resumen, en el cuadro n.º 4, se indica la naturaleza y origen del riesgo, así como su forma de prevención.

Capítulo de vital importancia resulta el análisis exhaustivo y pormenorizado de cada una de las roturas de muelas. A este respecto, se indica en la FICHA TECNICA, todos los aspectos a investigar y considerar, después de la rotura o accidente de una muela abrasiva.

**CUADRO 4**  
**MUELAS ABRASIVAS**

RIESGOS		PREVENCION
Naturaleza	Origen probable	
	Atascamiento sobre máquinas manuales o fijas	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Utilizar una carcasa de protección.</li> <li>— Ajustar los porta-piezas o porta-mesas de trabajo.</li> </ul>
	Mal almacenamiento, defectos de la muela antes del montaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Montar sólo las muelas sanas realizando previamente el ensayo del «sonido» para detectar cualquier anomalía.</li> </ul>
	Defectos de montaje.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Realizar el montaje según las prescripciones del «Código Fepa», en particular en lo referente al par de apriete de tornillos y tuercas, y a la colocación del papel entre las bridas y las muelas.</li> <li>— Utilizar unos montajes antivibratorios.</li> </ul>
	Presión de trabajo muy fuerte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Limitar a un valor moderado la presión de trabajo.</li> </ul>
Rotura de la muela y proyección de fragmentos	Choques accidentales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Evitar los choques y en particular, aproximar sin brusquedad las piezas al contacto con las muelas.</li> <li>— En caso de brusquedad accidental, verificar el estado de la muela visualmente y realizar el ensayo del sonido después de desmontarla.</li> </ul>
	Velocidad muy elevada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Verificar que la velocidad máxima de utilización marcada sobre la muela no debe ser sobrepasada: regular la velocidad de la máquina en función del desgaste de muela.</li> </ul>
	Mala utilización (esfuerzo lateral).	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Sólo las muelas lapidarias o planas de aros reforzados, pueden soportar los esfuerzos laterales: es necesario evitar el uso de muelas en trabajos para los cuales, dichas muelas no son adecuadas.</li> </ul>
	Aplastamiento y deformación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Diamantear la muela siempre que sea necesario.</li> </ul>
	Equilibrio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Equilibrar las muelas equipadas de sus bridas.</li> </ul>
	Otras causas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Utilizar una defensa de protección, reteniendo al máximo los fragmentos en caso de rotura de la muela.</li> <li>— Evitar el mantenerse en el plano de la muela durante su rotación.</li> </ul>
Proyecciones diversas	Sustancias, granos abrasivos y metálicos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— La producción de sustancias metálicas y abrasivas siendo inherente al proceso de amolado y no pudiendo ser evitado, es necesario canalizarlas y captarlas a través de una aspiración localizada.</li> <li>— Proteger los ojos con pantallas o gafas homologadas.</li> <li>— Utilizar delantal y guantes.</li> <li>— Utilizar botas de seguridad homologadas.</li> </ul>
Ruidos	Vibraciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Utilizar antivibratorios.</li> <li>— Verificar el buen estado de los rodamientos.</li> <li>— Verificar el paralelismo y rigidez de los ejes.</li> </ul>
Toxicología: Saturnismo	Compuestos de plomo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Las muelas que contienen un cierto porcentaje de compuestos de plomo son indicadas por el fabricante. Conviene tomar las mayores precauciones para su utilización y en particular, instalando una aspiración eficaz en la boca.</li> </ul>
Incendio	Proyección de chispas y partículas incandescentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Refrigeración o captación de partículas.</li> </ul>

## FICHA TECNICA DE INVESTIGACION DE ROTURA DE MUELAS

PARTE INVESTIGADA	DATOS OBTENIDOS
<p><b>MUELA</b></p> <p>Características: abrasivo, grano, dureza, estructura, aglomerante.</p> <p>Dimensiones (m.m.)</p> <p>Forma de muela.</p> <p>Fabricante.</p> <p>Si era muela adecuada para el trabajo.</p> <p>Si coincidian las r.p.m. del eje y muela.</p> <p>Examen de la muela, tipo de rotura.</p> <p>Si estaba marcada.</p> <p>Si estaba desgastada.</p> <p>Si había sido probada antes de su funcionamiento. Prueba del sonido.</p> <p>Si se había equilibrado o diamantado.</p> <p>Protección de la muela: tipo, regulación y abertura.</p> <p>Material del protector y fijación del mismo.</p> <p>Situación del porta-piezas y de las lengüetas.</p>	
<p><b>MAQUINA</b></p> <p>Tipo de máquina.</p> <p>Velocidad del eje en r.p.m.</p> <p>Protección de la máquina y estado de la misma.</p> <p>Velocidad periférica en m/s.</p> <p>Existe cambio de velocidad.</p>	
<p><b>VERIFICACION DE LAS R.P.M. Y V CON EL TACOMETRO</b></p> <p>Mantenimiento del motor, correas, poleas, rodamientos, vibraciones.</p>	
<p><b>PLATOS O BRIDAS</b></p> <p>Forma.</p> <p>Dimensiones.</p> <p>Sujección.</p> <p>Apretados de tuercas, forma de las mismas.</p> <p>Estado de las mismas.</p> <p>Material de las bridas.</p> <p>Adaptación del plato a la muela, acoplamiento.</p> <p>Rigidez y planitud de las bridas.</p>	
<p><b>MODO DE MONTAJE</b></p> <p>Deslizamiento de la muela sobre el eje.</p> <p>Deslizamiento de la muela sobre el plato.</p> <p>Utilización de casquillos o manguitos reductores.</p> <p>Muelas de agujero roscado o sin roscar.</p> <p>Longitud del eje porta-muela.</p> <p>Arandelas o juntas elásticas utilizadas (0,3-0,8 mm. de espesor).</p> <p>Par y herramienta utilizadas en el apriete.</p> <p>Tuerca central o corona.</p> <p>Métrica y dimensiones de los tornillos.</p>	
<p><b>TRATO DADO A LA MUELA</b></p> <p>Almacenamiento.</p> <p>Daños o golpes durante el transporte y colocación.</p> <p>Caídas de muelas.</p> <p>Presión excesiva o falsa maniobra del operario. Presión lateral.</p>	
<p><b>APARATOS NECESARIOS PARA LA COMPROBACION</b></p> <p>Durómetro.</p> <p>Llave dinamométrica.</p> <p>Tacómetro.</p> <p>Calibre o pie de rey.</p> <p>Metro lineal.</p> <p>Martillo plástico.</p> <p>Instrumental de equilibrado.</p> <p>Rugosímetro.</p> <p>Comprobador de sobrevelocidad.</p> <p>Peine y micrómetro de roscas.</p>	

## **6. HIGIENE INDUSTRIAL: CONTAMINANTES QUIMICOS Y FISICOS EN MUELAS ABRASIVAS**

## 6. HIGIENE INDUSTRIAL

El rectificado, en el más amplio sentido de la palabra, es una forma de proceso realizado por medio de una herramienta, cuya parte activa está compuesta de granos duros y agudos que arrancan pequeñas partículas de la pieza que se trabaja. El objetivo es dar a la pieza que se trabaja una cierta forma, corregir sus dimensiones, afinar la superficie o mejorar el afilado de los bordes de corte.

El rectificado es el más amplio y variado de todos los métodos de mecanizado, y se emplea para muy diversos materiales, predominantemente el hierro y el acero, pero también se incluyen otros metales, así como madera, plástico, piedra, vidrio, alfarería, etc. El término rectificado abarca también otros métodos de producir superficies muy suaves y brillantes, tales como el pulido, bruñido, afilado y lapeado.

Las herramientas utilizadas son muelas de dimensiones variables, segmentos de rectificado, puntas de rectificado, piedras de afilado, limas, ruedas de pulido, bandas, discos, etcétera. En las muelas de rectificado y similares al material abrasivo se mantiene unido por agentes aglutinantes formando un cuerpo rígido, generalmente poroso. En el caso de bandas abrasivas el agente aglutinante mantiene el abrasivo unido a un material base flexible. El pulido y acabado se lleva a cabo generalmente por ruedas recubiertas de cuero o paño a las cuales se ha aplicado un material pulidor o abrasivo.

Los abrasivos naturales, corindón natural, esmeril, diamante, piedra de esmeril, pedernal y almandina han sido reemplazados en su mayor parte por abrasivos artificiales, incluyendo el óxido de aluminio (alúmina fundida), carburo de silicio y diamantes sintéticos. Se utiliza también una diversidad de materiales de grano fino, tales como el yeso, piedra pómex, trípoli, cenizas de estaño y óxido de hierro, especialmente para pulido.

El óxido de aluminio es ampliamente utilizado en muelas de rectificado, seguido por el carburo de silicio. Los diamantes naturales y artificiales se utilizan para importantes aplicaciones especiales. El óxido de aluminio, carburo de silicio, esmeril, granate y pedernal se utilizan en bandas de rectificado y pulido.

Tanto los agentes aglutinantes orgánicos como los inorgánicos se utilizan en las muelas de rectificado. Los principales tipos de agentes inorgánicos son

el silicato vitrificado y la magnesita. Entre los agentes aglutinantes orgánicos notables están la resina fenólica, la goma y la laca. Los agentes aglutinantes vitrificados y la resina fenólica dominan por completo dentro de sus respectivos grupos. Las muelas de diamante también pueden estar aglutinadas con metales. Los diversos agentes aglutinantes dan a las ruedas diferentes propiedades rectificadoras, así como diferentes propiedades en relación con la seguridad.

Las bandas y discos abrasivos y de pulido se componen de una base flexible de papel o tela a la cual se une el abrasivo por medio de un adhesivo natural o sintético.

Se utilizan máquinas diferentes para los diversos tipos de operaciones, tales como rectificado de superficies planas, rectificado cilíndrico incluyendo el rectificado sin centros, rectificado de interiores, rectificado de desbastes y corte. Los dos tipos principales son:

- a) Aquellos en que la rectificadora o la pieza de trabajo se mueven a mano;  
y
- b) Máquinas con alimentación mecánica y platos de sujeción.

### *Riesgos*

Aunque las modernas muelas no crean en sí mismas un grave riesgo de silicosis, asociado en el pasado con las muelas de piedra arenisca, polvo silíceo altamente peligroso puede desprenderse de los materiales que se rectifican, por ejemplo, fundiciones con arena. Ciertas muelas aglutinadas con resina pueden contener materiales de relleno que crean un polvo peligroso. En cualquier caso el volumen de polvo producido al rectificar hace esencial una eficaz ventilación de evacuación local. Es más difícil proporcionar evacuación local en el caso de muelas portátiles, aunque se ha conseguido algún éxito en este sentido. Debe evitarse el trabajo prolongado y proporcionarse equipo protestor respiratorio. Se requiere también ventilación de evacuación para el lijado por banda, acabado y pulido y operaciones similares. Polvo diverso con mayor o menor grado de peligrosidad puede desprenderse del material.

### **6.1. Abrasivos, riesgos, patología, inhalación de partículas, toxicología y medidas de control y protección**

Los abrasivos son materiales de gran dureza usados para dar forma a otros materiales, tales como metales, madera, vidrio, cerámicas, etc., por medio de un proceso de rectificado o pulido.

Materiales. Los abrasivos pueden clasificarse en naturales y sintéticos; los abrasivos naturales se usan ampliamente en ciertas aplicaciones, aunque la importancia de los materiales sintéticos está creciendo rápidamente.



Fig. 45.—Horno de fusión de la bauxita.



Fig. 46.—Óxido de aluminio en forma de cristales.



Fig. 47.—*Masa de carburo de silicio vitrificado.*



Fig. 48.—*Masa de corindón normal vitrificado.*

Los principales abrasivos naturales son el diamante, los óxidos de aluminio naturales (corindón, esmeril), almandina, feldespato y varias formas de sílice, incluyendo arenisca, arena, pedernal y diatomeas. Una amplia relación de materiales «más blandos», tales como yeso, óxido de cromo, óxido de magnesio, etc., se usan para pulir, y materiales tales como granalla de acero y arenisca se usan para limpieza por chorreado de piezas fundidas.

Los abrasivos sintéticos más importantes son el carburo de silicio (SiC), el óxido de aluminio fundido ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y el carburo de boro ( $\text{B}_4\text{C}$ ). Actualmente el diamante sintético es también un material abrasivo importante.

### *Riesgos*

El riesgo de los abrasivos en sí es debido a la inhalación del polvo fino que se produce por el desgaste gradual de los materiales abrasivos durante su uso.

El riesgo se apreció primeramente de forma completa durante la revolución industrial, cuando se vio que los rectificadores de cuchillería y otros centros manufactureros de metales, que trabajaban con muelas secas, padecían el asma de los rectificadores o morriña de los rectificadores y tenían una vida corta. Por otro lado, las personas que hacían rectificados húmedos tenían una vida muy larga. El rectificado con una piedra silícea seca aumentaba las altas concentraciones de polvo, y en los talleres a menudo subterráneos y faltos de ventilación los rectificadores enfermaban rápidamente de silicosis.

El reconocimiento del riesgo de las muelas silíceas condujo, durante los primeros años del siglo XX, a la sustitución de los abrasivos naturales peligrosos, especialmente arenisca, por abrasivos artificiales, tales como carburo de silicio y óxido de aluminio. Esto fue un claro ejemplo de sustitución de materiales peligrosos por otros materiales menos peligrosos.

#### *6.1.1. Acción patológica de los distintos tipos de polvos*

- Irritantes del tracto respiratorio superior (polvos ácidos y alcalinos).
- Tóxicos que actúan sobre el tejido pulmonar.
- Polvos neumoconíticos (silicosis, asbestosis, antracosis, siderosis, calcinosis, pneumoconiosis por mica, pneumoconiosis por bauxita).
- Polvos alérgicos (resinas, fibras vegetales y sintéticas).
- Polvos inertes.
- Tóxicos sistémicos o generales (plomo, bismuto, manganeso, arsénico).
- Sustancias productoras de dermatosis.
- Sensibilizadores alérgicos (resinas epoxi).

Las reacciones fisiológicas que ocasionan, de forma general, incluyen:

- Reacciones cardiopulmonares que van desde la pneumoconiosis (silicosis y asbestosis, etc.) hasta el simple desequilibrio producido por la acumulación de polvo inerte sobre los pulmones.

— Reacciones sistemáticas causadas por polvos tóxicos de elementos tales como el plomo, manganeso, cadmio, arsénico, etc., y que se inician con astenia, cefaleas y anorexia culminando con lesiones renales y hepáticas y trastornos del sistema nervioso central.

— Reacciones alérgicas ocasionadas por inhalación o por contacto a través de la piel de materiales pulverulentos tales como harinas, grano, madera. Estas reacciones, por su naturaleza, dependen de una posible predisposición del individuo.

— Acción irritante sobre la garganta y nariz causada por polvos ácidos y alcalinos. En algunos casos la ulceración producida puede degenerar en un tumor canceroso.

#### *6.1.2. Dinámica de las partículas inhaladas por el organismo humano*

No todas las partículas sólidas existentes en el ambiente laboral pasan al aparato respiratorio humano, ya que de acuerdo principalmente con su forma y su tamaño, unas se depositarán en las diversas partes de dicho aparato mientras que otras serán eliminadas del mismo, ya sea al exterior o a otros órganos del cuerpo donde, la mayor parte serán también excretadas.

Los tipos de deposición del polvo en el organismo son: impactación, sedimentación y difusión. Existen igualmente varios caminos para la eliminación de dicho polvo: retención capilar, expectoración, retención y movimiento ciliar, deglución e intercambio con la sangre.

La deposición y eliminación de partículas en el tacto respiratorio es como sigue:

##### **6.1.2.1. Vía nasal**

— La deposición es por impactación en los pelos nasales y por sedimentación.

— La mucosidad producida por las células ciliadas de la membrana mucosa atrapa las partículas y, por movimiento ciliar, se propaga a través de la faringe.

— Las partículas depositadas en la zona no ciliada de la nariz se eliminan mecánicamente (estornudos).

##### **6.1.2.2. Vía oral**

— Las partículas depositadas por impactación en la cavidad bucal y en la garganta se eliminan rápidamente hacia el esófago por deglución.

#### **6.1.2.3. Arbol tráqueo-bronquial**

- Presenta la forma de árbol invertido siendo la tráquea y los bronquios el tronco y las ramas, respectivamente.
- La velocidad del aire disminuye hacia el final del árbol ya que, si bien el diámetro disminuye al ramificarse los bronquios hace que la sección del flujo total aumente.
- En las zonas más anchas, las partículas mayores se depositan por impactación; en las más estrechas se depositan, igualmente, las menores por impactación y, si son suficientemente pequeñas, por difusión.
- Existen células ciliadas y secretoras de mucosidad en todos los niveles del árbol tráqueo-bronquial. Ella transporta hacia la laringe las partículas inertes no solubles depositadas en esta región. De aquí las partículas se incorporan al esófago y son eliminadas

#### **6.1.2.4. Región alveolar**

- Es la zona donde tiene lugar el intercambio gaseoso propio de la función pulmonar.
- Las partículas quedan depositadas en ellas por sedimentación o difusión.
- El mecanismo de eliminación no está perfectamente conocido. Algunas partículas quedan englobadas por la actividad de células fagocitarias existentes en los alvéolos, otras acceden al sistema linfático a través de la pared alveolar. Por último, las inmóviles, se disuelven «in situ».

#### **6.1.3. Toxicología**

El riesgo toxicológico en las operaciones de rectificado está provocado por la emanación de contaminantes provenientes de dos focos bien diferenciados:

- La herramienta que se esté utilizando.
- El material que se esté mecanizando.

Es ésta la razón por la que el tipo de contaminantes que nos encontramos en estas operaciones es muy variable.

No obstante, en el cuadro resumen siguiente indicamos algunos datos toxicológicos de interés de los principales contaminantes de las operaciones de rectificado.

## RIESGOS HIGIENICOS PRESENTES DURANTE LA UTILIZACION DE MUELAS ABRASIVAS

Nombre químico	RIESGO PARA LA SALUD			
	Ruta	Síntoma	Primeros auxilios	Órganos afectados
Sílice <chem>SiO2</chem>	Inhalación.	Tos. disnea, jadeo, deterioro de la función pulmonar; síntomas progresivos.	Ojos: Irritación inmediata. Respiración: Aire libre.	Sistema respiratorio, pulmones.
Oxidos de hierro	Inhalación.	Pneumoconiosis benigna. Oscurecimiento rayos X indistinguible de la pneumoconiosis fibrosa.	Respiración: Respiración artificial.	Sistema respiratorio, pulmón.
Fenol	Inhalación. Absorción. Ingestión. Contacto.	Irritación de ojos, nariz, garganta, anorexia, pérdida peso, débil, dolencia muscular, orina oscura, cianosis, lesión hígado, riñón, quemadura piel, dermatitis, ocrosis, temblor, convulsión.	Ojos: Irritación inmediata. Piel: Lavar con jabón inmediatamente. Respiración: Respiración artificial. Ingestión: Agua, vómito.	Hígado, riñones, piel.
Oxido de Magnesio	Inhalación. Contacto.	Irritación de ojos, nariz, fiebre, tos, dolor pecho, (fiebre soldador).	Inhalación: Respiración artificial.	Sistema respiratorio, pulmón, ojos.
Plomo y compuestos inorgánicos	Inhalación. Ingestión. Contacto	Laxitud, insomnio, palidez, ojos, anorexia, pérdida peso, malnutrición, constipación, (estreñimiento), dolos abdomen, cólico, hipotensión, anemia, línea de plomo gingival, temblor.	Ojos: Irritación inmediata. Piel: Lavar con jabón pronto. Inhalación: Respiración artificial. Ingestión: Agua, vómito.	Gastrointestinal. Sistema nervioso central, riñón, sangre, tejido gingival.
Cobre (polvos)	Inhalación. Ingestión. Contacto.	Irritación membrana mucosa, faringe, perforación úlcera nasal, irritación ojos, sabor metálico, dermatitis	Ojos: Irritación inmediata. Piel: Lavar con jabón pronto. Respiración: Respiración artificial. Ingestión: Agua, vómito.	Sistema respiratorio, pulmones, piel, ojos, aumento de riesgo con la enfermedad de Wilson, riñones
Manganese	Inhalación. Ingestión.	Parkinson, astenia, insomnio, mental, incrustaciones de humos de metal, garganta seca, tos, disnea, soplo, vómito, molestia, fatiga.	Inhalación: Respiración artificial. Ingestión: Agua, vómito.	Sistema respiratorio. Sistema nervioso central, pulmón, sangre, riñón.
Oxido de Boro	Ingestión. Inhalación. Contacto.	Irritación nasal, conjuntivitis, eritema, baja toxicidad.	Ojos: Irritación inmediata. Piel: Chorro agua pronto. Respiración: Aire libre. Ingestión: Agua, vómito.	Piel, ojos.

#### *6.1.4. Medidas de control*

Las soluciones de Higiene Operativa a aplicar en los casos que sea necesario pueden ir dirigidas *simultáneamente* a todos los operarios afectados o susceptibles de ser afectados, o bien *individualmente* a cada individuo considerado aisladamente. En el primer caso se hablará de medidas de protección colectiva y en el segundo de medidas de protección personal.

##### *6.1.4.1. Protección Colectiva*

Las medidas de protección colectiva más recomendables para la eliminación o disminución del riesgo higiénico debido al polvo pueden incidir sobre el foco, origen de la contaminación, y sobre el medio sobre el que se disperse el contaminante.

Los tipos de control que inciden sobre el foco son:

*Sustitución:* Consiste en la sustitución de un material por otro menos peligroso, bien por sí mismo o por la posibilidad de que pase al ambiente. Así, la sustitución de una muela abrasiva con alto contenido en sílice libre por otra de esmeril, puede eliminar el riesgo existente.

*Modificación del proceso:* Existe, en muchas ocasiones, una clara dependencia entre las condiciones de proceso y las condiciones higiénicas de trabajo por lo que modificando las primeras pueden verse satisfactoriamente modificadas las segundas. Como ejemplos pueden citarse las mejores condiciones de trabajo obtenidas cambiando los sistemas de manipulación y transporte; en el repaso de soldaduras, la utilización de discos abrasivos de baja velocidad entrañan menos problemas, desde el punto de vista higiénico que los de alta velocidad, etc.

*Encerramiento o aislamiento del proceso u operación:* El proceso en que se genera el ambiente pulvígeno puede separarse de los operarios cercanos, ya sea totalmente —encerramiento en el tiempo o en el espacio— o parcialmente —aislamiento de un proceso u operación del resto del proceso productivo afectando a un número muy limitado de operarios. Estos conceptos son idénticos en ocasiones.

*Métodos húmedos:* Existe muchas operaciones en que es posible disminuir las concentraciones de polvo en la zona de respiración del operario mediante la acción de un agente humectante, normalmente agua, que se introduce en determinado punto del proceso, no alterándolo. Es un método de control económico y muchas veces suficiente.

*Extracción localizada:* Mediante este sistema se capta el contaminante en el foco de generación o cerca del mismo, no dejándole que pase al ambiente y afecte a los operarios. El diseño de una campana de extracción requiere un completo conocimiento del proceso de operación de forma tal que se logre el control más efectivo y económico para cada circunstancia.



Fig. 49.—Tronzadora de disco abrasivo trabajando sin refrigeración.



Fig. 50.—Esmerilado normal a pulso. La esmeriladora dispone de aspiración localizada.

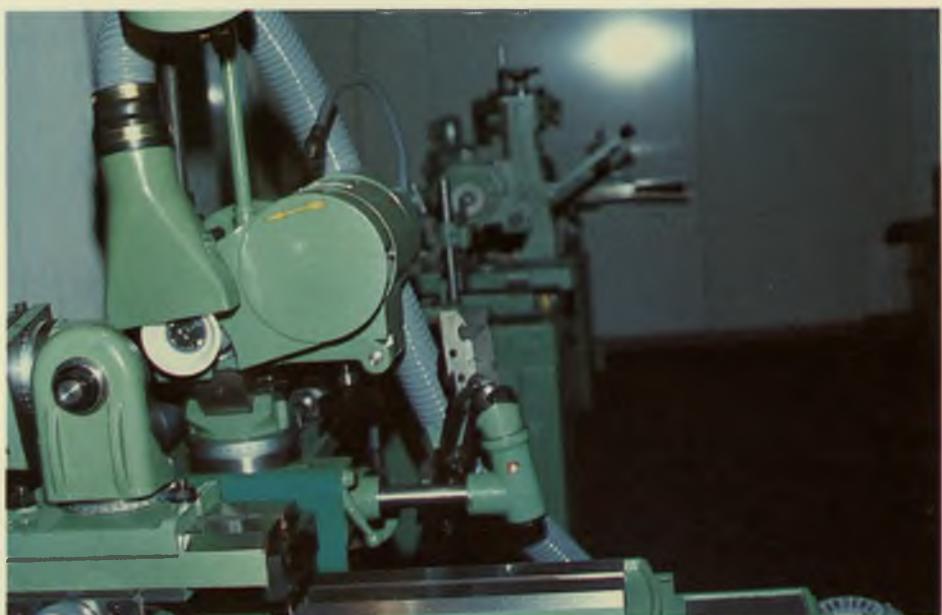


Fig. 51.—Aspiración localizada en una afiladora.



Fig. 52.—Esmeril portátil con aspiración localizada.

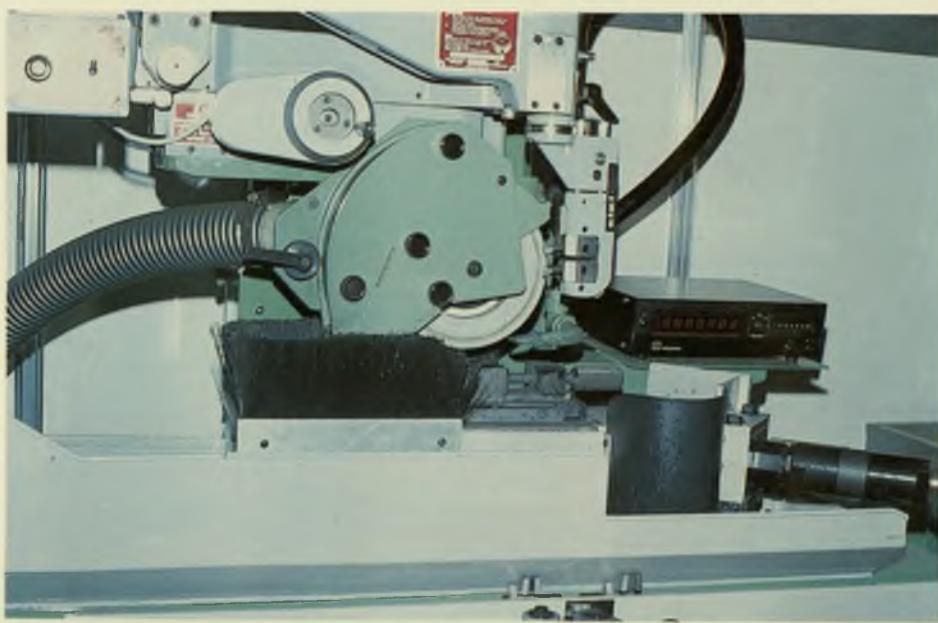


Fig. 53.—Planadora con su correspondiente aspiración.

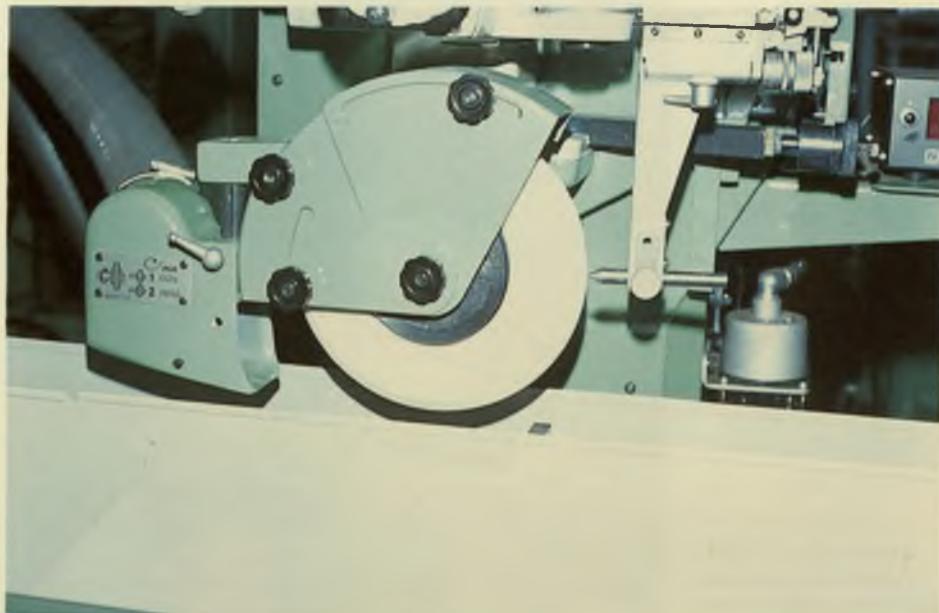


Fig. 54.—Otra forma de aspiración durante la operación de diamantado.

Los tipos de campana y su aplicabilidad son muy distintos eligiéndose una determinada buscando su máximo rendimiento de acuerdo con el proceso en cuestión. Existen principios básicos que informan el diseño de las campanas:

- a) La extracción se realizará, siempre que el proceso lo permita, en el sentido de generación de contaminante.
- b) La campana encerrará la operación tanto sea posible; en todo caso deberá controlar el área contaminada.
- c) Siempre que se pueda, y debido a la mejora de rendimiento que supone, se utilizarán bafles para mejor distribuir la aspiración.

El concepto fundamental por el que se obtiene el caudal de aspiración necesario es el de velocidad de captura, siendo ésta la velocidad del aire en el punto extremo de captación.

Velocidades de captura aconsejables según las condiciones de dispersión del contaminante son:

- Baja velocidad en aire de movimiento moderado (cintas transportadoras, tolvas) ..... 0,50 - 1,0 mts/sg.
- Alta velocidad de liberación en aire de movimiento muy rápido (abrasivos, muelas) ..... 2,50 - 10,0 mts/sg.

*Mantenimiento:* Existen muchos casos en que la eliminación de un problema higiénico se reduce a una simple operación de mantenimiento que, como es lógico, deberá ser preventivo.

*Limpieza:* El polvo depositado sobre suelos, techos y estructuras —polvo secundario— tiene una gran importancia como origen de contaminación, ya que por corrientes de aire, vibración de maquinaria adyacente, o simplemente por el movimiento de los operarios puede pasar al ambiente, contaminándolo.

#### 6.1.4.2. Protección personal

La protección personal debe ser la última medida emprendida para eliminar o disminuir los riesgos higiénicos en general y, en este caso, los debidos a materia particulada sólida en suspensión. Se debe recurrir a ella cuando no sean viables ninguna de las acciones colectivas de control enunciadas anteriormente. Su objetivo es proteger a un trabajador del riesgo específico debido a la existencia de polvo en el ambiente.

La selección del equipo más adecuado de protección respiratoria antipolvo será función de:

- La concentración de contaminante existente.
- La toxicidad del mismo.
- La existencia de otro contaminante gaseoso.
- La concentración de oxígeno.

De acuerdo con ello se utilizarán los siguientes equipos:

1) Equipos dependientes:

- de filtro mecánico.
- de filtro mixto.

2) Equipos independientes semiautónomos de aire a presión.

## 6.2. Fluidos de corte y prevención

En la mayor parte de los trabajos de rectificado de metales se produce calor, el cual, si no se disipa, puede causar distorsiones en la pieza que trabaja. El rectificado es una especie de corte en el cual el metal se arranca por una muela que contiene granos abrasivos, los que actúan como cuchillas en miniatura.

Los fluidos de corte y rectificado, también conocidos como lubricantes-refrigerantes, tienen dos funciones principales:

- a) Refrigeración de la pieza de trabajo y de la muela, evitando así el daño por calentamiento.
- b) Lubricación, reduciendo así el calor de fricción en la superficie de contacto de la muela con la viruta y entre la muela y la superficie recién cortada.

### 6.2.1. Tipos de fluidos

Los tres tipos básicos de fluidos de corte y rectificado son:

#### *Aceites insolubles:*

Derivados del petróleo con pequeñas cantidades de aceite mineral o vegetal. Puede contener aditivos como:

- Bactericidas para evitar enrascamiento.
- Azufre, libre o combinado con petróleo crudo, grasas cloradas, parafinas, sulfocloradas, para soportar hiperpresiones.

#### *Aceites solubles:*

- Emulsiones: Suspensiones de aceite mineral en agua con aditivos.
- Fluidos semisintéticos: Contienen aceite mineral en agua con aditivos.
- Fluidos sintéticos: Soluciones acuosas de aditivos sin aceite mineral.

### 6.2.2. Riesgos

Los principales riesgos son aquellos que afectan a la salud del operario de la máquina. Las manos y los brazos de los operarios de las máquinas, los

encargados de montar las muelas, los encargados de realizar los barros de amolado están constantemente expuestos a los aceites de corte: salpicaduras y vahos de aceite contaminan la piel y la ropa y en los bolsillos se guardan trapos empapados en aceite. Donde se forman grandes cantidades de vahos puede haber riesgo de inhalación.

Durante la primera mitad del siglo XX, el problema cutáneo más común de los encargados de máquinas fue el acné del aceite. Sin embargo, con el uso creciente de fluidos de corte y rectificado en solución acuosa, la dermatitis eczematosa por contacto ha llegado a ser la enfermedad profesional de la piel más corriente.

#### *6.2.3. Aditivos con riesgos dermatológicos*

- Acondicionadores: Por ejemplo, polifosfatos, fosfato trisódico, borax, carbonato de sodio, añadidos al agua antes de la formación de la emulsión.
- Bactericidas: germicidas, antisépticos, desinfectantes. Como, por ejemplo, fenoles, ácido cresílico, nitrometano.
- Inhibidores de corrosión: por ejemplo, hidroxilaminas, nitratos orgánicos e inorgánicos.
- Agentes mezcladores: por ejemplo, glicoles.
- Jabones y agentes humectantes.
- Agentes antiespumantes: por ejemplo, siliconas.
- Tintes.
- Colorantes: para diferenciar los diferentes aceites.
- Aditivos hiperpresión: para procesos de rectificado realizados a altas velocidades y temperaturas.

#### *6.2.4. Riesgos dermatológicos*

— Acné del aceite: Producido por contacto con aceites insolubles. Las lesiones generalmente afectan a las superficies extensoras de los antebrazos y muslos, pero a veces se observan en las sienes, nuca y dorso de las manos, es decir, en zonas contaminadas por el aceite o por ropas empapadas en aceite. Estas lesiones no se desarrollan a partir de bacterias presentes en los aceites o en la piel. Ocasionalmente bacterias patógenas contaminantes, esencialmente estafilococos, pueden infectar casos preexistentes de acné del aceite, dermatitis de contacto o heridas.

— Acné del cloro: Se debe a los aceites con hidrocarburos aromáticos halogenados. Debido a la descomposición térmica de estos aceites, causan una metaplasia de las glándulas sebáceas y producen quistes queratinosos en la piel expuesta o contaminada.

— Dermatitis de contacto irritante: Por repetida exposición a aceites solubles sobre todo con exceso de bactericidas, aminas, etc. Muy frecuente.

— Dermatitis de contacto alérgico: Se presentan pocos casos. Ejemplo sales de níquel y cromo aditivos como etilendiamina, triazina, butilfenol. El diagnóstico requiere efectuar el test de parcheo.

— Cambios de pigmentación: Por exposición a aceites insolubles, aditivos fenólicos.

— Tumores en la piel: Por la presencia de hidrocarburos aromáticos polinucleares en los aceites insolubles. Por la aparición de nitrosaminas sobre todo en los aceites solubles a raíz de la presencia de nitritos y aminas simultáneamente.

#### *6.2.5. Riesgos pulmonares*

Aunque las exposiciones profesionales a las nieblas de aceites que se producen durante las operaciones de rectificado, son numerosas y frecuentemente duras, han sido raros los casos registrados de alteraciones del aparato respiratorio. Sin embargo, ocasionan molestias y dolores, especialmente cuando las nieblas de aceite superan concentraciones de 5 mg/m.<sup>3</sup> No ha sido establecida ninguna relación entre la inhalación de vapores de aceite y el cáncer de pulmón.

#### *6.2.6. Prevención de la salud en el uso de los aceites de corte*

El correcto uso de los fluidos de corte implica la determinación periódica de ciertos parámetros indicativos de un estado de conservación. Según esto, aceites de corte y taladrinas han de someterse a diversos controles.

- Agua y sedimentos.
- Viscosidad.
- Contaminación de aceites hidráulicos.
- Flash point.

En los fluidos acuosos los parámetros de control son:

- Aceites extraños.
- Test de corrosión.
- Control de actividad microbiana.
- Control de cloruros.
- Materias en suspensión.

Por otro lado, la problemática generada por la utilización de los fluidos corte, nos ha llevado a intentar la evaluación técnica de fluidos, con objeto de controlar y reducir los riesgos producidos en su manejo.

La utilización de fluidos de corte conlleva tres tipos de riesgos higiénicos:

- Vías respiratorias.
- Cáncer.
- Dermatosis.

Los riesgos para las vías respiratorias se generan por la inhalación de nieblas de estos fluidos, y su evaluación se produce de acuerdo con los métodos NIOSH correspondientes, P & CAM 159, P & CAM 283 y S-272.

El potencial cancerígeno de un fluido de corte viene dado por la presencia en el mismo de ciertos compuestos específicos, ciertos hidrocarburos aromáticos policíclicos en el caso de los aceites, no tanto en los aromáticos producidos en los aceites puros, sino en los aromáticos generados en la desnaturalización por el calentamiento del aceite.

Otro agente potencial cancerígeno es la presencia de nitrosaminas en los fluidos de corte. La formación de estas sustancias es un hecho confirmado en fluidos que contienen nitritos y aminas, ya que las nitrosaminas por sí mismas no se adicionan al fluido.

Aún en presencia de nitritos se pueden generar nitrosaminas, ya que otras sustancias nitrogenadas por fenómenos de oxidación o reducción pueden producir nitritos.

Los riesgos para la piel derivados de la exposición a estos fluidos son fundamentalmente:

- Dermatosis irritativas de contacto.
- Botón de aceite.
- Acné clórico.

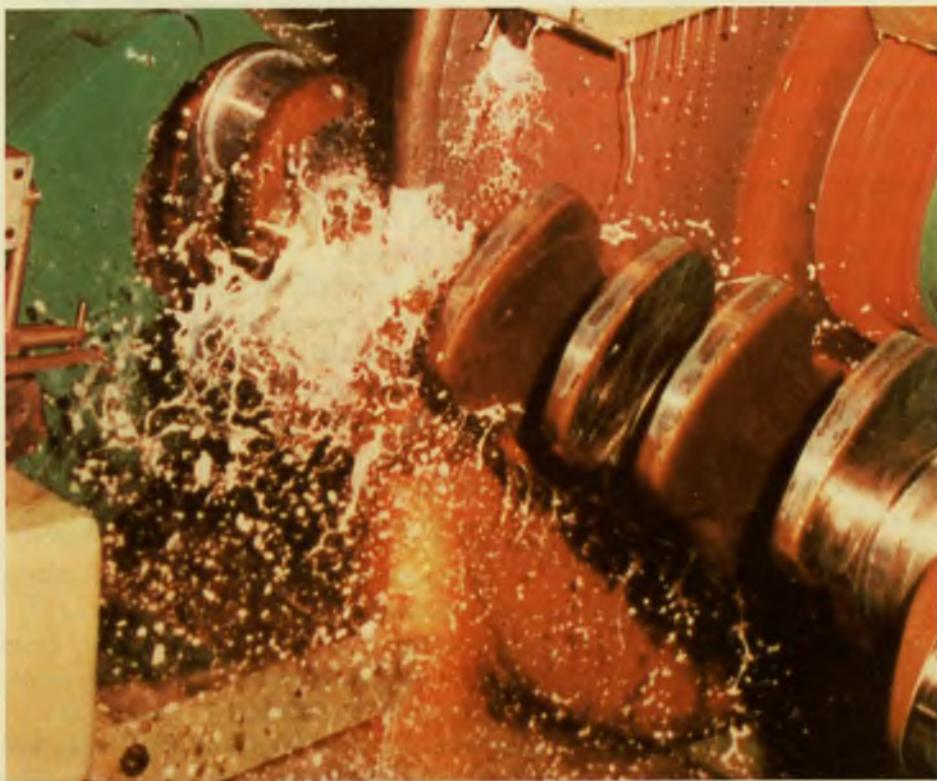


Fig. 55.—Rectificado de un cigüenal. Uso de fluidos de corte.

La prevención de estos problemas se ha basado en la evaluación y control de aquellos parámetros que puedan favorecer las irritaciones de la piel.

Para los aceites puros de corte, estos parámetros son:

- Índice de acidez o alcalinidad.
- Partículas en suspensión.
- Presencia de agua.
- Aditivos (formaldehido, fenoles, cloro, azufre).

Para los fluidos acuosos estos parámetros son:

- Concentración.
- pH.
- Partículas en suspensión.
- Bacterias.
- Aditivos.
- Agua de dilución.

### ***6.3. Ruido: Comentario a la Directiva 86/188/CEE sobre exposición al ruido***

En el programa de actuación de la Comunidad para 1977-1981, aprobado por Resolución del Consejo de 17 de Mayo de 1977. Comienza por definir el ruido como un «Conjunto de sonidos que adquieren para el hombre un carácter efectivo desagradable y más o menos inadmisible a causa, sobre todo, de las molestias, la fatiga, la perturbación y, en su caso, el dolor que produce». La comisión propondría en los plazos más convenientes, un programa en el que se fijaría el marco general aplicable al conjunto de medidas que convenía adoptar a los diferentes niveles en la lucha contra el ruido.

El diario oficial de las Comunidades Europeas en su número L 137/28 de 24 de mayo de 1986 publica la Directiva del Consejo de la C.E.E. (86/188/CEE) de 12 de mayo de 1986, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo. Esta Directiva, desde el punto de vista técnico, es la definición de una política de actuación frente al riesgo de trauma sonoro. Esta Directiva es muy importante toda vez que debe ser plasmada en la Legislación de cada Estado miembro antes del 1 de enero de 1990. En caso contrario, a partir del 1 de enero de 1990 la Directiva sería de aplicación en nuestro país.

#### ***6.3.1. Ambito de aplicación***

La Directiva contempla como ámbito de aplicación personal a todos los trabajadores por cuenta ajena a excepción de los trabajadores de la navegación marítima y de la navegación aérea.

Al igual que todas las Directivas, deja varios aspectos de la actuación encomendados a la Legislación y usos nacionales. La Directiva trata de dar unas ideas muy generales, cuya incidencia en las Empresas españolas dependerá en gran medida de las disposiciones reglamentarias que se dicten en nuestro país.

### 6.3.2. Evaluación

Se definen claramente los términos para la evaluación de la situación de riesgo y establecer la obligación en cada caso.

La exposición diaria personal de un trabajador al ruido  $L_{EP,d}$  se expresa en dB(A).

$$L_{EP,d} = 10 \log \frac{1}{T_e} \circ T_e \frac{P_A(t)^2}{P_o} dt + \log \frac{T_e}{T_o}$$

Siendo:

$T_e$  = Duración de la exposición general de un trabajador al ruido.

$T_o$  = 8 horas = 28.800 seg.

$P_o$  = 20 P<sub>A</sub>.

$P_A$  = Presión acústica instantánea A en Pascals.

La exposición diaria personal ( $L_{EP,d}$ ) no se tendrá en cuenta el efecto de ninguna protección personal que sea utilizada.

La media semanal de la valoración diaria  $L_{EP,w}$  también se expresa en dB(A).

Su fórmula de cálculo es:

$$L_{EP,w} = 10 \log \frac{1}{5} K = m_1 10 \cdot 0,1 (L_{EP,d})_k$$

Siendo:

$(L_{EP,d})_k$  son los valores de  $L_{EP,d}$  para cada uno de los días de trabajo de la semana considerada.

El método supone el empleo de sonómetros integradores o medición de presión acústica y tiempo de exposición.

La definición de ruido equivalente para 8 horas de exposición que se da en la Directiva se trata de un concepto análogo al de Dosis de Ruido que es más usual entre los Higienistas pero con una diferencia notable.

El método de integración propuesto se basa en el recomendado por la Norma ISO que consiste en dividir el tiempo permisible a la mitad cada vez que aumente el nivel sonoro en 3 dB(A) y no en 5 dB(A) como propone la Norma O.S.H.A., que es la habitual en España.

La Tabla de valoración nos quedaría en la actualidad:

Tiempo exposición (horas)	O.S.H.A. dB(A)	ISO (Directiva) dB(A)
8	90	90
4	95	93
2	100	96
1	105	99
1/2	110	102
1/4	115	105

Este método de medida supone que las consecuencias sean:

1. Eliminar el artículo 31 apartado 9 de la O.G.S.H.T. en lo que a fijación del límite de nivel sonoro se refiere.
2. Debido a que los higienistas españoles han utilizado el método de integración propuesto por la O.S.H.A.
3. Adaptar los aparatos de muestreo a la norma ISO.

#### *6.3.3. Determinación de las situaciones de riesgo*

La Directiva establece como primer paso una evaluación de una medición de nivel de ruido cuya finalidad es la de determinar los trabajadores y lugares de trabajo considerados expuestos a riesgo.

La Directiva reconoce la necesaria participación de los trabajadores en la evaluación y mediciones de nivel sonoro a través de los representantes legales. En nuestro país, los Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo, los Comités de Empresa y Delegados de Personal en cada Empresa.

Dicha evaluación y muestreo será representativa de la exposición diaria personal.

Los equipos serán los adecuados (anexo 1 de la citada directiva).

La Directiva indica que las evaluaciones y muestreos tienen que ser registrados de forma adecuada.

#### *6.3.4. Límites de exposición admisibles*

La Directiva no establece unos límites de nivel sonoro como barrera entre riesgo o no. La filosofía de la Directiva es meramente prevencionista y nos

indica qué es lo que debe hacerse cuando se sobrepasan estos límites, fijando dichos límites en dos valores, 85 y 90 dB(A).

El empresario debe:	Exposición diaria equivalente	
	Superior a 85 dB(A)	Superior a 90 dB(A)
Informar a los trabajadores sobre los riesgos para la audición y los medios de protección.	X	X
Permitir el acceso de los trabajadores a los resultados de las evaluaciones de la exposición al ruido.	X	X
Suministrar protectores personales a los trabajadores que lo soliciten.	X	
Establecer la obligación de utilizar protectores personales.		X
Señalar los lugares con riesgo y establecer limitaciones de acceso a los mismos.		X
Elaborar y ejecutar un plan de reducción de la exposición al ruido.		X
Proporcionar una vigilancia médica de la función auditiva de los trabajadores.	X	X

La Directiva insta a los Estados miembros a que adopten medidas para conseguir que en las nuevas instalaciones, máquinas y materiales se adopten en el origen las medidas necesarias para que en su funcionamiento normal cumplan los límites de exposición fijados.

Esta idea afecta a las empresas fabricantes de equipos en instalaciones industriales. Se trata en definitiva de un paso hacia unas Normas de Homologación de equipos en cuanto a su emisión sonora.

#### 6.3.5. *Implicaciones para la empresa*

Como resumen de todo lo anterior comentado veamos la implicación de esta Directiva para la Empresa cuando se transforme en Legislación.

Las implicaciones son:

- a) Admitir que hay una exposición a ruido.
- b) Hay que realizar mediciones a fin de valorar esta exposición.
- c) Establecer programas de conservación de la audición en los casos en que sea necesario.
- d) Desarrollar y mantener todo el plan comentado en el apartado C.

**7. NORMAS Y DISPOSICIONES  
LEGALES DE USO Y  
APLICACION EN MUELAS  
ABRASIVAS**

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9.3.71).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28.8.70) (B.O.E. 5/7/8/9.970).
- Homologación de medios de protección personal de los trabajadores (O.M. 17.5.74/ B.O.E. 29.5.74).
- R.D. 1495/86 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas.
- R.D. 1403/86 sobre señalización de seguridad en los centros y locales de trabajo.
- IRANOR. Código Europeo de Seguridad para el empleo de muelas abrasivas. Instrucciones UNE 006. 1965.
- Directiva 77/576/CEE relativa a la señalización de seguridad en el centro de trabajo.
- Proyecto de Directiva de la CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas (12.10.87).
- Proyecto de Noma de la CEE de septiembre de 1987. Seguridad de máquinas. Nociones fundamentales, principios generales para el diseño.
- UNE 81.600-85 Técnicas de seguridad aplicadas a las máquinas.
- Directiva 86/188/CEE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo.
- CEI 804 Sonómetros integradores medidores 1985.
- CEI 651 Sonómetros. 1979.
- ISO 1999 Determinación de la exposición al ruido en medio profesional y estimación de la pérdida auditiva inducida por el ruido. 1985.
- ISO 389. Caso normal de referencia para la calibración de audiómetros de sonidos puros. 1975.
- ISO 6189 Audiometría laminar en la dirección aéreo para las necesidades de la preservación del oído. 1983.
- Directiva 80/11007/CEE sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ciertos agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.
- Orden del 16.12.87 por la que se establecen nuevos modelos para notificación de accidentes de trabajo e instrucciones para su cumplimiento y tramitación.
- Propuesta de Directiva 86/C164/04 por la que se modifican algunos artículos de la Directiva 80/1107/CEE.
- Reglamento para la prevención de riesgo y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos (82/605/CEE).
- UNE 17.701.79. Tornillos y espárragos. Características y ensayos de los elementos de fijación.
- UNE 17.108-81. Tornillos y tuercas de acero. Momentos de apriete.
- UNE 17.704-78. Rosca métrica 150 de empleo general. Medidas básicas.
- ISO 666. Machines-outils. Montage des meules plates par moyeux flasques.
- ISO/R 525. Produits abrasifs agglomérés. Generalités. 1966.
- ISO/R 603. Produits abrasifs agglomérés. Dimensions des meules. 1967.
- ISO/R 1117. Produits abrasifs agglomérés. Dimensions des meules. 1969.
- ISO/R 2933. Produtis abrasifs agglomérés. Dimensions des meules. 1974.

- UNE 16.303-75. «Definición, designación, gama de medidas y perfiles de los productos abrasivos aglomerados».
- UNE 16.301-75. «Muelas planas tipo 1, para rebarbado y afilado en general hasta  $v=30$  m/s».
- UNE 16.302-75. «Muelas planas tipo 1, para amoladora portátil hasta 48 m/s».
- UNE 16.303-75. «Muelas planas tipo 1, para rebarbado en amoladora fija o suspendida, hasta  $v=48$  m/s».
- UNE 16.304-75. «Muelas de vaso tipo 6, para amoladora portátil hasta  $v=488$  m/s».
- UNE 16.305-75. «Muelas de copa tipo 11 para amoladora portátil hasta  $v=48$  m/s».
- UNE 16.306-75. «Muelas de vaso tipo 6, para amoladora portátil con rosca hasta  $v=48$  m/s».
- UNE 16.307-75. «Muelas de copa tipo 11, para amoladoras portátiles con rosca, hasta  $v=48$  m/s».
- UNE 16.308-75. «Muelas tipo 1, para tronzar y hendir sin armadura hasta  $v=80$  m/s».
- UNE 16.309-75. «Muelas planas tipo 1, para rectificado cilíndrico exterior, sin escote».
- UNE 16.310-75. «Muelas planas tipo 5, para rectificado cilíndrico exterior, con un escote».
- UNE 16.311-75. «Muelas planas tipo 7, para rectificado cilíndrico exterior, con dos escotes».
- UNE 16.312-75. «Muelas planas tipo 1, para rectificado plano».
- UNE 16.313-75. «Muelas en forma de aro tipo 1, para rectificado plano».
- UNE 16.314-75. «Muelas planas de trabajo tipo 1, para rectificado sin centros».
- UNE 16.315-75. «Muelas planas de arrastre tipo 1, para rectificado sin centros».
- UNE 16.316-75. «Muelas planas de trabajo, tipo 5, para rectificado sin centros, con un escote».
- UNE 16.317-75. «Muelas planas de arrastre tipo 5, para rectificado sin centros, con un escote».
- UNE 16.318-75. «Muelas planas de trabajo tipo 7, para rectificado sin centros, con dos escotes».
- UNE 16.319-75. «Muelas planas de arrastre tipo 7, para rectificado sin centros, con dos escotes».
- UNE 16.320-75. «Muelas planas tipo 1, para afilado de sierras, para materiales no metálicos».
- UNE 16.321-75. «Muelas planas delgadas tipo 1, para afilado de sierras para metales».
- UNE 16.322-75. «Segmentos de muelas de sección trapezoidal isósceles».
- UNE 16.326-82. «Rollo en carrete de abrasivo aplicado».
- UNE 16.327-82. «Rollo en papel y tela de abrasivo aplicado».
- UNE 16.328-82. «Rollo de tela de abrasivo aplicado».
- UNE 16.329-82. «Discos abrasivos con agujero circular».
- UNE 16.330-82. «Hojas de abrasivo aplicado».
- UNE 16.331-82. «Discos abrasivos».
- UNE 16.333-82. «Condiciones de suministro y verificación de muelas».
- UNE 16.334-82. «Muelas planas con tuercas encastradas tipos A y B».
- UNE 16.335-82. «Muelas montadas sobre vástago, tipos A, B y W».
- UNE 16.338-82. «Piedras de lapear de sección rectangular».
- UNE 16.339-82. «Piedras de lapear de sección cuadrada».
- UNE 16.340-82. «Cepillos de lapear de sección rectangular».
- UNE 16.341-82. «Cepillos de abrasivo aplicado con agujero»

## **8. BIBLIOGRAFIA**

- IRANOR. Requerimientos de Seguridad para cuidado, uso y mantenimiento de rectificadoras. 1985. PNE 81609.
- AINSI B7.1-1978 Safety requirements for the use, care, and protection of abrasive wheels.
- MTTA. Abrasive wheels regulations. Information to be displayed on grinding machines. 1972.
- FEPA ET ANNEXES FRANCAISES. Code Européen de sécurité pour l'emploi des meules et produits abrasifs aglomérés. 1966.
- AINSI B11.9.1975. Safety requirements for the construction, care and use of grinding machines.
- MTTA. Code of practice safeguarding grinding-honing machines. 1978.
- NFE 65-130. Meuleuses portatives prevention des risques d'origine mécanique.
- NF C75-100. Outils portatifs à la main, à moteur électrique. Règles générales.
- NFE 62-116. Flasques pour le montage des meules. Règles de conception. Essais.
- NFE 75-210. Plateaux porte-segments.
- NFE 75-200. Equilibrage des meules, généralités et tolérances de balourd.
- DIN 69102-2-49. Instrucciones para la selección de cuerpos abrasivos.
- DIN 69105-6-72. Forma de borde para muelas abrasivas.
- DIN 69149-2-49. Muelas abrasivas para herramientas.
- DIN 69159-9-49. Muelas abrasivas de corte.
- DIN 69160-2-49. Muelas abrasivas de roscas.
- PATTY'S INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY. Volumen 1 General PRINCIPLES. 1978.
- PATTY'S INDUSTRIAL HYGIENE AND TOXICOLOGY. Volumen 3b Biológica. Responses. 1985.
- Enciclopedia de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo. 1974.
- THRESHOLD LIMIT VALVES AND BIOLOGICAL EXPOSURE INDICES FOR 1986-1987.
- Salud y Trabajo n.º 60 MARZO-ABRIL 1987.
- 1.ª Mesa Redonda sobre prevención en la utilización de aceites y fluidos industriales. DICIEMBRE 1986.
- NFE 60-400. Machines-outils à meuler. Prévention des risques d'accident d'origine mécanique specifications générales.
- NFE 60-401. Machines-outils à meuler. Carters de meules. Essaus de résistance.
- NFE 60-402. Machines-outils à meuler. Tourets à meuler. Prévention des risques d'accident d'origine mécanique.
- NFE 60-404. Machines-outils à meuler. Rectifieuses planes à table à déplacement rectiligne et de course inférieure ou égale à 3 metres prévention des risques d'accident d'origine mécanique.
- William Handley, Manual de Seguridad Industrial. 1980 M.B.E.  
North west Regional Association of Industrial safety.

- Health and safety at work. H.S.W. 4-A (Safety in the use of abrasive wheels). 1970.
- Code of practice: Control of Dust from portable power operated grinding machines. 1971.
- Grinding of metals special regulations 1925 y 1950.
- A. Chevalier y R. Labille. Mecanizado con abrasivos. Ediciones T.E.A.
- Afilado de Herramientas de corte. Elli, Zerboni and CON.
- Salud y Trabajo n.º 47 ENERO-FEBRERO 1985. Seguridad en Rectificadoras cilíndricas de exteriores.
- Abrasivos. 1979. Editorial Maicombo. Barcelona.
- Guía Norton para la utilización de Muelas Abrasivas. 1987.
- ABC OF THE GRINDING THE. Ed. Norton. California 1960.
- COATED ABRASIVES. Modern rool of Industry. McGraw-Hill Book Company Inc. U.S.A. 1982.
- Alrededor de las Máquinas-Herramientas Heinrich GERLIN 1979.
- CHURCHILL: Rettificatried affilatrici. Manchester (Inglaterra) 1983.
- Morera. Rettificatrici Universali. Bolonia. 1982.
- F.E.P.A. European safety code for the use of grinding wheels and banded abrasive products. General Edition. 1987.
- Grindig wheels can affect health. Ekluwd L. Et AL. Rev. Noise and vibr. control worldwide. 1978.
- J.L. PALACIOS. Seguridad en la elección de muelas abrasivas. Notas y Documentos. 1978.
- Mole abrasive a Machine Molatrici Enpi. Rev. Separata. 1978.
- Neve Gesichtspunkte bei der entwicklung von Schpeifschreibenschutz prauben. 1973.
- Rosb erg et Al. Rev. Die Berufsgenossenschaft. 1973.
- Das Rotvisier. Hoppe. Rev. Die Berufsgenossenschaft. 1973.
- HAYDEN A T. LAWRENCE CH. Evaluating a. Buffing wheel Exhaust system. National Safety News 1977.
- J.C. TANGUY. Rectification, connaissances de base et données pratiques. CETIM 1985.
- C. LIEVENS. Sécurité des Systemes. 1976.
- Parque de Máquinas-Herramienta de la Comunidad Autónoma Vasca, realizado por A.F.M. y Gobierno Vasco. 1982.

**Eusko Jaurlaritzaren  
Argitalpen-Zerbitzu Nagusia**

P.V.P.: 1.160 pts. (IVA incluido)



**Servicio Central de Publicaciones  
del Gobierno Vasco**