

300617

23  
24



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

**"PRINCIPIOS GENERALES PARA EL ADECUADO USO  
Y MANEJO DE ABRASIVOS"**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N**

**ANDRES LOPEZ FRISBIE  
ROLANDO ORTIZ PEON  
GERARDO SCHEUFLER IÑIGUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. ALFONSO RAMON BAGUR**

**MEXICO, D. F., A 5 DE OCTUBRE DE 1990**

**FALLA DE ORIGEN**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

T E M A	P A G
<b>Objetivos de la investigación</b>	
<b>1. Integración de los datos necesarios para la adecuada comprensión de los abrasivos.....</b>	<b>1</b>
1.1 Breve historia de los abrasivos.....	1
1.2 Definición y tipos de abrasivos.....	3
1.3 Empleo de los abrasivos en función del trabajo.....	12
1.4 La Rueda abrasiva.....	14
1.4.1 Tipos de ruedas.....	14
1.4.2 Especificación de las ruedas.....	16
1.4.2.1 Abrasivo.....	18
1.4.2.2 Tamaño de grano.....	18
1.4.2.3 Dureza.....	20
1.4.2.4 Estructura.....	20
1.4.2.5 Aglomerante.....	22
1.5 Fabricación de las ruedas.....	26
1.5.1 Fabricantes nacionales.....	28
<b>2. Operaciones con abrasivos.....</b>	<b>30</b>
2.1 Desbaste.....	30
2.1.1 Máquinas para desbastar.....	31
2.1.2 Ruedas para desbastar.....	37
2.2 Corte.....	39
2.2.1 Tipo de material a cortar.....	39
2.2.2 Sección de corte.....	40
2.2.3 Acabado requerido.....	40
2.2.4 Tipo y potencia de la máquina empleada.....	41
2.2.5 Corte en húmedo o en seco.....	45
2.3 Rectificado.....	48
2.3.1 Rectificado cilíndrico.....	48
2.3.1.1 Rectificado cilíndrico exterior.....	48
2.3.1.2 Rectificado cilíndrico interior.....	56
2.3.2 Rectificado de superficies planas.....	60
2.3.3 Rectificados especiales.....	61
2.3.4 Acabado superficial.....	65
2.3.4.1 Concepto de rugosidad.....	65
2.3.4.2 Medición de la rugosidad.....	65
2.3.4.3 Aparatos de medición.....	68
2.3.4.4 Factores que influyen en el acabado superficial.....	73
2.4 Afilado.....	76
2.4.1 Afilado de metal duro.....	77
2.4.2 Afilado de sierras.....	77
2.4.3 Afilado de cuchillas.....	78

2.4.4 Máquinas para afilar.....	78
3. Teoría del mecanizado con abrasivos.....	80
3.1 Trabajo del grano abrasivo.....	80
3.2 Arco de contacto y velocidades periféricas....	82
4. Seguridad e higiene en el uso y manejo de abrasivos.....	89
4.1 Seguridad.....	89
4.1.1 Responsabilidades de los fabricantes de abrasivos.....	90
4.1.2 Responsabilidades de los fabricantes de máquinas.....	94
4.1.3 Responsabilidades del usuario.....	94
4.1.4 Almacenamiento y manejo.....	96
4.1.5 Montaje.....	99
4.2 Higiene.....	100
4.2.1 Principios generales de ventilación.....	101
4.2.2 Diseño del ducto de extracción.....	102
5. Costos.....	106
5.1 Pruebas comparativas.....	109
5.2 Resultados de pruebas comparativas.....	112
6. Resultados de la investigación industrial.....	116
6.1 Mercado.....	116
6.2 Cuestionario de investigación.....	120
6.3 Presentación de resultados.....	125
6.4 Interpretación de resultados.....	152
7. Recomendaciones para la selección del abrasivo adecuado.....	162
7.1 Selección de la rueda abrasiva.....	164

Conclusiones

Apendices

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Actualmente dentro de la industria en México se cuenta con una gran diversidad de procesos que requieren del uso de materiales abrasivos.

La selección y uso del abrasivo se torna difícil, debido a que existe una gran cantidad de variables involucradas, tales como la dureza, estructura, tamaño de grano, etc.

El objetivo general de este trabajo, es proporcionar al usuario una guía para el adecuado uso y selección de materiales abrasivos dentro de sus procesos, ya que consideramos que actualmente estos procesos son realizados en forma empírica, lo que provoca una serie de errores los cuales pueden llegar a causar accidentes.

Adicionalmente a este objetivo, se pretende instruir al usuario en el tema, y con ello buscar facilitar la labor del fabricante de abrasivos a fin de reducir quejas, malos manejos, gastos, etc.

Resultan significativos los comentarios de gente relacionada con la fabricación y/o comercialización de abrasivos. Analicemos algunos:

"Uno de los principales problemas que tenemos, es que el mercado no está instruido en el tema de los abrasivos".

"Estoy seguro que cualquier rueda abrasiva empleada actualmente puede ser mejorada".

"La mayoría de los consumidores compran sus abrasivos de acuerdo a su precio dándole menos importancia al rendimiento y a

la calidad".

Un punto relevante es el cuidado con que deben emplearse los abrasivos. Existen ruedas con velocidades promedio de entre 50 y 80 m/s en su periferia. Esto representa un peligro constante cuando son usadas sin el cuidado necesario.

Los puntos anteriores muestran la necesidad de contar con material bibliográfico de manera que puedan resolverse las dudas relativas al tema de una manera ágil. En la actualidad, este tipo de consultas, únicamente se pueden realizar en algunos catálogos de fabricantes, pero la información que contienen no alcanza a cubrir los requerimientos del usuario.

Es por esto que se pretende con este trabajo dar la información que el usuario necesita.

La investigación consiste de dos etapas:

a) Documental.

b) Industrial.

a) En la investigación documental se dan los aspectos más importantes que el usuario debe conocer para el empleo de los abrasivos. Para esto, se consultaron los libros recomendados por los fabricantes. Inclusive fueron ellos quienes dieron las facilidades para conseguirlos, ya que de otra manera hubiera sido una tarea más complicada.

b) En la investigación industrial se analiza una muestra representativa de empresas de diversa índole con la finalidad de apreciar el uso y manejo que actualmente se le da a los abrasivos.

Para ello, la información se condensa mediante un cuestionario que permite recopilar los datos de una manera adecuada.

En esta investigación se estudian los abrasivos sólidos excluyendo a la lija, ya que sale de los objetivos de este trabajo.

La importancia de este trabajo, radica en el hecho de que prácticamente en todas las empresas existe al menos un banco de esmeril y en una gran cantidad de ellas, sobre todo en el ramo metalmecánico, el uso de abrasivos forma parte fundamental de su proceso productivo.

1. Integración de los datos necesarios para la adecuada comprensión de los abrasivos.

### 1.1 Breve historia de los abrasivos.

La historia de los abrasivos se remonta a miles de años, desde que el hombre primitivo afiló sus herramientas y armas en los tiempos prehistóricos. Durante siglos, la evolución de esta técnica fue muy lenta, hasta llegar a la construcción de las pirámides de Egipto. Las piedras utilizadas eran pulidas con un abrasivo natural: piedra arenisca.

Alrededor del año 2100 a.C. un ingeniero egipcio develó los principios del rectificado cilíndrico al utilizar una piedra para dar acabado a sus herramientas de bronce y figuras ornamentales.

Durante la edad media existió un gran negocio: La fabricación y pulido de armas y espadas. En esta misma época aparecen las ruedas de cuarzo.

Pero no es sino hasta 1825 cuando se manufacturó la primera rueda abrasiva en la India. Para ello se mezcló corindón natural con resina de goma, moldeando la forma de una rueda abrasiva.

En los Estados Unidos la primera rueda hecha por el hombre consistió en hule natural impregnado de esmeril, obteniéndose una rueda con liga de hule. Este tipo de ruedas se siguen utilizando hoy día en algunas operaciones de corte.

Es en 1860 cuando tecnológicamente hablando los abrasivos comienzan a tener importancia. Es la época de la Revolución Industrial. Todas las máquinas nuevas revolucionaban el concepto de las herramientas creando nuevos procesos.



Existe un invento a mediados del siglo pasado con el que los abrasivos cobraron una importancia relevante: la máquina de coser. El afilado de agujas y la precisión que requería la maquinaria hicieron del abrasivo una herramienta indispensable y esto propició la aparición de la máquina esmeriladora. Sin embargo fué hasta 1875 cuando se construyó la primera máquina esmeriladora en forma.

Henry Ford hizo más por el esmerilado que ninguna otra persona antes. Introdujo el concepto del uso de abrasivos no solo para afilar o cortar, sino para dar acabado superficial, sustituyendo herramientas metálicas convencionales.

En la actualidad, el abrasivo es considerado tan necesario que sin el no podría lograrse el grado de precisión exigido en las máquinas actuales. A su aplicación se debe en gran parte el logro de industrias tales como la del automóvil, la aviación y toda la mecánica de precisión.

Es debido a los procesos de esmerilado que nos encontramos con un enorme adelanto tecnológico en este siglo: En la actualidad existen diamantes hechos por el hombre, siendo este material el más duro que existe. Con esto se logran grandes ventajas sobre los demás abrasivos, sobre todo en procesos de afilado.

En México el empleo de abrasivos se ha visto influenciado por los adelantos tecnológicos tanto en maquinaria como en la fabricación de éstos. Muestra de esto, es que hasta 1962 se comenzaron a fabricar abrasivos en nuestro país con tecnología extranjera.

## 1.2 Definición y tipos de abrasivos.

Un grano abrasivo es un material de extrema dureza y tenacidad que, dada su estructura cristalina, es capaz de producir un desgaste o corte por acción mecánica sobre materiales menos duros que ellos, por medio de aristas o puntos cortantes que constantemente se van renovando.

Debido a sus propiedades de refractariedad y dureza, presentan ventajas en cuanto a velocidad de operación, profundidad de corte y calidad en el acabado superficial, con respecto a herramientas tradicionales, tales como el buril.

Los productos abrasivos son usados para limpiar y maquinariar todo tipo de metales, para esmerilar y pulir vidrio, cortar metal, vidrio, cemento y para lograr la elaboración de una gran cantidad de productos en la industria moderna.

Para describir los abrasivos que se utilizan en la industria, serán divididos en:

- a) Abrasivos naturales
- b) Abrasivos artificiales

### a) Abrasivos naturales.

Generalmente se llaman abrasivos naturales, a aquellos que han sido producidos por las fuerzas de la naturaleza. Los más comunes son:

1. Esmeril. Compuesto de alúmina (35 a 70%), silicio y óxido de fierro. Se encuentra en la isla de Naxos en el mar Egeo. Su

dureza en la escala Mohs es de 8. (1).

2. Corindón natural. Consiste en alúmina cristalizada de alta pureza (94%). Se encuentra en Canadá y África del Sur. Su dureza en la escala de Mohs es de 9.

3. Cuarzo. Es un abrasivo irregular tanto en dureza como en estructura, lo que lo hace poco adecuado para trabajos de precisión. Su dureza en la escala de Mohs es de 7.

4. Diamante. Es el abrasivo de mayor dureza de todos los conocidos. Su dureza en la escala de Mohs es de 10.

También se tienen la piedra arenisca, el óxido férrico y el granate.

Además hay muchos otros materiales empleados como abrasivos tales como la piedra pomez, cal de Viena, tripoli, etc.

#### b) Abrasivos artificiales.

Los abrasivos artificiales fueron desarrollados por primera vez a fines del siglo XIX. Estos resolvieron los problemas de las impurezas e inconsistencias encontradas en los abrasivos naturales, debido a que su manufactura puede ser controlada.

Los más comúnmente empleados en la actualidad son:

##### 1.- Carburo de Silicio

La dureza de este abrasivo es de 9.2 en la escala de Mohs, y además, tiene la particularidad de que presenta aristas vivas que

(1) La escala de Mohs consiste en ordenar los materiales que en ella aparecen, de forma que cada uno de ellos raya al que le precede. Cuanto más alto es el número, más duro es el material.

permiten trabajar materiales duros pero de baja resistencia a la tensión, como fundición, piedra, vidrio, bronce, aluminio, carburo de tungsteno, cobre, acero inoxidable y en general materiales no ferrosos.

En 1891, el Dr. Acheson observó en los Estados Unidos unos diminutos cristales que habían quedado adheridos en un electrodo de carbón de un horno, donde se realizaban ensayos para la obtención de diamantes artificiales. Estos cristales eran carburo de silicio.

Actualmente, es fabricado en un horno eléctrico de hasta 15 m. de alto y 3 m. de ancho y suele contener hasta 90 000 Kg. de mezcla, la cual producirá, eventualmente, hasta 11 000 Kg. de carburo de silicio utilizable.

Dicho horno está constituido por un canal. Sus paredes están hechas con ladrillo refractario removible. A través de las estructuras refractarias permanentes de las paredes de los hornos, se introducen largos electrodos de carbón.

La mezcla que se alimenta al horno, tiene los siguientes componentes:

- arena sílica 60%
- coque 40%
- pequeñas cantidades de aserrín y sal.

Durante el proceso de horneado, el aserrín se quema, aumentando así la porosidad de la carga, con lo cual se facilita la circulación de los vapores producidos durante la reacción. La

sal reacciona con las impurezas de las materias primas, para producir compuestos volátiles, con lo que se incrementa la pureza del producto final.

Las materias primas son perfectamente mezcladas y el horno es llenado hasta el nivel de los electrodos con la mezcla. Entonces se conectan los electrodos por medio de un núcleo de carbón granular o grafito. Después el horno es llenado totalmente con mezcla adicional. El siguiente paso es aplicar el voltaje a los electrodos, la corriente pasará a través del núcleo por unas 36 horas. El voltaje inicial puede ser tan alto como 300 volts, sin embargo, normalmente opera a 200 volts. Durante el proceso de horneado, la temperatura llega a los 2 200 °C. Después de que el horno se enfría, el núcleo de carburo de silicio formado durante el proceso, es retirado del horno y fragmentado en grandes pedazos, para después ser triturado y seleccionado por tamaños.

#### Tipos de carburo de silicio.

Generalmente sólo se reconocen dos tipos de carburo de silicio: el carburo de silicio negro o regular y el carburo de silicio verde. La dureza y el color están determinados por el grado de pureza.

#### a) Carburo de silicio negro

Contiene 5% de impurezas. Este tipo de carburo es especialmente usado en el esmerilado de materiales duros y quebradizos, tales como hierro colado, aleaciones duras, mármol,

cerámicas y materiales con baja resistencia a la tensión como aluminio, bronce y cobre.

b) Carburo de silicio verde.

Es ligeramente más puro que el anterior y generalmente es considerado como más duro debido a que es más friable (Quebradizo). Entre sus muchas aplicaciones se encuentra el esmerilado de herramientas hechas con carburos cementados y otros materiales muy duros.

2.- Óxido de aluminio.

El óxido de aluminio es usado en la manufactura de aproximadamente el 75% de las ruedas esmeriladoras.

Generalmente se usa para esmerilar materiales con alta resistencia a la tensión, tales como el acero al carbón, acero con diferentes aleaciones, acero rápido, hierro maleable, hierro forjado, bronce duros, etc.

Mientras el Dr. Acheson hacía sus experimentos, la Ampere Electro-Chemical Co. trataba de obtener óxido de aluminio más puro. Gracias a Charles B. Jacobs se logró este objetivo.

La materia prima para el horno de arco eléctrico, utilizado en la obtención actual de óxido de aluminio es:

- a) Mineral de bauxita
- b) Carbón mineral
- c) Virutas de hierro

La bauxita, una sustancia parecida a la arcilla, primero es calcinada, es decir, calentada sin fundirla para remover la mayor cantidad posible de humedad. Este material es mezclado en la proporción adecuada con carbón natural y virutas de hierro y después es puesto dentro de un horno cilíndrico abierto.

Dos o tres electrodos verticales son bajados hasta hacer contacto con la parte superior de la carga. Inicialmente cierta cantidad de coque es colocada entre los electrodos y la corriente eléctrica es aplicada. El coque es rápidamente calentado hasta la incandescencia para fundir la bauxita. El intenso calor de los electrodos (2040°C) funde la bauxita y ocasiona una reducción de la mayoría de las impurezas. Estas, con el hierro fundido forman una escoria en la parte superior del horno. La operación toma entre 16 y 36 horas.

Una vez terminado el proceso de fusión los electrodos son levantados y se deja al horno enfriar. Varios días después el lingote de óxido de aluminio es removido del interior del horno y dejado enfriar en el aire aproximadamente 7 días. Entonces el lingote es despojado de su cubierta que no se fusionó y es roto en pedazos para ser alimentados a una trituradora.

#### Tipos de óxido de aluminio

##### a) Óxido de aluminio regular.

Es el abrasivo más usado y contiene 94.5% de óxido de aluminio. Es de color café y es el más fuerte y tenaz de todos los óxidos de aluminio. Es especialmente efectivo para operaciones

de esmerilado relativamente severas en aceros tenaces y en hierro maleable.

b) Óxido de aluminio semifriable.

Es similar al óxido de aluminio regular excepto por que contiene algo menos de impurezas. Contiene entre 96 y 97 % de alúmina pura. Se usa para el esmerilado de aceros duros. Debido a su mayor friabilidad tiene una acción de corte más fría que el regular por lo que es muy efectivo cuando hay grandes áreas de contacto.

c) Óxido de aluminio blanco.

Contiene hasta 99.9% de alúmina y es el más puro de todos los óxidos de aluminio. Su color es blanco y es el más friable de los abrasivos.

Las ruedas esmeriladoras hechas de óxido de aluminio blanco se aplican mucho en los talleres de maquinado para el afilado de herramientas hechas de aceros extraduros y muy sensibles al calor.

Algunas variaciones del óxido de aluminio, tales como el rosa y el rojo rubí, son obtenidas por medio de la adición de compuestos de cromo durante el proceso de fusión.

3.- Nitruro de boro cúbico (CBN o borazón).

Un gran avance en la tecnología del esmerilado de precisión, ha sido el descubrimiento del CBN.

El cristal comúnmente conocido como borazón, fué introducido en junio de 1969 y cambió el esmerilado de aceros de alta



velocidad de una labor difícil a una más sencilla y precisa.

El CBN es sintetizado en forma de cristales a partir del nitruro de boro hexagonal conocido como grafito blanco. Este nitruro está compuesto por átomos de boro y nitrógeno. Por medio de la aplicación de calor (1650 °C) y de grandes presiones (hasta 70 000 atmósferas), se produce una estructura cristalina similar a la del diamante.

Su dureza es el doble de la del óxido de aluminio. Puede usarse en el esmerilado de metales ferrosos y no ferrosos. Es capaz de soportar temperaturas de hasta 1370 °C. A temperaturas comprendidas entre 900 y 1100 °C, los cristales de CBN pierden una poca de su resistencia y comienzan a ser más friables.

En México, el uso de este abrasivo es limitado, ya que existe poca información al respecto. Las máquinas con que cuenta la industria, en general, no cumplen con las necesidades de velocidad y potencia.

#### 4.- Diamante

Es la sustancia más dura que el hombre conoce. Fue inicialmente usado para aderezar y rectificar ruedas esmeriladoras. El diamante se obtiene colocando sulfuro de hierro dentro de un tubo de granito cerrado en sus extremos con discos de tantalio. Se utilizan presiones de entre 55 000 y 130 000 atmósferas y se necesitan temperaturas de entre 1400 y 2350 °C. La presencia de una interfase de metal que actúe como catalizador es muy importante. El hierro fue el primer metal que logró cumplir

este propósito; desde entonces, se han empleado exitosamente el manganeso, cromo, cobalto, níquel, etc.

Una limitante del diamante, es que no se debe de usar para operaciones con materiales que contengan carbón, debido a que a altas temperaturas el carbón del diamante reacciona químicamente con el carbón del material, por lo que pierde sus propiedades abrasivas. En estos casos, el uso del CBN es lo más apropiado.

En nuestro país, se utiliza principalmente para operaciones de afilado y en mayor escala que el CBN.

### 1.3 Empleo de los abrasivos en función del trabajo.

El grano abrasivo se emplea principalmente de tres maneras diferentes:

#### a) Abrasivos aglomerados.

Son cuerpos compactos formados de granos abrasivos, unidos mediante aglomerante o liga, a los cuales se da diferente forma, de acuerdo al uso requerido.

#### b) Abrasivos aplicados.

El grano abrasivo se une sobre un cuerpo flexible mediante ligas de distinto tipo. Los soportes del grano pueden ser papel, tela, fibras, etc., para formar bandas sin fin, manguitos, cepillos, discos, etc.

#### c) Abrasivos en granos libres.

Es el grano abrasivo propiamente dicho, se clasifica por tamaño. Para su uso, se auxilia de soportes fluidos como el aire, aceite, petróleo, etc.

En la figura 1.1 se aprecia el uso del grano abrasivo en función a la cantidad de material a remover, el tamaño de grano y el acabado requerido.

El objetivo del presente trabajo se sitúa dentro del campo de los abrasivos aglomerados

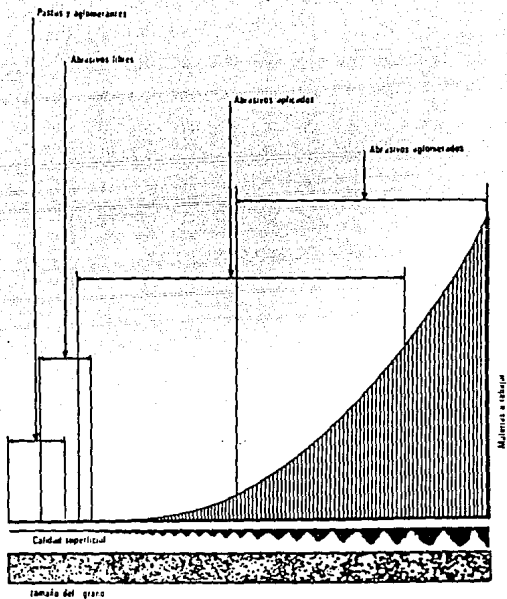


Fig. 1.1

#### 1.4 La rueda abrasiva.

Es una herramienta que trabaja quitándole pequeñas partículas a la pieza que se esmerila. Está constituida por un gran número de granos abrasivos que ejecutan el trabajo y un aglomerante que tiene la misión de sujetar los granos entre si.

##### 1.4.1 Tipos de ruedas.

La forma de un abrasivo aglomerado se obtiene por la del molde empleado en su fabricación, o también por mecanizado posterior en máquinas especiales. Por lo tanto puede haber abrasivos aglomerados de cualquier forma, pero como es natural, las máquinas que los utilizan y los métodos de trabajo con herramientas, permiten tener unas formas normalizadas. La forma de una rueda depende, pues, del trabajo a efectuar y de la máquina disponible. En la figura 1.2 se aprecian las formas normalizadas de ruedas que comenzaron a aplicarse el 1 de junio de 1957. Esta normalización se logró entre el Grinding Wheel Institute y los fabricantes.

Todas las ruedas tienen, al menos, tres dimensiones que las identifican:

- 1.- Diámetro (D)
- 2.- Grosor (T)
- 3.- Barreno (H)

Para una adecuada identificación, los fabricantes siguen siempre este orden. Es necesario aclarar que el barreno siempre debe ser dado en su medida exacta, para evitar problemas en el montaje.

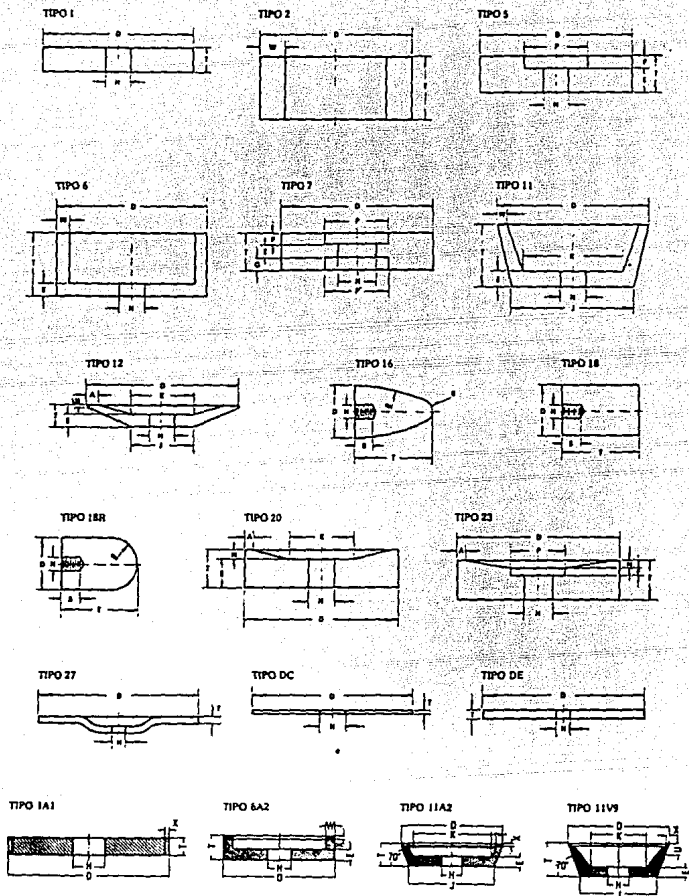


Fig. 1.2

Existen ruedas que, por su forma, se deben definir algunas dimensiones especiales, para que éstas queden perfectamente identificadas.

Básicamente todas las ruedas esmeriladoras usan la periferia (canto) o algunos de sus lados (caras) como superficie de trabajo. La rueda tipo 1 es la forma más simple de una rueda que esmerila con el canto, mientras que la rueda tipo 6 es la más simple de las ruedas que esmerilan con la cara. Las demás ruedas son modificaciones de las anteriores.

Para operaciones de esmerilado en interiores y en operaciones manuales tales como remoción de excesos de soldadura o rebabas de fundición se utilizan los conos (tipos 16 al 19) que normalmente tienen en uno de sus extremos un buje roscado y las puntas montadas que en uno de sus extremos tienen un vástago de acero endurecido (ver figura 1.2.1). La elección de la punta o cono a utilizar depende de la forma del material a trabajar y es por ello que existe tanta variedad de formas.

#### 1.4.2 Especificación de las ruedas.

Las características de un abrasivo aglomerado vienen determinadas por 5 factores básicos que son:

1. Abrasivo.
2. Tamaño de grano.
3. Dureza.
4. Estructura.
5. Aglomerante.

Si pensamos que en la práctica se utilizan de 10 a 12 tipos

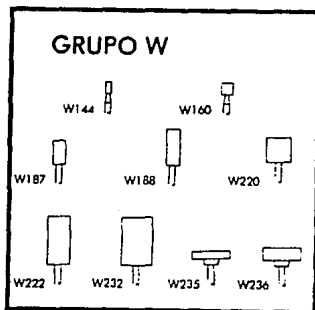
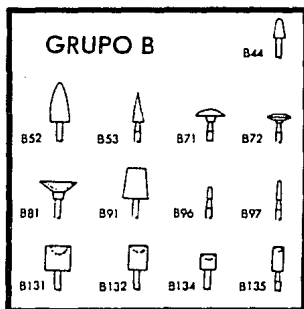
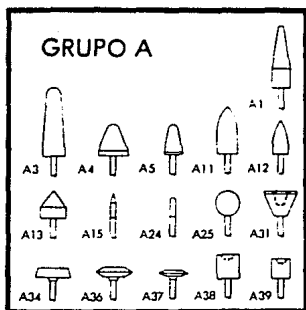


Fig. 1.2.1



de abrasivos, unos 26 tamaños de grano distintos, una gama de durezas de unos 20 valores, unas 10 estructuras y 5 ó 6 tipos de aglomerante, se ve que la cantidad de combinaciones para obtener distintas características es muy grande; de ahí la conveniencia de tener muy claros los principios de cada componente para poder definir unas determinadas características.

Debido a la gran diversidad de métodos empleados por los distintos fabricantes de piedras esmeriles en la identificación de sus productos se ha adoptado un sistema estándar desarrollado por la Asociación de Fabricantes de Piedras Esmeriles de los Estados Unidos. (Figura 1.3).

#### 1.4.2.1 Abrasivo.

Para una acción de corte adecuada el grano abrasivo seleccionado debe estar libre de impurezas.

Las ruedas abrasivas se fabrican principalmente con óxido de aluminio y carburo de silicio en sus diferentes clases.

#### 1.4.2.2 Tamaño de grano.

En el proceso de fabricación, los granos son separados haciéndolos pasar a través de mallas con un cierto número de hilos por pulgada lineal. El tamaño de grano es determinado por el número de aberturas por pulgada lineal que tiene la malla más chica a través de la cual pueden pasar las partículas abrasivas. Los tamaños comprendidos entre 8 y 240 son los más usuales en la fabricación de ruedas.

Así, un tamiz que tenga 12 hilos por pulgada será el que de un grano del número 12, mientras que uno que tenga 24 hilos por

1	2	3	4	5	6
Tipo de abrasivo	Tamaño del grano	Dureza	Estructura	Material de ligo	Especificación del fabricante

Fig. 1.3

pulgada lineal será indicado por el número 24, es decir, cuanto más grande sea el número de grano tanto más pequeño será el grano. (Figura 1.4).

El método de tamices es el empleado para clasificar granos comprendidos entre los números 8 al 240, mientras que a partir de éste, se utiliza el método de decantación, el cual está basado en que las partículas abrasivas suspendidas en un líquido se depositan en el fondo a distinta velocidad según su tamaño, lo cual permite diferenciarlos por tamaño.

#### 1.4.2.3 Dureza.

Es la resistencia con la que la liga sostiene al grano. Es independiente de la dureza del grano abrasivo. La dureza de una rueda se puede variar ampliamente aumentando o disminuyendo la cantidad de liga presente en la rueda. La dureza se indica por medio de letras que van desde la D para las ruedas suaves hasta la Z para las más duras de acuerdo a la siguiente tabla:

Muy blanda	D E F G
Blanda	H I J K
Mediana	L M N O
Dura	P Q R S
Muy dura	T U V W
Extra dura	X Y Z

#### 1.4.2.4 Estructura.

Es la densidad de la rueda o la relación existente entre los granos abrasivos con el material de liga y los huecos o poros de la rueda. Se pueden fabricar ruedas densas o porosas dependiendo

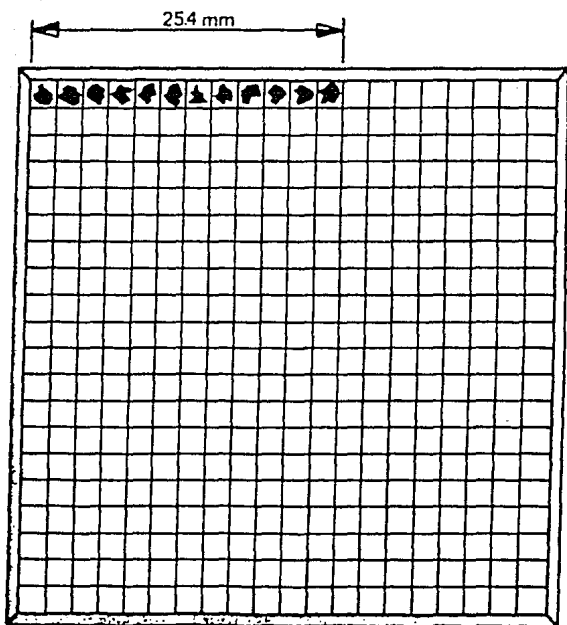


Fig. 1.4

de las condiciones de esmerilado. La estructura se denota por medio de números como se muestra en la siguiente tabla:

Densa	0 1 2
Mediana	3 4
Abierta	5 6
Porosa	7 8 9
Super porosa	10

La estructura o porosidad puede ser controlada por medio de la presión empleada en el proceso de fabricación.

#### 1.4.2.5 Aglomerante

Cada grano está soportado por un puente de aglomerante o liga y unido a otros granos abrasivos por una red de puentes. En la práctica se usan 6 aglomerantes diferentes que son: vitrificado o cerámico, resinoso, hule, goma laca, silicato de sodio y oxiclورو de magnesio. Las ligas vitrificadas, resinosas y de hule son las más comunes y se emplean en más del 90% de las ruedas fabricadas actualmente.

Liga vitrificada. La liga vitrificada se designa por la letra V y es usada en más de la mitad de las ruedas fabricadas. Está hecha a partir de arcilla o feldespato los cuales se funden a elevadas temperaturas para formar un material semejante al vidrio.

La mayoría de las ruedas vitrificadas se utilizan a unos 33 m/s aunque se han desarrollado algunos tipos especiales que pueden trabajar a velocidades tan elevadas como 80 m/s. Debido a que las ruedas vitrificadas no son afectadas por el agua, ácidos o aceites, pueden ser usadas en casi cualquier tipo de operación, ya

sea en seco o en húmedo.

**Liga resinosa.** La liga resinosa se designa por la letra B. Es una resina fenólica termofija similar a la que se utiliza en la fabricación de un receptor telefónico. Estas ruedas pueden operar a velocidades mucho más elevadas que la mayoría de las ruedas vitrificadas. Las ruedas resinosas se utilizan en operaciones de esmerilado tales como el corte y el desbaste en las cuales es importante un elevado índice de remoción de material o en operaciones donde se requiera un acabado fino. Aproximadamente un tercio de la producción de ruedas esmeriladoras corresponde a ruedas resinosas.

**Liga de hule.** La liga de hule se designa con la letra R. Las ruedas se hacen vulcanizando una mezcla de grano abrasivo, hule y azufre. Se utilizan para producir finos acabados en piezas tales como pistas para baleros y levas. Debido a su resistencia, flexibilidad y capacidad de soportar los impactos, la liga de hule se emplea extensamente en discos de corte, los cuales tienen la característica de producir cortes relativamente libres de rebaba. La rueda de hule también es usada ampliamente como rueda reguladora en operaciones de esmerilado cilíndrico sin centros. Las ruedas de hule se pueden emplear en velocidades de hasta 80 m/s y su producción equivale a un 10 % de la producción total de ruedas esmeriladoras.

**Liga de goma laca.** Constituyen un pequeño porcentaje de la producción de ruedas esmeriladoras, se designa con la letra E.

**Liga de Silicato de sodio.** Se designa con la letra S.

Liga de Oxiclورو de Magnesio. Se designa con la letra O.

Las ligas resinosas, de goma laca y de silicato son atacadas por los líquidos enfriadores, especialmente por las soluciones alcalinas, tales como el carbonato de sodio. El hule es atacado por el aceite.

Existe una sexta posición en la especificación que sirve a los fabricantes para definir alguna característica particular de la rueda y cada uno de ellos emplea sus propios símbolos.

Para ejemplificar las variables antes mencionadas, ver figura 1.5. En dicha figura, A y B tienen igual estructura (distancia entre granos abrasivos), pero B tiene mayor dureza que A, ya que es mayor la cantidad de aglomerante que une sus granos. Entre A y C se representan dos cuerpos abrasivos que tienen la misma dureza, pero su estructura es distinta, puesto que en C los granos están mucho más separados que en A; no obstante, como se ha indicado, la dureza es la misma por tener iguales secciones de aglomerante que unen sus granos abrasivos. Por último, entre C y D existe la misma estructura, pero la dureza será mucho mayor en D que en C.

Los cinco factores que constituyen las características de los abrasivos aglomerados que se acaban de mencionar, deben anotarse sobre los productos para su identificación.

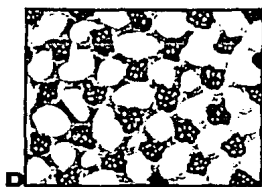
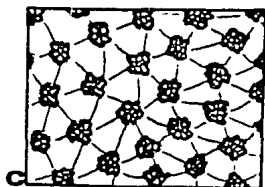
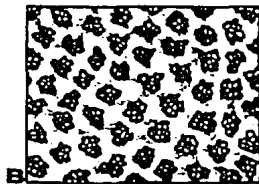
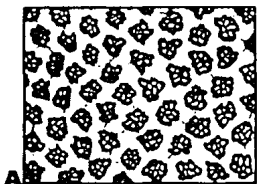


Fig. 1.5



### 1.5 Fabricación de las ruedas.

La rueda esmeriladora es una herramienta vital en la industria moderna, ya que la producción, las tolerancias y las necesidades de cambio en dimensiones, dependen significativamente de ello. Es muy importante elegir el abrasivo que mejor se adapte al trabajo a realizar y que la rueda mantenga sus características constantes, lo que requiere un estricto control en su proceso de fabricación.

El proceso que se sigue se basa en el tipo de liga de la rueda. Las ruedas vitrificadas, resinosas y de hule, por su importancia, son de manufactura continua. Las ruedas con otro tipo de liga se fabrican en ocasiones especiales, por lo que su proceso no requiere de un control tan estricto, ya que se producen únicamente cuando se necesitan.

#### Fabricación de ruedas vitrificadas

**MEZCLADO.** El abrasivo del tamaño requerido y la liga, son pesados y mezclados en una máquina mezcladora. Adicionalmente, se agrega una pequeña cantidad de un aglomerante temporal, que tiene por objeto humedecer la mezcla para que las partículas se adhieran entre sí en el prensado.

**PRENSADO.** La mezcla se vacía en un molde con la forma y tamaño final de la rueda, distribuyéndose uniformemente dentro de éste. A continuación, la mezcla es compactada en una prensa hidráulica.

**SECADO.** A las piezas recién prensadas, es necesario

extraerles la humedad, para que sean fácilmente manejables y evitar rajaduras en el horneado, para lo cual, se meten en cámaras secadoras de humedad controlada.

**HORNEADO.** Las ruedas secas, se colocan dentro de hornos eléctricos o de gas, en los cuales se hornean por lapsos de hasta una semana y con temperaturas de alrededor de 1 200 °C. El tiempo de horneado depende del tamaño de la rueda.

**RECTIFICADO.** En este proceso, se le da a la rueda sus dimensiones finales, ya sea con cortadores de acero, con otras ruedas abrasivas o con diamante. En algunas ocasiones el barreno se cubre con cera, plomo o plástico.

**INSPECCION Y PRUEBAS.** El objetivo de esta parte del proceso, es someter a las ruedas a diversas pruebas, con el fin de asegurar la calidad y homogeneidad del producto.

#### Fabricación de ruedas resinosas.

**MEZCLADO.** El abrasivo y la liga se pesan y se mezclan en una máquina revoladora. En este proceso, la liga se agrega poco a poco.

**PRENSADO.** La mezcla se distribuye uniformemente en moldes de acero con las dimensiones finales y se compacta en prensas hidráulicas. Este proceso se puede realizar en frío o en caliente.

**HORNEADO.** El horneado de ruedas resinosas se realiza en hornos eléctricos, su ciclo va de 15 a 60 horas, con una temperatura máxima de 200 °C.

**RECTIFICADO.** A la rueda se le da sus dimensiones finales con

cortadores de acero, con otras ruedas abrasivas o con diamante.

**INSPECCION Y PRUEBAS.** La rueda terminada es sometida a diversas pruebas para asegurar calidad y homogeneidad.

**Fabricación de ruedas de hule.**

**MEZCLADO.** En máquinas revolventoras se mezclan hule crudo y azufre, adicionando el abrasivo según se requiera.

**PRENSADO.** La mezcla es pasada por rodillos de calandria, obteniéndose una lámina de grosor predeterminado.

**MOLDEADO.** De la lámina obtenida en el prensado, se cortan las ruedas mediante suajadores.

**VULCANIZADO.** Las ruedas se calientan. Posteriormente son presionadas para endurecerlas.

**INSPECCION Y PRUEBAS.** Las pruebas que se le hacen a éste tipo de ruedas, van encaminadas a comprobar principalmente sus dimensiones.

#### 1.5.1 Fabricantes nacionales.

La mayor parte del mercado nacional, está cubierto por dos fabricantes, los cuales cuentan con la mayor experiencia y están particularmente preocupados por el desarrollo y mejora de sus productos. Dichos fabricantes son:

a) ABRASIVOS AUSTROMEX, S.A. DE C.V.

b) COMPANIA NACIONAL DE ABRASIVOS, S.A. DE C.V.

El resto del mercado, está cubierto por una mayor cantidad de fabricantes. Estos cuentan con menores recursos que los anteriores, pero de igual manera, su principal preocupación es la calidad de los productos que fabrican. Dichos fabricantes son:

- Abrasivos Disab
- Abrasivos Mexicanos Graff, S.A.
- Rosber, S.A. de C.V.
- American Buff de México, S.A.
- Abrasivos Sesa.

## 2. Operaciones con abrasivos.

### 2.1 Desbaste

La operación conocida como desbaste, consiste en la remoción rápida de grandes cantidades de material, no siendo de primordial importancia el acabado superficial obtenido (25 micras aproximadamente). Fundiciones, industrias del acero y en general toda la rama metalmeccánica, ha sido afectada por progresos tecnológicos en los cuales, las operaciones de desbaste han contribuido de una manera importante, acelerando la producción y logrando una optimización en los costos. Los requerimientos por parte de los clientes de mayores índices de calidad, han forzado a este tipo de industrias a eficientar sus procesos. El desbaste está íntimamente ligado con la calidad del material trabajado, dependiendo esto del uso de los abrasivos adecuados.

Antes de la primera guerra mundial, este tipo de operaciones eran prácticamente desconocidas. En un principio, grandes pedazos eran removidos por medio de un cincel que era golpeado con un martillo. Posteriormente se hacía un proceso similar, en el cual, la superficie era previamente calentada, lo que facilitaba el proceso. Sin embargo, existían aún algunas carencias, ya que el metal derretido no podía ser totalmente removido de la superficie.

Tiempo después, se crearon máquinas desmenuzadoras que tenían el enorme inconveniente de hacer demasiado ruido y provocar un excesivo calentamiento. Debido a estas dificultades, se introdujo el desbaste con abrasivos.

### 2.1.1 Máquinas para desbastar.

Estas máquinas efectúan un trabajo de gran arranque de material con un acabado burdo, requiriendo en consecuencia, pocas exigencias en cuanto a precisión. En cambio, requieren gran potencia y resistencia suficiente para soportar las presiones y temperaturas de trabajo.

Podemos clasificar tales máquinas en:

#### a) Máquinas de pedestal o máquinas fijas.

Son de uso muy generalizado en toda clase de talleres o fábricas. En éstas, la pieza es conducida a mano contra la rueda. Consisten normalmente en un pedestal o soporte de sobretanco, el cual lleva incorporado un motor, en cuyo eje se monta una rueda en cada uno de los extremos. Ambas ruedas acostumbran ser diferentes, con lo que es posible realizar mayor número de trabajos (fig 2.1). La potencia a utilizar puede ser muy variada, pero ésta se adaptará a las necesidades de la velocidad periférica de las ruedas. Dicha velocidad está en función del trabajo y del material trabajado. La siguiente tabla muestra las velocidades recomendadas:

Desbaste de acero	30 a 45 m/s
Desbaste de fundición	30 m/s
Trabajos generales	25 m/s

A esta categoría también pertenecen las máquinas de pedestal para fundiciones y forjas, que se diferencian de las anteriores por tener mayor potencia (hasta 20 hp) y robustez. Además pueden usar ruedas de mayor diámetro, que usualmente giran a 80 m/s.

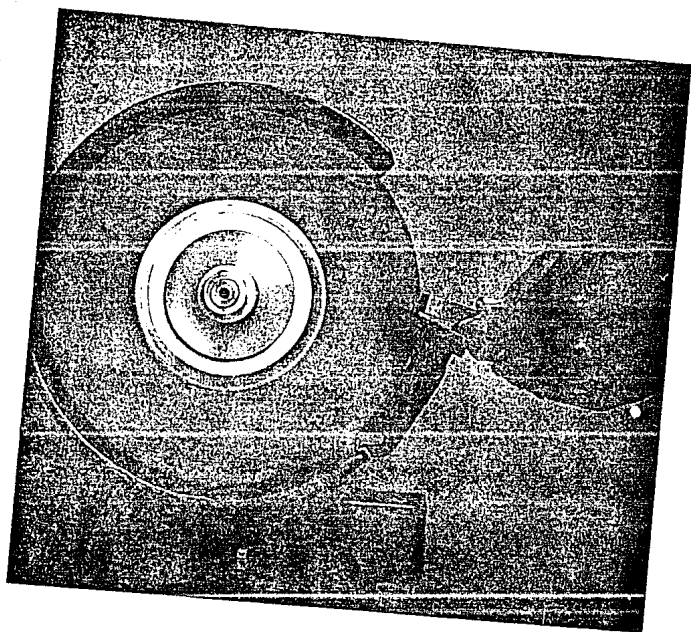


Fig. 2.1

#### b) Máquinas portátiles.

Cuando por sus dimensiones o formas, la pieza a esmerilar no es manejable, se utilizan las máquinas portátiles, que se caracterizan por su maniobrabilidad, ya que se pueden trasladar hasta la pieza (fig. 2.2). Estas máquinas portátiles pueden ser de accionamiento eléctrico (con motores normales ó de alta frecuencia) o neumático. Las herramientas eléctricas con motor normal (o de baja frecuencia), operan con corriente alterna y son las más baratas, pero requieren un mantenimiento constante y caro, además de que su eficiencia no es muy alta. En cambio, las máquinas eléctricas de alta frecuencia, operan con corriente de alrededor de 300 cps y son las más eficientes, aunque sus costos totales de operación, son superiores a los de las máquinas de baja frecuencia y de las máquinas neumáticas. Estas últimas operan con aire a presión y se pueden fabricar tan pequeñas y ligeras como se requiera, pero tienen la desventaja de que consumen mucha energía en relación al trabajo que desempeñan (baja eficiencia), además de que hay que mantener un compresor que proporcione el aire a la presión necesaria.

#### c) Máquinas de balancín.

Son máquinas que poseen características de las dos anteriores. A este grupo pertenecen los esmeriles colgantes o de balancín, que se caracterizan por estar suspendidos de un punto cercano a su centro de gravedad, por una grúa de brazo, lo cual permite al operario balancearlos en todas las direcciones,





Fig. 2.2

mientras desbasta. Ver figura 2.3

Las ruedas abrasivas que se emplean en el desbaste operan sometidas a muchos esfuerzos, debido a la irregularidad de las áreas de contacto, a la gran cantidad de material arrancado y a las presiones. Debido a lo anterior, es necesario que estas ruedas tengan cierta elasticidad que ayude a evitar rupturas, sobre todo por las elevadas velocidades a que operan. Es por ello que la resina es el aglomerante elegido en la mayoría de los casos. En lo relativo al tipo de abrasivo, el más empleado para el desbaste de aceros es el óxido de aluminio. En el desbaste de refractarios, bronce suaves, aluminio, etc., se emplea carburo de silicio. Los tamaños de grano, por lo general, son gruesos, ya que en el desbaste lo que interesa es la remoción y no el acabado. Las ruedas de desbaste por lo general son muy duras, aunque se debe mencionar que es necesario tomar en cuenta los siguientes factores para determinar la dureza ideal:

- acabado requerido
- potencia de la máquina
- área de contacto entre la pieza y la rueda
- velocidad periférica de la rueda
- presión de trabajo

En las operaciones de desbaste se emplean estructuras medianas que no se calientan mucho debido a que existe circulación de aire en su interior. Es muy importante tener la rueda con la estructura indicada, porque en el desbaste, generalmente se

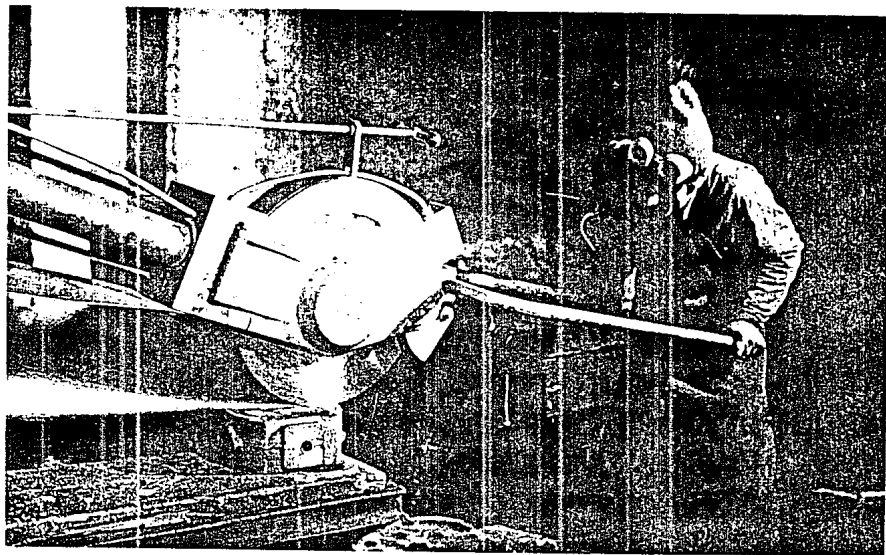


Fig. 2.3

trabaja sin líquido refrigerante.

Es común reforzar las ruedas de desgaste por medio de mallas internas de fibra de vidrio, que sirven para que la rueda tenga más resistencia.

#### 2.1.2 Ruedas para desbastar.

Podemos clasificar las ruedas para desbaste en función a la máquina utilizada para efectuar el trabajo, ya que tiene estrecha relación con la operación a realizar. De acuerdo a lo anterior se pueden dividir en:

##### a) Ruedas para máquinas de pedestal.

Las ruedas empleadas en estas máquinas, suelen tener diámetros comprendidos entre 150 y 400 mm y gruesos de 20 a 40 mm. En la mayoría de los trabajos se utilizan granos entre el 24 y el 60. La dureza de las ruedas oscila entre la N y la Q.

##### b) Ruedas para máquinas portátiles.

Se subdividen en dos grupos: discos con resaque y ruedas planas y de formas especiales.

Los discos con resaque cubren un alto porcentaje de los trabajos de desbaste realizados en máquina portátil. Se fabrican con resina y llevan incorporado material de refuerzo que les confiere una gran resistencia a la ruptura. Además, por su grueso y forma, tienen un alto grado de elasticidad. La finalidad de que tengan resaque, es que se impida que las tuercas de fijación puedan estorbar durante el trabajo. Estos discos corresponden al tipo 27.

Los discos de resaque se utilizan teniendo en cuenta tres factores principales:

1.- La posición de trabajo más efectiva, es aquella en que el disco se halla formando un ángulo de  $30^\circ$  con la superficie a trabajar. De esta manera, al reducirse el área de contacto, da como resultado un aumento en la capacidad de corte.

2.- Algunas veces, los discos con resaque, sobre todo los de poco espesor, se utilizan para hacer trabajos de desbaste y corte simultáneo.

3.- Cuando se necesita eliminar imperfecciones superficiales, los discos pueden trabajar a una menor inclinación. Por lo general trabajan a 80 m/s.

Para ciertos trabajos, se emplean ruedas planas y de forma, que pueden ser copas, tazas, puntas montadas, conos, etc. Por lo general estas ruedas se utilizan con aglomerantes de resina, con tamaño de grano 14 al 24, dureza entre la P y la R, estructura mediana. La mayoría de estas ruedas están diseñadas para trabajar a 45 m/s.

#### c) Ruedas para máquinas de balancín.

Las ruedas empleadas en este tipo de máquinas, tienen diámetros que pueden ser de 400 a 600 mm. y gruesos de 25 a 60 mm. En cuanto a grano y gama de durezas, los parámetros son los siguientes: granos entre el 12 y el 24 y durezas entre la M y la T.

## 2.2 Corte

### 2.2.1 Tipo de material a cortar.

Los discos de corte, inicialmente fueron usados para cortar aceros endurecidos, cerámicas y otros materiales que no podían ser cortados por otros métodos.

Actualmente, los discos de corte tienen múltiples aplicaciones como el corte de aceros inoxidables, corte de piezas huecas con pared delgada tales como tubos, que se deforman al cortarse por otros métodos y corte de piezas al rojo.

Como regla general, se cortan los materiales ferrosos blandos con discos duros, generalmente de óxido de aluminio y para materiales duros, de estructura cristalina y materiales no ferrosos tales como el mármol y algunos refractarios, se acostumbra los discos de carburo de silicio, por dar un mayor rendimiento.

Los discos abrasivos de corte, se han convertido en un proceso generalizado y es considerado como un método moderno y eficaz para cortar, debido a las ventajas que éste proporciona:

- Reducidos tiempos de corte.
- Cortes con precisión.
- Cortes rectos con el ángulo deseado.
- Buen acabado en las caras seccionadas.
- Poca generación de calor en algunos métodos de corte, donde es importante no alterar las propiedades del material cortado.

### 2.2.2 Sección de corte.

Al momento de considerar el disco a utilizar para una determinada sección de corte, es muy importante tomar en cuenta la longitud de arco de contacto entre la pieza y el disco, ya que esto determina la longitud de la viruta producida.

Una viruta muy larga, obstruye el camino de los granos abrasivos en la periferia del disco, con lo que se reduce la acción de corte de éste.

Cuando se corta una sección superior a 50 mm. de diámetro, es conveniente dar al disco un movimiento oscilante, con el fin de reducir el arco de contacto; al mismo tiempo se reduce la resistencia y se evita que se quemé la superficie de corte.

Cuando la sección a cortar es mayor a 200 mm. de diámetro, es recomendable que exista una rotación entre la pieza cortada y el disco, para evitar quemar el disco y reducir el arco de contacto.

Otro factor muy importante que determina el rendimiento de un disco, es la forma en que se orienta la pieza.

### 2.2.3 Acabado requerido.

En muchas acciones de corte, se necesita tener un cierto acabado o exactitud y por ello es muy importante seleccionar el disco que se lo pueda dar.

La exactitud de un corte, mejora notablemente cuando se emplean guías para el disco, evitando el movimiento lateral de este al penetrar la pieza. Otra forma de obtener la precisión requerida es incrementando la velocidad de corte, utilizando

guías, con lo cual se reduce el tiempo de corte. Sin embargo, no todas las máquinas permiten el empleo de guías ni desarrollan la potencia suficiente.

El acabado del corte, dependerá de los siguientes factores:

-Dureza del disco. Para cortar materiales muy duros o secciones muy grandes, se deben usar discos suaves y para materiales suaves o secciones pequeñas es preferible usar un disco duro.

-Tamaño de grano. Cuando se buscan cortes de gran calidad, se utilizan granos finos (46-180) y con ello se sacrifica vida del disco. Cuando se busca una larga duración del disco, se utiliza un grano grueso (16-36), aunque el acabado es burdo.

-Sujeción de la pieza. Cuando se requiere una alta precisión en el corte, deben colocarse abrazaderas de ambos lados de la pieza, tan cerca del corte como sea posible. Cuando esto no es tan importante, basta con una abrazadera de un lado de la pieza a cortar.

-Tipo de operación. El empleo de refrigerante, mejora el acabado con respecto a un corte sin él.

#### 2.2.4 Tipo y potencia de la máquina empleada.

Las características que debe tener una máquina de corte son las siguientes:

-Motor con potencia suficiente, bandas sin deslizamientos.

-Flecha sin vibraciones capaz de operar a altas velocidades.



-Rigidez en los mecanismos de avance y sujeción.

-Sistemas adecuados de guarda y extracción.

Existen cinco tipos principales de máquinas cortadoras:

1.-Cortadora común. La mesa y la pieza a cortar, se mantienen fijas y el disco desciende sobre la pieza, verticalmente. El avance es a criterio del operario. Una elevada presión reduce la vida del disco, con peligro de ruptura. Una baja presión pule los granos del disco y en corte seco los quema.

2.-Cortadora de balancín. Su operación es básicamente la misma que la de los balancines para desbastar. Se emplean para piezas de gran tamaño gracias a su fácil maniobrabilidad.

3.-Cortadoras oscilantes. Cuentan con un mecanismo que permite oscilar al disco en ambos sentidos dentro del plano de corte. Con esto, se reduce el área de contacto, disminuyendo la generación de calor.

4.-Cortadoras horizontales. Son de dos tipos. En el primero, el material a cortar se fija en la mesa y el disco avanza sobre él. En el segundo tipo, el disco se mantiene fijo y la mesa se mueve con la pieza a cortar, debajo de éste. Se emplean para el corte de planchas, barras y perfiles grandes.

5.-Cortadoras rotativas. En estas máquinas, la pieza a cortar gira igual que en una rectificadora cilíndrica, y con esto es posible cortar piezas y tubos de gran diámetro con discos relativamente pequeños. El corte en estas máquinas no produce rebabas en el exterior del material y aumenta la vida del disco al

tener que penetrar únicamente la mitad de las barras o la pared del tubo. (Figura 2.4)

Una máquina debe tener la potencia suficiente para que pueda obtenerse una velocidad periférica constante, así como lograr cortes limpios, precisos e incrementar la vida del disco. Generalmente, las máquinas tienen escasa potencia y pocas veces de sobra.

La potencia necesaria de una máquina, está en función de la longitud de corte, del grueso del disco y de la velocidad periférica. Cualquier cambio de estos factores implica un cambio en la potencia.

Con base en el diámetro del disco a utilizar, las potencias mínimas necesarias son:

DIAMETRO (mm)	POTENCIA (HP)
250	4 - 5
300	7 -10
350	10-15
400	15-20
450	20-25
500	25-30

En algunas ocasiones, el disco a utilizar se selecciona con base en la potencia de la máquina disponible. Esta selección se hace de acuerdo a las siguientes consideraciones:

1.-Para máquinas con potencia menor a 5 HP, se deben usar discos con durezas suaves o medianas. Generalmente van reforzados.

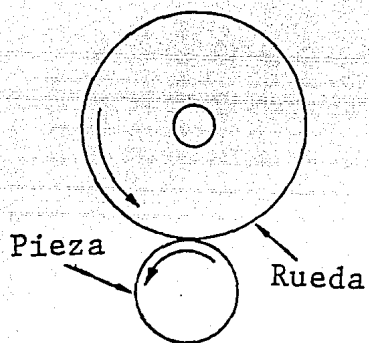


Fig. 2.4

2.-Para máquinas con potencia de 5 HP o más, si el espesor del material a cortar es menor que la mitad del máximo radio disponible del disco, se utilizan discos con durezas mediana y dura. Si es más de la mitad, la dureza del disco debe ser suave o mediana. De no ser así, el disco puede quemarse o fracturarse. El máximo radio disponible, se muestra en la figura 2.4.1.

3.-Para máquinas oscilantes o rotativas, se utilizan grados de dureza mediano y duro, independientemente del tamaño del material.

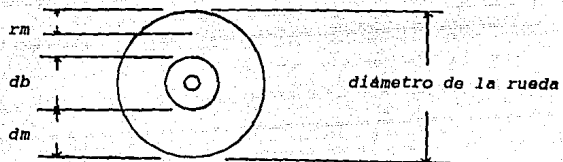
#### 2.2.5 Corte en húmedo o en seco.

Los tres métodos de corte más usados son: En seco, en húmedo y sumergido.

a) Corte en seco. Es un corte rápido; es el que ofrece una mayor gama de corte de piezas. Su aglutinante generalmente es resina.

Cuando se corta en seco, la relación velocidad/avance es fundamental para lograr la máxima eficiencia, ocasionando que el disco se autoafile. Un corte muy rápido, reduce el peligro de quemar la pieza. Las ruedas de alta dureza generalmente van reforzadas para mayor seguridad.

b) Corte en húmedo. Este tipo de corte, se utiliza para obtener mayor precisión y un mejor acabado. El líquido agregado, es principalmente agua con una pequeña parte de antioxidante. El líquido se aplica en un gran volumen con baja presión en ambos lados del disco y en el área de contacto. Para este proceso se



$rm = dm/2 =$  radio máximo disponible.

$db =$  diámetro de la brida.

$dm =$  diámetro máximo disponible.

Fig. 2.4.1

emplean discos de hule o hule-resina de dureza blanda o media.

c) Corte sumergido. Este procedimiento se emplea para el corte de pruebas metalográficas de materiales sensibles al calor. La calidad de este corte es excelente y generalmente no necesita un acabado posterior.

Para esta operación, se utilizan discos de hule suaves y de tamaños de grano fino. En México, este proceso está muy restringido ya que no se fabrican los discos para este propósito, por lo que se tienen que importar.

Adicionalmente, existe el método de corte al rojo, el cual se utiliza para cortar barras y tuberías a temperaturas cercanas a los 1000 °C con discos de velocidades periféricas de 100 m/s. El corte que se produce es más eficiente, más rápido, más limpio y menos ruidoso. Para este proceso, es necesario desplazar rápidamente las piezas a cortar para evitar que se enfríen, ya que esto reduciría todas sus ventajas.

## 2.3 Rectificado

El esmerilado cilíndrico nace en el siglo XVIII con las máquinas de coser, debido a los grandes requerimientos de precisión que necesitaban las agujas. Para lograr esto se montaba una rueda abrasiva en un torno y se procedía al afilado requerido.

Posteriormente debido al desarrollo de los aceros endurecidos se creó la necesidad de construir una máquina capaz de acabar piezas con durezas similares a las de las herramientas para torneear. Lo anterior condujo al desarrollo de las esmeriladoras cilíndricas, las cuales se han perfeccionado al paso de los años y han llegado a ser máquinas de gran precisión que permiten realizar grandes producciones en serie.

Se puede clasificar al rectificado en tres tipos diferentes:

1. Rectificado cilíndrico.
2. Rectificado de superficies planas.
3. Rectificados especiales.

### 2.3.1. Rectificado cilíndrico.

El rectificado cilíndrico se define como el esmerilado de la periferia de una pieza rotatoria. Este tipo de rectificado a su vez se divide en:

#### 2.3.1.1 Rectificado cilíndrico exterior.

En el rectificado cilíndrico exterior se necesita una máquina herramienta diseñada para esmerilar la periferia de piezas

montadas entre puntos o en mandril. Este proceso tiene cuatro movimientos básicos:

1. La rueda gira.
2. La pieza gira.
3. La pieza es movida en forma recíprocante frente a la rueda giratoria.
4. La rueda puede ser movida hacia la pieza para fijar la profundidad del corte.

En cuanto a las condiciones de trabajo que pueden considerarse como normales, dentro del rectificado cilíndrico exterior, pueden indicarse las siguientes:

Velocidad tangencial de la pieza. Hay que tener en cuenta que la velocidad tangencial influye de manera importante en el comportamiento de la rueda. Una velocidad de la pieza elevada produce desgaste de la rueda y hace que ésta se comporte como blanda, desgastándose rápidamente. La tabla siguiente proporciona los valores recomendables para velocidad de la pieza de acuerdo a los materiales a trabajar:

MATERIAL	ACABADO	DESBASTE
Acero	125	250
Fundición gris	125	250
Bronce	250	300
Aluminio	600	1000

Velocidad periférica de la rueda. Las velocidades



recomendables dependen mucho del tipo de liga de la rueda y también de las condiciones de la máquina rectificadora empleada.

Avance longitudinal. Se escoge en función del ancho de la rueda; dicho avance cubrirá como máximo el ancho de la rueda en cada vuelta de la pieza, debiendo reducirse a medida que la calidad del acabado mejore. Así, para desbastes, se usarán avances rápidos (entre  $1/2$  y  $3/4$  del ancho de la rueda); para acabados normales se usará un avance entre  $1/4$  y  $1/2$  del ancho de la rueda y para los acabados muy finos, será del orden de  $1/10$  y  $1/8$  del ancho de la rueda.

Profundidad de corte. La profundidad de corte o profundidad de pasada debe guardar relación con el tamaño de grano de la rueda. También los materiales, y concretamente su dureza, influyen en el momento de determinar la profundidad de pasada; en materiales duros se escogerá menor profundidad que en los materiales blandos, a fin de que la rueda se desgrane menos. La profundidad de corte es de .01 a .03 mm para rectificadores medios, empleándose hasta .005 mm en acabados finos. La elección de uno u otro valor límite depende del diámetro de la pieza y la rueda. Es decir, del arco de contacto entre ambas; cuanto mayor sea dicho arco de contacto menor debe ser la profundidad de pasada, para que disminuya el esfuerzo de la máquina.

Otros puntos a tomar en cuenta en el rectificado cilíndrico exterior son:

- Hay que utilizar lunetas de apoyo en piezas largas y cuando se trabaje a gran presión.

- Deben equilibrarse las piezas irregulares.
- Cuidar que la máquina tenga la potencia adecuada de acuerdo a las condiciones de trabajo a las que se somete.
- Emplear siempre la mayor rueda que sea posible, tanto en diámetro como en grosor.

En el rectificado de cilindros, hay que cuidar de modo especial el alineado tanto de la rueda como del propio cilindro, vigilando también que la máquina se encuentre perfectamente ajustada para evitar vibraciones que podrían perjudicar la calidad del trabajo. Por idéntico motivo, hay que vigilar que el líquido empleado para refrigeración esté siempre libre de impurezas.

La figura 2.5 nos ilustra este proceso.

Dentro del rectificado cilíndrico exterior se puede mencionar también el rectificado transversal (Plunge o In plonge) y rectificadores sin centros.

\*Rectificado transversal (Plunge o In plonge).

Es una operación de esmerilado cilíndrico en la cual la pieza de trabajo es más corta que el ancho de la rueda. En esta operación, el canto de la rueda es rectificado a la forma deseada y después la rueda es alimentada hacia la pieza por medio de un movimiento puramente radial (no se desplaza a lo largo de su eje).

\*Rectificado sin centros.

Otro tipo es el rectificado sin centros, que se desarrolló a principios de este siglo e hizo posible rectificar piezas cilíndricas o cónicas sin montarlas entre puntos y sin usar ningún

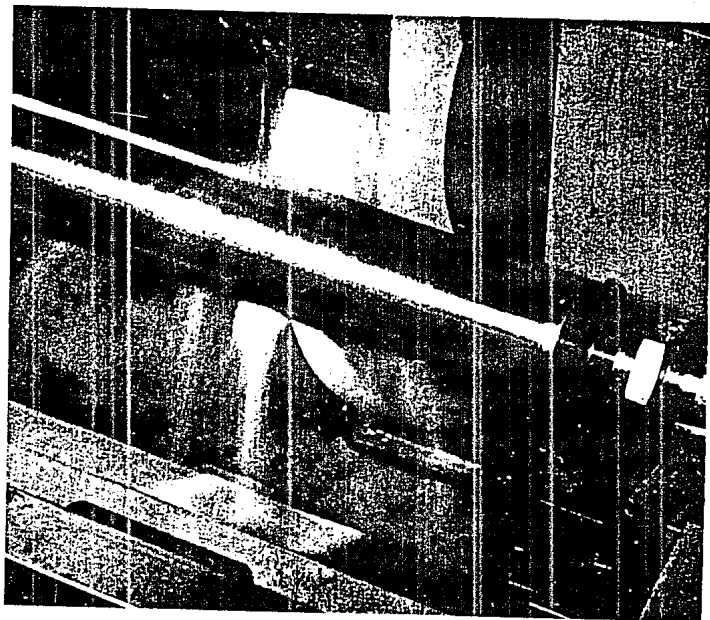


Fig 2.5

otro tipo de fijación. Gracias a este método se pueden rectificar piezas muy largas y delgadas. Por medio del rectificado sin centros es posible esmerilar piezas tales como agujas, ejes para vagones de ferrocarril, pernos de pistón, anillos para baleros, bolas de boliche o de billar, etc.

El rectificado sin centros puede ser hasta 350 veces más rápido que el rectificado entre puntos y el rígido soporte que tiene la rueda ayuda a que las piezas distorsionadas sean esmeriladas con facilidad.

Los principales elementos de la operación son: Rueda reguladora, rueda rectificadora y cuchilla de apoyo. La rueda rectificadora trabaja por lo general a 37 m/s y posiciona a la vez que rectifica a la pieza de trabajo, forzándola contra la cuchilla y contra la rueda reguladora. Esta última trabaja a una velocidad comprendida entre 0.18 m/s y 4.5 m/s.

La rueda reguladora que generalmente se fabrica con liga de hule o resina, determina la velocidad de giro de la pieza de trabajo. Además la rueda reguladora crea en la pieza un empuje axial que la obliga a pasar a través del área de esmerilado. La cuchilla de apoyo soporta a la pieza de trabajo y regula su altura respecto a las ruedas. Por lo general, se incorporan guías a la cuchilla, mismas que tienen la función de guiar el trabajo tanto a la entrada como a la salida del área de esmerilado.

En este método, la presión necesaria para realizar el esmerilado es creada por la rueda rectificadora la cual fuerza al trabajo contra la cuchilla y la rueda reguladora. La rueda

rectificadora hace que el trabajo gire, pero la rueda reguladora limita la velocidad de giro. Se puede decir, que la velocidad periférica de la pieza es igual a la velocidad periférica de la rueda reguladora.

Ventajas. Las principales ventajas del rectificado sin centros son:

- El proceso de esmerilado es casi continuo, dado que el tiempo requerido para colocar el trabajo en la máquina es mínimo en comparación con el rectificado entre puntos.

- La pieza es soportada con firmeza directamente donde se efectúa el corte, por lo que se pueden realizar cortes más profundos.

- Se pueden rectificar piezas muy largas y delgadas inclusive frágiles (vidrio).

- Se tiene muy buen control sobre el acabado y tamaño de la pieza.

- El mantenimiento es relativamente bajo debido a que tienen pocas áreas sometidas al desgaste.

En la figura 2.6 se aprecian los elementos principales de este proceso de esmerilado.

Un problema muy común en el rectificado cilíndrico sin centros, es la falta de redondez de las piezas esmeriladas. Esta ocurre cuando:

a) La distancia entre el eje de la pieza y la recta que pasa por los centros de las dos ruedas, es nula o demasiado pequeña.

Rueda reguladora

Pieza

Rueda abrasiva

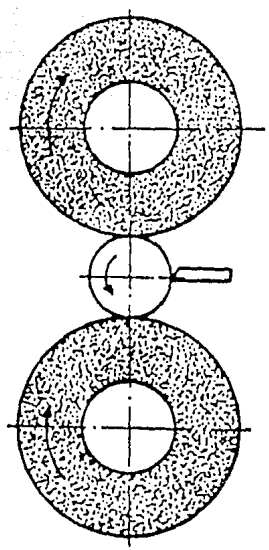


Fig. 2.6

b) Se utiliza una cuchilla de apoyo recta (sin ángulo de inclinación).

De lo señalado anteriormente, se puede concluir que dos factores contribuyen de forma definitiva para lograr un progresivo efecto de redondez:

a) El centro de la pieza debe estar arriba de la línea de centros de las ruedas y a una distancia ligeramente menor de la mitad del diámetro de la pieza.

En el caso especial de piezas muy largas, es aconsejable rectificar ligeramente por debajo de la línea de centros de las ruedas, con la ventaja de tener un mejor arrastre de la pieza.

b) Usar cuchillas de apoyo con ángulo mayor a cero grados, generalmente 20 a 40 grados. Un ángulo excesivo puede dar lugar a vibraciones.

Aumentando el número de RPM de la pieza de trabajo durante el proceso de esmerilado, contribuye también a mejorar la redondez de las piezas.

#### 2.3.1.2 Rectificado cilíndrico interior.

La principal característica del rectificado de interiores, es la gran zona de contacto existente entre la rueda y la pieza, en comparación con los otros tipos de rectificado. A causa de esta amplia zona de contacto, la selección de estas ruedas es una de las que resultan más difíciles dentro de los abrasivos aglomerados, ya que se requiere, por una parte, un abrasivo de gran resistencia al desgaste y por otra, que dicho abrasivo sea de

baja dureza puesto que actua a presión relativamente baja.

El tamaño de la rueda se determina en función del diámetro del agujero a trabajar, siendo recomendable que la rueda ocupe aproximadamente el 75% de dicho diámetro; de este modo, la rueda es lo suficientemente grande para ejercer una buena acción de desprendimiento de material, permitiendo así la circulación del refrigerante y la evacuación de las virutas que se vayan produciendo.

En cuanto al grosor, la rueda que mejor resultado ofrece, es la que tiene esta dimensión igual al diámetro, pero sin sobrepasar éste, ya que si es más ancha que su diámetro se flexará mucho, siendo aún más necesaria gran friabilidad en el abrasivo.

La refrigeración es muy importante en el rectificado de interiores, debiendo dirigirse un buen chorro de líquido contra la zona de trabajo para que no sólo enfrie dicha zona, sino que además sirva para evacuar las virutas que se producen.

En cuanto a las condiciones de trabajo que pueden considerarse como normales, pueden indicarse las siguientes:

Velocidad tangencial de la pieza. Se debe tener en cuenta que cuanto más rápidamente gire la pieza, mayor desgaste se producirá en la rueda.

MATERIAL	VELOCIDAD (mm/s)
Acero	300
Fundición gris	350
Bronce	500
Aluminio	600



Velocidad periférica de la rueda. El principal problema que se presenta, es la limitación que impone el propio husillo porta ruedas, ya que dados los reducidos diámetros de las ruedas que se emplean, el número de revoluciones a que debe girar dicho husillo es grande, para obtener una velocidad de 25 a 30 m/s a que debe trabajar la rueda para dar sus mejores resultados. Dado que la velocidad resulta difícil de conseguir, se debe tener muy en cuenta el valor real que nos ofrece la máquina y corregir la dureza de la rueda en función de ella.

Avance longitudinal. En estos trabajos es recomendable utilizar un gran avance longitudinal y muy poca profundidad de pasada. El recorrido debe ajustarse de manera que la rueda nunca deje de perder contacto con la pieza que está rectificando, haciendo que salga por ambos extremos la misma distancia, la cual debe ser aproximadamente de  $1/3$  a  $1/2$  del ancho total de la rueda.

Profundidad de corte. Como en el rectificado exterior, esta profundidad debe guardar relación con el tamaño de grano de la rueda y con la dureza del material de la pieza y en este caso también tiene una gran influencia el diámetro del agujero a rectificar. Por lo general, el valor de la profundidad de pasada, será como promedio del orden de 0.015 mm en el desbaste y de 0.005 mm en el acabado.

Este proceso se ejemplifica en la figura 2.7.

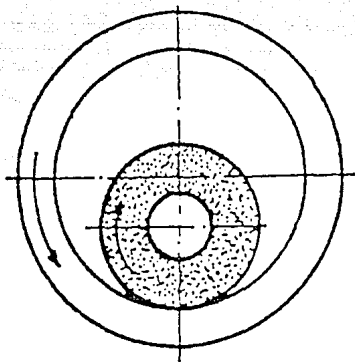


Fig. 2.7

### 2.3.2 Rectificado de superficies planas.

En el rectificado de superficies planas, el área de contacto entre el abrasivo y la pieza es relativamente grande, por cuyo motivo hay que emplear ruedas con características blandas y estructuras abiertas; así mismo, debido también a la amplia zona de contacto, deberán emplearse abrasivos con elevado poder de corte y alta resistencia al desgaste.

Después del rectificado de interiores, el de superficies planas, es el trabajo que requiere mayor precisión en el ajuste de los factores que intervienen, tales como: Abrasivo, velocidades, avances y refrigerantes que se utilizan.

Para hacer este tipo de rectificado se utilizan los métodos siguientes:

#### 1.-Rectificado con rueda tipo 1.

En el rectificado con este método, se utilizan abrasivos aglomerados de granos más finos y de mayor dureza que utilizando los otros tipos de cuerpos abrasivos. Las condiciones de trabajo varían según sea el material y la calidad superficial deseada, encontrándose generalmente entre los siguientes límites:

Avance longitudinal.  $1/4$  A  $1/2$  del ancho de la rueda.

Profundidad de corte. 0.03 a 0.05 mm.

Velocidad de la rueda. 25 a 33 m/s.

2.-Rectificado con ruedas tipo copa (11), taza (6), plato (12).

El método de trabajo utilizado presenta muchas similitudes con el que se detallará posteriormente para el empleo de segmentos. Las ruedas tipo 11, 6 y 12 se emplean para dar mejores acabados, sin remover tanto material como los segmentos.

Las profundidades de corte deben ser reducidas (0.01 a 0.03) y también las velocidades de la rueda, que en estos casos serán de 18 a 25 m/s.

3.-Rectificado con segmentos.

Por lo general los segmentos se fabrican con granos grandes y estructura abierta, ya que se utilizan por lo regular para desbastes y en menor proporción para rectificados finos.

La profundidad de pasada depende fundamentalmente de la potencia, además del área de contacto y la dureza del material. Si la máquina no produce vibraciones, se utiliza de 0.01 a 0.05 mm en los aceros medios y superficies amplias y a medida que el área disminuye puede irse aumentando la profundidad, llegando a valores de 0.04 a 0.08 mm.

En la figura 2.8 se muestra esquemáticamente el rectificado de superficies planas.

2.3.3 Rectificados especiales.

En rectificados con ruedas abrasivas, hay una serie de trabajos que por sus características, se diferencian de los

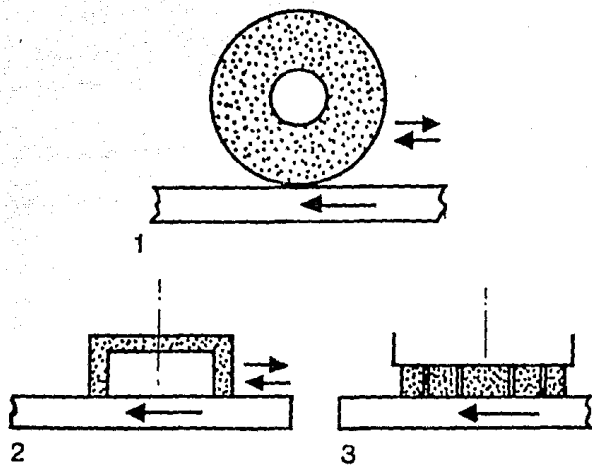


Fig. 2.8

métodos convencionales antes mencionados. Tal es el caso de rectificado de roscas, engranes, cigueñales, levas y los rectificadores de formas y perfiles.

\*Rectificado de roscas. En este tipo de rectificado, las ruedas se tienen que adaptar en su perfilado a los diversos tipos de roscas utilizadas. La norma a seguir para el rectificado de roscas consiste en impartir la mayor velocidad posible a la rueda empleada para el rectificado y usar aceite para la refrigeración. Cuando el diámetro de la pieza que se rectifica es grande, debe dársele más velocidad de giro que a las piezas pequeñas. Aproximadamente 0.02 m/min. de las piezas de diámetro pequeño y 1 m/min con las de gran diámetro. Esta elección de la velocidad de giro de la pieza también debe estar dada por la profundidad de la rosca.

\*Rectificado de engranes. Son varios los sistemas empleados para el rectificado de engranes, pero todas las máquinas emplean el método de rueda perfilada o rectificado por generación. Cualquiera que sea el método empleado para este trabajo se necesitan ruedas muy friables (óxido de aluminio blanco) con durezas medias, grano entre 46 y 80 para trabajar por el método de generación y entre 60 y 400 para trabajar con rueda perfilada.

\*Rectificado de cigueñales. Es una especie de rectificado cilíndrico exterior, pero se realiza con máquinas construidas especialmente para este trabajo.

Desde el punto de vista de la rueda más adecuada para este trabajo, hay que dividir los cigueñales en función del material

con que están contruidos. Podemos dividirlos en: Ruedas para reparación de cigüeñales y ruedas para la fabricación de cigüeñales. Las ruedas del primer grupo son de características más universales ya que rectifican cigüeñales de distintos materiales y dimensiones. Además que el trabajo de preparación requiere de menos esfuerzo que el de construcción. Se elige pues una rueda por lo general de óxido de aluminio friable o semifriable con granos entre 60 y 80 de durezas medias.

Las ruedas del segundo grupo, o de fabricación, se hallan sometidas a mayores esfuerzos, trabajan a gran velocidad y generalmente con liga vitrificada. Se elegirán abrasivos con algo más de dureza.

\*Rectificado de levas. La leva es una pieza cuya superficie de rodadura no es concéntrica con su centro de giro, presentando a menudo formas distintas a la circular. Las ruedas utilizadas aquí suelen tener barrenos de gran diámetro y el ancho de la rueda está en función de la leva a rectificar.

\*Rectificados de formas y perfiles. Por medio de un rodillo endurecido se da a la rueda la forma deseada, que al aplicarse a la pieza a rectificar adquieren la forma del rodillo.

#### 2.3.4 Acabado Superficial.

##### 2.3.4.1 Concepto de rugosidad.

Una de las principales aplicaciones de los abrasivos en el mecanizado de piezas tiene por objeto mejorar la presentación y calidad de la superficie de las piezas. Estas piezas una vez terminadas, requerirán una calidad superficial que deberá ser igual para todas las piezas fabricadas.

Cualquiera que sea el acabado de una pieza, y por lisa que ésta parezca a la vista, siempre presenta una serie de desigualdades (rayas, ranuras). Esta desigualdad en la superficie de la propia pieza recibe el nombre de rugosidad, la cual será mayor cuanto más prominentes o hundidos estén en la superficie los puntos. De hecho la manera más rápida y sencilla de determinar el grado de rugosidad de una superficie consiste en pasar la uña transversalmente por las ranuras dejadas sobre la pieza por las herramientas que se han utilizado para el mecanizado.

##### 2.3.4.2 Medición de la rugosidad

La unidad de medida para determinar la rugosidad es la micra que equivale a la milésima parte de un milímetro, la cual se utiliza prácticamente en todos los países que han adoptado el sistema métrico decimal. En los países anglosajones se utiliza como unidad de medida la milipulgada ó 0.0254 mm. Una vez que se ha determinado la unidad de medida, se analizan a continuación las distintas maneras en que pueden ser medidas las rugosidades y la



forma de calcularlas e indicarlas(1).

Se adopta un sistema general de fácil comprensión puesto que cada país tiene sus propias normas al respecto.

En todo perfil de la rugosidad se distinguen las siguientes líneas fundamentales (Fig. 2.9):

Lh Línea límite superior.

Lg Línea límite inferior.

Lm Línea media.

Rt Rugosidad total.

Rm Rugosidad media.

A partir de la figura podemos determinar la rugosidad de las siguientes maneras:

1. Midiendo la distancia entre las líneas Lh y Lg, es decir, el valor Rt, que en realidad es la altura máxima de rugosidades, que si bien es significativa, no es la que se utiliza más comúnmente.

Se utiliza como rugosidad Rt cuando la medición se hace en micras, mientras que cuando está dado en milésimas de pulgada se denomina como R.

2. Cálculo de la media aritmética de rugosidad. Método que se emplea con más frecuencia en la práctica. Este consiste en sumar en valor absoluto una serie de mediciones a partir de la línea media hasta las crestas y valles del material. Posteriormente se

---

(1) En el siguiente apartado se mencionan los aparatos de medida.

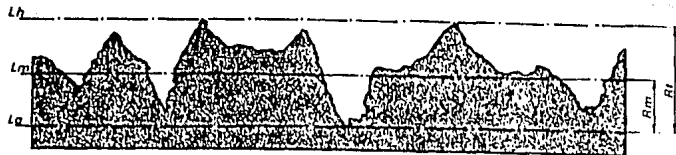


Fig. 2.9

divide esta suma entre el número de mediciones efectuadas.

Se utiliza  $R_a$  en el sistema métrico decimal y AA (Arithmetical Average) en el sistema inglés.

3. Cálculo de la media cuadrática de rugosidad. Es posiblemente el sistema de uso más amplio. En lugar de hacer el promedio aritmético se trabaja con los cuadrados de las mediciones (Ver Figura 2.10).

Se utiliza  $R_s$  en el sistema métrico decimal y RMS (Root Mean Square) en los dos sistemas.

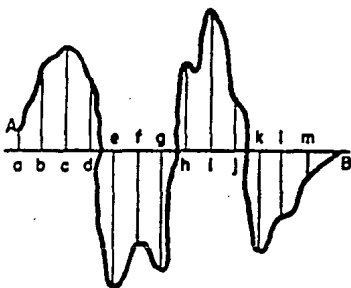
Se debe mencionar que desde hace años la calidad superficial de las piezas viene indicándose gráficamente en planos y croquis por medio de la simbología dada en la figura 2.11.

También se emplea en ocasiones una nomenclatura convencional para indicar la dirección que deben tener las ranuras o líneas de rugosidad. Esta se puede apreciar en la figura 2.12.

#### 2.3.4.3 Aparatos de medición

Considerando las magnitudes de la rugosidad y dando por hecho que siempre existe una cierta rugosidad, incluso en aquellas superficies que están perfectamente pulidas, no es posible observarla en la mayoría de los casos y mucho menos determinar sus dimensiones a simple vista o con los medios habituales de

a = 4	a <sup>2</sup> = 16
b = 19	b <sup>2</sup> = 361
c = 23	c <sup>2</sup> = 529
d = 16	d <sup>2</sup> = 256
e = 31	e <sup>2</sup> = 961
f = 20	f <sup>2</sup> = 400
g = 27	g <sup>2</sup> = 729
h = 20	h <sup>2</sup> = 400
i = 31	i <sup>2</sup> = 961
j = 13	j <sup>2</sup> = 169
k = 23	k <sup>2</sup> = 529
l = 15	l <sup>2</sup> = 225
m = 6	m <sup>2</sup> = 36
<b>Total 248</b>	<b>5572</b>



$$\text{Media aritmética} = \frac{248}{13} = 19,1 \mu (\text{Ra}).$$

$$\text{Media cuadrática} = \sqrt{\frac{5572}{13}} = 20,7 \mu (\text{Rs})$$

Fig. 2.10






INDICACION EN EL DIBUJO	PROFUNDIDAD DE RUGOSIDAD MEDIA	EXIGENCIAS DE LA CALIDAD SUPERFICIAL	EJEMPLOS DE APLICACION
	0,1 0,16-0,25-0,4	Fines especiales Exigencia máxima	Superficies de medición de los calibres, superficies de deslizamiento altamente fatigadas, ajustes de presión desmontables.
	0,60-1,00-1,6 2,50-4,00-6,0	Alta exigencia Exigencia media	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de presión desmontables. Piezas fatigadas por flexión, y torsión, ajustes normales de deslizamiento y presión.
	10-16-25	Poca exigencia	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerza, ajustes ligeros de presión en acero, superficies de deslizamiento poco fatigadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
	40-63-100	Sin exigencia particular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y de forja precisa. Fundición a presión.
	160-250-400 630-1000	Superficies en bruto	Cáscara de fundición colada en arena, piezas estampadas y de forja libre.

Fig. 2.11

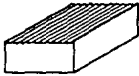

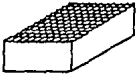



=		<p>Líneas de rugosidad paralelas al eje de la pieza.</p>
⊥		<p>Líneas de rugosidad transversales al eje de la pieza.</p>
X		<p>Líneas de rugosidad perpendiculares entre sí.</p>
C		<p>Líneas de rugosidad circulares en relación a su centro.</p>
M		<p>Líneas de rugosidad multidireccionales.</p>
R		<p>Líneas de rugosidad radiales a partir del centro.</p>

Fig. 2.12

medición.

Así pues, es posible usar instrumentos que nos den el perfil de la rugosidad lo suficientemente ampliado para que permita tomar la medida de la rugosidad.

Básicamente podemos dividir la gran variedad de aparatos existentes para medición de rugosidades en dos grupos:

1. Los que actúan mecánicamente.

Consisten en un palpador de diamante que se desliza sobre la superficie de la pieza. Este se mueve por medio de un motor o inclusive manualmente hacia arriba o hacia abajo debido a las irregularidades de la superficie. Esos movimientos se convierten en pulsos eléctricos los cuales son amplificados y registrados por medio de una aguja en un papel o en un medidor. Van desde un pequeño indicador de cuadrante hasta modernos aparatos con amplificadores electrónicos (Rugosímetro).

2. Los ópticos.

Se pueden usar diversos tipos de aparatos, algunos de los cuales están basados en el reflejo de los rayos de manera que formen un perfil de la rugosidad superficial de la pieza a observar (microscopio de luz seleccionada).

Otro método óptico de observación y medición de superficies es el de interferencias, por medio del cual se consigue dar a la superficie a comprobar un aspecto de líneas y sombras semejantes a las curvas de nivel que aparecen en los planos topográficos. Esto se logra dirigiendo los rayos de luz en un ángulo adecuado por medio de espejos o prismas.

En la figura 2.13 se da la gama de rugosidades que es posible medir con estos tres métodos de medición.

#### 2.3.4.4 Factores que influyen en el acabado superficial.

La experimentación y la experiencia han demostrado que las partes que tienen un fino acabado superficial duran más y funcionan mejor que las que tienen un acabado rugoso. Sin embargo, lo anterior no implica que siempre sea mejor un acabado superficial fino. Algunas piezas requieren cierta rugosidad para funcionar adecuadamente: Tal es el caso de los cilindros, en los que es necesario que exista cierto patrón de rugosidad en las paredes con el fin de que siempre haya una delgada película de aceite entre el cilindro y el pistón; si la pared tuviera un acabado demasiado fino, sería imposible alojar el aceite y el dispositivo fallaría por el exceso de fricción.

Desde un punto de vista de falla por fatiga (tendencia del material a romperse debido a los esfuerzos cíclicos), mientras más



METODOS	DENOMINACION	GAMA DE RUGOSIDADES
	Microgeómetro	... 1000
	Eléctrico Talysurf	... 15
	Comprobador	... 60
	Perfilómetro	... 100
RUGOSÍMETROS	Mecánico Indicador superficial	... 400
	Optico Aparato Foster	0,5 ... 100
LUZ SECCIONADA	Microscopio de luz seccionada	1 - 400
INTERFERENCIAS	Microscopio de interferencias	0,03 - 30
	Comprobador de superficies	0,03 - 30
	Multimi 3000	0,005 - 25

Fig. 2.13

liso sea un material mayor será su durabilidad. Las fallas por fatiga, casi siempre se inician en las pequeñas irregularidades existentes en la superficie de las piezas.

Así pues, los factores que influyen en el acabado superficial son los siguientes:

- Material a esmerilar. En los materiales suaves no es posible obtener un acabado tan bueno como en los duros.

- Cantidad de material a remover. Si los cortes son muy profundos, es necesario usar ruedas con granos gruesos, estructuras abiertas y muy duras, las cuales no producen acabados finos.

- Características de la rueda. Las ruedas finas y suaves producen acabados más lisos.

- Condición de la máquina. Una máquina con rodamientos gastados produce un acabado más burdo que una máquina en buen estado.

- Aderezado de la rueda. Las ruedas que son aderezadas lentamente (aderezado fino) producen un mejor acabado superficial.

#### 2.4 Afilado

El afilado de herramientas se puede dividir en dos partes principalmente. En una de ellas el afilado es la parte final en la fabricación de algunas herramientas, tales como sierras, cuchillas, etc. En la otra, el afilado únicamente es un auxiliar del proceso principal, esto es, el afilado de las herramientas que utilizan las máquinas con las que se fabrica el producto.

Es en esta segunda aplicación donde el afilado juega un papel muy importante, ya que el rendimiento de una máquina tiene una relación estrecha con el que la herramienta le permita; por esto, las herramientas se deben encontrar siempre en condiciones de corte óptimas, ya que de no ser así, no se alcanzará el rendimiento buscado ni el acabado de la superficie, así como las tolerancias de la pieza mecanizada.

El afilado es un trabajo de precisión, por esto, la máquina empleada para el afilado se debe encontrar en las mejores condiciones posibles, ya que cualquier desajuste afectará el filo de la herramienta. También es muy importante mantener la rueda en un buen estado, reavivando los filos siempre que sea necesario con diamante de punta, ya que en caso contrario la rueda tendrá granos disperejos y estos quemarán la herramienta. El uso de líquidos refrigerantes se recomienda siempre que sea posible.

Una norma general de un buen afilado nos dice que la dirección de giro de la rueda debe ser, preferiblemente, contra el filo de la herramienta.

#### 2.4.1 Afilado de metal duro.

El abrasivo que mejor se apega a las exigencias de este trabajo es el carburo de silicio verde, por ser un abrasivo de gran dureza y friabilidad. Aunque en estos aspectos es superado por el diamante, el uso de éste, está muy restringido debido a la afinidad del carbono del diamante con el carbono del material de las herramientas y dadas las temperaturas a que se trabaja, el diamante pierde todas sus propiedades de dureza.

El factor más importante a considerar en un buen afilado, es el tiempo, ya que éste influye en el rendimiento y duración de las herramientas. La duración de la rueda es un factor que prácticamente no se debe considerar. Es por esto que está generalizado el uso de ruedas blandas, ya que éstas logran un mejor corte, evitando calentamiento y grietas en el filo de las herramientas.

El metal duro, no es muy afectado por el calor, pero sí por los cambios bruscos de temperatura y de acuerdo a esto se puede trabajar en húmedo o en seco. En el primer caso, se debe aplicar refrigerante en gran cantidad en la zona de contacto entre la rueda y la herramienta. En el segundo caso, la rueda debe conservarse blanda para evitar calentamiento.

#### 2.4.2 Afilado de sierras.

En este tipo de afilado, el estado de la máquina es lo más

importante, se debe evitar a toda costa las vibraciones.

En el afilado de sierras es muy importante que las ruedas conserven siempre su perfil, y por esto deberán ser más duras y de grano más fino que en el resto de los afilados.

#### 2.4.3 Afilado de cuchillas.

En este tipo de afilado el peor enemigo es la generación de calor ya que este afecta el temple del filo. Para hacer una adecuada elección de una rueda para este tipo de afilado se deben de considerar varios factores :

- Dureza de la cuchilla.
- Angulo de filo.
- Area de contacto con la rueda.

En la dureza de la cuchilla se debe considerar el material de ésta, ya que en aceros rápidos se utilizan ruedas más blandas que las que se utilizan para aceros al carbón o de baja aleación.

Cuando el Angulo de filo es pequeño, se prefieren ruedas más blandas que con Angulos de filo grandes.

Cuando existen grandes Areas de contacto la rueda empleada es más blanda que cuando existe poca zona de contacto entre rueda y cuchilla.

#### 2.4.4 Máquinas para afilar.

Los sistemas de producción que emplean herramientas de corte

son muchos y en consecuencia los tipos de herramientas que se aplican también lo son. Los fabricantes de máquinas afiladoras construyen sus modelos para que se adapten a algún tipo de herramienta en especial, dando como resultado una gran cantidad de máquinas. La de uso más generalizado y por lo tanto más conocida, es la afiladora universal, la cual se puede adaptar a diferentes tipos de afilado.

Todas las máquinas para afilado deben considerar algunas características. En primer lugar que el calor producido sea el mínimo posible, evitar cambios bruscos de temperatura y afilar la arista de corte para asegurar la mayor resistencia del filo. También deberá contar con un sistema de ajuste que permita compensar el desgaste de la rueda, contar con un soporte que permita rectificar la rueda cuando sea preciso, y contar con la instalación para la aplicación del líquido refrigerante.

Las máquinas para afilar pueden ser de dos tipos: manuales y automáticas.

En las manuales el operador ajusta los ángulos de corte, y en las automáticas la máquina es quien dirige el movimiento de la herramienta y de la rueda.

Una manera de evitar el calentamiento es con la velocidad de la rueda, de 20 a 25 m/s con líquido refrigerante, reduciendo hasta la mitad de la velocidad afilando en seco. Es por ello que al escoger una máquina se debe de asegurar que ésta desarrolle las revoluciones necesarias para conseguir la velocidad periférica ideal.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

### 3. Teoría del mecanizado con abrasivos.

#### 3.1 Trabajo del grano abrasivo.

Para comprender mejor lo que sucede cuando una partícula abrasiva entra en contacto con un material, y actuar en consecuencia para conseguir el efecto deseado, es conveniente revisar todos los factores que de una u otra forma intervienen en este proceso (conjunto de fuerzas, temperaturas, velocidades, etc.).

Se tratará en este capítulo al grano abrasivo individualmente, es decir, considerado aisladamente sin tener en cuenta el cuerpo abrasivo de que forma parte.

Hasta hace algunos años, el comportamiento de un abrasivo se determinaba partiendo de datos tales como la calidad superficial obtenida, desgaste del abrasivo, número de piezas mecanizadas, etc., pero ello sólo da una idea del comportamiento general de un cuerpo abrasivo en su conjunto y no del trabajo que realmente efectúa el grano al entrar en contacto con la pieza, ni de lo que ocurre en el área o zona que permanece en contacto.

Así pues, se analizará microscópicamente un grano abrasivo de una rueda que esté rectificando una pieza de acero a una velocidad periférica de 30 m/s (el grano abrasivo lleva una velocidad aproximada de 115 Km/hr).

La penetración del grano abrasivo en la pieza, es de un 5% de su tamaño, en el mejor de los casos, y la fuerza a que aquél se halla sometido para lograr tal penetración, puede ser del orden de 900 a 1300 gramos, actuando en tiempos inferiores a 1 milisegundo.

No es posible medir la fuerza con que actúa un sólo grano, pero existen equipos que permiten medir la fuerza total aplicada sobre la pieza, a partir de lo cual es posible determinar como se reparte dicha fuerza entre todos los granos de la zona o área de contacto.

Las deformaciones plásticas del metal y la fricción del grano abrasivo, absorben una energía que crea calor, provocando temperaturas del orden de los 1000 °C durante espacios de tiempo muy pequeños como sucede en la penetración. Como además del calor se producen elevadas presiones sobre el grano, se originan reacciones químicas en las que intervienen el metal base, sus elementos de aleación, el abrasivo, el refrigerante y la propia liga de la rueda; todo ello provoca junto con la temperatura y presión, fuertes adherencias entre el material y el abrasivo. Por estos efectos se desgasta también el grano abrasivo o se rompe. Es necesario lograr un equilibrio tal, que se vaya produciendo un desgaste en las puntas del grano abrasivo hasta el punto que por su incapacidad de corte, se quiebre y aparezcan nuevas puntas o aristas afiladas. Por lo anterior se comprende que tiene una decisiva importancia la dureza y estructura del abrasivo. Si se clasifican los granos abrasivos según su grado de friabilidad y dureza, se puede indicar que mientras más friables son, tanto mayor capacidad de corte tienen o más afilados son, pero también se rompen con mayor facilidad, es decir, cortan mejor pero resisten menos esfuerzos que los abrasivos más tenaces, los cuales permiten mayor arranque de material (más adecuados para



desbastes).

Es necesario indicar que la dureza debe estar en relación con la resistencia a la tensión y estructura del material a mecanizar. Cuanto más resistente sea el material, menos dureza puede tener el abrasivo; así pues, para mecanizar materiales de alta resistencia a la tensión como los aceros al carbón o los hierros forjados, se usa normalmente el óxido de aluminio, mientras que para materiales de poca resistencia a la tensión como la fundición gris o carburos cementados, se utiliza el carburo de silicio que tiene una dureza mucho más elevada.

### 3.2 Arco de contacto y velocidades periféricas.

Dejando aparte el comportamiento individual de los granos abrasivos, se tratará ahora el conjunto de granos que constituyen la herramienta abrasiva tal como se emplea en la práctica. En este caso, la herramienta abrasiva tiene cierta similitud con una fresa, con multitud de ángulos de corte, aunque en el caso del abrasivo, los ángulos ni son definidos ni existen posibilidades de ser aplicados cuando no cortan. Además, el número de granos por unidad de superficie, será muy distinto según el tamaño de los granos y el espacio que exista entre ellos. En consecuencia, la fuerza o presión aplicada para hacer el trabajo, también se reparte entre los granos que se hallan en contacto con el material, y el esfuerzo que soporta cada grano, varía en función del área de contacto; de ahí la enorme importancia que tiene el

Area de contacto entre pieza y abrasivo al realizar un trabajo.

Para comprender mejor este concepto, se utilizará como ejemplo un caso supuesto de rectificado cilíndrico exterior, en el cual la pieza lleva una velocidad  $V_p$  y sobre ella se aplica una rueda que gira alrededor de su eje con velocidad  $V_r$ , como se aprecia en la figura 3.1. La rueda también tiene un avance radial  $A_r$ , mientras que la pieza tiene un avance  $A_a$ .

La rueda se apoya por su periferia en la pieza y como consecuencia del giro de ésta ( $V_p$ ) y del movimiento de avance axial ( $A_a$ ), entra en contacto con ella a lo largo de una superficie espiral de uno a otro extremo de la misma. El paso de esta espiral siempre debe ser menor que la anchura de la rueda, ya que de lo contrario quedarían zonas de la pieza sin mecanizar.

Así pues, se presentan cuatro movimientos básicos y cuatro clases de esfuerzos que son:

MOVIMIENTOS	ESFUERZOS
Velocidad de la rueda, $V_r$	Esfuerzo tangencial, $F_t$
Velocidad pieza, $V_p$	Esfuerzo axial, $F_a$
Avance radial, $A_r$	Esfuerzo radial $F_r$
Avance axial, $A_a$	Resultante, $R$

Como se aprecia en la figura 3.2, cada movimiento origina su respectivo esfuerzo.

La resultante  $R$ , es la que determina la capacidad de corte y grado de desgranamiento de la rueda, al ser aplicada

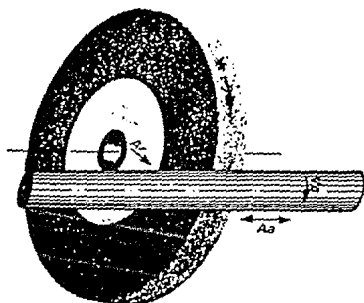


Fig. 3.1

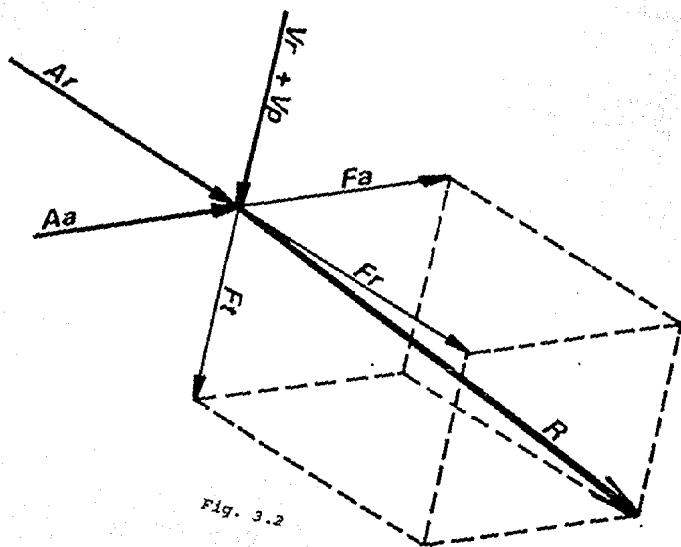


Fig. 3.2

proporcionalmente al número de granos de la zona en contacto. Existe pues, una relación entre todos los esfuerzos y movimientos, de manera que tanto el rendimiento como la calidad del trabajo realizado con un abrasivo, dependen del correcto equilibrio entre ellos.

Por la importancia del esfuerzo tangencial  $F_t$ , es interesante hacer un análisis del mismo; así en la figura 3.3, se representa en forma muy ampliada la penetración de la rueda en la pieza, que se indica con la letra "a". Al valor "a" se le denomina profundidad de pasada y es el material que se elimina de la pieza por pasada, en sentido radial y su valor es:

$$a = (R_p + R_r) - d$$

Considerando de nuevo uno solo de los granos de la periferia de la rueda, en un tiempo dado,  $t$ , el grano pasa de P a Q. La penetración entre la rueda y la pieza, representado por el triángulo curvilíneo PQR, es la sección de viruta arrancada por el grano.

El arco PQ recibe el nombre de "Arco de contacto". A igualdad de esfuerzos, si aumenta el área de contacto, será menor el esfuerzo específico por grano, ya que dicho esfuerzo quedará repartido entre un mayor número de granos, no arrancándose estos tan fácilmente, con lo que la rueda se comportará como si fuese más dura. Si el área de contacto disminuye, ocurre el efecto contrario, la rueda se comportará como si fuera más blanda.

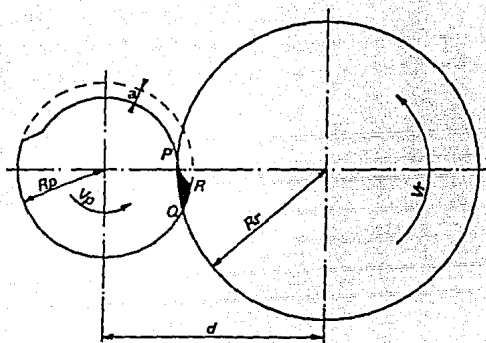


Fig. 3.3

El diámetro de la rueda, influye en el área de contacto, ya que al aumentar, actúa sobre un arco mayor; lo mismo ocurre al aumentar el diámetro de la pieza. De esta forma, hay que tener en cuenta esta Área o arco de contacto al determinar la dureza de los abrasivos.

Si se consideran constantes los diámetros de la pieza y rueda y la profundidad de pasada "a", la longitud de los arcos PQ y RQ, depende de la relación  $V_p/V_r$ .

Si aumenta  $V_p$ , de la relación anterior se deduce que el punto R que antes describía el arco QR, ahora describirá uno mayor, es decir, el área del triángulo PQR será mayor, así como también la longitud QR. Al crecer QR, también crecen los esfuerzos sobre el grano, por lo que será más fácil que se desgranen y la rueda resultará más blanda. Por el contrario, si el cociente o relación anterior tiende a disminuir, la rueda se comportará como más dura.

En resumen, hay que tener muy en cuenta los esfuerzos y los movimientos en los trabajos con herramientas abrasivas, ya que de ellos depende que se consigan o no los resultados deseados.

PARA HACER QUE UNA RUEDA SE  
COMPORTE COMO MAS BLANDA.

PARA HACER QUE UNA RUEDA SE  
COMPORTE COMO MAS DURA.

Aumentar la profundidad de  
pasada.

Disminuir la profundidad de  
pasada.

Aumentar la velocidad peri-  
férica de la pieza.

Disminuir la velocidad peri-  
férica de la pieza.

PARA HACER QUE UNA RUEDA SE  
COMPORTE COMO MAS BLANDA.

Disminuir la velocidad peri-  
férica de la rueda.

Aumentar el avance axial.

PARA HACER QUE UNA RUEDA SE  
COMPORTE COMO MAS DURA.

Aumentar la velocidad peri-  
férica de la rueda.

Disminuir el avance axial.

#### 4. Seguridad e Higiene en el uso y manejo de abrasivos.

##### 4.1 Seguridad.

Los abrasivos son herramientas que dan muy buenos resultados y de uso sencillo comparado con otros tipos de herramientas. Sin embargo, la falta de un mínimo de cuidados puede hacer que éstos se conviertan en una herramienta muy peligrosa de usar, tanto para el operador de la máquina como para las personas que se encuentran cerca del sitio de trabajo. Un abrasivo puede resultar peligroso ya que se trabaja a altas velocidades y en caso de presentarse una ruptura, cada pedazo de rueda se convierte en un peligroso proyectil de alta velocidad. Es por esto, que la seguridad en el uso y manejo de abrasivos es un punto muy importante a considerar cuando se utilicen éstos.

Todos los países emplean una norma de seguridad para el manejo de abrasivos. En México, la seguridad en el manejo de abrasivos se rige por la norma ANSI B7.1 (American National Standards Institute Safety Code B7.1).

Para tener una adecuada seguridad en el uso de abrasivos, existen muchos factores a considerar, tales como las máquinas a emplear, el manejo, el montaje, el uso, la transportación, la fabricación, etc. y por lo tanto son muchas las personas involucradas en este proceso, las cuales tienen responsabilidades específicas.



#### 4.1.1 Responsabilidades de los fabricantes de abrasivos.

El fabricante de abrasivos, tiene la obligación de elaborar un producto de alta calidad que cubra los siguientes requisitos:

-Máxima resistencia posible de acuerdo a la aplicación del abrasivo.

-Estricto control en la producción para asegurar un producto de calidad uniforme.

-Proporcionar asistencia técnica a los usuarios para que el empleo de los abrasivos sea el adecuado y además, seguro.

-Contar con almacenes adecuados y extremar precauciones en la transportación, de manera que el usuario reciba el producto en óptimas condiciones.

-Etiquetar el producto de manera que el usuario pueda identificarlo rápidamente.

-Realizar investigaciones para mejorar las condiciones de los abrasivos en cuanto a eficiencia y seguridad.

Para que el fabricante pueda cumplir con sus obligaciones, es necesario que durante su proceso de producción, lleve un control continuo de lo que está ocurriendo.

El control comienza con la recepción de las materias primas, ya que son la parte fundamental del producto y necesitan tener las características que se requieren.

En el departamento de mezclado, se debe tener especial cuidado en respetar las cantidades de abrasivo y liga a emplear,

ya que cualquier variación de éstos, modificará las características de la rueda. También, se debe cuidar que la mezcla sea homogénea, para evitar problemas posteriores de desbalanceo o fracturas.

En los procesos de secado y horneado, es fundamental respetar los ciclos de temperaturas en los hornos ya que cualquier variación, por muy pequeña que parezca, provocará grietas y/o fracturas en las ruedas. Para lograr esto, se debe checar continuamente la temperatura del horno en diferentes puntos, ya que se requiere de temperaturas constantes en cualquier sección del horno y evitar cambios bruscos de temperatura.

Al momento de rectificar las ruedas, se deben evitar presiones que dañen a las ruedas. El rectificado, es un proceso de tolerancias muy restringidas y por ello, requiere de un trabajo de alta precisión.

Ya que la rueda ha sido fabricada, es necesario hacerle algunas pruebas para asegurar su calidad. Dichas pruebas son:

1.-Verificación de dimensiones, que tiene como finalidad comprobar que las dimensiones de la rueda correspondan a las de su especificación.

2.-Prueba del sonido. Consiste en darle unos pequeños golpes a las ruedas vitrificadas (fig. 4.1) con un pedazo de madera o de plástico, ya que por medio del sonido emitido por la rueda, se

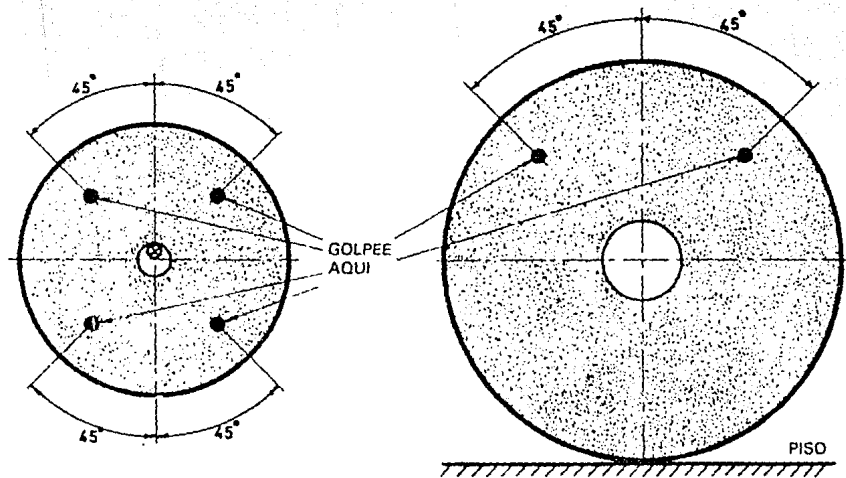


Fig. 4.1

puede saber si ésta tiene una fractura. Una rueda en perfecto estado, producirá un sonido claro y metálico, mientras que una rueda fracturada tiene un sonido hueco.

3.-La prueba de balanceo verifica la adecuada distribución del material para evitar vibraciones de la rueda durante su uso.

4.-Prueba de planicidad y paralelismo. Esta prueba tiene por objeto comprobar que la rueda esté perfectamente plana para evitar movimientos laterales en la periferia de la rueda. Esta prueba tiene especial importancia en los discos de corte debido a su reducido grosor.

5.-Prueba de velocidad. Mediante ella, se busca asegurar que la rueda soportará las presiones de trabajo de una manera satisfactoria. Consiste en hacer girar a la rueda un 40% arriba de su máxima velocidad de operación permitida.

El fabricante debe indicar claramente en la etiqueta las revoluciones máximas permitidas por la rueda, así como recomendar el uso de guardas.

Ya que una rueda pasó por todas estas pruebas, se debe etiquetar y empacar adecuadamente para su transportación, ya que el trato que reciben, en muchas ocasiones, no es el óptimo.

#### 4.1.2 Responsabilidades de los fabricantes de máquinas.

Todas las máquinas destinadas a trabajar abrasivos, deben tener la robustez necesaria para evitar vibraciones en la flecha, así como poder desarrollar la velocidad y potencia que requiere el trabajo.

Son tres las principales responsabilidades que tiene un fabricante de máquinas que empleen abrasivos para que la operación sea segura:

1.-Diseñar y construir las máquinas de acuerdo con los requisitos de seguridad en las prácticas comunes.

2.-Proveer de bridas, así como de todos los dispositivos para el montaje de ruedas, que cumplan con los requerimientos de seguridad.

3.-Colocar guardas adecuadas para la protección del operador en caso de ruptura de la rueda. Dichas guardas deberán ser lo suficientemente gruesas para soportar un posible impacto.

#### 4.1.3 Responsabilidades del usuario.

El mayor número de accidentes en los que se hallan involucradas las ruedas abrasivas, se deben a un inadecuado uso por parte del usuario.

Para evitar al máximo los accidentes en el empleo de abrasivos, se deben de tomar las siguientes medidas de precaución:

1.-Inspección. Siempre que se reciba una rueda, se debe realizar un inspección visual para detectar cualquier fisura o despostilladura que pueda tener.

2.-Pruebas. Todas las ruedas vitrificadas se deben someter a la prueba del sonido. En caso de ser resinosas también se puede realizar esta prueba. Sin embargo, la detección de una fisura por medio de su sonido no es tan sencilla como en las vitrificadas.

En caso de existir dudas acerca de la condición de la rueda, debe ser llevada al fabricante para que sea éste quien determine el estado real de la rueda.

El usuario también debe tener cuidado al momento de montar las ruedas para evitar que éstas se fracturen. Para esto es necesario que siga las indicaciones de los fabricantes.

Otro punto a considerar es el almacenamiento y manejo de las ruedas.

Existen ciertas reglas que debe seguir todo usuario al emplear ruedas abrasivas. Las más importantes son las siguientes :

- Cuando se trabaje con líquido enfriador se debe cerrar la llave de paso antes de parar la rueda y dejar girar libremente a ésta para que se salga el líquido enfriador. Esto tiene como finalidad evitar condiciones de desbalanceo en la rueda.

- Cuando la rueda esté fría, la pieza a esmerilar no se debe aplicar con mucha presión, ya que esto generaría un incremento súbito de calor, provocándose tensiones excesivas y en consecuencia, una ruptura.

- El soporte de la pieza a esmerilar debe estar lo más cerca posible de la rueda para evitar que la pieza se trabo entre el soporte y la rueda.

- Siempre esmerile por la cara para la cual fue diseñada la rueda.

- UTILIZAR ANTEOJOS DE SEGURIDAD.

- NUNCA EXCEDER LA VELOCIDAD MAXIMA PERMITIDA QUE VIENE INDICADA EN LA ETIQUETA.

- Antes de utilizar una rueda nueva, déjese girar libremente a la velocidad de trabajo por lo menos un minuto. Asegurarse de que la guarda esté bien fija.

- Emplear el equipo de seguridad necesario, como guantes, botas, peto, casco, etc.

- No golpee la rueda con la pieza que se esté esmerilando.

- No esmerilar materiales para los cuales no fué diseñada la rueda, ya que se puede tapar, y con esto, quemarse.

- No colocarse frente a la rueda cuando se esté esmerilando.

#### 4.1.4 Almacenamiento y manejo.

Las ruedas abrasivas deben almacenarse cuidadosamente para protegerlas contra despostilladuras, rupturas y otros defectos. Las ruedas se deben de almacenar en lugares secos y sin cambios bruscos de temperatura, ya que algunos tipos de liga son afectados por la humedad y por los cambios extremos de temperatura.

Los estantes donde se colocarán las ruedas deben de tener

gran resistencia y estar colocados donde no exista peligro por el paso de camiones o grúas.

Las ruedas del mismo tamaño, tipo y especificación deben colocarse juntas y perfectamente identificadas. Deben colocarse de manera que se tome la rueda más vieja.

Existen algunos lineamientos generales para el almacenamiento de ruedas: las ruedas resinosas delgadas (discos de corte y de desbaste), se deben colocar en una superficie plana horizontal (se recomienda una placa de acero o inclusive una rueda tipo 1), lejos del calor y la humedad para evitar pandeos.

Las ruedas tipo 1 se colocan de canto en los estantes. Las ruedas tipo copa deben apilarse sobre las caras planas con un material amortiguante entre ellas (puede ser la etiqueta). Las ruedas tipo 16, 17, 18, así como las puntas montadas deben almacenarse en cajas claramente identificadas. En la fig. 4.2 se muestra un estante típico para el almacenamiento de diferentes tipos de ruedas.

Las ruedas deben manejarse cuidadosamente durante su transportación para evitar rupturas.

Los puntos más importantes son los siguientes :

- Tratar cuidadosamente a las ruedas para evitar que se golpeen o se caigan.
- No ruede por el piso las ruedas.
- Utilice carretillas o algún transporte que tenga el



## ALMACENAMIENTO CORRECTO DE LAS RUEDAS ABRASIVAS

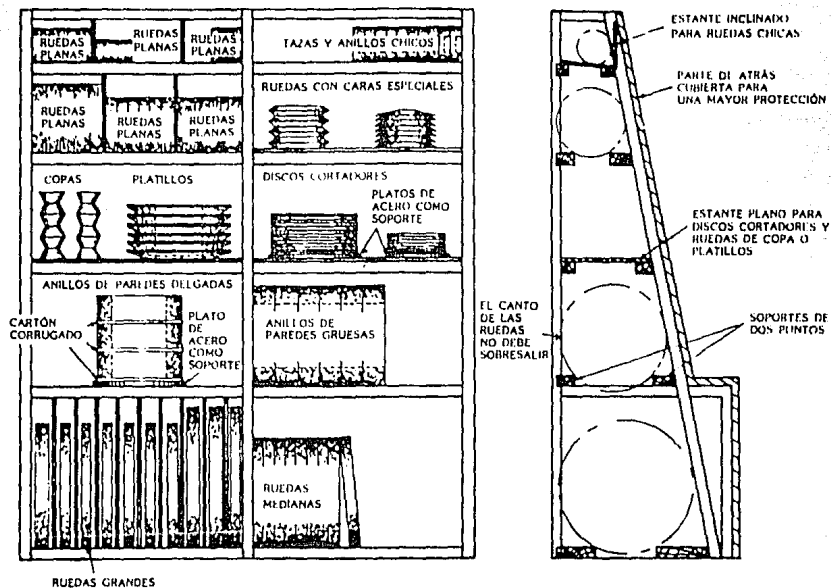


Fig. 4.2

suficiente apoyo para transportar ruedas grandes o pesadas, evitando vibraciones excesivas.

- Al colocar las ruedas en las carretillas y estantes, hágalo en forma cuidadosa para evitar daños.

- No apoye piezas pesadas o herramientas sobre las ruedas.

- No permita que las ruedas que estén paradas caigan sobre sus costados.

#### 4.1.5 Montaje

Antes de montar una rueda, ésta debe inspeccionarse para detectar daños que pudieran haber surgido durante el transporte.

En el montaje de una rueda se debe tener especial cuidado en mantener la flecha limpia, así como la superficie de la brida fija.

Se deben de emplear bridas planas, limpias y del mismo diámetro, el cual no debe ser menor a un tercio del diámetro de la rueda. Para evitar tensiones de las bridas sobre la rueda, ésta debe contar con etiquetas, las cuales además de identificar a las ruedas sirven como amortiguador entre brida y rueda.

Al montar la rueda en el eje de la máquina, la rueda debe entrar libremente. Nunca se debe forzar la entrada de la rueda, ya que se puede romper. Tampoco se debe modificar el diámetro original del barreno. En caso contrario, la holgura máxima entre el diámetro del barreno y del eje es de 0.127 mm.

El conjunto brida-rueda se debe apretar con la tuerca sólo lo

suficiente para evitar presiones excesivas en el centro de la rueda, con lo que podría originarse una fractura de la rueda.

Una vez montada la rueda y puesta la GUARDA PROTECTORA, el operador se debe apartar a una distancia prudente de la máquina. La rueda debe girar libremente un minuto antes de empezar a esmerilar, lo anterior tiene como fin comprobar si la rueda está lista para usarse.

#### 4.2 Higiene.

Es bien conocida la importancia del aire limpio; es por esto que el Ingeniero Industrial, al definir los mejores sistemas de operación en una empresa, tendrá la obligación de tomar en consideración el uso de equipo adecuado para evitar, en lo que técnicamente sea posible, la emisión de contaminantes que pueden afectar seriamente a los trabajadores o a nuestra comunidad.

La ventilación efectiva y bien diseñada ofrece una solución para los trabajadores que requieren de protección debido a su contacto con estos materiales.

Actualmente la aplicación de sistemas de ventilación es necesaria para controlar los contaminantes en el área de trabajo. Mientras mayor es el volumen de aire requerido, mayor será la tendencia a reducir calentamiento.

Dentro del campo de los abrasivos, este tipo de práctica es muy recomendada, debido a la generación de partículas, sobre todo en procesos que no requieren líquido refrigerante.

Este tema fue tratado en la "Conferencia Americana de Higiene Industrial" en 1970 y algunos de los aspectos principales se mencionan a continuación.

#### 4.2.1. Principios generales de ventilación.

1. Gasto o caudal. El gasto de aire en un ducto se comporta de acuerdo a la ecuación de continuidad:

$$Q = A v$$

donde:  $Q$  = gasto o caudal (metros cúbicos por segundo)

$A$  = área transversal del ducto (metros cuadrados)

$v$  = velocidad del aire (metros por segundo)

2. Presión de velocidad. El aire circulando a determinada velocidad creará una presión conocida como presión de velocidad ( $P_v$ ). La relación que la define es la siguiente:

$$v = \sqrt{2gh}$$

donde:  $v$  = velocidad (metros por segundo)

$h$  = presión columna de agua (metros)

Cuando  $g = 9.81$  (metros por segundo cuadrado) y la densidad del aire es 1.2 (Kg por metro cúbico), la anterior fórmula adopta la siguiente forma:

$$v = 4.043 \sqrt{P_v}$$

donde:  $v$  = velocidad del aire (metros por segundo)

$P_v$  = presión de velocidad (mm de agua). También

conocida como presión dinámica de un sistema.

3. Presión estática. Además de la presión de velocidad, existe una presión ejercida por cualquier gas encerrado, ya sea que esté en movimiento o no, perpendicular a las paredes del ducto o cámara que lo contiene, llamada presión estática.

Esta presión es medida con un manómetro.

Por lo tanto la presión total en cualquier punto de un sistema de aire será:

$$P_t = P_e + P_v$$

#### 4.2.2 Diseño del ducto de extracción.

El primer concepto a tomar en cuenta es que entre más aislado se encuentre el sistema, éste operará con mayor eficiencia (fig. 4.3).

Es necesario definir dos velocidades importantes:

1. Velocidad de captura. Es la velocidad de cualquier punto frente a la toma de aire necesaria para vencer corrientes de aire ajenas al sistema y para capturar el aire contaminado hacia el ducto.

Para trabajos en máquinas esmeriladoras se recomienda una velocidad de captura de entre 2.54 y 10.16 (metros por segundo).

Normalmente se utilizará el rango inferior, debido a que se cuenta con las siguientes condiciones:

- Corrientes de aire mínimas en el sitio de trabajo.

- Contaminantes de baja toxicidad.

Para poder realizar el cálculo de la toma es necesario recurrir a datos de tablas.

Para una toma típica, los valores de pérdidas a la entrada son mostrados en la figura 4.4.

2. Velocidad del ducto. Es la velocidad a la cual circula el aire dentro del ducto.

Para velocidades tangenciales de las ruedas esmeriladoras de 33 m/s o menos (velocidad típica de una rueda esmeriladora), la velocidad del aire recomendada en el ducto es de 17 m/s.

En la siguiente tabla se aprecian los caudales recomendados de acuerdo al diámetro de la rueda.

Caudal de extracción recomendado  
(metros cúbicos por segundo)

Diám. rueda (mm)	Grosor rueda (mm)	Sistema adecuado	Sistema inadecuado
0 - 125	25	0.104	0.104
125 - 250	37.5	0.104	0.141
250 - 350	50	0.141	0.236
350 - 400	50	0.184	0.288
400 - 500	75	0.236	0.349
500 - 610	100	0.288	0.416

Diám. rueda (mm)	Grosor rueda (mm)	Sistema adecuado	Sistema inadecuado
610 - 760	125	0.416	0.567
760 - 912	150	0.567	0.742

*Nota: Se considera un sistema adecuado a aquel en donde el 25% ó menos de la rueda, no está cubierta por la guarda.*

*Con todos estos datos y de acuerdo a las necesidades del proceso, es posible calcular la toma de aire, el ducto y la capacidad del equipo, de tal forma que se realice una operación limpia y segura para el operador.*

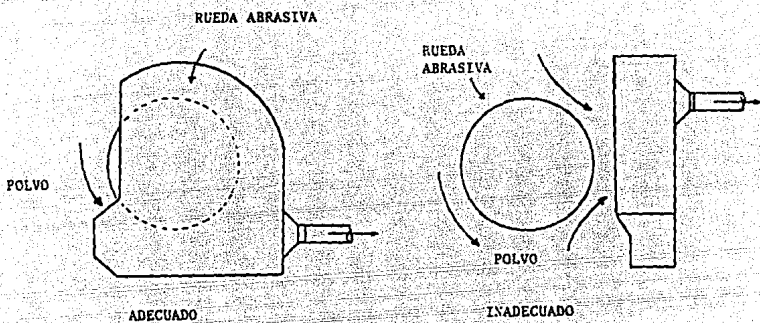


Fig. 4.3

**PERDIDAS A LA ENTRADA  
DEL DUCTO**

EXTRACCION RECTA	$0.65 P_v$
EXTRACCION CONICA A $45^\circ$	$0.40 P_v$

Fig. 4.4



## 5. Costos

Durante los últimos años ha existido un incremento constante en los costos de producción dentro de la industria. Nada se ha mantenido dentro de los parámetros definidos como normales, por ejemplo materiales, activos, servicios, utilidades, ventas y finalmente sin ser menos importantes los salarios.

Para abatir estos costos existen dos caminos, elevar los precios de los productos, con el riesgo de perder su mercado, o producir de una forma más económica. Con el paso del tiempo se ve que la segunda alternativa ha sido cada vez más importante.

La historia técnica de los últimos años indica la tendencia seguida; equipo altamente mecanizado, máquinas automáticas que simplifican el esfuerzo del operario, mejores herramientas de corte y accesorios, mejores ruedas esmeriladoras, técnicas nuevas como esmerilado aplicado por control numérico, mejores materiales, mejores diseños, mejor ingeniería industrial, todo lo cual va encaminado a incrementar la eficiencia. Lo anterior ha logrado reducir los costos dentro de las empresas. Una de las áreas más importantes en donde los costos pueden ser reducidos son aquellas donde las ruedas y máquinas esmeriladoras forman parte del proceso productivo.

A continuación se examinarán algunas de estas áreas y se verá como el esmerilado puede reducir costos.

1. El afilado de una rueda abrasiva no resulta caro. A diferencia de las herramientas tradicionales, en donde se debe

invertir en estas afiladoras especiales, en el caso de las ruedas abrasivas, presentan nuevos filos de corte como consecuencia de su misma operación. Cuando estos filos ya no se presentan, por no trabajar adecuadamente la rueda, pueden ser reavivados por medio del aderezado sin necesidad de desmontar la rueda, mientras que una herramienta convencional tiene que ser desmontada para poder ser afilada nuevamente lo que repercute en una pérdida de tiempo.

2. Con el proceso del esmerilado hay un significativo ahorro de tiempo de preparación de la máquina. En muchas operaciones de esmerilado de superficies se puede tanto desbastar como dar un acabado fino en la misma máquina con una eficiencia muy alta con el simple hecho de cambiar la rueda.

3. En el caso de líneas de producción en donde hay esmerilado de superficies planas o cilíndricas, los tiempos de colocación del trabajo resultan pequeños, ya que las piezas son montadas en grupos en lugar de hacerlo individualmente. Así mismo, el tiempo de fabricación se reduce al trabajar varias piezas simultáneamente. En el caso de las máquinas herramientas convencionales, cada pieza debe ser montada, trabajada y desmontada individualmente. Con esto, para poder igualar el tiempo de trabajo de una esmeriladora, se deben tener varias máquinas herramientas, lo cual incrementa notablemente los costos de inversión, mantenimiento y operación.

4. En las modernas máquinas esmeriladoras, la inspección es automáticamente realizada por medio de mediciones del equipo con base en una programación previamente realizada. Esta propiedad del

equipo evita el hacer revisiones continuas de las dimensiones del trabajo.

5. Por medio del esmerilado se puede tener una rápida remoción de material con un acabado superficial superior en comparación con el que se obtiene por otros métodos. Es por esto que muchas compañías han cambiado al proceso de esmerilado.

Otras ventajas del esmerilado que ayudan a reducir los costos son las siguientes:

- Remoción más rápida de material.
- Mejor acabado superficial.
- Menor costo de materiales de corte.

Una vez analizadas las ventajas del esmerilado con respecto a los métodos convencionales, se verán ahora unas formas de abatir costos dentro del propio proceso de esmerilado:

- Máquinas en buen estado.
- No escatimar en potencia.
- Aumentar las revoluciones teniendo cuidado de no exceder las máximas permitidas.
- Elección adecuada de la rueda a utilizar.

La elección de la rueda adecuada es quizá el punto más difícil de mejorar, ya que no resulta sencillo y es necesario hacer un análisis más profundo para apreciar las diferencias y ventajas que pudiera tener una rueda con respecto a otra.

Existen dos maneras de encontrar una mejor elección de la rueda a emplear. Una es acudir con un fabricante a fin de pedir su

asesoría y otra es hacer una comparación de los rendimientos de las ruedas por parte del usuario.

Es recomendable acudir al fabricante cuando la rueda requerida es para algún trabajo muy específico ya que aquel tiene la experiencia necesaria para satisfacer la necesidad del usuario. Otro caso en que debe acudir al fabricante es cuando la rueda a mejorar es muy grande o se desgasta lentamente. En estos casos la rueda no se cambia en forma continua, y para el usuario resulta muy costoso el hecho de comparar dos ruedas que tardan mucho tiempo en arrojar resultados que nos lleven a alguna conclusión.

Cuando se habla de ruedas que se desgastan rápidamente, y que debido a esto son de volumen de consumo muy alto como los discos de corte y desbaste, el usuario puede hacer sus propias comparaciones ya que existe un método muy sencillo para lograrlo y arroja resultados inmediatos.

### 5.1 Pruebas comparativas.

#### a) Desbaste.

Para conocer la eficiencia de un disco de desbaste se aplica la siguiente fórmula:

$$E_f = \frac{P_i \text{ pieza} - P_f \text{ pieza}}{P_i \text{ abvo} - P_f \text{ abvo}}$$

Donde:

$E_f$  = factor de eficiencia.

$P_i$  pieza = peso inicial de la pieza a esmerilar.

$P_f$  pieza = peso de la pieza después de esmerilar.

Pi abvo = peso del disco de desbaste antes de esmerilar.

Pf abvo = peso del disco de desbaste después de esmerilar.

Consideraciones importantes:

- Esta fórmula se debe aplicar a cada uno de los discos que se estén comparando.

- Se debe usar la misma máquina para todos los discos.

- Se debe esmerilar el mismo material durante el mismo tiempo para cada disco.

- Los discos deben tener el mismo diámetro inicial.

- El operario que pruebe los discos debe ser el mismo.

- El dispositivo de medición debe ser lo más preciso posible.

Para saber cual es el mejor disco se elegirá aquel que tenga el mayor factor de eficiencia.

b) Corte.

Para conocer la eficiencia de un disco de corte se emplea la siguiente fórmula:

$$Ef = \frac{(d \text{ barra})^2 \cdot NC}{di^2 - df^2}$$

Donde:

Ef = factor de eficiencia.

d barra = diámetro de la barra a cortar.

NC = número de cortes.

di = diámetro del disco antes de cortar.

df = diámetro del disco después de cortar.

**Consideraciones importantes:**

- Esta fórmula se debe aplicar para cada uno de los discos a probar.
- Se debe usar la misma máquina para todos los discos.
- Se debe realizar el mismo número de cortes para cada disco.
- El operador que pruebe los discos debe ser el mismo.
- Los discos deben tener el mismo diámetro inicial.
- Utilizar el mismo avance, presión de corte y ángulo para cada disco.
- El dispositivo de medición debe ser lo más preciso posible.
- Esta fórmula es aplicable cuando se cortan objetos cilíndricos sólidos.

Para saber cual es el mejor disco, se elegirá aquel que presente el mayor factor de eficiencia.

Después de analizar las fórmulas anteriores, puede verse que un aspecto de fundamental importancia es el costo del abrasivo. Cuanto más elevado sea éste, cobrará mayor relevancia al utilizar un disco más eficiente. Esto va adquiriendo mayor importancia a medida que aumenta el número de discos utilizados.

Es importante hacer notar que la efectividad de una rueda, además de tomar en cuenta el factor costo, debe considerar el acabado del trabajo realizado.

Por todo lo anterior, se aprecia la necesidad por parte de las empresas de hacer pruebas constantemente a fin de buscar los abrasivos que den los resultados esperados con el mayor

rendimiento posible. De este modo se reducirán los costos de sus procesos.

### 5.2 Resultados de pruebas comparativas.

Para resaltar la importancia que tienen las pruebas comparativas, se da a continuación un ejemplo REAL en una empresa al sur de la ciudad que se dedica a fabricar piezas para molino.

- Prueba comparativa de eficiencia de corte.

Disco de 250 x 3.2 x 25.4 mm para metal

Disco #1

Así le llamaremos al disco que se está utilizando actualmente en dicha empresa.

Datos: Diámetro de la barra a cortar = 30 mm

Diámetro inicial del disco abrasivo = 250 mm

Diámetro final del disco abrasivo = 232 mm

Número de cortes realizados = 20

Aplicando la fórmula de eficiencias en discos de corte obtenemos:

$$Ef1 = \frac{(30)^2 \times 20}{(250)^2 - (232)^2} = 2.07$$

Es decir, por cada mm cuadrado que se desgasta el disco corta 2.07 mm cuadrados de barra.

#### Disco #2

Así le llamaremos al disco que queremos comparar

Datos: Diámetro de la barra a cortar = 30 mm

Diámetro inicial del disco abrasivo = 250 mm

Diámetro final del disco abrasivo = 239 mm

Número de cortes realizados = 20

Aplicando la misma fórmula obtenemos un valor de:  $Ef2 = 3.34$ .

Es decir, por cada mm cuadrado que se desgasta el disco corta 3.34 mm cuadrados de barra.

El disco 1 vale en el mercado alrededor de \$13000 pesos. (finales de 1989), mientras que el disco 2 se consigue a un precio promedio de \$ 16500 pesos, es decir 27% más caro, no obstante corta 61% más. Por lo tanto el usuario está pagando más por menos, ya que consume 60 discos mensuales del disco 1 en lugar de consumir 37 discos del disco 2 para realizar el mismo trabajo. Veremos a continuación el ahorro en pesos:

costo mensual = precio unitario x cantidad mensual

Disco 1:  $13000 \times 60 = \$ 780\ 000$

Disco 2:  $16500 \times 37 = \$ 610\ 500$

Esto significa que se ahorran \$ 169 500 al mes únicamente en discos de corte.



- Pruebas comparativas de eficiencia de desbaste  
Disco de 175 x 4 x 22.2 mm para metal.

Disco # 1: Peso inicial de la pieza = 2300 gr.  
Peso final de la pieza = 2187 gr.  
Peso inicial del abrasivo = 260 gr.  
Peso final del abrasivo = 248 gr.  
Tiempo de esmerilado = 10 min.

Aplicando la fórmula correspondiente:

$$Ef1 = \frac{2300 - 2187}{260 - 248} = 9.42$$

El abrasivo remueve 9.42 gr. por cada gramo que pierde.

Disco # 2: Peso inicial de la pieza = 2187 gr.  
Peso final de la pieza = 2060 gr.  
Peso inicial del abrasivo = 272 gr.  
Peso final del abrasivo = 267 gr.

Aplicando la fórmula correspondiente se obtiene una  
Eficiencia del disco 2 de: Ef2 = 25.4

El abrasivo remueve 25.4 gr del material cada vez que pierde  
1 gr.

El disco 1 vale en el mercado \$ 5500 (finales de 1989),  
mientras que el disco 2 vale \$ 7000, es decir, un 27% más caro.  
Sin embargo, remueve 169 % más. El consumidor actualmente usa 300

discos mensuales, pero podría estar utilizando 112 del otro disco que harían el mismo trabajo al mes. Veremos a continuación la diferencia en pesos.

**costo mensual = precio unitario x cantidad mensual**

Disco 1 \$ 5500 x 300 = \$ 1 650 000

Disco 2 \$ 7000 x 112 = \$ 784 000

Esto representa un ahorro de \$ 866 000 al mes en discos de desbaste.

#### **Comentarios.**

El objetivo de estos ejemplos que efectuamos no es proponer el disco 2 en lugar del disco 1, sino más bien hacer conciencia en el usuario de que al haber una gran cantidad de marcas de abrasivos, existen también diferencias considerables en precio y rendimientos. Es labor de éste hacer las pruebas comparativas para estar más cerca de tener procesos productivos más eficientes, reduciendo costos.

## 6. Resultados de la investigación industrial.

### 6.1 Mercado.

Para darse cuenta del campo de aplicación de los abrasivos en nuestro país, es conveniente ver como se encuentra estructurado el sector secundario (industria), de la economía en México.

#### SECTOR INDUSTRIAL NACIONAL

##### -Energético:

a) Electricidad

b) Petróleo:

1. Extracción

2. Refinación

##### -De transformación:

a) Manufacturera

b) Minería

c) Siderurgia

d) Metalmecánica

e) Petrolera:

1. Básica

2. Secundaria

##### -Construcción

En prácticamente todos los ámbitos anteriores el empleo de abrasivos es frecuente. No obstante, es en la industria

metalmecánica donde su uso representa una parte más importante del proceso productivo, ya que el volumen manejado, es muy superior al resto de las industrias.

En estudios realizados con los 2 fabricantes de abrasivos nacionales de mayor importancia, se observó que el 95% de los clientes que compran directamente son los que corresponden al área metalmecánica. En el caso de ventas realizadas por medio de distribuidores, se observó esa misma tendencia. Estos distribuidores son quienes se encargan de hacer llegar el producto a los consumidores más pequeños, tanto del área metalmecánica como de otras áreas.

Dado lo anterior y de acuerdo con la Ley de Pareto (1), la investigación se concentró en la parte del mercado que mayor consumo tiene: La industria metalmecánica.

Particularizando dentro de la industria metalmecánica, las aplicaciones más comunes son las siguientes:

1. Desbaste.

En esta aplicación, las ruedas que se utilizan con mayor frecuencia, son las ruedas tipo 1 de liga resinosa y los DT-27. En menor proporción, las ruedas tipo 11 (copas), puntas montadas de liga resinosa, ruedas tipo 16, tipo 18, tipo 18-R (conos).

---

(1) La ley de Pareto nos dice que el 20% de las causas produce el 80% de los efectos.

La rueda a emplear depende principalmente de la forma del material que se desea trabajar.

## 2. Corte.

En esta aplicación se utilizan discos para corte de metal. Cuando se requiere hacer pruebas de la calidad del acero, se utilizan discos para corte de pruebas metalográficas.

Se utilizan discos de corte tanto planos como con resaque (DT-27).

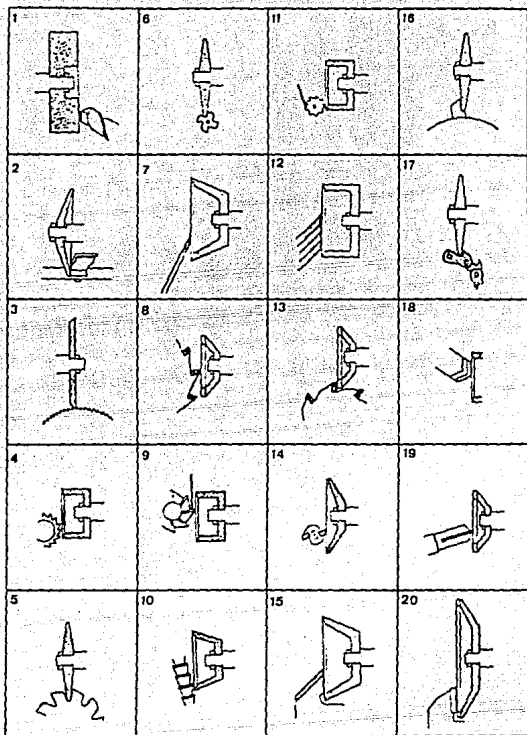
## 3. Rectificado.

En esta aplicación se utilizan principalmente ruedas tipo 1 de liga vitrificada. Además, en menor proporción, se usan las ruedas tipo 6, tipo 7, puntas montadas de liga vitrificada, entre otras. Además, existen una serie de ruedas especiales y segmentos para la rectificación automotriz.

## 4. Afilado.

Esta es la aplicación que ofrece una mayor gama de posibilidades para poder efectuar el trabajo. La elección dependerá de la posición del filo en cuestión como se aprecia en la figura 6.1. Es importante mencionar que todas las ruedas empleadas para este fin, son de liga vitrificada de granos muy finos.

Las ruedas que más se usan son las tipo 1 de carburo de silicio (verdes) y las de óxido de aluminio (blancas). Otras



1) Centrado de puntas de broca. 2) Afilado de platos de roscar. 3) Reconstrucción de sierra circular. 4) Afilado de fresa Woodruff. 5) Afilado de fresa módulo. 6) Afilado de macho de roscar. 7) Afilado de hoja de cepillo. 8) Afilado de fresa cónica. 9) Afilado periférico 2 C. 10) Afilado lateral de fresa 2 C. 11) Rectificado de escarificador cónico. 12) Afilado de cuchillas de máquina de madera. 13) Fresa de metal duro 2 C. 14) Afilado de broca 2 C. 15) Afilado de fresa de moldear. 16) Afilado de paños de roscar. 17) Afilado de casenas de escoplear. 18) Afilado de fresa cónica. 19) Afilado frontal de broca 2 C. 20) Afilado de fresa de moldear.

Fig. 6.1

ruedas empleadas son las tipo 6, tipo 11, tipo 12, las limas y el diamante.

El material fundamental para dar mantenimiento a las ruedas lo constituyen los ladrillos para aderezar. Su función consiste en devolver a las ruedas su forma original cuando éstas se han perfilado por el uso. Otra aplicación es quitar el exceso de material alojado en los poros de la rueda.

## 6.2 Cuestionario de investigación.

A fin de descubrir si en México se están utilizando correctamente o no los abrasivos, se diseñó un cuestionario para aplicarse en las industrias que utilizan abrasivos.

Por la experiencia de los fabricantes de abrasivos, se ha llegado a la conclusión de que cualquier error cae dentro de tres categorías:

1. Errores en la fabricación.
2. Errores por mal estado de la máquina.
3. Errores en el uso y manejo de los abrasivos (operario).

Dado que el objetivo de este estudio es conocer el uso de los abrasivos dentro de la fábrica o taller, serán considerados los errores generados por la máquina y el operario.

Por lo anterior, las preguntas fueron enfocadas específicamente para conocer dichos errores, de forma que las

preguntas fueran rápidas de contestar y que involucraran los puntos claves donde se pueda presentar un error.

Los elementos necesarios para llenar dicho cuestionario son los siguientes:

#### 1. Flexómetro

Se emplea para medir el diámetro, que es la primera medida de una rueda. En ocasiones también se mide el grosor, que es la segunda medida de una rueda y algunas bridas muy grandes.

#### 2. Vernier.

Utilizado para medidas de precisión en el barreno de la rueda, la flecha de la máquina y algunas bridas.

#### 3. Tacómetro.

Utilizado para medir el número de revoluciones de la flecha de la máquina.

El cuestionario que se aplicó en las empresas visitadas se aprecia en la figura 6.2.

Es conveniente profundizar en las preguntas del cuestionario para entender la importancia que tienen estos datos en un proceso con abrasivos.

Los datos generales (No., Fecha, Empresa, Operario) sirven para llevar un orden en los cuestionarios que nos ayudan a la pronta identificación de la empresa y del proceso en cuestión.



## CUESTIONARIO

No. \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_  
 Productos que fabrican: \_\_\_\_\_  
 Nombre del operario: \_\_\_\_\_

1. Abrasivo. Tipo \_\_\_\_\_ Medida \_\_\_\_\_ Especificación \_\_\_\_\_  
RPM máx \_\_\_\_\_
2. Consumo mensual. \_\_\_\_\_ En (\$) \_\_\_\_\_
3. Sistema de esmerilado: Desbaste ( ) Otro ( )  
Corte ( ) Afilado ( ) Rectificado ( )
4. Material trabajado (Especificar): \_\_\_\_\_
5. El resultado. Es el esperado? Si ( ) No ( )
6. Ha realizado pruebas para mejorarlo? Si ( ) No ( )
7. Estado general de la máquina:  
Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( )
8. Potencia: \_\_\_\_\_ H.P.
9. Vel. periférica de la rueda: \_\_\_\_\_ m/s. \_\_\_\_\_ RPM
10. Avance: Manual ( ) Automático ( )
12. Reciben asistencia técnica: Si ( ) No ( )
13. Reciben capacitación de seguridad:  
Si ( ) No ( )
14. Medidas de seguridad deficientes:
 

Guardas ( )	Guantes ( )	Tapones ( )
Bridas ( )	Peto ( )	Máscara ( )
Lentes ( )	Botas ( )	Señales ( )
Almacenamiento :	Bueno ( )	Malo ( )
Montaje :	Bueno ( )	Malo ( )

COMENTARIOS \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Fig. 6.2

1. Abrasivo. El primer paso para saber si un abrasivo es utilizado adecuadamente es conocer sus características, esto es, su forma, sus dimensiones y su composición. Además es necesario conocer el abrasivo antes que la operación. Es importante tener en cuenta las máx RPM permitidas por el fabricante de abrasivos.

2. Consumo mensual. Este punto tiene el objetivo de conocer la importancia del uso del abrasivo en el proceso en particular.

3. Sistema de esmerilado. Este punto nos da la primera relación con el punto 1, principalmente con el tipo y especificación del abrasivo. También, dependiendo del sistema de esmerilado, deberá de haber una relación con la velocidad de la rueda.

4. Material trabajado. Después de conocer el abrasivo es necesario conocer el material que se va a trabajar para saber como van a reaccionar en el momento de entrar en contacto.

5. El resultado. Es una pregunta rápida y fácil de contestar que se realiza al operario, ya que es la persona que mejor se da cuenta si la rueda está o no trabajando adecuadamente.

6. Pruebas para mejorarlo. Es muy importante realizar pruebas continuamente para mejorar las ruedas, aún cuando el resultado sea satisfactorio. Esta pregunta es un punto de partida para saber si el usuario tiene conocimientos de abrasivos. En caso de hacer pruebas, existe la posibilidad de que se haya seleccionado el abrasivo adecuado.

7. Estado general de la máquina. Para este punto se consideraron: anclaje, vibraciones en flecha y máquina, estado de

las poleas y bandas, tiempo de uso y mantenimiento. Todos estos conceptos influyen directamente en el rendimiento de las ruedas.

8. Potencia. La potencia es posiblemente el punto más importante a considerar en una máquina que utiliza abrasivos. Este valor se obtuvo de la placa de la máquina y con base en el estado de la misma, se consideraba si dicha potencia se transmitía completamente.

9. Velocidad periférica de la rueda. El valor de esta velocidad influye directamente en el rendimiento de la rueda. Este valor se calcula con base en las RPM medidas en el tacómetro. Un punto muy importante es que las RPM medidas no excedan las RPM máximas permitidas.

10. Avance. Un avance automático, da a la rueda una presión de trabajo constante, mientras que un avance manual, dado por el operario, somete a la rueda a presiones variables que afectan el rendimiento de la rueda y la calidad del trabajo.

11. Los puntos 11, 12 y 13 del cuestionario, muestran los principios de uso y seguridad que utilizan los operarios. Esto proporciona una idea del resultado de los esfuerzos de los fabricantes por difundir el buen uso de los abrasivos.

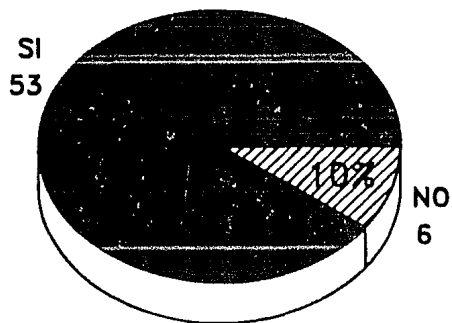
PRESENTACION

DE

RESULTADOS

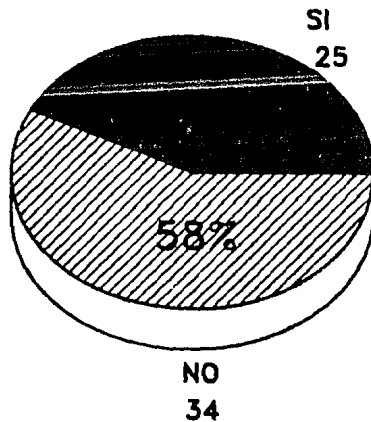
GRAFICA 1

## EL RESULTADO ES EL ESPERADO?



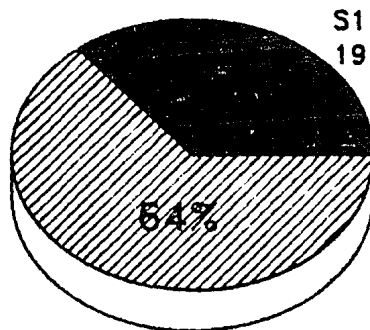
GRAFICA 2

HA REALIZADO PRUEBAS  
PARA MEJORARLO?



GRAFICA 3

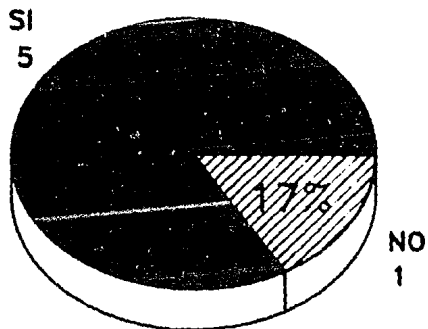
### RESULTADO ESPERADO HACE PRUEBAS?



NO  
34

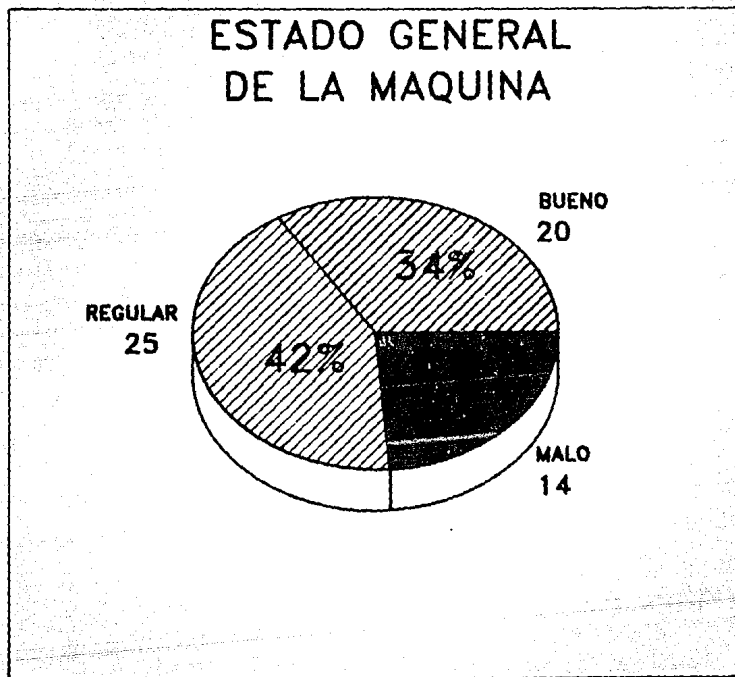
GRAFICA 4

### RESULTADO NO ESPERADO HACE PRUEBAS?



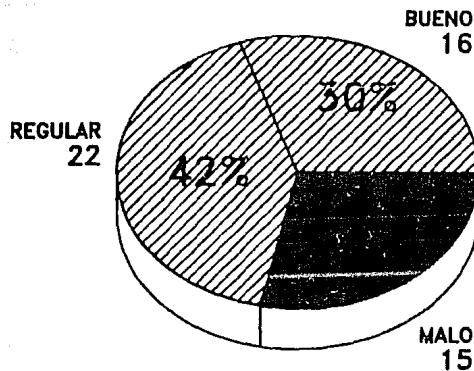


GRAFICA 5



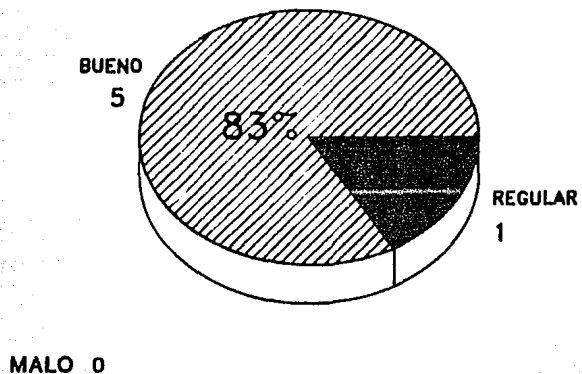
GRAFICA 6

### RESULTADO ESPERADO ESTADO DE LA MAQUINA



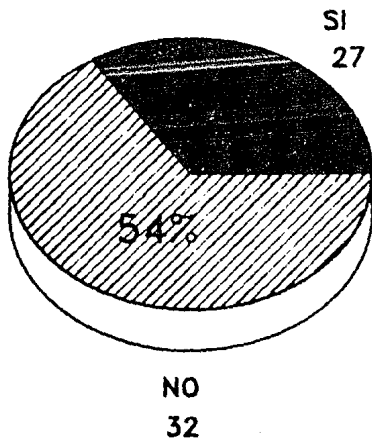
GRAFICA 7

RESULTADO NO ESPERADO  
ESTADO DE LA MAQUINA



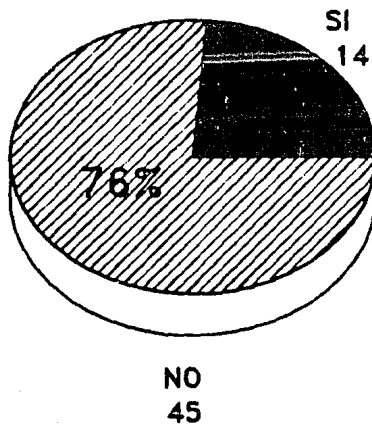
GRAFICA 8

VELOCIDAD ABAJO DEL  
75% DE RPM (MAX.)



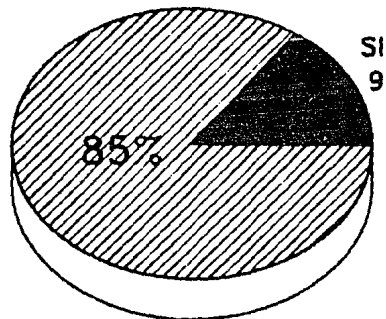
GRAFICA 8.1

### VELOCIDAD ENTRE EL 75 Y 90% DE RPM (MAX.)



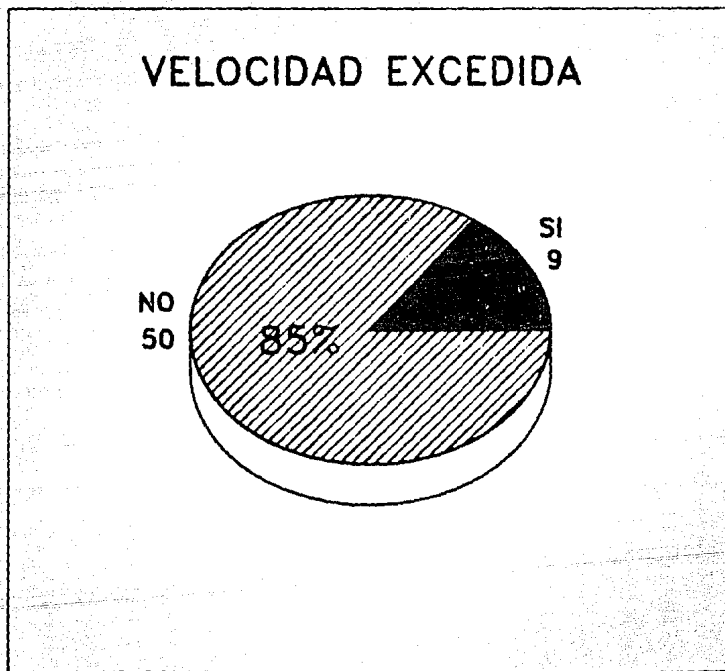
GRAFICA 8.2

VELOCIDAD ENTRE EL  
90 Y 100% DE RPM (MAX.)



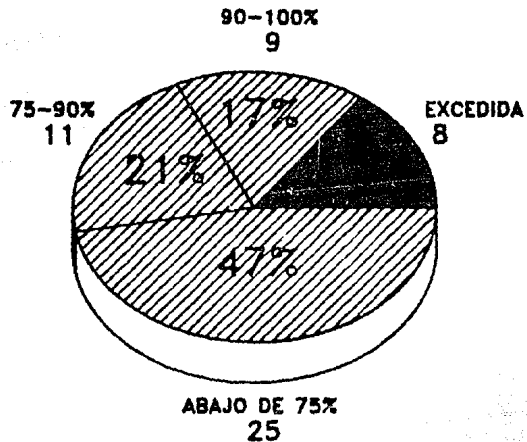
NO  
50

GRAFICA 8.3



GRAFICA 9

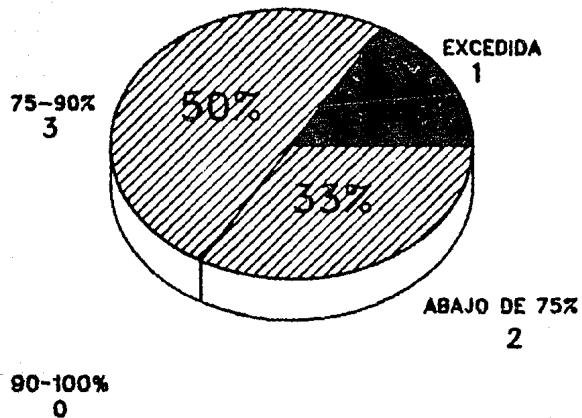
### RESULTADO ESPERADO VELOCIDAD:



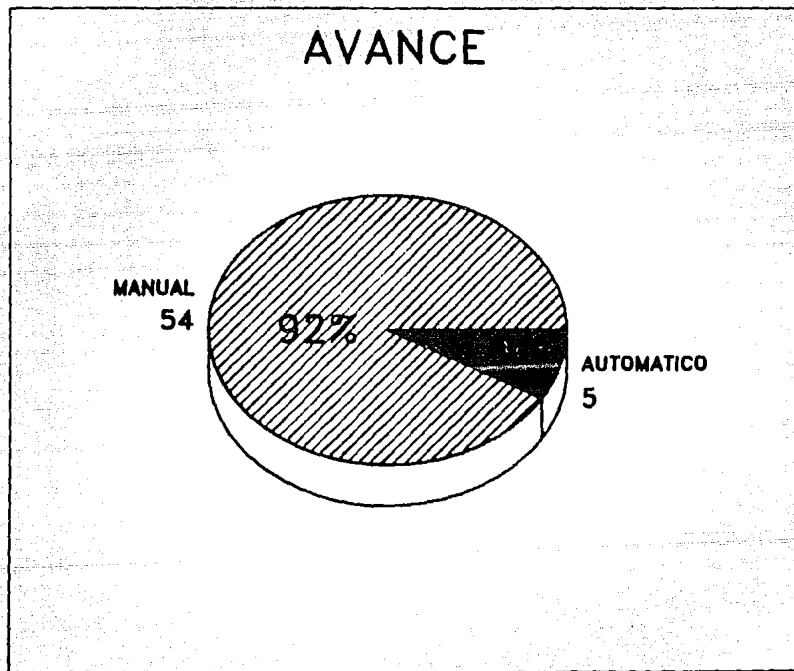


GRAFICA 10

### RESULTADO NO ESPERADO VELOCIDAD:

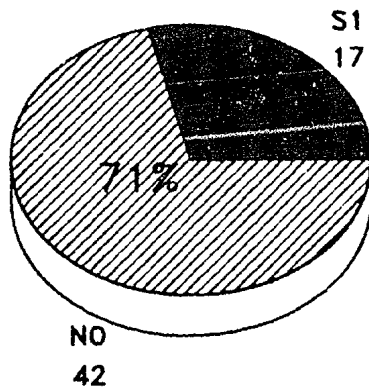


GRAFICA 11



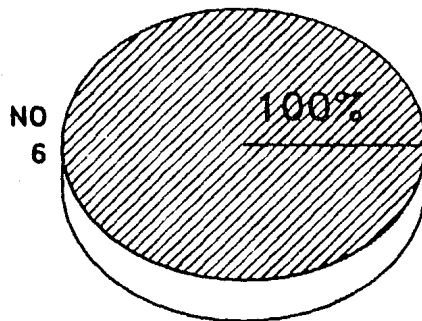
GRAFICA 12

### RECIBE ASISTENCIA TECNICA?



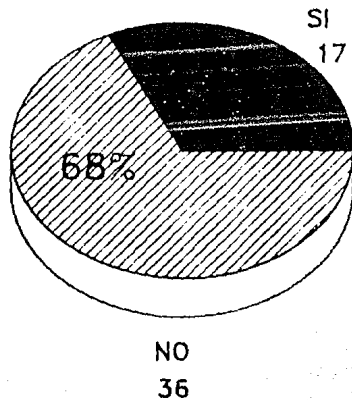
GRAFICA 13

RESULTADO NO ESPERADO.  
RECIBE ASISTENCIA TECNICA?



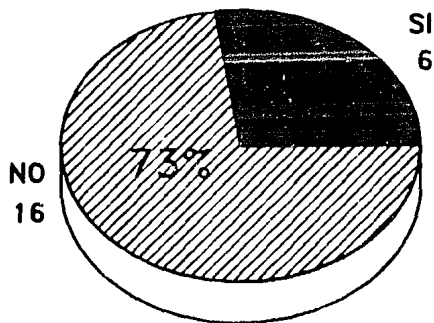
GRAFICA 14

RESULTADO ESPERADO.  
RECIBE ASISTENCIA TECNICA?



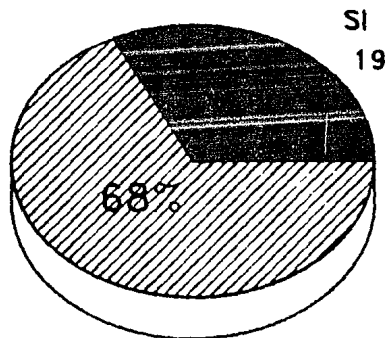
GRAFICA 15

VELOCIDAD ABAJO DE 75%.  
RECIBE ASISTENCIA TECNICA?



GRAFICA 16

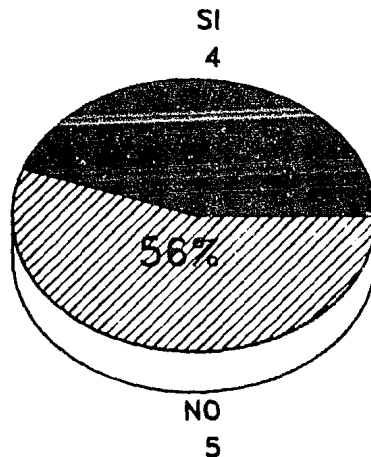
### RECIBE CAPACITACION DE SEGURIDAD?



NO  
40

GRAFICA 17

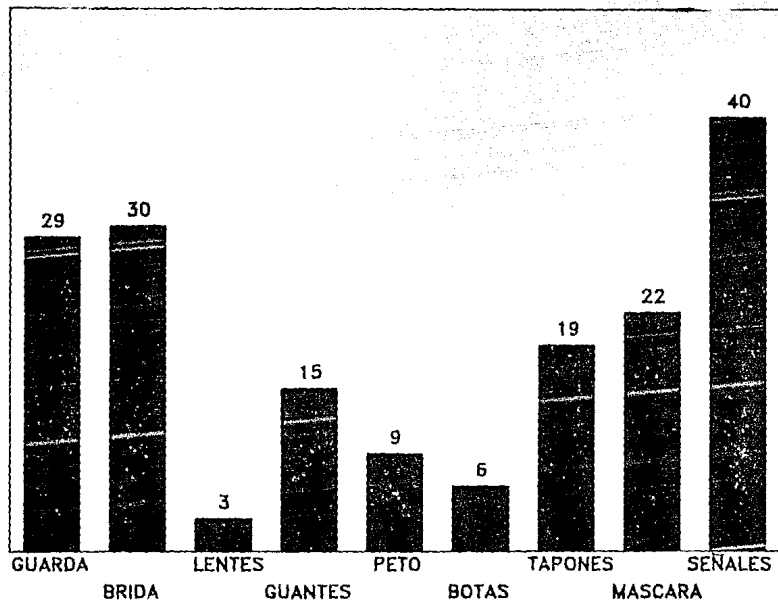
VELOCIDAD EXCEDIDA.  
RECIBEN CAPACITACION DE SEGURIDAD?





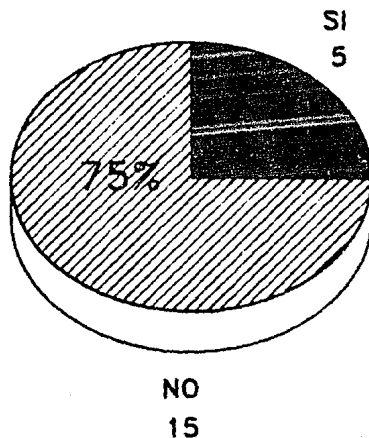
GRAFICA 18

# MEDIDAS DE SEGURIDAD DEFICIENTES

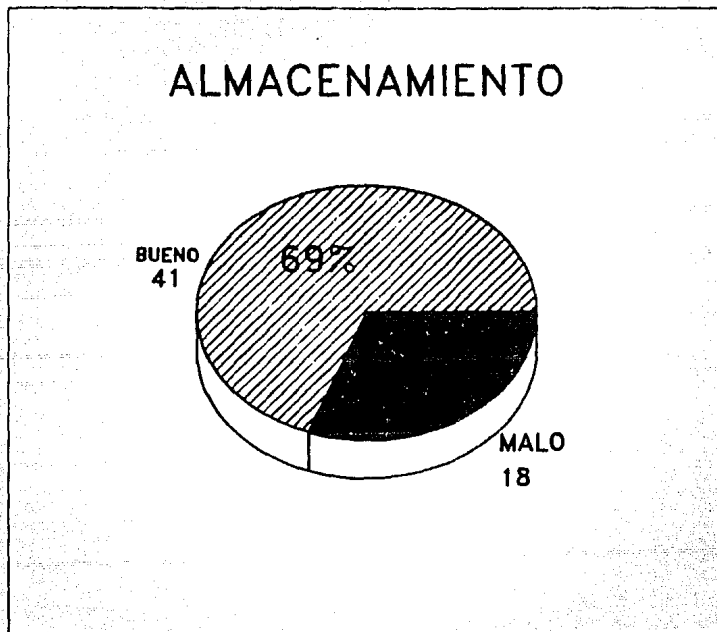


GRAFICA 19

CUATRO O MAS MEDIDAS DEFICIENTES.  
RECIBEN CAPACITACION?

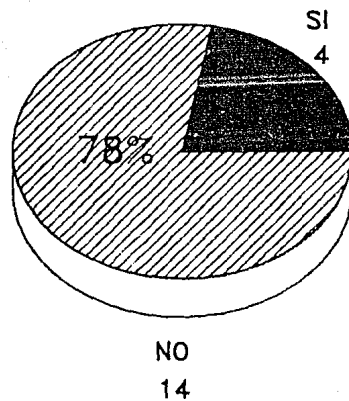


GRAFICA 20

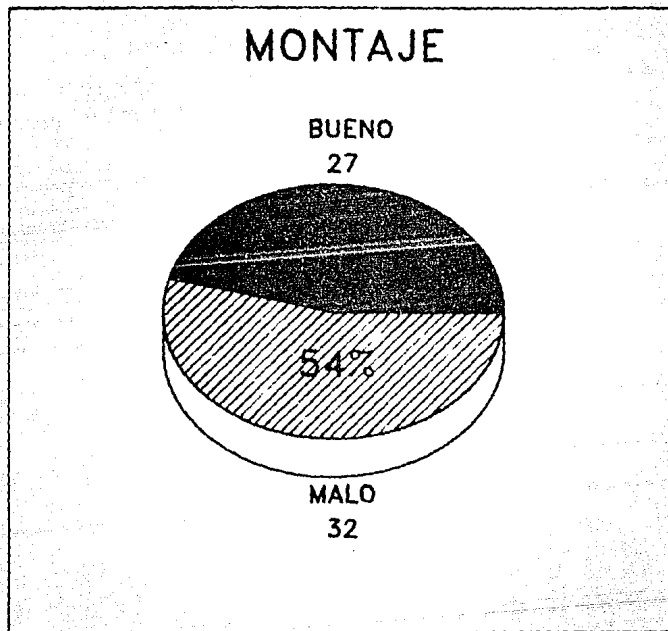


GRAFICA 21

### ALMACENAMIENTO MALO RECIBE ASISTENCIA?

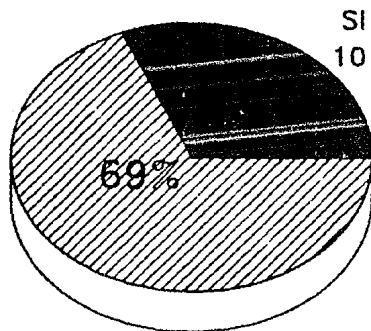


GRAFICA 22



GRAFICA 23

MONTAJE MALO.  
RECIBE ASISTENCIA?



NO  
22

SI  
10

#### 6.4 Interpretación de resultados.

##### Gráfica # 1 RESULTADO.

Como puede verse en esta gráfica, en aproximadamente el 90% de los casos, la gente obtiene el resultado que desea al usar los abrasivos. Este es un porcentaje aparentemente muy alto, sin embargo es necesario analizar algunas otras gráficas para apreciar las posibles causas de estos resultados.

##### Gráfica # 2 PRUEBAS.

Esta es una gráfica muy importante. Significa sencillamente, que en el 57.62% de los casos la gente no realiza pruebas para mejorar la calidad o acabado del trabajo realizado.

##### Gráfica # 3 PRUEBAS CUANDO EL RESULTADO ES SATISFACTORIO.

Esta gráfica nos muestra que sólo el 35.85% de los que obtienen un buen resultado continúan haciendo pruebas para mejorar su proceso. El resto (64.15%) se conforma con su resultado, lo que provoca que su operación con el tiempo se vuelva obsoleta.

##### Gráfica # 4 PRUEBAS CUANDO EL RESULTADO NO ES SATISFACTORIO.

Cuando el resultado no es el que se espera, existe una mayor preocupación por buscar un mejor resultado, esto ocurre en el 83.34% de los casos.

Existe un pequeño grupo (16.67%) que aún y cuando no obtiene un buen resultado, tampoco se preocupa por realizar pruebas para

mejorar su proceso. Es importante mencionar, que este porcentaje es muy elevado, ya que la muestra de procesos que no obtienen el resultado esperado es muy pequeña y con uno solo que no haga pruebas incrementa mucho ese porcentaje.

#### Gráfica # 5 CONDICIONES DE LA MAQUINA.

Esta gráfica se refiere al estado general de la máquina. Puede verse que tan solo el 33.89% de las máquinas analizadas se encuentran en buen estado, lo que significa que el 66.11% no están en óptimas condiciones.

Algunas máquinas en mal estado son muy viejas. Esto provoca que ya no desarrollen la velocidad especificada en la placa, lo que afecta directamente la eficiencia de la rueda, la cual disminuye.

#### Gráfica # 6 ESTADO DE LA MAQUINA CON RESULTADO SATISFACTORIO.

En esta gráfica se observa que las personas satisfechas con su trabajo pueden mejorar la calidad del mismo, significativamente con máquinas que operen en buenas condiciones.

Lo anterior se puede asegurar dado que el 41.51% de las personas que tienen el resultado esperado, trabajan con una máquina en un estado apenas regular y el 28.30% de estas personas, trabajan con máquinas en mal estado.

Tan solo el 30.19% de las personas satisfechas con sus resultados tienen máquinas en buen estado.



**Gráfica # 7 ESTADO DE LA MAQUINA CUANDO EL RESULTADO NO ES EL SATISFACTORIO.**

Esta gráfica nos ayuda a concluir que tener una máquina adecuada no asegura tener un buen resultado, ya que el 83.33% de las personas que no obtienen un buen resultado tienen buenas máquinas, mientras que sólo el 16.67% de estas personas pueden atribuir sus malos resultados a una máquina en estado regular.

**Gráfica # 8 VELOCIDAD DE LA RUEDA.**

En esta serie de gráficas se analizan las velocidades periféricas de las ruedas observadas.

Las revoluciones por minuto recomendadas en cada rueda (dato que los fabricantes deben marcar en la etiqueta) son las necesarias para que la rueda, dado el tamaño de su diámetro, tengan la velocidad periférica óptima para el trabajo a realizar. Es por esto que el apegrse lo más posible a este número de revoluciones, traerá como consecuencia la optimización en el uso de la rueda y cubrir las normas de seguridad. Sin embargo, aún y cuando esta eficiencia aumenta con el incremento de las revoluciones, nunca deben excederse las indicadas en la etiqueta por cuestiones de seguridad. El 15.25% de las ocasiones se observó que se excedían las revoluciones permitidas.

El 15.25% de las ocasiones las revoluciones se encontraban entre el 90% y el 100% de lo recomendado. Este es un porcentaje muy bajo, si se considera que dentro de este rango deben entrar todas las ruedas a fin de lograr un trabajo eficiente. De igual

modo, entre el 75% y el 90% de las revoluciones recomendadas se encontraron el 23.73% de las ruedas, y en menos del 75% de las revoluciones recomendadas se encontró el 45.77% de los casos.

Como puede verse, abajo del 90% de las revoluciones recomendadas se encuentra el 69.50% de las máquinas. Este es un porcentaje muy alto y resulta particularmente importante si se considera que es una de las variables críticas para un adecuado esmerilado.

**Gráfica # 9 VELOCIDAD CON RESULTADO SATISFACTORIO.**

Con esta gráfica se observa que el 32.07% de las personas que obtienen un buen resultado trabajan las ruedas eficientemente, es decir, el 90% o más de las revoluciones recomendadas.

El 20.75% de estas personas trabajan con una eficiencia regular, esto es, entre el 75% y el 90% de las revoluciones recomendadas. El resto (47.18%) que obtiene un buen resultado, por las bajas velocidades a las que trabaja, opera con eficiencias muy bajas.

**Gráfica # 10 VELOCIDAD CON RESULTADO NO SATISFACTORIO.**

En esta gráfica resulta muy significativo que en ningún caso las revoluciones empleadas eran entre el 90% y el 100% de las revoluciones recomendadas. Esto nos demuestra que la velocidad de trabajo de la rueda influye en el resultado obtenido.

**Gráfica # 11 AVANCE.**

Este punto nos muestra claramente la utilización de máquinas viejas en los sistemas productivos de nuestro país, ya que el 91.52% de las máquinas que se emplean, tienen sistemas de avance manual.

**Gráfica # 12 ASISTENCIA TECNICA.**

Resulta muy necesario, dada la complejidad y el número de variables que intervienen en los sistemas de esmerilado, que las personas que trabajan abrasivos reciban algún tipo de asistencia técnica por parte de su proveedor o de los encargados de la empresa. Sin embargo, en el 71.18% de los casos, los operarios no reciben este tipo de asesoría. Esta es la principal razón por la que se cometen los errores al momento de emplear abrasivos.

**Gráfica # 13 ASISTENCIA TECNICA CON RESULTADO NO SATISFACTORIO.**

De los cuestionarios que no obtuvieron resultado satisfactorio, ninguno de ellos recibe asistencia técnica.

Lo anterior nos da la pauta para pensar que la asistencia técnica es un punto muy importante, si se desea obtener un buen trabajo.

**Gráfica # 14 ASISTENCIA TECNICA CON RESULTADO SATISFACTORIO.**

Esta gráfica complementa a la anterior. Quiere decir que el 32.07% de los que están obteniendo buenos resultados recibe

asistencia técnica, mientras que el restante grupo de personas logra su propósito sin ayuda exterior.

Al parecer es muy alto el número de personas que consiguen el objetivo sin recibir asistencia técnica, pero como se verá más adelante en la explicación de las siguientes gráficas, hay otros puntos interesantes en los que se demuestra cuan importante es recibir esta asistencia.

**Gráfica # 15 ASISTENCIA TECNICA CUANDO LA VELOCIDAD ESTA DEBAJO DEL 75% DE LA VELOCIDAD RECOMENDADA.**

Los fabricantes de abrasivos dicen que la velocidad idónea para trabajar una rueda es a un valor muy cercano a sus RPM máximas marcadas en la etiqueta del producto (hasta un 10% abajo). Así mismo, aseguran que es inadmisibile trabajar una rueda a unas revoluciones por debajo del 75% de sus RPM máximas.

El 72.73% de los casos que incurren en este error no reciben asistencia técnica, es decir, no saben que el operar la rueda a tan baja velocidad disminuye la eficiencia aumentando los costos.

**Gráfica # 16 CAPACITACION DE SEGURIDAD.**

En todas las fábricas es necesario que los operarios reciban algún tipo de información de seguridad personal. Esto se vuelve crítico al hablar de máquinas esmeriladoras, dadas las altas revoluciones a que giran las ruedas.

En el 67.79% de los casos, los operarios no reciben este tipo de información. Esto significa que se está esmerilando mal ya que una de las condiciones para hacer un buen trabajo, es tener la información necesaria a fin de evitar accidentes.

**Gráfica # 17 CAPACITACION DE SEGURIDAD CUANDO LA VELOCIDAD EXCEDE LAS RPM MAXIMAS.**

En esta gráfica se vuelve a tocar el concepto de velocidad desde el punto de vista de seguridad. Es cierto que entre más rápido gire una rueda, más eficiente será; pero también es cierto que si se sobrepasan las RPM máximas marcadas en la etiqueta de la rueda abrasiva, se corre el peligro de que la rueda se fracture y con ello exista la posibilidad de un accidente.

Más de la mitad de los casos en que se excede la velocidad permitida, no se recibe capacitación de seguridad, es decir, no hay una plena conciencia de que la rueda puede llegar a romperse.

**Gráfica # 18 MEDIDAS DEFICIENTES DE SEGURIDAD.**

Aquí se analizan los elementos de seguridad deficientes, en primera instancia en la máquina:

La guarda, es el elemento de protección que cubre parcialmente la rueda. Su función es retener los pedazos de rueda en caso de una ruptura. Es por esto, que es una de las medidas de seguridad que nunca deben de faltar en una máquina esmeriladora. Sin embargo, en el 49.15% de las máquinas no se contaba con este elemento de protección.

Las bridas, elementos que ayudan al adecuado montaje de la rueda, representan una importante medida de seguridad. En el 50.84% de las máquinas se encontró deficiencia en su montaje.

Ahora se verán los elementos de seguridad deficientes propios del operario, los cuales ayudan a cuidar la integridad física del trabajador:

Lentes: 5.08%

Guantes: 25.42%

Peto: 15.25%

Botas: 10.16%

Tapones: 32.20%

Máscara: 37.28%

Un dato adicional que resulta representativo es la falta de señales de seguridad en las fábricas con respecto al uso de abrasivos. Tan solo frente al 32.20% de las máquinas observadas se tenían letreros que recomendaban ya sea el uso de lentes, guantes o máscara.

#### Gráfica # 19 CAPACITACION DE SEGURIDAD CON 4 O MAS MEDIDAS DEFICIENTES.

Se toma aleatoriamente el número de 4 o más medidas deficientes de seguridad, por considerarlo el límite para calificar una operación como altamente insegura.

Se aprecia que el 75% de los casos en que se cometen 4 o más faltas no recibe capacitación de seguridad, lo cual quiere decir

que es imprescindible recibir este tipo de capacitación, ya que hay que tomar en cuenta que aquí se analizan CUATRO o más faltas debiendo en la práctica no cometerse ninguna.

#### Gráfica # 20 ALMACENAMIENTO

Para lograr que las ruedas y discos que se van a utilizar en los procesos estén en buen estado, es necesario, entre otras cosas, que tengan un correcto almacenamiento.

Aquí se apreció que el 30.50% de las ruedas analizadas se encontraban mal almacenadas.

#### Gráfica # 21 ASISTENCIA TECNICA CUANDO EL ALMACENAMIENTO ES MALO

Esta gráfica quiere decir que de las veces que se almacena mal, en el 77.80% de los casos no se está recibiendo asistencia técnica, y solo en el 22.20% de los casos se incurre en este error a pesar de estar recibiendo asistencia técnica.

Lo representativo de esta gráfica está en que casi en el 80% de los casos se almacenan mal los abrasivos por falta de información técnica.

#### Gráfica # 22 MONTAJE

Aquí se analiza el montaje de las ruedas. Un montaje correcto implica una máquina bien anclada, que tenga bridas paralelas, iguales, planas y que éstas sean de al menos 1/3 del diámetro de las ruedas y evitar esfuerzos sobre la rueda al montarla, todo

esto con el fin de lograr un trabajo seguro.

Aquí se apreció que el 54.23% de las ruedas no estaban bien montadas, es decir, más de la mitad de las ruedas trabajaban en condiciones inseguras debido a un mal montaje.

**Gráfica # 23 ASISTENCIA TECNICA CUANDO EL MONTAJE ES MALO.**

Casi el 70% de las personas que realizan el montaje en una forma inadecuada no reciben asistencia técnica.

Se corrobora la importancia de recibir asistencia técnica para estar menos propenso a incurrir en errores básicos.



## 7.Recomendaciones para la selección del abrasivo adecuado.

Si tenemos en cuenta que en la práctica se utilizan como mínimo de 10 a 12 tipos de materiales abrasivos para la fabricación de los abrasivos aglomerados, que cada tipo cuenta con una treintena de tamaños de grano, que existen unos 6 tipos de aglomerantes, con una gran cantidad de variantes, todo lo cual permite conseguir mas de 20 durezas distintas y una docena de estructuras diferentes, se comprenderá las muchísimas posibilidades que ofrecen los abrasivos aglomerados y también la dificultad que representa tener en cuenta todos los factores que intervienen. Si a lo anterior agregamos las posibilidades de formas y dimensiones del cuerpo abrasivo, de la pieza a mecanizar, el material de la misma, la operación a realizar y la máquina usada para ello, la dificultad aumenta considerablemente. Es por ello que en la figura 7.1 se indican esquemáticamente los conceptos a tener en cuenta en la determinación de las características de un material abrasivo.

Pero para un trabajo específico, la selección de una rueda generalmente se reduce a un tipo de abrasivo, dos tamaños de grano, tres durezas distintas y un tipo de liga. Esto significa que el 95% de todas las operaciones de esmerilado pueden considerarse que se realizan eficientemente usando sólo unas pocas ruedas, probablemente en la mayoría de los casos un máximo de seis.

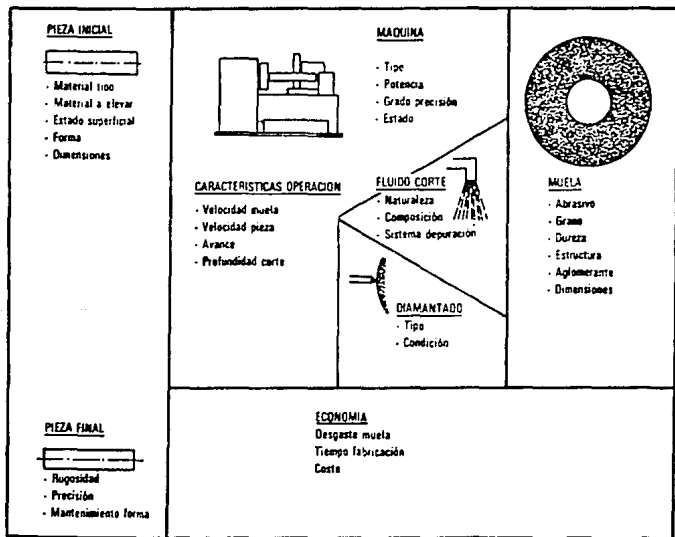


Fig. 7.1

### 7.1 Selección de la rueda abrasiva.

En la selección de una rueda abrasiva existen algunas consideraciones de gran importancia como:

1. Material a esmerilar (tipo y dureza).
2. Cantidad de material a remover.
3. Velocidad de la rueda.
4. Area de contacto.
5. Operación con o sin refrigerante.
6. Máquina esmeriladora (Potencia y condición de la máquina).

Todas estas consideraciones influyen de una u otra manera en la elección de la rueda abrasiva, y como uno de los propósitos de este trabajo se basa en la selección de la rueda abrasiva, se analiza a continuación cada una de las variables que intervienen en su fabricación y los factores que afectan a cada uno de estos componentes.

a) ABRASIVO. Depende fundamentalmente del material a trabajar; tal como se ha mencionado antes, la regla general a aplicar es la siguiente: Para metales de gran resistencia a la tensión se usarán abrasivos de óxido de aluminio y para materiales de poca resistencia a la tensión, el carburo de silicio. Ahora bien, como existen muchos tipos de óxido de aluminio y carburo de silicio que van desde muy tenaces a friables, es necesario precisar algo más, por lo cual se ha hecho un resumen orientativo que aparece en la figura 7.2.

MATERIAL	ABRASIVO	TIPO	APLICACION
Aceros al carbono Aceros rápidos Aceros aleados Estelita Hierro dulce Bronce duro	Oxido de aluminio	Tenaz	Materiales baja dureza Trabajos de desbaste Tronzado
		Semifriable	Rectificados en plongeé Piezas conformadas
Fundición gris Latón o bronce blando Aluminio Metal duro Cristal Mármol Acero inoxidable austenítico	Carburo de silicio	Friable	Materiales alta dureza Rectificados finos Afilados de herramientas

Fig. 7.2

b) GRANO. Para determinar el tamaño de grano intervienen básicamente:

- Acabado superficial requerido. El tamaño de grano afecta significativamente al acabado de la pieza. Los granos finos ofrecen un acabado más fino mientras que los granos grandes ofrecen un acabado más burdo.

- Cantidad de material a remover. Cuando la cantidad de material a remover es grande, deberán elegirse granos grandes. Hay que tener en cuenta que en los materiales de mucha dureza se emplean granos más finos porque la propia dureza del material impide la penetración de un grano grueso.

- Propiedades físicas del material. Los materiales blandos y dúctiles permiten utilizar granos más gruesos que los materiales duros y quebradizos.

- Configuración de la rueda. Cuando en el rectificado se utilicen ruedas perfiladas, es aconsejable utilizar granos más finos, e incluso combinación de granos para mantener los perfiles.

- Área de contacto. Grandes áreas de contacto requieren granos más gruesos, mientras que en áreas pequeñas se prefieren ruedas con grano más fino.

c) DUREZA. La dureza es uno de los factores que afectan más decisivamente al comportamiento del cuerpo abrasivo en el trabajo, puesto que una vez ajustado el tipo de abrasivo al material y el tamaño de grano a la superficie deseada puede decirse que la mayoría de las variantes del trabajo tienen muy estrecha relación con la dureza, por el hecho de que va íntimamente ligada con el

Area de contacto y la velocidad periférica.

- Area de contacto entre abrasivo y pieza. Cuanto más reducida sea el Area de contacto tanto más dura debe ser la rueda abrasiva. A título orientativo se dan las siguientes normas generales: Por cada pulgada que aumente cualquiera de los siguientes aspectos debe disminuir en una letra el grado de dureza.

- a) Diámetro de la pieza.
- b) Diámetro de la rueda.
- c) Grosor de la rueda.

- Velocidad entre pieza y abrasivo. Cuanto mayor sea la relación de velocidades entre pieza y abrasivo, tanto mayor dureza debe tener el abrasivo aglomerado. Generalmente cada 8 m/s de aumento en la velocidad periférica del abrasivo, viene afectado por una letra de diferencia.

- Características del material. La norma general es emplear ruedas abrasivas duras para materiales blandos y viceversa.

- Máquinas y condiciones de trabajo. Si se producen vibraciones, la rueda deberá ser más dura de lo que sería empleando una máquina en buenas condiciones. Al emplear refrigerantes, para conseguir el mismo acabado superficial pueden usarse ruedas ligeramente más duras.

La potencia es una variable importante en los procesos de esmerilado. La cantidad de material a remover es directamente proporcional a la potencia disponible en la máquina. Al tener

potencias adecuadas pueden usarse ruedas más duras con tipos de abrasivos duros.

Si la potencia no es la adecuada para el trabajo, la rueda puede romperse por el estado deficiente de la máquina. Para evitar esto se usan ruedas más suaves con abrasivos duros.

d) ESTRUCTURA. La estructura afecta a los siguientes factores:

- Características del material. Cuanto más blando y ductil sea el material a mecanizar, tanto más abierta debe ser la estructura, para facilitar la eliminación de virutas; por el contrario, los materiales duros y quebradizos necesitan de estructuras cerradas.

- Condiciones de trabajo. Las operaciones de esmerilado con superficies de contacto grandes requieren estructura abierta. Cuando se ejercen elevadas presiones entre abrasivo y pieza, la estructura será cerrada.

- Acabado superficial. En los acabados finos deben emplearse ruedas abrasivas con estructura cerrada y viceversa.

e) AGLOMERANTE O LIGA. Los factores que determinan la conveniencia de uno u otro tipo de liga son:

- Velocidad de trabajo. Hasta velocidades periféricas del orden de 33 m/s se utilizan normalmente ruedas vitrificadas, aunque actualmente es factible fabricar este tipo de ligas hasta velocidades de 60 m/s debido a los avances en la fabricación de máquinas. Una liga de mayor flexibilidad como la resina, trabaja a velocidades mayores (de hasta 100 m/s).

- Grueso de la rueda. Ruedas delgadas resisten mejor los esfuerzos si están fabricadas con ligas elásticas como la resina, hule y shellac.

- Acabado y forma de la pieza. Cuando deba existir un buen mantenimiento de la forma se escogerá liga vitrificada; en ciertos trabajos de alta calidad superficial se recomiendan ligas de hule, resina o shellac.

En el apéndice A, al final de este trabajo se hacen unas recomendaciones para algunas de las aplicaciones más comunes, en función del material y tipo de operación. Como se puede apreciar la especificación tiene algunas variantes ( tamaño de grano y dureza ) que son dadas dependiendo de la máquina con que se cuente.

Si el trabajo en cuestión aparece en el apéndice y la máquina con que será realizado es la adecuada y está en buenas condiciones, la especificación recomendada dará un buen resultado. En caso de que no aparezca, una selección tentativa con base en la teoría que se expone en este trabajo, deberá ser realizada.

En el apéndice B, se muestran algunos de los errores más comunes en el esmerilado, su causa y su corrección.

En el apéndice C, se muestra una tabla de vital importancia en cuanto a la velocidad de la rueda; esta tabla está en función del diámetro de la rueda y el sistema de esmerilado en cuestión, dándose las RPM recomendadas a las que deberá girar la rueda.



### Conclusiones.

De la investigación anterior, existen algunas consideraciones importantes que nos gustaría comentar.

En el cuestionario aplicado a las empresas, la estadística referente a obtener el resultado esperado por parte de los usuarios, muestra que cerca del 90% afirma estarlo consiguiendo.

Lo anterior lo atribuimos a una especie de conformismo, ya que existen dos gráficas que nos demuestran que lo que ellos esperan, puede mejorarse. Sólo el 17% de estas personas cumple el requisito de la velocidad, es decir, que ésta se encuentra entre el 90 y 100% de lo recomendado. Además, observamos que el 68% de estas personas que dicen tener un resultado adecuado, no reciben asistencia técnica. Este conformismo o desconocimiento también demuestra el hecho que al obtener siempre un mismo resultado se cree que éste es bueno, sin embargo el 64% no hace pruebas a fin de mejorarlo como lo indica la gráfica # 3.

Lo anterior junto con las otras gráficas, confirman que el uso y manejo de abrasivos en nuestro país resulta deficiente. A fin de demostrar lo anterior, bastará fijar nuestra atención en tres gráficas de las más representativas : Almacenamiento, montaje y velocidad.

Elegimos estas tres porque es lo primero que debe vigilar el usuario para el buen uso y manejo de los abrasivos.

De acuerdo a los resultados de estas gráficas y considerando

un número aleatorio de 100 usuarios para fines prácticos, resulta que 70 almacenan bien y de éstos 29 llevan a cabo un buen montaje, mientras que solo 18 cumplen satisfactoriamente con las tres condiciones. De modo que solo el 18% de los usuarios tiene la posibilidad de hacer un esmerilado correcto, seguro y rentable. Una vez cubiertos los conceptos antes señalados la operación adecuada dependerá, principalmente, de la asistencia técnica y de la capacitación de seguridad.

Continuando con el análisis de resultados, nos damos cuenta que el 72% de los usuarios entrevistados no reciben asistencia técnica, por lo que no conocen a fondo su operación y el 68% no recibe capacitación de seguridad, lo que les impide participar activamente en los programas de seguridad, lo que no solo genera un gran gasto sino que pone en peligro la vida del trabajador.

El presente trabajo se hizo para proporcionar a los usuarios una guía en sus procesos en que se involucra el uso de abrasivos, a fin de suplir la carencia de asistencia técnica en aquellas empresas en que debido a los volúmenes que manejan, reciben menos atención por parte de los fabricantes.

## APENDICES

Para poder comprender el apéndice A, es necesario hacer algunas aclaraciones:

La nomenclatura empleada, es la usada por uno de los fabricantes nacionales de mayor importancia (Abrasivos Austromex).

Las equivalencias de los terminos empleados son las siguientes:

NOMENCLATURA	TIPO DE ABRASIVO
A y 11 A	Oxido de aluminio regular.
88 A	Oxido de aluminio rosado.
89 A	Oxido de aluminio blanco.
90 A	Oxido de aluminio monocristalino.
91 A	Oxido de aluminio rubi.
20 A y 21 A	Corindón Zirconio.
C	Carburo de Silicio verde.
1 C	Carburo de Silicio negro.

Existen ciertas combinaciones de los anteriores abrasivos, algunas de las cuales son:

- Combinación de Corindón Zirconio y otros corindones

tenaces: 5 A, 6 A, 7 A, 8 A, 9 A, 12 A, 15 A, 22 A, 27 A, 29 A, 33 A, 35 A, 37 A y 39 A.

- Combinaciones de óxidos de aluminio más tenaces que frágiles: 30 A, 44 A y 50 A.

- Combinaciones de óxidos de aluminio de gran rendimiento: 60 A, 61 A, 62 A, 63 A, 64 A, 65 A, 66 A, 67 A, 68 A y 69 A.

- Combinaciones de óxidos de aluminio más frágiles que tenaces: 70 A, 73 A, 75 A y 77 A.

- Combinaciones de óxido de aluminio frágiles: 87 A, 92 A, 93 A, 94 A, 95 A, 96 A, 97 A, 98 A y 99 A.

# Tabla de aplicaciones

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
<b>ACERO</b>		Rectificado cilíndrico exterior en general, acabado	87A 80-90 K4 5 V
<b>AL CARBÓN</b>		Acabado	91A 45-60 L4 5 V
Tops W2, 101A, 104E, 111A, 112E		con ruedas tipo 1	91A 45-60 M4 5 V
Rectificado de superficies planas		con ruedas tipo 2, 6 y 11	91A 45-60 L4 5 V
con ruedas tipo 1	50A 35-46 J4 5 V	con ruedas tipo 7 y 12	91A 45-60 L4 5 V
con ruedas tipo 2 y 6	75A 35-36 J4 5 V	con ruedas de superabrasivo	R 140 R 35 B 522
con superabrasivo	50A 35-36 J4 5 V		
Chisla media tipo ZTR	A 35-46 K4 4 B	<b>DE INTRUSIÓN</b>	
Rectificado cilíndrico exterior	50A 45-60 K4 5 V	Rectificado cilíndrico interior	91A 54-70 J4 5 V
Rectificado cilíndrico exterior entre puntos		Rectificado cilíndrico exterior	C 45-60 L4 5 V
Acabado y acabado	50A 45-70 L4 5 V	Acabado	C 100 K4 5 V
Rectificado cilíndrico exterior en centros			
Acabado y acabado	11A 54-80 M4 5 V		
Desgaste en esmerilladores de beltado a 50 m/s	A 12-18 N5 4 B	<b>GRABO MAQUINARIA (EMPLAÑO)</b>	
Desgaste en esmerilladores de pedestal		Tops 4140, 4340, 8620, 9254, 3840, D-1	
a 80 m/s	52A 20 M 5 B A20	Rectificado de superficies planas	
a 50 m/s	A 16 P 5 B A50	con ruedas tipo 1	87A 35-46 L4 7 V
a 30 m/s	A 14-16 Q5 4 B	con ruedas tipo 2 y 6	85A 35-46 M4 8 V
a 17 m/s	11A 24-36 P0 5 V	con segmentos	85A 35-46 M4 10 V
Desgaste en esmerilladores de banda a 37 m/s	11A 24-36 P0 5 V	con ruedas tipo ZTR	50A 36-50 J4 4 B
Desgaste en esmerilladores portátiles	11A 24-36 P0 5 V	con ruedas de superabrasivo	R 120 R 35 B 522
a 80 m/s	A 24-36 R4 4 B A80	Rectificado cilíndrico interior	87A 46-80 J4 5 V
a 50 m/s	A 16-24 D3 4 B	con ruedas de superabrasivo	R 120 R 35 B 522
Contra en máquinas fijas	A 24 R 4 B A	Rectificado cilíndrico exterior entre puntos	85A 45-60 K4 5 V
Contra en máquinas portátiles	A 24-30 R4 4 B A	Acabado	85A 100 L4 5 V
		con ruedas de superabrasivo	R 120 R 44 B 522
		Rectificado cilíndrico exterior en centros	
		Acabado	75A 54-70 L4 5 V
		Desgaste en esmerilladores de beltado a 50 m/s	87A 60-70 K4 5 V
		Desgaste en esmerilladores de pedestal a 50 m/s	12A 12-14 R4 4 B
		Desgaste en esmerilladores de banda a 37 m/s	A 12-16 Q5 4 B
		Desgaste en esmerilladores portátiles	11A 46-60 N0 5 V
		Desgaste en esmerilladores portátiles	
		a 80 m/s	A 24-30 R4 4 B A
		a 50 m/s	A 16-24 Q5 4 B
		Contra en máquinas fijas	A 24-30 Q5 4 B A
		Contra en máquinas portátiles	A 30-36 Q5 4 B A
<b>DE ALTA VELOCIDAD</b>		<b>INDUCIBLE (INAPERTINENT)</b>	
Tops M-2, M-7, M-11, M-35, T-1		Top serie 300	
Rectificado de superficies planas		Rectificado de superficies planas	
con ruedas tipo 1	95A 45-60 L4 5 V	con ruedas tipo 1	87A 45-54 L4 8 V
con ruedas tipo 2 y 6	55A 35-48 Q4 8 V	con ruedas tipo 2 y 6	10 35-46 J 5 V
con superabrasivo	87A 30 I 8 V	con segmentos	85A 35-46 M4 10 V
con ruedas de superabrasivo	R 120 R 35 B 522	Rectificado cilíndrico interior	10 45-60 L4 5 V
Rectificado cilíndrico interior	87A 55-80 J4 5 V	Rectificado cilíndrico exterior entre puntos	10 45-60 J4 5 V
con ruedas de superabrasivo	R 140 R 35 B 522	Acabado	10 45-60 J4 5 V
Rectificado cilíndrico exterior entre puntos		Acabado	75A 100 J 8 V
Acabado y acabado	85A 54-70 J4 5 V	Rectificado cilíndrico exterior en centros	10 54-70 L4 5 V
con ruedas de superabrasivo	R 170 R 35 B 522	Acabado	10 80-90 L4 5 V
Rectificado cilíndrico exterior en centros		Desgaste en esmerilladores portátiles	A 24-30 M4 4 B A
Acabado y acabado	50A 60-80 L4 5 V	a 50 m/s	A 20-30 Q5 4 B
Alta de temperaturas		a 37 m/s	A 24-30 P4 4 B A
con ruedas tipo 1	91A 45-60 J4 5 V	Contra en máquinas portátiles	A 30-36 P4 4 B A
con ruedas tipo 2, 6 y 11	91A 45-60 M4 5 V		
con ruedas tipo 7 y 12	91A 45-60 L4 5 V		
con superabrasivos	R 140 R 35 B 522		
Desgaste en esmerilladores de beltado a 50 m/s	A 14-16 P3 4 B	<b>INDUCIBLE (INAPERTINENT)</b>	
Desgaste en esmerilladores de pedestal a 50 m/s	A 14-16 P4 4 B	Top serie 400, 400-200	
Desgaste en esmerilladores de banda a 50 m/s	A 14-20 P4 4 B	Rectificado de superficies planas	
Desgaste en esmerilladores portátiles	A 20-24 N4 4 B	con ruedas tipo 1	87A 35-46 L4 7 V
a 50 m/s	52A 20-30 N0 5 V	con ruedas tipo 2 y 6	87A 35-46 M4 8 V
a 37 m/s	52A 20-30 N0 5 V	con segmentos	10A 53-80 L4 5 V
Contra en máquinas fijas	52A 20-30 M-P 4 B A	con ruedas de superabrasivo	R 120 R 35 B 522
		Rectificado cilíndrico interior	
		Rectificado cilíndrico exterior entre puntos	
		Acabado	
		Rectificado cilíndrico exterior en centros	
		Acabado	
		Desgaste en esmerilladores fijas	
		Contra en máquinas portátiles	
		Contra en máquinas portátiles	
<b>DE ALTA VELOCIDAD - ALTO RENDIMIENTO</b>			
Tops T-8, T-11, T-22, M-3, M-4, M-5, M-7, M-13, M-44			
Rectificado de superficies planas			
con ruedas tipo 1	91A 45-60 J4 5 V		
con ruedas tipo 2 y 6	91A 35-44 Q- 10 V		
con superabrasivo	91A 35-48 Q- 8 V		
con ruedas de superabrasivo	R 120 R 35 B 522		
Rectificado cilíndrico interior	91A 62-90 M4 5 V		
con ruedas de superabrasivo	R 140 R 35 B 522		
Rectificado cilíndrico exterior entre puntos			
Acabado	92A 45-54 J 5 V		
Acabado	92A 12-20 J 5 V		
con ruedas de superabrasivo	R 120 R 35 B 522		



**MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN**

**ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA**

**UDMET**

Recificado de superficies planas con superabrasivos  
Recificado cilíndrico exterior entre puntas con superabrasivos

B 100 R 44 B 122

B 122 R 42 B 122

**ALETAS Y PALETAS DE TURBINAS**

**DE MONDRO O ACEPO INOXIDABLE**

Desbaste en esmeriladora portátil con puntas montadas  
Corte en máquinas fijas  
Corte en máquinas portátiles

BSA 60 80 G-P 4 V

A 60 N-P 4 B A

PSA 80 100 N-P 4 B A

**ALUMINIO**

Recificado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipo 2 con esmerinas  
Recificado cilíndrico exterior  
Recificado cilíndrico exterior entre puntas desbaste acabado  
Recificado cilíndrico exterior en centros desbaste  
Desbaste en esmeriladoras de velocidad a 50 m/s  
Desbaste en esmeriladoras de banco a 37 m/s  
Corte en máquinas fijas  
labras y perfiles sencillos  
labras y perfiles gruesos  
cuerpos sólidos

1C 46-54 I-J 8 V F1

1C 36-48 H-H 5 B F1

1C 36-48 J-I 8 V

1C 36-54 K-J 5 V F1

1C 36-46 J-K 5 V F1

1C 80-90 H-J 5 V F1

1C 46-60 J-K 8 V F1

1C 80-90 I-J 8 V F1

1C 70-74 L-M 5 B F1

C 46-60 J-K 5 V

A 60-80 N-P 4 B A

A 24-30 P-R 4 B A

A 24-30 P-R 4 B A

**ACEROS**

**REJAS DE ACEÑO**

Desbaste en esmeriladoras de uniones de centros  
Recificado de las puntas

11A 20-30 P-R 5 V

11A 20 Q-R 5 V

11A 20-24 Q-R 5 V

**REJAS DE HIERRO ACERADO**

Desbaste de uniones de centros

1C 16-20 Q-R 5 V

1C 20-32 Q-R 5 V

**ÁRBOLES DE LEVAS**

**RECIFICACIÓN DE LAS LEVAS**

Desbaste

a 50 m/s

a 82 m/s

acabado

a 5 m/s

a 62 m/s

De acera (esmerilado)

desbaste (sin labras)

a 50 m/s

a 60 m/s

acabado (esmerinado)

a 52 m/s

a 53 m/s

De acera (esmerinado)

desbaste (sin labras)

a 50 m/s

a 62 m/s

acabado (esmerinado)

a 52 m/s

70A 36-48 P-Q 3 V 50

75A 46-54 M-N 4 V 50

87A 70-82 L 4 V 50

89A 70-82 L 4 V 50

50A 46-54 P 4 V 50

75A 46-54 N 4 V 50

A 80-90 M 4 B

89A 60-90 K 4 V 50

50A 46-54 P 4 V 50

75A 46-54 N 4 V 50

C 100 K-L 5 V 50

**RECIFICADO DE LOS APOYOS**

Desbaste

acabado

De acero

desbaste (antes del temple)

acabado (después del temple)

57A 46-54 N 4 V

89A 70 L 4 V

11A 46-54 M 4 V

50A 70 K 4 V

**RECIFICADO DE LOS APÓYOS PLANOS**

De acero (sin desbaste + acabado)

Desbaste + acabado (después del temple)

57A 70 K 4 V

89A 70 J 7 V

**MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN**

**ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA**

**ARMAS DE FUEGO**

**CAÑONES DE PULVER Y PETOLAS**

Recificado cilíndrico exterior entre puntas desbaste + acabado

52A 46-54 M-H 4 V

**ASBESTO CEMENTO**

Corte en máquinas fijas  
Corte en máquinas portátiles

1C 16 S 4 B A

1C 30-36 S 4 B A

**ASFALTO**

Corte en máquinas portátiles

1C 30-36 S 4 B A

**AZULEJOS Y BALDOSAS**

Recificado de superficies planas con ruedas tipo 2 y 8 con esmerinas  
Limpieza y pulido de pisos desbaste manual  
acabado manual  
pulido manual  
Corte

1C 24-38 K-L 4 B

1C 24 N 5 V

1C 20-24 P-Q 4 V

1C 60-80 N-P 4 V

1C 220 N 4 V

1C 24-30 P-R 4 B A

**BALATAS PARA FRENSOS**

**TELAMOS**

Recificado de superficies planas con ruedas tipo 1

C 16-24 K-M 4 V

**MOLDEADAS**

Recificado de superficies planas desbaste  
desbaste  
acabado  
con ruedas tipo 2TR  
Recificado de uniones exterior y interior  
Corte en máquinas fijas

C 16-20 P-Q 4 V

C 36-48 L-M 4 V

1C 70-74 M-P 4 B

1C 16-20 M-P 4 B

1C 16-30 N-T 4 B A

**BALEEROS DE BOLLAS**

**ANILLOS**

Recificado de superficies planas con ruedas tipo 2TR  
antes del temple  
después del temple  
Recificado cilíndrico exterior de las puntas  
de las puntas

PSA 100 M 4 B

52A 30-48 I-J 4 B

52A 30-48 H-I 5 B

89A 60-80 J-L 5 V F2

89A 120 J-L 5 V F2

Recificado cilíndrico exterior entre puntas desbaste + acabado  
Recificado cilíndrico exterior en centros desbaste + acabado

89A 80-90 K-M 5 V

52A 60-80 L-M 5 B

**BALEEROS DE RODILLOS**

Recificado de superficies planas con ruedas tipo 2 con ruedas tipo 2TR  
Recificado de uniones exterior  
Recificado de uniones exterior en centros desbaste + acabado

50A 30-48 I-J 4 B

PSA 100 M 4 B

57A 80-90 K-M 5 V F2

52A 60-80 L-M 5 B

**BAQUETA Y PLÁSTICOS SIMILARES**

Recificado de superficies planas  
Recificado cilíndrico exterior entre puntas desbaste + acabado  
Recificado cilíndrico exterior en centros desbaste  
Corte en máquinas fijas

1C 46-60 J-J 5 V

1C 36-60 J-I 5 V

1C 36-48 K-L 5 V

1C 46-60 J-K 5 V

1C 24-30 D-S 4 B A

**BARRAS DE ENGANCHE (FERROARRIALES)**

Desbaste en esmeriladora de banco a 50 m/s  
Desbaste en esmeriladora de banco a 50 m/s  
a 52 m/s  
a 62 m/s  
Desbaste en esmeriladora portátil  
a 50 m/s  
a 52 m/s  
Corte en máquinas fijas

A 12-16 K-S 4 B

A 14-16 N-S 4 B

11A 16-24 P-R 5 V

A 24-36 K-T 4 B ABO

A 18-24 D-S 4 B

A 24-30 N-T 4 B A

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
<b>BARRENAS PARA MINAS</b>			
Afilado con máquina de discos giratorios con ruedas tipo 1	C 54 60 K4 5 V		
con ruedas tipo 2 y 6 de 150 y 200 mm de diámetro	E 45 60 J4 5 V		
Afilado con máquina de herramienta giratoria con ruedas tipo 2 y 6 de 85 a 125 mm de diámetro con ruedas tipo 1	C 60 1 J4 8 V		
Afilado con máquina giratoria con ruedas tipo 2 y 6 de 175 mm de diámetro	C 54 60 J4 5 V		
<b>BARRIO CÓCCO (TERRACOTA)</b>			
Realizado de superficies planas con ruedas tipo 2 y 6 con segmentos	1C 24-30 K M 5 V		
Con un mecanismo fijo	1C 24-30 L 5 V		
	1C 24-30 P R 4 B A		
<b>BERILIO (RUFO)</b>			
Con un mecanismo fijo	BSA 80-100 M N 4 B		
<b>BRILAS (AUTOMOTRICES)</b>			
Realizado de superficies planas con ruedas tipo ZTR			
estándar	50A 45-60 K M 4 B		
con rueda	50A 100 J L 4 B		
Realizado cilíndrico exterior con rueda de aluminio			
acabado	BSA 150 P R 5 V F2		
<b>BOMBAS DE ALETAS (AYUNES)</b>			
Realizado de superficies planas con dos ruedas paralelas tipo ZTR	BSA 70-90 M N 4 B		
<b>NOTADORES DE TÁXULAS</b>			
<b>MECÁNICO ENFRIADO</b>			
Realizado cilíndrico exterior en centros			
destaño	1C 45-54 P Q 5 V		
acabado	A 85-90 P Q 4 B		
<b>BRUCAS</b>			
<b>ACERO RÁPIDO</b>			
Realizado cilíndrico exterior entre puntas	50A 54-70 K M 5 V		
Realizado cilíndrico exterior en centros	87A 50-80 K M 5 V		
Realizado de los ramales helicoidales			
brucas pequeñas	A 70-80 N P 4 B		
brucas grandes	BSA 60-80 M N 5 V		
Afilado			
de las puntas	BSA 60-80 K M 5 V		
en general	BSA 45-80 K M 5 V		
con superabrasivos	B 740 R 40 B 522		
Con un mecanismo fijo	A 45-80 L P 4 B A		
Realizado			
normal	BSA 54-73 L N 5 V		
en máquinas automáticas	BSA 60-90 K L 5 V		
<b>CARBURIS CEMENTADOS</b>			
Afilado de las puntas con diamante	C 45-80 L 4 B V		
	D 140 R 40 B 521		
<b>BRONCE DURO</b>			
Realizado de superficies planas con ruedas tipo 1	1C 35-48 J 4 5 V		
con ruedas tipo 2 y 6	1C 35-38 I 5 V		
con segmentos	1C 35-46 J 2 8 V		
Realizado cilíndrico exterior	1C 45-54 K 5 V		
Realizado cilíndrico exterior entre puntas	BSA 45-54 K L 5 V		
destaño y acabado			
Realizado cilíndrico exterior en centros			
de 50 mm	BSA 45-60 L 5 V		
de 37 mm	BSA 45-60 L 5 V		
Destaño y superabrasivos de banda de 15 mm	1C 20-24 O P 4 B		
de 31 mm	1C 24-38 O P 5 V		
Con un mecanismo fijo	A 25-32 R 5 4 B A		
<b>BULOS</b>			
<b>DE ACERO TEMPALADO</b>			
Realizado cilíndrico exterior			
Realizado cilíndrico exterior entre puntas	87A 54-60 K L 5 V		
destaño y acabado	BSA 50-70 K L 5 V		
Realizado cilíndrico exterior en centros	50A 50-80 L 5 V		
<b>DE ACERO SUAVE</b>			
Realizado cilíndrico exterior en centros			
destaño y acabado	11A 54-60 K M 5 V		
<b>DE HIERRO DOLADO</b>			
Realizado cilíndrico exterior			
Realizado cilíndrico exterior entre puntas	1C 45-50 J K 5 V		
destaño y acabado	1C 35-46 K 5 V		
Realizado cilíndrico exterior en centros	1C 45-54 J K 5 V		
destaño y acabado			
<b>DE NYLON</b>			
Realizado cilíndrico exterior en centros	1C 35-48 M N 5 V		
destaño y acabado			
<b>CABLE FLEXIBLE DE ACERO (CHOCOTES)</b>			
Con un mecanismo fijo	A 24-48 R 5 4 B A		
<b>CALIBRADORES O CALIBRES</b>			
<b>DE COMPAS</b>			
Realizado de superficies planas			
destaño	BSA 80-90 J K 5 V		
acabado	BSA 400 H 5 V		
<b>DE MEDIDAS DE BARRIDOS (CROMADOS)</b>			
Realizado cilíndrico exterior			
destaño	BSA 80-90 J K 5 V		
acabado	BSA 150 I J 5 V		
<b>DE MEDIDAS DE BARRIDOS (TEMPALADOS)</b>			
Realizado cilíndrico exterior			
destaño	BSA 80-90 J L 5 V		
acabado	BSA 150 J K 5 V		
<b>DE MOPCAZAS</b>			
Realizado de superficies planas			
destaño	BSA 80-90 J K 5 V		
acabado	BSA 150 I J 5 V		
<b>DE ROSCAS</b>			
Realizado de la raza			
para grueso	BSA 120 J K 5 V		
para mediano	BSA 220 J K 5 V		
para fino	BSA 320 K L 5 V		
<b>DE TAPÓN</b>			
destaño	BSA 70-90 J K 5 V		
acabado	BSA 150 I J 5 V		
<b>CARBÓN</b>			
Realizado de superficies planas con ruedas tipo 2 y 6	1C 20-30 I J 5 V		
con segmentos	1C 35-38 J K 5 V		
Realizado cilíndrico exterior entre puntas			
destaño y acabado	1C 15-46 L M 5 V		
Realizado cilíndrico exterior en centros			
destaño y acabado	1C 35-48 M N 5 V		
Realizado	1C 100 M N 5 V		
Con un mecanismo fijo	C 35-60 M N 4 B		
<b>CARBURIS CEMENTADOS</b>			
Realizado de superficies planas con diamante	C 60-90 G 4 8 V		
destaño			
superabrasivos	D 120 R 35 B 528		
acabado	D 15 R 22 B 51		
Realizado cilíndrico exterior	C 50-90 H J 5 V		
con diamante			
destaño	D 120 R 44 B 526		
acabado	D 230 R 35 B 526		
Realizado cilíndrico exterior entre puntas con diamante	C 60-80 I J 8 V		
destaño	D 120 R 35 B 528		



MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
Rectificado cilindro exterior en centros con diamante	C 50-70 R J 5 V	Carreas o forras	1C 46-54 R 6 V F2
Acabado	D 120 R 44 B 522	Rectificado cilindro interior	C 50-80 L M 6 V F2
Alisado de herramientas manual	C 45-90 L E 5 V	Acabado	C 240 T 5 V F2
con diamante	D 141 R 44 B 525	Rectificado cilindro exterior en centros	1C 45-54 J L 5 V
en máquinas automáticas	C 50-80 R K 5 V	PARA MOTORES DIESEL	
con diamante	D 140 R 44 B 526	De acero o cromados	
Rectificado de bridas de juntas	C 50-80 R J 5 V	Rectificado cilindro exterior	50A 48-54 J K 5 V
		Acabado	82A 50-70 R J 5 V
<b>CARDAS</b>		Rectificado con arena honing	C 80-90 L M 4 V F2
Aguzado	A 65-90 P Q 4 B	Acabado	C 150 L 6 V F2
quevedo	11A 20-35 P Q 5 V	Funurado	AC 62-80 M H 4 B A
<b>CERÁMICA</b>		<b>COBRE</b>	
Rectificado de superficies planas con ruedas tipo 2 y 5	1C 20-30 L M 4 V	Rectificado de superficies planas con ruedas tipo 1	1C 54-60 R J 10 V
con segmentos	1C 25-32 L M 4 B	con ruedas tipo 2 y 5	1C 24-26 H J 5 V
Rectificado cilindro exterior entre puntos	50C 46-54 L M 4 B	con segmentos	1C 36-46 J K 5 V
Rectificado cilindro exterior en centros	1C 36-54 R L 5 V	Rectificado cilindro interior	1C 36-46 J K 5 V
Desgaste en esmeriladora de brida	50P 36-46 L M 5 V	Rectificado cilindro exterior entre puntos	1C 46 J K 5 V
Esmerilado de empujadores con ruedas tipo 11	1C 24-36 L M 4 B	Acabado	
Corte de sellos	1C 20-30 N P 4 B A	Rectificado cilindro exterior en centros	1C 45-60 M 5 V
		a 37 mm	1C 20-35 P Q 4 B
<b>CHUMACERA (PORTA BALEROS)</b>		Desgaste en esmeriladora portátil	
Rectificado cilindro interior	11A 80 L 4 V	Corte en máquinas fijas	A 26-60 M H 4 B A
		barra sólida	A 25-30 R S 4 B A
<b>CIÓGENALES</b>		<b>COLECTORES</b>	
<b>AUTOMOTRICES (FABRICACIÓN)</b>		Rectificado cilindro exterior	1C 55 R M 5 V
Cigüeñales ligeros para automóviles		Esmerilado con paños para colectores	
Rectificado de muñones y aceros de:		Acabado	C 90 K 4 B
Acero laminado y forjado		Acabado	C 120 T 4 B
Acabado	50A 46-54 M D 4 V		
Fundición nodular	50A 50-70 L M 4 V		
Acabado	50A 46-54 M H 5 V		
Acero laminado antes de la roturación, desbaste	50A 60-70 M H 5 V		
Rectificado de salientes y aceros finales	50A 60-70 M H 5 V		
desbaste y acabado	50A 54-70 K L 5 V		
Cigüeñales pesados para camiones y tractores (motor diesel)			
Rectificado de muñones y apoyos de:			
Acero laminado y forjado			
Acabado	50A 46-54 M H 5 V		
Fundición nodular	11A 60-70 K L 5 V		
Acabado	50A 48-54 L M 5 V		
Acero laminado antes de la roturación, desbaste	87A 60-70 K L 5 V		
Rectificado de salientes y apoyos finales	50A 50-70 K L 5 V		
desbaste y acabado	50A 54-70 K L 5 V		
<b>AUTOMOTRICES (REPARACIÓN)</b>			
Cigüeñales ligeros para automóviles			
Acabado	11A 54-60 N P 4 V		
Cigüeñales para motores diesel			
Acabado	50A 54-60 M D 4 V		
<b>PARA AVIONES</b>			
Acabado y acabado	85A 54-60 L M 5 V		
<b>PARA COMPRESORAS, MOTOCICLETAS Y MOTORES PLANA DE BOMBA</b>			
Rectificado de muñones	50A 46 N 4 V		
Acabado	85A 85 C 4 V		
<b>DEMANDOS (PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA)</b>			
<b>AUTOMOTRICES</b>			
De hierro fundido			
Rectificado de bridas interior	1C 46-60 L J 5 V		
Acabado con arena honing			
desbaste	C 120 L 4 V F2		
Acabado	1C 220 K 5 V F2		
De acero			
Rectificado de bridas interior	50A 54-60 K L 5 V		
Rectificado con arena honing			
desbaste	50A 120 L M 5 V F2		
Acabado	C 220 K 5 V F2		
		Rectificado de bridas exterior en centros	88A 82-90 O P 5 V
		Rectificado de nores exterior	87A 82-90 M H 5 V
		<b>CUCHILLAS</b>	
		<b>ALFEO RÁPIDO ACERO PARA HERRAMIENTAS DE ALTA ALIACIÓN</b>	
		Rectificado de superficies planas	93A 45-60 H J 10 V
		con segmentos	S 120 R 43 B 522
		Alisado y rectificado	
		con ruedas tipo 1 y 6	85A 46-60 H J 7 V
		con segmentos	50A 45-60 N P 10 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
con segmentos	B	100	A 42 B 522
ACERO INDEFORMABLE (12-13% Cr) PARA TRABAJO EN FRÍO			
Pulido de superficies planas con segmentos	B5A	35-45	H4 8 V
ACERO PARA HERRAMIENTAS DE BAJA Y MEDIANA ALEACIÓN			
Pulido de superficies planas con segmentos	B7A	24-36	J2 8 V
Afilado y retocado			
con ruedas tipo 2 y 8	B7A	25-45	H4 8 V
con segmentos	S5A	35-54	H4 7 V
ACERO MOLDABLE			
Pulido de superficies planas con segmentos	B5A	35-36	H4 10 V
Afilado y retocado			
con ruedas tipo 2 y 8	B5A	33-45	J 12 V
con segmentos	B5A	32-45	H4 10 V
DE CAPRICEO			
Pulido de superficies planas	A	45-60	M4 4 V
DE CEPILLOS			
Pulido de superficies planas	B5A	35-45	K4 5 V
DE COJINAS			
Afilado			
con ruedas tipo 2 y 8	B5A	35-35	H4 5 V
con segmentos	B5A	35-45	H4 7 V
DE CORTADORES DE PASTO			
Afilado	B1A	60-80	M P 5 V
Sumido de cuchillas seccionadas	B7A	60-70	M P 4 B
GUANANAS Y HOJES			
Afilado	B1A	45-60	M P 4 V
MACHETES			
Pulido de superficies planas	S2A	35-45	J4 5 V
Afilado	B1A	35-45	N-3 5 V
MARZAS			
Afilado	B1A	120	M 5 V
PARA CUERO			
Afilado	B1A	54-70	M4 N 5 V
PARA PAPEL DE ACERO RÁPIDO			
Desbaste	B5A	35-45	J2 8 V
Acabado	B5A	60-80	n 12 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
CUCHILLERÍA DE COCINA Y MESA			
Esmerilado de carcos			
acabado	A	45-60	M Q 4 B
acabado	A	150	J4 4 B
Esmerilado de los espejos			
acabado	A	60-70	M Q 4 B
acabado	A	120	J4 4 B
Esmerilado de los carcos	A	45-60	P-3 4 B
Esmerilado de los filos dentados	S5A	100	J 8 V P2
	B5A	150	P R 5 B A

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
DADOS Y MATRICES DE ACERO TEMPLADO			
Pulido de superficies planas			
con ruedas tipo 1	B5A	45-50	K J 5 V
con ruedas tipo 2 y E	B5A	35-45	H4 7 V
con segmentos	B5A	35-45	H 10 V
Esmerilado con ruedas horizontales			
acabado	B5A	60-50	C P 4 V
acabado	B5A	120	N 4 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
DESARNADORES INJALAS PARA DE ACERO AL COBRO-VANADIO FORJADO			
Esmerilado general	S5A	75-90	J4 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
EJES			
ALFONDRONES			
Pulido de superficies planas entre puntos	B5A	41-50	J M 5 V
Pulido de superficies planas entre puntos	B1A	41-50	M4 N 5 V
DE FERRICARRIL			
Pulido de superficies planas entre puntos	B1A	45-60	M4 N 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
ENGRANES			
Pulido de superficies planas			
en máquinas según sistema "Masag"			

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
de acero templado	B5A	45-100	K 5 V
de acero templado	B7A	45-100	J4 5 V
de acero para tratamientos de alta velocidad			
templado	B5A	45-100	H J 5 V
de acero templado templado	B1A	45-100	H 5 V
de acero templado	C	50-100	L 5 V
de acero templado	B5A	45-100	K 7 V
de fundición gris y fundición dura			
Pulido de superficies planas de dientes			
en máquinas según sistema "Masag"			
de acero templado	B5A	45-100	J4 5 V
de acero para tratamientos de alta velocidad	B5A	45-100	K4 5 V
templado y acero templado	B5A	45-100	H 5 V
de acero templado	C	50-100	J4 5 V
de fundición gris y fundición dura	B5A	45-100	J4 5 V
Pulido de superficies planas			
en máquinas según sistema "Masag"			
ver pag. 24			

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
ESCOPILOS Y FORMONES PARA MADERA			
Afilado manual	S5A	60-80	L M 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
ESLABONES DE CADENAS			
DE HIERRO MALLEABLE RECOCIDO			
Desbaste en esmeriladora de discos			
a 50 mm	A	18-20	P R 4 B
a 37 mm	B1A	25-24	O R 5 V
DE HIERRO MALLEABLE NO RECOCIDO			
Desbaste en esmeriladora de discos			
a 50 mm	1C	18-20	P Q 4 B
a 37 mm	1C	18-20	O R 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
FIBRA DE VIDRIO AGLUTINADA (PLACAS)			
Pulido de superficies planas			
con ruedas tipo 1 P			
larga	1C	14-18	K M 4 B
	1C	18-24	R S 4 B A

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
FLECHAS O EJES			
DE ACERO			
Pulido de superficies planas entre puntos	S5A	54-70	L M 5 V
Pulido de superficies planas entre puntos	B1A	50-80	M M 5 V
Caras en máquinas tipo	A	23-30	R S 4 B
DE ALUMINIO			
Pulido de superficies planas entre puntos	1C	45	K 5 V
Pulido de superficies planas entre puntos	1C	35-54	I J 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
PARA AMORTIGUADORES			
Pulido de superficies planas			
dentado	S5A	54-70	L M 5 V
acabado	A	150	O S 3 B

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
FORMICA-LAMINADOS UREA-MELAMÍNICOS			
Caras en máquinas tipo	1C	18	S 4 B A

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
FRESAS			
PARA MATRICES			
Afilado	B5A	45-60	J4 5 V
PARA RAMPARAR			
Afilado	B5P	80-120	N 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
PARA TRABAJAR METALES			
Afilado			
con ruedas tipo 1	B5A	45-60	J4 5 V
con ruedas tipo E	B5A	60-70	J4 5 V
con ruedas tipo 7	B5A	45-60	J4 5 V
PARA TRABAJAR MADERA			
Afilado con ruedas tipo 7	B5P	35-45	K 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA		
GRANITO			
Pulido de superficies planas			
con ruedas tipo 2 y 8	1C	32-35	K L 5 V
con segmentos	1C	25-30	K L 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACION RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACION RECOMENDADA
<b>Superficie manual con ruedas</b> desbaste terminación acabado Corte	TC 22-24 M O 5 V TC 15-45 L M 5 V TC 8-120 L M 5 V TC 20-36 N O 4 B A	Refricado cilíndrico exterior entre puntas "rue duro" "rue suave" Corte	BSA 45-60 M J 10 V TC 45-60 L J 10 V C 20-36 L M 4 B A
<b>HACHAS</b>		<b>LLANTAS PARA AUTOMÓVIL</b>	
Abate manual del filo de los tallos	11A 20-30 P O 5 V 11A 30-36 O R 5 V	Desbaste exterior de las jantes Desbaste del paso Refricado de los bases de eje	BSA 30-36 L J 5 V C 14-16 J K 4 B C 14-16 L J 6 B
<b>HERBIDO</b>		<b>MANGUERAS</b>	
<b>FORJADO</b>		Corte	TC 16-24 M P 4 B A
Refricado cilíndrico exterior sin centros Desbaste en esmeriladora de pedestal a 50 m/s a 37 m/s	11A 54-60 M M 5 V A 14-16 G S 4 B 11A 16-24 O R 5 V	<b>HUSILLOS TEXTILES</b>	
		Refricado cilíndrico exterior sin centros	11A 50-60 M M 5 V
<b>PUNZO O CILINDRO</b>		<b>IRBIDO</b>	
Refricado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipos 2 y 6 con segmentos Refricado cilíndrico exterior Refricado cilíndrico exterior entre puntas Refricado cilíndrico exterior sin centros Desbaste en esmeriladora de balancón a 50 m/s a 37 m/s Desbaste en esmeriladora de pedestal a 80 m/s a 60 m/s a 50 m/s Desbaste en esmeriladora portátil a 80 m/s a 50 m/s a 37 m/s Corte en máquinas fijas	TC 15 35-46 J K 5 V BSA 35-46 J 10 V BSA 33-46 I 10 V TC 45-60 J L 5 V TC 45-60 K L 5 V BSA 45-60 K L 5 V A 20-24 D P 5 B A 60 SA 14-16 O P 4 B SA 16-20 L M 5 B A 60 SA 14-16 L P 4 B SA 14-16 N P 4 B A 24-36 S T 4 B A C 20-24 O R 4 B C 20-24 O R 5 V A 24 4 B 4 A	Corte	BSA 240 R 4 B
<b>MALDEABLE MEDIO</b>		<b>JUNTAS UNIVERSALES (COJINOS DE)</b>	
Desbaste en esmeriladora de balancón a 50 m/s Desbaste en esmeriladora de pedestal a 50 m/s Desbaste en esmeriladora portátil a 50 m/s	SA 14-16 O T 4 B SA 14-20 R T 4 B A 15-24 O R 4 B	Refricado cilíndrico interior	50A 100 M M 5 V
<b>MALDEABLE SIN PEDICEL</b>		<b>LADRILLOS</b>	
Desbaste en esmeriladora de pedestal a 50 m/s Desbaste en esmeriladora portatila a 50 m/s	TC 16-24 P O 4 B TC 16-20 O R 4 B	PARA LA CONSTRUCCIÓN Corte en máquinas fijas	TC 16 R S 4 B A
<b>TEMPLADO SUPERFICIALMENTE</b>		<b>REFRACTARIOS</b>	
Refricado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipos 2 y 6 con segmentos Refricado cilíndrico exterior entre puntas Desbaste en esmeriladora de pedestal a 50 m/s	TC 35-46 L J 5 V BSA 35-48 L J 10 V BSA 33-48 I 10 V TC 35-54 J L 5 V TC 16-20 O O 5 B	Corte ladrillos densos y duros ladrillos semiduros ladrillos blancos ladrillos de magnesita ladrillos de silimanita Esmerilado manual	TC 16 R S 4 B A TC 16 S 4 B A TC 16 S T 4 B A TC 15-20 O P 4 B A TC 15-20 M O 6 B A TC 20-24 O O 5 V
<b>HORNIGÓN</b>		<b>LANA MINERAL (LÁMINAS)</b>	
Refricado de superficies planas con ruedas tipos 2 y 6 con segmentos desbaste acabado con lubricantes especiales manual con máquina Desbaste en esmeriladora portátil Corte	TC 20-32 K L 5 V TC 20 L 5 V TC 30 K 5 V TC 20-24 M P 5 V TC 15-24 O R 5 V TC 20-30 L M 4 B TC 16-20 G S 4 B A	Corte	TC 16-20 T 4 B A
<b>HORNILLAS DE PLAS (AGRICULTURA)</b>		<b>LATÓN</b>	
Esmerilado manual	11A 24-30 R S 4 B	Refricado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipos 2 y 6 con segmentos Refricado cilíndrico exterior Refricado cilíndrico exterior entre puntas Refricado cilíndrico exterior sin centros a 50 m/s a 37 m/s Desbaste en esmeriladora de pedestal a 50 m/s Desbaste en esmeriladora portátil con ruedas tipo 1 a 50 m/s Corte en máquinas fijas de tubos y partes de piezas soldadas	TC 45-60 L J 10 V TC 35-46 H I 5 B P I TC 35-48 S T 8 V P I TC 35-54 I K 5 V P I TC 35-46 J K 5 V TC 20-30 O O 4 B TC 45-60 K L 5 V TC 20-24 M O 4 B TC 20-24 D P 4 B A 60-90 M P 4 B A A 24-30 R T 4 B A
<b>MULE</b>		<b>LLAVES DE TUERCAS (ACERO AL CRÓMO-VANADIO FORJADO)</b>	
Refricado de superficies planas con ruedas tipo 1 "rue duro" "rue suave" con ruedas tipo 2 P "rue duro" "rue blanda"	BSA 45-54 J 10 V BSA 45-54 H 10 V C 24-30 L K 6 B C 24-35 K M 6 B	Refricado de superficies planas con ruedas tipo 2 P Desbaste en esmeriladora de pedestal a 37 m/s	BSA 45-54 M M 4 B 11A 22-24 P O 5 V
<b>HORNILLAS DE PLAS (AGRICULTURA)</b>		<b>MACHUQUELOS (ACERO RÁPIDO)</b>	
Esmerilado manual	11A 24-30 R S 4 B	Esmerilado y esmerilado de punta Refricado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipo 2 y 6 con segmentos Refricado cilíndrico exterior Refricado cilíndrico exterior entre puntas Refricado cilíndrico exterior sin centros a 50 m/s a 37 m/s Desbaste en esmeriladora de pedestal a 50 m/s Desbaste en esmeriladora portátil con ruedas tipo 1 a 50 m/s Corte en máquinas fijas de tubos y partes de piezas soldadas	BSA 70-80 L J 5 V BSA 100-120 L J 5 V BSA 150-180 J K 5 V BSA 190-220 K L 5 V BSA 120-150 J K 5 V BSA 150-180 L J 5 V BSA 190-220 J L 5 V BSA 400 J L 5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA				MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA			
<b>MAGNESIO</b>					<b>PALETAS DE TURBINAS DE ACERO FUNDIDO</b>				
Destribe en esmeriladora de destribe # 52 mil # 37 mil	A	20-24	M-O	4 B	Destribe Acabado Esmerilado con puntas enroscadas	BSA	24-36	P-O	5 V
	11A	20-24	P-Q	5 V		BSA	80-100	K-L	5 V
						BSA	120	N	4 Y
<b>MÁRMOL</b>					<b>PERNOS</b>				
Rectificado de superficies planas con ruedas tipo 2 y 5 con segmentos	1C	20-30	K-M	5 V	<b>CEMENT/ACTOS</b>				
destribe	1C	20-24	L-M	5 V	Rectificado cilindros exterior entre puntas	BSA	54-60	K-L	5 V
destribe semiacabado	1C	48-60	K-L	5 V	Rectificado cilindros exterior sin centros	SDA	54-60	L-M	5 V
acabado	1C	120	J	5 V	<b>CDN ROSEA</b>				
Destribe en esmeriladora portatil destribe	1C	16-24	N-P	4 B	Rectificado cilindros exterior en centros de acero forjado + maquinado de mano	BSA	73-90	M-O	5 V
acabado	1C	120	J-L	4 B		C	100	M-N	5 V
Esmerlado manual con tornillo destribe	1C	20-24	M-O	5 V	<b>PRISMADOS</b>				
semiacabado	1C	63-60	L-M	5 V	Rectificado cilindros exterior sin centros de acero templado	11A	54-70	M-O	5 V
acabado	1C	120	K-L	5 V		SDA	60-70	L-M	5 V
Corte en maquinas tipo	1C	20-30	O-R	4 B A	<b>PIEL</b>				
					Destribe general	1C	54-60	I-J	8 V
<b>MARTILLOS</b>					sujet para tornos cabezas puntas de empujones	SDA	20-36	I-J	8 V
Esmerlado manual # 50 mil # 37 mil	A	24-36	O-R	4 B		ECA	14-20	J-K	5 V
	11A	20-30	O-R	5 V		1C	54-60	L-M	5 V
<b>MATRICES DE ACERO TEMPLADO</b>					<b>PISTONES</b>				
Rectificado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipos 2 y 5 con segmentos	87A	48-60	I-J	5 V	<b>DE ALUMINIO</b>				
Esmerlado con puntas enroscadas destribe	BSA	38-46	M-I	8 V	Rectificado cilindros exterior entre puntas	1C	45-54	J-K	5 V
semiacabado	BSA	48	K	10 V	Rectificado cilindros exterior sin centros	1C	60-70	I-J	5 V
acabado	BSA	60	P	4 Y	<b>DE HIERRO FUNDIDO</b>				
	BSA	90	O	4 Y	Rectificado cilindros exterior entre puntas	1C	35-54	J-K	5 V
	BSA	120	K	4 Y	Rectificado cilindros exterior sin centros	1C	46-60	J-L	5 V
<b>METALGRÁFICAS (PRUEBAS)</b>					<b>ANILLOS PARA</b>				
Preparación de la superficie manual	BSA	45-54	J-K	5 V	De fundido y rodular				
primer paso	BSA	120	J-K	5 V	Rectificado de superficies planas con ruedas tipo 2 <sup>da</sup>				
segundo paso	SDA	54-60	M-J	5 V	destribe	1C	45-54	J-K	5 B
con maquinas automáticas	SDA	80-90	L-N	4 B A	acabado	1C	60-90	I-K	5 B
Corte en maquinas tipo	BSA	80-90	L-N	4 B A	<b>DE ACERO</b>				
					Rectificado de superficies planas con ruedas tipo ZTR	SDA	60-80	I-J	4 B
<b>MINERALES</b>					destribe	BSA	150	G-H	4 B
Esmerlado manual destribe	1C	50-80	K-M	5 V	acabado				
acabado	1C	220	K-L	5 V	Granelos				
Corte en maquinas tipo	C	54-60	L-M	4 B A	Rectificado de superficies planas con ruedas tipo ZTR, destribe y acabado	SDA	120	I-J	4 B
					Corte	BSA	70-90	N-P	4 B A
<b>MUELLES (HOJAS DE)</b>					<b>POZARRA</b>				
Acharbonado de las puntas	11A	20-24	O-R	5 V	Rectificado de superficies planas con ruedas tipos 2 y 5	1C	24	K-L	4 B
Esmerlado de los sopores con ruedas tipo ZTR	A	19-20	O-S	4 B	con segmentos				
					destribe	1C	24-36	K-L	5 V
<b>MÓDUL</b>					acabado	1C	120	L-K	5 V
Rectificado de superficies planas con ruedas tipo 1 con ruedas tipos 2 y 5 con segmentos	1C	46-60	I-J	10 V	Corte en maquinas tipo	1C	23-30	O-S	4 B A
Rectificado cilíndrico exterior entre puntas	1C	36-48	I-J	8 V F1					
Corte en maquinas tipo	A	24-30	P-I	4 B A	<b>PORCELANA</b>				
					Rectificado de superficies planas con ruedas tipos 2 y 5	1C	24-36	L-K	4 B
<b>DNIX</b>					Esmerlado de virginalidades	1C	80-120	P	5 V
Esmerlado general	1C	54-60	N-P	5 V	Rectificado cilindros exterior entre puntas	C	48-60	J-K	5 V
destribe	1C	150	K-L	5 V	Rectificado cilindros exterior sin centros	1C	26-46	J-K	5 V
acabado	C	220	K-L	5 V	Corte	C	46-62	L	4 B A
Esmerlado manual con tornillo destribe	1C	36-46	L-M	5 V	<b>PYREX</b>				
semiacabado	1C	120	J-L	5 V	Corte	C	120	J-K	4 B A
acabado	1C	220	K-L	5 V	<b>RESORTES</b>				
<b>PALAS</b>					Rectificado parte de los armientos con ruedas tipo ZTR	A	20-24	O-P	4 B
Almezo	11A	36-48	O-R	5 V	resortes grandes	A	24-30	M-O	4 B
					resortes medianos	A	30-36	M-N	4 B
					resortes chicos				

**MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN**      **ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA**

**RUEDAS (FERRUCIAS)**

Distintos de velocidad  
a 50 mts  
a 37 mts

Resaca de agujeros de soldar

A	16-20	R-T	4 B
11A	20-24	O-R	5 V
A	24-30	S-T	4 B A

**RUEDAS DE ACERO RÁPIDO**

Esmeralde de las ranuras  
Distintos de  
Rectificado cilíndrico

BSA	54-62	K-M	5 V
BSA	50-80	J-K	5 V
BSA	46-60	K-M	5 V

**RUEDAS (AUTOMÓVILES)**

Distintos de velocidad  
a 50 mts  
a 37 mts  
Corta en agujeros lisos

A	20-36	O-R	4 B
11A	24-30	O-R	5 V
A	24	R	4 B A

**RODILLOS Y CILINDROS DE COBRE O LATÓN**

Rectificado cilíndrico exterior  
destacado  
acabado

1C	20-24	J-K	4 B
1C	30-36	I-J	4 B

**CILINDROS**

Rectificado cilíndrico exterior, acabado y acabeado

BSA	80-90	I-J	5 V
-----	-------	-----	-----

**DE ESPÁRTO**

Rectificado cilíndrico exterior  
destacado  
acabado

C	20-24	J-K	5 V
C	46-60	J-K	4 B

**DE HULE DURO**

Rectificado cilíndrico exterior  
destacado y acabeado  
acabado fino

BSA	46-60	H	10 V
C	20-36	I-J	10 V

**DE HULE SUAVE**

Rectificado cilíndrico exterior  
destacado y acabeado  
acabado fino

BSA	46-54	H-I	10 V
BSA	150	I-J	10 V

**DE HIERRO FUNDIDO PARA FABRICAS DE PAPEL**

Rectificado cilíndrico exterior, acabado y acabeado

1C	46-54	J-K	4 B
----	-------	-----	-----

**PARA JETERÍA**

Rectificado cilíndrico exterior, acabado

BSA	80-90	I-J	5 V
-----	-------	-----	-----

**PARA LAMINAR ALUMINIO**

Rectificado cilíndrico exterior  
destacado  
acabado  
pulido  
muy pulido

BSA	80-90	J-K	4 B
BSA	180	I-J	4 B
1C	320	I-J	5 B
C	500	I-J	5 B

**PARA TRABAJOS EN CALIENTE**

De hierro fundido  
Rectificado cilíndrico exterior  
De fundición de acero aleado al C-Mn  
Rectificado-reparado  
De acero al carbono  
Rectificado-reparado

C	20-36	J-K	4 B
C	30-36	I-J	4 B
50A	26-45	J-K	4 B
C	20-24	M-O	4 B

**PARA TRABAJOS EN FRODO**

De acero templado  
Rectificado de producción

BSA	50-80	J-K	4 B
-----	-------	-----	-----

**DE ACERO INOXIDABLE**

Rectificado cilíndrico exterior, acabado y acabeado

1C-A	50-80	H-I	5 V
------	-------	-----	-----

**RECTIFICADORES DE ACERO AL MANGANESE**

Rectificado

BSA	24-30	M-N	5 V
-----	-------	-----	-----

**RODILLOS DE BALEROS DESPUÉS DEL TEMPLADO**

Rectificado cilíndrico exterior en espiral  
acabado  
acabado  
Corte en ranuras tipo 27R

BSA	50-80	I-L	5 V
A	170	N-P	4 B
A	100	M-N	4 B

**MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN**      **ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA**

**RUEDAS DE ACERO RÁPIDO**

RUEDAS DE UN SOLO PERFIL PARA ROSCAS NORMALES

perfil 2.40-0.70 mm (48-60 mts)  
perfil 2.00-0.00 mm (40-46 mts)  
perfil 1.25-1.50 mm (28-32 mts)  
perfil 1.75-2.10 mm (20-26 mts)  
perfil 2.00-2.40 mm (14-20 mts)  
perfil 4.00-5.00 mm (10-12 mts)  
perfil 5.00 mm (7-9 mts)

BSA 500  
BSA 400  
BSA 370  
BSA 240  
BSA 220  
BSA 180  
BSA 150

K 3 V  
J 3 V  
J 3 V  
J 3 V  
J 3 V  
J 3 V  
H 3 V

RUEDAS DE UN SOLO PERFIL PARA ROSCA TRAPEZOIDAL Y HELICOIDAL

perfil 1.50-3.00 mm (trapezoidal 0.5-1.0)  
perfil 3.00-5.00 mm (trapezoidal 1.0-1.5)  
perfil 3.00-9.00 mm (trapezoidal 1.5-3.0)  
perfil 9.00-14.00 mm (trapezoidal 3-4.5)  
perfil 14.00-19.00 mm (trapezoidal 4.5-6.0)  
perfil 19.00-23.00 mm (trapezoidal 6.0-8.0)

BSA 220  
BSA 180  
BSA 170  
BSA 100  
BSA 100  
BSA 80

H 4 V  
H 4 V  
H 4 V  
E 4 V  
E 4 V  
E 4 V

RUEDAS DE PERFIL MULTIPLE PARA RECTIFICADO PASANTE  
EL GROSOR DE LA RUEDA ES MENOR QUE LA ROSCA A RECTIFICAR

perfil 0.50-0.70 mm (48 mts)  
perfil 0.80-1.30 mm (40 mts)  
perfil 1.25-1.50 mm (28-32 mts)  
perfil 1.75-2.10 mm (20-26 mts)  
perfil 2.00-2.40 mm (14-20 mts)  
perfil 4.00-5.00 mm (10-12 mts)  
perfil 6.00 mm (7-9 mts)

BSA 500  
BSA 400  
BSA 370  
BSA 240  
BSA 180  
BSA 150  
BSA 120

K 4 V  
K 4 V  
K 4 V  
J 4 V  
J 4 V  
J 4 V  
I 4 V

RUEDAS DE PERFIL MULTIPLE PARA RECTIFICADO PENETRANTE  
EL GROSOR DE LA RUEDA ES MAYOR QUE LA ROSCA A RECTIFICAR

perfil 0.60-0.70 mm (48 mts)  
perfil 0.80-1.25 mm (28-40 mts)  
perfil 1.50-2.00 mm (18-24 mts)  
perfil 2.50-3.50 mm (10-12 mts)  
perfil 4.00-6.00 mm (4-9 mts)

C 500  
C 500  
C 320  
C 220  
C 180

H 4 V  
H 4 V  
H 4 V  
H 4 V  
H 4 V

**ROTORES**

Rectificado cilíndrico

1C-A	80-90	K-K	5 V
------	-------	-----	-----

**RUEDAS DE VASIONES DE ACERO**

Rectificado

11A	20-24	P-O	5 V
-----	-------	-----	-----

**DE ACERO-MANGANESE**

Rectificado

11A	16-24	P-O	5 V
-----	-------	-----	-----

**DE HIERRO FUNDIDO TEMPLADO**

Rectificado

1C	16-20	O-R	5 V
----	-------	-----	-----

**SIERMAS DE ACERO**

Cilindros de base aleación para tracción, afilado  
Estructuras de acero aleado para tracción, afilado  
De corte, afilado  
De corte para tracción, afilado  
De corte aleado

A	60-80	M-N	4 B
BSA	60-80	M-N	5 B
A	60-80	M-N	4 B
A	60-80	M-N	4 B
BSA	60-80	M-N	5 B

**DE CARBURADO INERTOS**

destacado  
acabado  
pulido

D	170	R	35 B
C	325	R	33 B
D	15	R	30 B

**SOLDADURAS**

Destacado en esmerilladora de pedestal  
a 50 mts  
a 37 mts  
Destacado en esmerilladora portátil  
a 60 mts  
a 50 mts  
a 37 mts  
Esmerilladora con puntas perforadas  
Corta en agujeros lisos

A	16-24	G-S	4 B
11A	16-24	G-S	5 V
A	30	T	8 A
A	16-24	O-S	4 B
11A	20-30	O-R	5 V
A	24-30	R-S	4 B
BSA	60-90	O-P	4 B
A	24	R-S	4 B A

**TAMBORES DE FRENSO**

Rectificado de superficies planas  
con ranuras tipo 27R, acabado y acabeado  
Rectificado cilíndrico exterior

1C	16-24	J-K	5 B
50A	46-54	K-L	5 V

MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA	MATERIAL Y TIPO DE OPERACIÓN	ESPECIFICACIÓN RECOMENDADA
<b>TARRAJAS</b>		De tierra fundida - Destaste	TC 60 M 5 V
Rectificado cilíndrico exterior entre puntas	B3A 60 60 J M 5 V	<b>LEJANTADORES DE VALVULAS</b>	
Esmerinado de las tarrajas	B3A 60 60 K M 5 V	Rectificado cilíndrico exterior sin centros	
Destanado	B3A 70 90 J K 5 V	hierro templado superficialmente	B5A 60 L 7 V
<b>TENDORES</b>		Acero	50A 60 L 4 V
Esmerinado manual de los dientes	11A 20 30 O R 5 V	Acabado	11A 100 K 5 V
	50A 40 70 N P 5 V	<b>RESORTES DE VALVULAS</b>	
<b>TERRAZO Y MATERIALES SIMILARES</b>		Rectificado cilíndrico exterior entre puntas	B5A 60 K 5 V
Rectificado de superficies planas	1C 20 30 K L 5 V	Rectificado cilíndrico exterior sin centros	50A 60 M 4 V
con ruedas tipo 2 y 6		<b>VASTAGOS DE VALVULAS</b>	
con segmentos	1C 20 30 K L 5 V	Rectificado cilíndrico exterior entre puntas	E2A 60 M 5 V
desbastado	1C 40 60 K L 5 V	Rectificado cilíndrico exterior sin centros	B7A 60 M 5 V
acabado	1C 120 J M 5 V	Corte en máquinas fijas	A 24 R 4 B A
con esmerinador portátil, con ruedas tipo 11		<b>VORIO Y CRISTAL</b>	
destaste	1C 16 20 N P 4 B	EN -PLAS O PLAN-HAS ESPEJES, PLACAS PARA MEDASI	
esmerinado	1C 30 40 M M 4 B	Esmerinado de tarrajas	1C 100 L 5 V
acabado	1C 120 K L 4 B	destaste	B3A 160 N 5 V
Corte en máquinas fijas	1C 16 36 R S 4 B A	acabado fino	
<b>TUERAS</b>		<b>LENTES</b>	
Afilado con ruedas tipo 2 y 6	B3A 36 48 J J 5 V	Esmerinado de los bordes	11A 220 N 5 V
Resistolado		<b>PARAPUÑAS (VORIO DE SEGURIDAD)</b>	
con ruedas grandes	50A 100 K L 5 V	Destaste y acabado	B3A 150 M 5 V
con ruedas chicas	B3A 100 L M 5 V	<b>VASOS, COPAS, JARRONES, ETCETERA</b>	
<b>TITANIO</b>		Esmerinado de superficies	B3A 220 N 5 V
Rectificado de superficies planas	B3A 40 60 J J 5 V	Esmerinado de la base	1C 60 N 5 V
con ruedas tipo 1	1C 40 60 K L 4 B	<b>TRABAJOS DE DECORADO</b>	
con ruedas tipo ZTR		Grabados	1C 100 N 5 V
Rectificado cilíndrico exterior entre puntas	B3A 54 60 J K 5 V	Trabajo	B3A 220 N 5 V
destaste y acabado		Acabado	
Rectificado cilíndrico exterior sin centros	1C 40 54 N O 5 B	Grabados cruzados	B3A 220 N 5 V
destaste	1C 50 60 N O 4 B	Destaste	B3A 400 N 5 V
acabado	A 16 20 P R 4 B	Acabado	
Destaste en esmerinador de banco a 60 revs	A 40 60 L M 4 B A	Vierdas	1C 80 N 5 V
Corte en máquinas fijas		Destaste	50A 120 M 5 V
<b>TUBOS</b>		Acabado	
<b>DE ACERO</b>		Proxas y oxetos	1C 100 M 5 V
Rectificado cilíndrico exterior sin centros	50A 40 60 M M 5 V	Destaste	B3A 150 M 5 V
Corte en máquinas fijas	A 24 R S 4 B A	Acabado	
<b>DE ACERO INOXIDABLE</b>		Remolado fino	1C 100 N 5 V
Corte en máquinas fijas	A 24 R S 4 B A	Destaste	B3A 220 N 5 V
<b>DE COBRE, LATÓN, ALUMINO</b>		Acabado	
Corte en máquinas fijas	A 40 60 N P 4 B A	Remolado profundo	1C 80 M 5 V
<b>GALVANIZADOS</b>		Destaste	50A 120 M 5 V
Corte en máquinas fijas	A 24 R S 4 B A	Acabado	
<b>DE HIERRO COLADO</b>		Resistolado	1C 100 L 5 V
Corte en máquinas fijas	A 24 R S 4 B A	Destaste	B3A 150 M 5 V
<b>TUNGSTENO</b>		Acabado	
Rectificado cilíndrico exterior entre puntas	C 54 60 J K 5 V	Tapones	
Rectificado cilíndrico exterior sin centros	C 54 60 K L 5 V	Rectificado cilíndrico exterior sin centros	1C 60 N 4 V
Corte en máquinas fijas	B3A 150 D 4 B A	Destaste	1C 220 N 5 V
<b>VALVULAS</b>		Acabado	
<b>ASIENTOS DE VALVULAS</b>		<b>ZAPATAS (HIERRO SEMITEMPLADO) PARA CARROS DE FERROCARRIL</b>	
De acero	50A 46 J 4 B	Destaste	
De níquel		con ruedas grandes	1C 14 15 O R 5 V
Destaste	B3A 60 K 5 V	con ruedas medianas	1C 16 20 O R 5 V
		<b>ZIRCONIO (BARRAS)</b>	
		Rectificado cilíndrico exterior sin centros	
		destaste	1C 46 54 N P 4 B
		acabado	1C 50 N P 4 B
		Corte en máquinas fijas	B3A 54 60 N O 4 B A



APENDICE C

		METROS POR SEGUNDO																		
Ø		15	18	20	23	25	28	30	33	35	37	45	48	50	60	65	80	Ø		
mm	pulg	REVOLUCIONES POR MINUTO																mm		
25	1	11 501	13 803	15 279	17 189	19 098	21 008	22 918	24 828	26 737	28 374	34 377	36 287	38 196	45 836	49 846	61 116	1	25	
50	2	5 729	6 815	7 639	8 594	9 549	10 504	11 459	12 414	13 368	14 132	17 188	18 143	19 098	22 918	24 828	30 658	2	50	
75	3	3 819	4 583	5 093	5 729	6 366	7 003	7 639	8 276	8 913	9 421	11 459	12 096	12 732	15 278	16 557	20 377	3	75	
100	4	2 864	3 437	3 820	4 297	4 775	5 252	5 729	6 207	6 685	7 066	8 595	9 072	9 549	11 459	12 414	15 278	4	100	
125	5	2 291	2 750	3 056	3 438	3 820	4 202	4 584	4 966	5 348	5 653	6 876	7 258	7 640	9 168	9 931	12 274	5	125	
150	6	1 909	2 291	2 546	2 865	3 183	3 501	3 820	4 138	4 456	4 774	5 729	6 048	6 366	7 639	8 276	10 186	6	150	
175	7	1 637	1 964	2 183	2 455	2 728	3 001	3 274	3 547	3 820	4 037	4 911	5 183	5 456	6 548	7 093	8 732	7	175	
200	8	1 437	1 718	1 910	2 148	2 387	2 626	2 865	3 103	3 342	3 533	4 297	4 535	4 775	5 729	6 207	7 640	8	200	
225	9	1 273	1 527	1 698	1 910	2 122	2 334	2 548	2 758	2 970	3 140	3 820	4 037	4 244	5 097	5 517	6 795	9	225	
250	10	1 145	1 375	1 578	1 719	1 910	2 101	2 292	2 483	2 674	2 826	3 438	3 629	3 820	4 584	4 985	6 112	10	250	
300	12	954	1 145	1 273	1 432	1 591	1 751	1 910	2 069	2 228	2 355	2 864	3 023	3 183	3 820	4 138	5 092	12	300	
350	14	818	982	1 091	1 228	1 364	1 500	1 637	1 773	1 910	2 018	2 455	2 592	2 728	3 274	3 546	4 366	14	350	
400	16	716	859	955	1 074	1 194	1 312	1 432	1 552	1 672	1 766	2 149	2 268	2 387	2 865	3 103	3 870	16	400	
450	18	636	763	849	955	1 061	1 167	1 273	1 379	1 485	1 570	1 910	2 016	2 122	2 546	2 758	3 396	18	450	
500	20	572	687	764	859	955	1 050	1 146	1 241	1 337	1 413	1 719	1 814	1 910	2 292	2 482	3 056	20	500	
550	22	520	625	694	781	868	955	1 042	1 128	1 215	1 284	1 562	1 649	1 735	2 084	2 257	2 776	22	550	
610	24	459	563	637	716	796	875	955	1 034	1 115	1 158	1 433	1 512	1 591	1 910	2 035	2 546	24	610	
660	26	434	520	588	661	734	808	881	955	1 028	1 070	1 322	1 395	1 468	1 762	1 880	2 357	26	660	
710	28	403	484	546	614	682	750	818	887	955	995	1 211	1 291	1 345	1 614	1 784	2 182	28	710	
760	30	376	452	509	573	637	700	764	828	891	929	1 145	1 210	1 274	1 528	1 633	2 036	30	760	
810	32	353	424	477	537	597	656	716	776	836	872	1 074	1 134	1 194	1 432	1 532	1 910	32	810	
854	34	331	397	442	508	552	618	663	729	773	817	984	1 051	1 105	1 326	1 436	1 768	34	854	
912	36	314	376	418	481	523	586	628	691	732	774	942	1 005	1 047	1 256	1 351	1 675	36	912	
966	38	295	355	395	454	494	553	593	652	691	731	889	948	988	1 186	1 285	1 581	38	966	
1 020	40	280	337	374	430	468	524	561	617	655	692	842	898	936	1 123	1 217	1 497	40	1 020	
1 070	42	267	321	356	410	446	499	535	589	624	660	803	856	892	1 070	1 160	1 427	42	1 070	



## Bibliografía.

- **The Grinding Wheel**  
Kenneth B. Lewis/ William F. Schlercher  
3a. Edición  
Cleveland, Ohio
- **Abrasivos.**  
Manuel Figueras  
Ed. Marcombo  
Barcelona 1979
- **Enciclopedia de Ciencia y Tecnología**  
Ed. Mc. Graw Hill  
6a. Edición 1989  
Tomos 1,3,4,6,8,9,16,17
- **Machinery's Handbook**  
Erik Oberg y F.D. Jones  
The Industrial Press
- **Catálogo General Austromex 1989**
- **Introducción a los Abrasivos**  
Compañía Nacional de Abrasivos
- **Abrasivos para Rectificado de Cigüeñales y Arboles de Levas**  
CINASA
- **Abrasivos linea comercial**  
CINASA
- **American Conference of Governmental Industrial Hygienists.**  
1970. Lansing Michigan U.S.A.
- **Abrasives**  
McKee Richard L.  
1982