

300617  
55  
29



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.**

**"ANALISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN UNA  
OPERACION SEGURA CON HERRAMIENTAS ABRASIVAS  
DEL TIPO SOLIDO"**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A  
**CESAR BERNARDINO TAMARIZ BARROETA**

ASESOR DE TESIS:  
**ING. GUILLERMO ARANDA PEREZ**

**TESIS CON  
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.

**"ANALISIS DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN UNA OPERACION  
SEGURA CON HERRAMIENTAS ABRASIVAS DEL TIPO SOLIDO"**

**INTRODUCCION**

<b>CAPITULO I. MECANIZADO POR ABRASION.....</b>	<b>1</b>
I.1 Definición.....	1
I.2 Clasificación de los materiales abrasivos.....	3
I.3 Características de los abrasivos sólidos.....	6
I.4 Teoría del mecanizado con abrasivos sólidos...	19
<b>CAPITULO II. FACTORES CRITICOS DE SEGURIDAD EN EL USO... DE ABRASIVOS SOLIDOS</b>	<b>32</b>
II.1 Etapas generales.....	32
II.2 Inspección de las ruedas abrasivas.....	33
II.3 Manejo de las ruedas abrasivas.....	34
II.4 Almacenamiento de las ruedas abrasivas.....	35
II.5 Selección de las ruedas abrasivas.....	37
II.6 Montaje de las ruedas abrasivas.....	50
II.7 Operación con ruedas abrasivas.....	59
<b>CAPITULO III. OPERACIONES CON ABRASIVOS SOLIDOS.....</b>	<b>60</b>
III.1 Clasificación de las operaciones.....	60
III.2 Desgaste.....	61

III.3	Corte.....	101
III.4	Rectificado.....	111
III.5	Afilado.....	124

**CAPITULO IV. PROPUESTA DE UN PLAN DE ACCIONES ENFOCADO..128**

**A DISMINUIR LA INCIDENCIA DE ACCIDENTES EN OPERACIONES  
CON ABRASIVOS SOLIDOS**

IV.1	Esquematzación de las partes involucradas...129 en el uso de los abrasivos sólidos	
IV.2.	Propuesta.....	130

Conclusiones.....	141
-------------------	-----

Bibliografía.....	143
-------------------	-----

## INTRODUCCION

El constante desarrollo en el campo técnico e industrial ha traído consigo el mejoramiento de máquinas, técnicas y herramientas, todo con un solo fin: aumentar la productividad. Sin embargo, en tiempos recientes, es cuando se empieza a valorar la seguridad como un aspecto determinante para el aumento de la productividad.

De todos son conocidas las campañas "cero accidentes" que mes con mes realizan las industrias más reconocidas del país. Por desgracia, estas son las menos. También, todos conocemos de un caso en el que por no observar las más elementales normas de seguridad, algún operario ha sufrido la pérdida de un órgano, o en el peor de los casos, hasta la vida misma

Atendiendo a esta problemática, el presente trabajo de tesis pretende ser una guía práctica de seguridad para las operaciones con abrasivos sólidos, las cuales por la naturaleza de su accionar, pueden convertirse, de una de las herramientas más útiles, en un artefacto sumamente riesgoso, si no se toman las precauciones necesarias.

Se puede hablar de cien casos diferentes de accidentes en operaciones con abrasivos sólidos. No obstante, el objetivo primordial de este análisis es prevenirlos. No se pretende

editar un código de seguridad, sino establecer criterios prácticos y objetivos basados en las experiencias más comunes de operaciones con abrasivos sólidos.

Por lo anterior, es menester de este trabajo el no usar demasiados tecnicismos que pudieran dificultar la comprensión para el lector, de tal forma que cualquier persona, o por lo menos cualquiera que tenga contacto con este tipo de herramientas, lo pueda entender y sobre todo, llevar a la práctica fácilmente.

Así pues, se decidió dividir este trabajo en cinco capítulos:

El Capítulo I, "MECANIZADO POR ABRASION", expone los fundamentos básicos de cualquier operación con abrasivos; tipos de materiales abrasivos, características propias de los cuerpos abrasivos, así como la teoría de mecanizado por abrasión, este capítulo se consideró necesario en primer lugar, para que el lector, en el caso de que no esté enterado del tema, puede darse una primera impresión.

El Capítulo II, "FACTORES DE SEGURIDAD QUE INTERVIENEN EN EL USO DE ABRASIVOS SOLIDOS", expone los factores fundamentales que deben ser observados durante las distintas etapas generales que incluyen el uso de abrasivos sólidos, de acuerdo a las normas técnicas internacionales.

El Capítulo III, "OPERACIONES CON ABRASIVOS SOLIDOS", es en sí un acercamiento más preciso hacia los puntos más importantes, en cuanto a seguridad se refiere, de las operaciones más representativas del mecanizado por abrasión.

El Capítulo IV "PROPUESTA DE UN PLAN DE ACCIONES ENFOCADO A DISMINUIR LA INCIDENCIA DE ACCIDENTES CON ABRASIVOS SOLIDOS", es el corolario de este trabajo, es en sí, la culminación de este análisis.

El objetivo de todo esto será el contribuir a la prevención de accidentes en operaciones con abrasivos sólidos.

El uso de abrasivos data de los tiempos más remotos, al principio en su estado natural y hasta nuestros días, elaborados artificialmente. Así podemos citar desde el afilado de armas y utensilios del hombre primitivo, como las primeras operaciones con abrasivos de origen natural; hasta las más sofisticadas máquinas atiladoras que usan ruedas de diamante.

Su aplicación siempre ha sido importante y en la industria moderna son tan imprescindibles que sin los abrasivos no podría lograrse el grado de precisión exigido en las máquinas actuales. El éxito de industrias tales como las del automóvil, la aviación y en general la mecánica de precisión, se debe sin duda a esta valiosa herramienta.

No obstante la antigüedad y la importancia del mecanizado por abrasión, existe poco material de consulta, no sólo en nuestro país, en el que la literatura sobre el tema es casi nula, sino que en general, son pocas las fuentes de información, aun en los países de tecnología avanzada. Debido a ésto, durante muchos años se ha considerado a los trabajos con abrasivos, como operaciones de poca importancia, encargándolos, la mayoría de las veces, a personal no calificado. Esto, aparte de representar pérdidas económicas al no cumplir los trabajos con los requerimientos de control de calidad, también las representa al suscitarse accidentes, algunos de muy graves consecuencias, imputables al desconocimiento de los márgenes de seguridad para procesos que involucran el uso de abrasivos del tipo sólido.

## CAPITULO I. MECANIZADO POR ABRASION

### I.1. DEFINICION

Se puede definir el mecanizado por abrasión como la acción de corte o desgaste que un cuerpo realiza sobre otro por acción mecánica.

El cuerpo que realiza la acción, deberá tener como características principales, dureza elevada, para poder penetrar al otro cuerpo; y una estructura cristalina, lo cual le permitirá quebrarse para presentar nuevos filos y así poder continuar cortando, a esta característica se le llama "friabilidad".

Al partir de esta base es fácil ver que existen diversas operaciones de abrasión (limpieza por ejemplo). Sin embargo a partir de este momento se centra la atención hacia las operaciones de mecanizado, para lo cual es necesario hablar de las particularidades que un grano abrasivo debe poseer para tal propósito.

De la dureza se hablo ya, y al respecto se concluye que un grano abrasivo debe tener dureza elevada. De la friabilidad se dice que es la capacidad del grano abrasivo para "autoafilarse" al fracturarse, debido a los esfuerzos de trabajo. La resistencia al calor, también es importante, ya

que en cualquier operación de abrasión se genera calor, lo cual colabora a la pérdida de poder de corte por parte del grano. Así mismo lo es la tenacidad, que es la capacidad del grano abrasivo para resistir los impactos y las presiones producidos durante la operación.

Aunque las características de friabilidad y tenacidad parecen oponerse, en realidad un grano abrasivo deberá contar con una combinación de ambas. Si el grano es tenaz, pero no es friable, sus aristas cortantes pierden el filo (se arroman), y no se rompen, ocasionando que el grano deje de cortar, haciéndose necesario el prescindir de ese grano. De hecho esta operación es la que se conoce como aderezado, que no es más que provocar el desprendimiento de granos que ya no poseen poder de corte. El tener que practicar constantemente esta operación, representa un desperdicio del abrasivo sólido que se esté empleando. Por otro lado, si los granos se fracturan con demasiada facilidad, el cuerpo abrasivo en su conjunto, podrá tener muy buen poder de corte, pero también se gastará demasiado pronto.

Para resumir lo anterior, se puede concluir así: Un grano abrasivo eficiente debe ser capaz de esmerilar la pieza de trabajo hasta que sus aristas pierdan el filo, momento en el cual, se debe fracturar y presentar nuevas aristas cortantes. Este proceso continuará hasta que el grano haya sido usado en su totalidad.

## *1.2. CLASIFICACION DE LOS MATERIALES ABRASIVOS*

Se puede dar una clasificación básica de los materiales abrasivos, partiendo de su origen. Así se pueden encontrar a los abrasivos naturales, que son los que se encuentran en la naturaleza; y los abrasivos artificiales, que son los que obtiene el hombre mediante métodos artificiales.

Entre los naturales, están el corindón natural, el cuarzo, el diamante, el esmeril, el granate, la piedra pómex, la cal de viena, el tripoli, etc. Sin embargo los más utilizados hoy en día son los artificiales y de éstos son: óxido de aluminio, carburo de silicio, diamante y nitruro de boro cúbico (borazón).

Ahora bien, hablando ya de cuerpos abrasivos para operaciones propias de mecanizado, se clasifican en tres grupos: los abrasivos sólidos también llamados "aglomerados", los abrasivos flexibles también conocidos como aplicados y los abrasivos "libres".

Agglomerados se les llama debido a que son cuerpos compactos de granos abrasivos que se mantienen unidos entre si por medio de un aglomerante. Más adelante se hablará de la importancia de éstos. Se les conoce como piedras abrasivas o esmeriles.

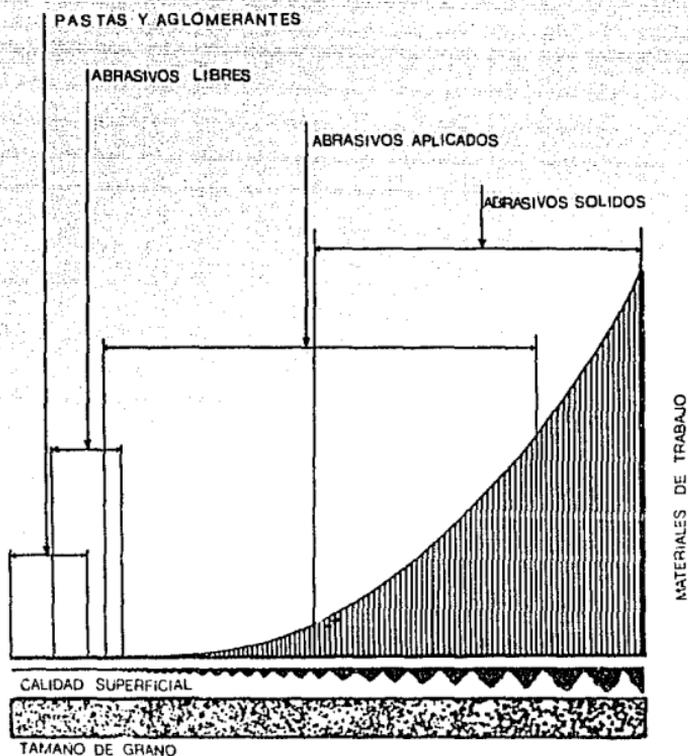
Los abrasivos aplicados son en los que los granos abrasivos se colocan sobre soportes flexibles, a los que permanecen unidos por medio de ligantes, a los que comúnmente se conocen como lijas.

Los abrasivos como granos libres, se usan tal como se hallan una vez clasificados por tamaño. Para su utilización se hace uso de soportes fluidos como el aire, aceites, petróleos, etc.

La elección del tipo de abrasivo a usar la establece el tipo de operación a desarrollar. De hecho son dos conceptos los que la determinan, la calidad en la superficie que deba tener la pieza mecanizada y la cantidad de material a remover.

Así pues, se deben utilizar abrasivos sólidos cuando se precisen grandes cantidades de material arrancado o removido, o bien cuando se requiera conseguir superficies de gran exactitud de formas: mientras que los abrasivos flexibles se utilizan para operaciones en las que se requiera mantener gran cantidad de medidas y formas. Cuando lo que se pretende es una mejora de la calidad o el aspecto de la pieza (superacabado), más que un arranque de material o una conservación de medidas, los abrasivos libres, usados en algunos casos como pastas, o con aceites como soportes, son los más recomendables.

Los abrasivos flexibles son definitivamente los que nos ofrecen una más amplia zona de trabajo, tal como se muestra en la siguiente gráfica.



Sin embargo, las operaciones propias de los abrasivos sólidos, que se detallarán más adelante, son las que representan siempre mayor riesgo para el usuario. La razón es lógica. Ya que son cuerpos constituidos por pequeños granos compactados, se convierten en materiales frágiles. Aunado a esto, el hecho de que en un 90% de las operaciones

con abrasivos sólidos, éstos se usan montados en sistemas giratorios de alta velocidad (hasta 100 m/s). Además, dado que sus aplicaciones típicas son el desbaste, y el rectificado, en la mayoría de los trabajos, el cuerpo abrasivo se encuentra sujeto a diversas presiones. Está claro entonces que la naturaleza de la operación misma es de carácter riesgoso.

### *I.3. CARACTERISTICAS DE LOS ABRASIVOS SOLIDOS*

Se habló ya de las características necesarias para un buen grano abrasivos. A continuación se tratarán las características propias para un cuerpo abrasivo sólido; las cuales son:

- Tipo de material abrasivo
- Tamaño de grano
- Dureza del cuerpo abrasivo
- Estructura del cuerpo abrasivo
- Tipo de aglomerante o ligante

#### *I.3.1 TIPOS DE MATERIALES ABRASIVOS*

En el apartado anterior se establecieron los tipos de materiales abrasivos más utilizados en la actualidad, los de origen artificial. La mayoría de las operaciones se realizan con los siguientes materiales:

- Óxido de aluminio
- Carburo de silicio
- Diamante
- Borazón

**OXIDO DE ALUMINIO.** Es el material que más se usa para la manufactura de abrasivos sólidos. Se considera que un 75% de las ruedas de esmeril son fabricadas con este abrasivo. Por lo regular es utilizado para esmerilar materiales con alta resistencia a la tensión (aceros). El óxido de aluminio se fabrica en varios tipos. Generalmente la dureza y fragilidad del óxido de aluminio se incrementan conforme el material es más puro. Los tipos más comunes de óxido de aluminio son los siguientes.

**OXIDO DE ALUMINIO REGULAR.** Es el abrasivo más usado, es de color café y es el más fuerte y tenaz de todos los óxidos de aluminio. Se usa para operaciones de rectificado sin centros, rectificado cilíndrico y rectificado de cigüeñales (las operaciones más comunes se analizarán más adelante). Es especialmente efectivo para operaciones de esmerilado relativamente severas en aceros tenaces y en hierro maleable anillado.

**OXIDO DE ALUMINIO SEMI-FRIABLE.** Posee una acción de corte más fría debido a su mayor friabilidad. Es usado para dar acabados en aceros duros, es particularmente útil en el

esmerilado de superficies verticales, en las que existe una gran área de contacto entre la rueda y la pieza de trabajo.

OXIDO DE ALUMINIO BLANCO. Es el más puro de todos los óxidos de aluminio. Su color es blanco y es el más friable de los abrasivos. Las ruedas de este material tienen gran cantidad de aplicaciones en los talleres de maquinado, para el afilado de herramientas hechas de aceros extraduros y muy sensibles al calor, así como para el esmerilado de dados de acero.

OXIDO DE ALUMINIO PARA OPERACIONES PESADAS. Su fina estructura cristalina da origen a un abrasivo más tenaz, el cual expone nuevas facetas de corte sin separarse de la rueda abrasiva. Las ruedas fabricadas con este tipo de óxido de aluminio son usadas en operaciones de alta presión, tales como el desbaste, en la cual es esencial usar un abrasivo tenaz.

OXIDO DE ALUMINIO PARA OPERACIONES MUY PESADAS. Los granos abrasivos son muy densos y durables, y no presentan ángulos proyectados que se puedan romper fácilmente bajo la acción de elevadas presiones de esmerilado. Es el tipo de abrasivo más indicado para desbastes severos en grandes piezas de fundición.

CARBURO DE SILICIO. El carburo de silicio fue el primer abrasivo manufacturado. Generalmente se utiliza para esmerilar metales con baja resistencia a la tensión y metales no ferrosos.

Existen dos tipos básicos de carburo de silicio: El regular o negro y el verde. La dureza y el color están determinados por el grado de pureza.

El carburo de silicio es más duro que el óxido de aluminio, pero se quiebra más fácilmente y por eso se le considera más frágil.

CARBURO DE SILICIO NEGRO. Este contiene más impurezas que el verde; es usado especialmente en el esmerilado de material duros y quebradizos, tales como hierro colado, aleaciones duras, mármol y cerámicas, así como materiales con baja resistencia a la tensión como aluminio, bronce y cobre.

CARBURO DE SILICIO VERDE. Es ligeramente más puro que el negro. Es considerado más duro, ya que es más friable que el negro. Entre sus muchas aplicaciones se encuentra el esmerilado de herramientas de carburo cementado en las que se requiere una acción de corte fría.

DIAMANTE. Es el abrasivo más duro conocido por el hombre. El tamaño, el color, la claridad y otras propiedades de los diamantes artificiales, pueden ser controladas significativamente; así pueden fabricarse diamantes de acuerdo a la aplicación que se le vaya a dar.

DIAMANTE PARA MATERIALES ULTRADUROS. Son diamantes friables, alargados e irregulares y con una superficie rugosa. Se emplean para esmerilar materiales ultraduros, tales como el carburo de tungsteno, carburo de silicio y algunas aleaciones modernas.

DIAMANTES TENACES. Tienen forma de bloquecillos y no son tan friables como los anteriores, se utilizan para esmerilar carburos cementados, zafiros y cerámicas.

DIAMANTES MUY TENACES. Son de forma regular y superficie muy lisa, por lo que su friabilidad es mínima. Se emplean en la fabricación de sierras para cortar concreto, azulejos, mármol, granito, piedra y materiales refractarios.

NITRURO DE BORO CUBICO (BORAZON). También llamado borazón, ha contribuido a convertir el esmerilado de aceros de alta velocidad endurecidos, de una labor difícil a una más sencilla y precisa. A probado ser una eficiente herramienta de corte para los metales nuevos y difíciles de maquinar.

Lo ha demostrado también para el esmerilado de formas y en operaciones de esmerilado con control numérico.

Existen dos tipos de borazón:

**BORAZON CBN.** Es un nitruro de boro cúbico sin recubrir. Se utiliza para el esmerilado del interior de cilindros endurecidos, así como en otras aplicaciones generales.

**BORAZON TIPO II.** Está constituido en un 40% de su peso por cristales y en un 60% por un recubrimiento de níquel. Es usado para el esmerilado de aceros endurecidos, ya sea en seco o en húmedo. Se usa también para la reparación de troqueles, así como para el afilado de sierras de acero de alta velocidad.

Para poder identificar el tipo de abrasivo de una rueda, a continuación se presenta una tabla de equivalencias entre las principales marcas de fabricantes de abrasivos que podemos encontrar en el mercado nacional.

## TABLA DE EQUIVALENCIAS DE GRANOS ABRASIVOS

TIPO DE ABRASIVO	AUSTROMEX	CARBORUNDUM	NORTON	BAY STATE	BENDIX
OX. AI REGULAR	A , 11A	A	A	A	A
OX. AI ROSA	88A	PA	—	3A	—
OX. AI BLANCO	89A	AA	38A	9A	WA
OX. AI RUBI	91A	5A	25A	—	—
OX. AI MONO	90A	7A	32A	—	—
11A + 89A ( 50% )	50A	DA	19A	8A	18A
SIC VERDE	C	GC	39C	1C	GC
SIC NEGRO	1C	C , BC	37C	C	C
C + 1C ( 50% )	50C	RC	—	3C	HG
A, 11A + 1C ( 50% )	AC	CA	AC	CA	CA
CORINDON ZIRCONIO	22A	VA , TA	66A, 68A	RA,VA	2A

TIPO DE ABRASIVO	ATLANTIK	CININNATI	NAXOS	SIMONDS	OEMETA
OX. AI REGULAR	NK	2A	NK	A	NK
OX. AI ROSA	EKB	12A	EKd	NA	EKR
OX. AI BLANCO	EKW	9A	EK	WA	EKW
OX. AI RUBI	EK6	—	FF	RA	EKD
OX. AI MONO	EK7	—	EKa	SA	—
11A + 89A ( 50% )	HK	97A	HK	NA	—
SIC VERDE	SC9	5C	—	GC	SCG
SIC NEGRO	SC7	6C	—	C	SCS
C + 1C ( 50% )	—	7C	—	—	—
A, 11A + 1C ( 50% )	—	C2A, C4A, C12A	—	CA	—
CORINDON ZIRCONIO	—	2A	—	—	—

### I.3.2. TAMAÑO DE GRANO

Los granos abrasivos pueden fabricarse de tamaños muy variados. Para operaciones de desbaste, es decir de arranque rápido de material, las ruedas abrasivas se constituyen de granos gruesos. Para operaciones de acabado, los granos finos constituyen la rueda. Existen sin embargo, granos de tamaño medio, que le pueden dar versatilidad a una rueda, es decir que en un momento dado, se le puede considerar a ésta como de uso general.

Una tabla para poder clasificar a los granos por su tamaño es la siguiente.

<u>TAMAÑOS DE GRANO</u>		<u>CLASIFICACION</u>
8, 10, 12	-----	MUY GRUESO
14, 16, 20, 24	-----	GRUESO
36, 40, 46, 50, 60	-----	MEDIO
70, 80, 90, 100, 120	-----	FINO
150, 180, 200, 220, 240	-----	MUY FINO

### I.3.3. DUREZA

La dureza de una rueda abrasiva no es más que la fuerza con la que se encuentran unidos entre sí los granos abrasivos.

No debe confundirse la dureza de la rueda con la dureza del grano, son dos cosas distintas.

La dureza de la rueda la determinan básicamente el tipo y la cantidad de aglutinante o pegamento empleado para unir entre sí a los granos abrasivos.

Al igual que la dureza, las demás características de la rueda las dicta tanto el tipo de operación, el tipo de material a trabajar, y el tipo de máquina a usar. No obstante, y aunque no es una ley, generalmente para materiales duros lo recomendable es usar ruedas suaves, mientras que para materiales suaves, lo idóneo es usar piedras duras. Las durezas de las ruedas son indicadas con literales, de acuerdo a la siguiente tabla.

D - E - F - G - H	-----	BLANDA
I - J - K - L - M - N - O - P	-----	MEDIA
Q - R - S - T - U - V	-----	DURA

#### *I.3.4. ESTRUCTURA*

La estructura de una rueda abrasiva indica la densidad o la relación existente entre los granos abrasivos y la liga o aglutinante, con la porosidad de la rueda. La función primaria de los poros o espacios es dejar zonas libres para la circulación del aire y de esta manera ayudar a que la

operación no genere calor excesivo. La variación en la estructura de la rueda puede ir de acuerdo a la siguiente tabla:

3, 4, 5, 6	-----	CERRADA
7, 8, 9	-----	MEDIA
10, 11, 12	-----	ABIERTA
13, 14, 15, 16	-----	SUPER POROSA

#### 1.3.5. AGLUTINANTE.

El aglutinante, como ya lo se mencionó, es el pegamento con el cual se mantienen unidos los granos abrasivos. Los aglutinantes o ligas más comunes son: Vitrificada, resinosa, hule, goma, laca, silicato de sodio y oxiclورو de magnesio. Se hará énfasis especial en las tres primeras, ya que representan el 90% de las ruedas fabricadas actualmente en México.

LIGA VITRIFICADA. Los fabricantes la designan con la letra "V", es usada en un 50% de las ruedas. Esta hecha a base de arcilla o feldespato fundido a altas temperaturas durante el proceso de horneado para la fabricación de ruedas, formando un material similar al vidrio, de ahí el nombre de vitrificada. La mayoría de las ruedas con liga vitrificada se usan a una velocidad promedio de 33 m/seg. Pueden usarse

en seco o con líquido refrigerante, ya que la liga no se afecta por la acción de agua, ácidos o aceites.

LIGA RESINOSA. Se designa con la letra "B". Esta hecha a base de un material similar al empleado en la fabricación de un auricular telefónico. Las ruedas fabricadas con liga resinosa pueden operar a velocidades mucho más elevadas que la mayoría de las vitrificadas (80 m/seg.) Se usan en operaciones pesadas, tales como el desbaste y el corte, y en operaciones en las que se requiere un acabado fino, por ejemplo, en el rectificado de rodillos.

LIGA DE HULE. Se designa con la letra "R". Las ruedas con este tipo de liga se logran vulcanizando una mezcla de grano abrasivo, hule y azufre. Son utilizadas para producir acabados finos en piezas tales como pistas para baleros y levas. La liga de hule es usada también en discos de corte dándole la particularidad a éstos de no producir rebaba al cortar. Así mismo es usada para ruedas reguladoras en operaciones de esmerilado cilíndrico sin centros, el cual analizaremos a detalle más adelante

Los cinco factores que constituyen las características de los abrasivos sólidos que son: tipo de material abrasivo, tamaño de grano, dureza de la rueda, estructura de la rueda y tipo de aglutinante, deben aparecer en las etiquetas de los productos para su identificación. Para lo cual se

utiliza una nomenclatura de marcaje, la cual está normalizada para cualquier fabricante. Cabe señalar que el acuerdo entre fabricantes es en cuanto al orden de marcar estas características en las etiquetas, pero no en lo concerniente a los valores absolutos de cada signo, así pues, dos ruedas con las mismas características de marcaje, pero de distintas marcas, pueden presentar notable diferencia en su comportamiento durante la operación.

En la especificación deben figurar los datos o claves referentes a los cinco factores ya analizados, siguiendo la secuencia que muestra la figura siguiente:

**89A      60      K      5      V      A1**

ABRASIVO	TAMAÑO DEL GRANO	DUREZA	ESTRUCTURA	LIGA O AGLUTINANTE	SÍMBOLO INTERNO
A	Muy grueso:	Muy blanda:	Densa:	V = Vitrificada	Símbolo del fabricante
11A	8, 10, 12, 14	D, E, F, G	0, 1, 2	B = Resinosa	
30A	Grueso:	Blanda:	Mediana		
50A	16, 20, 24, 30	H, I, J, K	3, 4		
70A	Mediano:	Mediana:	Abierta:		
75A	36, 46, 54, 60, 70	L, M, N, O	5, 6		
87A	Fino:	Dura:	Porosa:		
88A	80, 90, 100,	P, Q, R, S	7, 8, 9		
89A	120, 150	Muy dura:	Superporosa:		
91A	Muy fino:	T, U, V, W	10		
C	180, 220, 240,	Extra dura			
1C	Extra fino:	X, Y, Z			
50C	320, 400, 500, 600				

Para ilustrar lo referente al marcaje de una rueda abrasiva examinemos el siguiente ejemplo. Si en una rueda marca Austromex apareciera la siguiente especificación marcada.

11A 60 N 6 V A0

Y se desea conocer las características de esa rueda, lo primero que debe hacerse será dividir la especificación para determinar las seis posiciones.

1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.
11A	60	N	6	V	A0

Al localizar las correspondencias en las tablas propuestas anteriormente se puede afirmar que:

- 11A - Se refiere a que la rueda es de óxido de aluminio gris.
- 60 - Se refiere a que los granos son tamaño 60, es decir se trata de granos medios.
- N - Se refiere a que la piedra tiene una dureza media.
- 6 - Se refiere a que la estructura de la rueda es cerrada.
- V - Se refiere a que el aglutinante con el que se fabricó la rueda es del vitrificado.
- A0 - Se refiere a una característica especial que el fabricante utilizó para manufactura de esa rueda. No es importante conocerla.

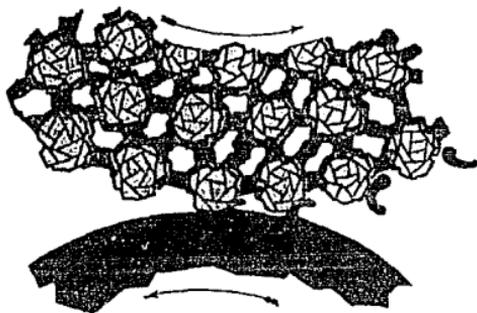
Al tener definidas las características de la rueda, se concluye que se trata de un cuerpo abrasivo con el que podemos trabajar aceros al carbón por estar hecha de óxido

de aluminio; el tener grado medio nos ofrece cierta versatilidad en cuanto a las diferentes operaciones que la rueda puede desarrollar, es decir puede desbastar con la limitante del desgranamiento de la rueda, ya que es de liga vitrificada y de dureza media; también podemos afilar ciertos materiales en los que el calor no afecte al material de trabajo; podemos obtener acabados medios. Se trata de una especificación muy comercial, de hecho es usada en cualquier taller o industrial metalmecánica.

#### *I.4. TEORIA DEL MECANIZADO CON ABRASIVOS SOLIDOS*

##### *I.4.1 TRABAJO DEL GRANO ABRASIVO*

En el proceso de mecanizado con abrasivos, el 90% de las operaciones se realizan mediante una rueda abrasiva que gira y que entra en contacto con la superficie de una pieza de trabajo. Cada grano abrasivo de la periferia de la rueda que hace contacto con la pieza de trabajo, actúa como una herramienta individual de corte y remueve una pequeña viruta de material. La siguiente ilustración es una amplificación de la acción de corte que realiza cada grano individualmente.



Para comprender mejor lo que sucede cuando un grano abrasivo entra en contacto con el material, es conveniente observar todos los factores que de una u otra forma intervienen en este proceso, como velocidades, temperaturas, esfuerzos, reacciones, etc.

Al analizar microscópicamente un grano abrasivo de una rueda que este rectificando una pieza de acero, se puede determinar que si dicha rueda gira a una velocidad periférica de 33 m/s, el grano abrasivo lleva una velocidad de 115 km/hr, y en consecuencia, en el punto de contacto tanto la viruta arrancada como el grano alcanzan temperaturas elevadas del orden de los 100°C, pero que dichas temperaturas solo se mantienen durante pequeñas fracciones de segundo, ya que el grano normalmente es enfriado bruscamente por el refrigerante o líquido enfriador.

Por otra parte, la penetración del grano abrasivo en la pieza es de un 5% de su tamaño en el mejor de los casos, pero la fuerza a la que éste se haya sometido para lograr tal penetración, puede ser del orden de 900 a 1300 gr actuando en tiempos inferiores a 0.0001 seg. Del esfuerzo que recibe el grano, la mitad aproximadamente actúa en la dirección del movimiento del grano, mientras que la otra mitad hace que el grano penetre en el material.

Las deformaciones plásticas del material y la fricción del grano absorben una energía que se transforma en calor, lo cual provoca las elevadas temperaturas; y como además del calor, se producen elevadas presiones sobre el grano, se originan reacciones químicas en las que intervienen el metal base y sus elementos de aleación, hablando de la pieza de trabajo; así como el tipo de abrasivo, el líquido refrigerante y el propio aglomerante o liga de la rueda. Todo esto provoca, junto con la temperatura y la presión, fuertes adherencias entre el material y el abrasivos. A este fenómeno se refieren los operarios y técnicos cuando dicen que "la rueda se tapa".

Las situaciones mencionadas anteriormente provocan el desgaste o el quebrado del grano abrasivo. Se hace necesario pues lograr un equilibrio tal, que se vaya produciendo un desgaste de las puntas del grano hasta el punto de que por su incapacidad de corte, se quiebre y

aparezcan nuevas puntas o aristas afiladas. En la siguiente figura se puede observar un grano abrasivo (A), con las aristas de corte perfectamente afiladas y el mismo grano (B) con el desgaste que ha sufrido por causas del esfuerzo realizado.



Al desgastarse la arista de corte, la pequeña superficie del grano que está en contacto con el material va aumentando y en consecuencia, también aumenta el esfuerzo de corte hasta un punto en que el grano abrasivo ya no puede resistir más y en tal caso o bien se quiebra presentando nuevas aristas afiladas a causa de la estructura cristalina que presentan los abrasivos, o bien, se desprende por completo debiendo ser sustituido por un nuevo grano si deseamos continuar la operación.

El factor químico también es digno de mención ya que tiene una estrecha relación con la temperatura alcanzada en la zona de trabajo. Así por ejemplo, el carburo de boro es un material muy duro, pero cuyas propiedades como herramienta quedan restringidas en muchos casos por su comportamiento

químico con los materiales que se mecanizan con él. Esto quiere decir que para trabajar ciertos materiales es menester el cuidar que el tipo de abrasivo empleado no afecte la estructura química de éstos.

Se puede afirmar, en cuanto a los conceptos de friabilidad y dureza, que cuanto más friables los granos cortan mejor, pero resisten menos esfuerzos que los más tenaces, los cuales permiten mayor arranque de material, por lo tanto son adecuados para desbastes, por su estructura más roma (que no presenta muchas aristas) presentando mayor superficie de trabajo, (naturalmente también requiere más fuerza para penetrar el material de trabajo). Así pues, se puede concluir que: Los abrasivos friables tienden a cortar el material y los tenaces tienen mayor tendencia al arranque del material.

En lo que a dureza del grano se refiere, ésta debe estar en relación con la resistencia a la tensión y estructura del material a mecanizar. Por lo general y aunque parezca paradójico, cuanto más resistente sea el material, menos dureza puede tener el abrasivo; así pues, para mecanizar materiales de alta resistencia a la tensión, como aceros al carbón, aleados, hierros forjados, etc., se usa normalmente el óxido de aluminio; mientras que para materiales con poca resistencia a la tensión, como la fundición gris y en general metales no ferrosos, se utiliza el carburo de

silicio oscuro, que tiene dureza más elevada que el óxido de aluminio.

Tocante al tipo de aglutinante, se ha comprobado que la acción de corte del grano abrasivo es prácticamente independiente de éste.

Por lo que a la estructura se refiere, los abrasivos aglomerados son los productos con mayor capacidad para conseguir superficies de gran exactitud de dimensiones, debido a que son el tipo de materiales que presentan la mayor unión entre granos.

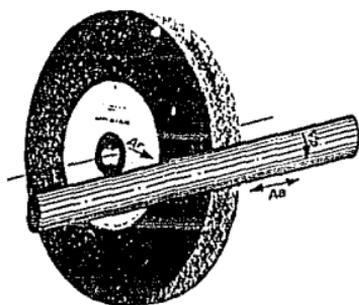
En este apartado se analizaron algunos de los factores más importantes que intervienen en el mecanizado con un cuerpo abrasivo sólido, individualizando la acción de un grano abrasivo. A continuación se hará mención a factores decisivos durante la operación de mecanizado, pero tomando en cuenta el conjunto de granos como parte de un cuerpo abrasivo sólido.

#### 1.4.2. TRABAJO DE LA RUEDA ABRASIVA

En este apartado se estudiará el comportamiento de todo el conjunto de granos que constituyen la herramienta abrasiva tal como se emplea en la práctica.

Lo primero que hay que tomar en cuenta es que el número de granos por unidad de superficie será muy distinto según el tamaño y espacio que exista entre éstos, es decir, según la estructura. Por lo tanto la fuerza aplicada para hacer el trabajo también se reparte entre los granos que se hayan en contacto con el material, y el material que soporta cada grano varia en función del area de contacto, de ahí la enorme importancia que tiene el área de contacto entre la pieza y el abrasivo al realizar el trabajo.

Para comprender mejor este concepto se propone como ejemplo un caso supuesto de rectificado cilíndrico exterior entre puntos, en el que la pieza sujeta entre puntos está animada de un movimiento de rotación sobre sí misma ( $V_p$ ) y sobre ella se aplica una rueda que también gira alrededor de su eje con la velocidad  $V_R$ , y con un avance radial  $A_r$  que tiene que lugar al final de la carrera, cuando la rueda deja el contacto con la pieza. Entre la rueda y la pieza existe además un movimiento de traslación a lo largo de los ejes de giro, se trata del avance axial  $A_a$ . En la siguiente figura vemos ilustrados los movimientos descritos.



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. Se nos presentan pues cuatro movimientos básicos y cuatro clases de esfuerzos:

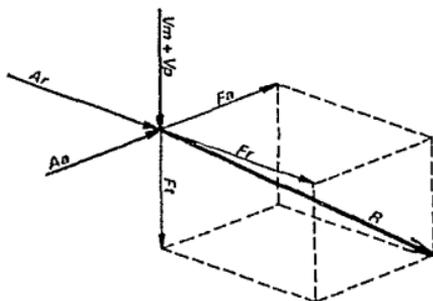
#### MOVIMIENTOS:

Velocidad de la rueda en m/seg	$V_R$
Velocidad de la pieza en m/min	$V_p$
Avance radial en mm/carrera	$A_r$
Avance axial en m/revolución	$A_a$

#### ESFUERZOS:

Esfuerzo tangencial en kg	$F_t$
Esfuerzo axial en kg	$F_a$
Esfuerzo radial en kg	$F_r$
Resultante en kg.	$R$

Como se aprecia en la siguiente figura, el avance axial ( $A_a$ ) da lugar al esfuerzo axial ( $F_a$ ), mientras que el avance radial ( $A_r$ ) produce el esfuerzo radial ( $F_r$ ). Las velocidades ( $V_p + V_R$ ) originan el esfuerzo ( $F_t$ ) que es el de mayor significado. El punto de aplicación de estas fuerzas se haya en al área de contacto entre pieza y rueda, que se definirá más adelante, su valor es el esfuerzo resultante ( $R$ ) indicado en la figura.

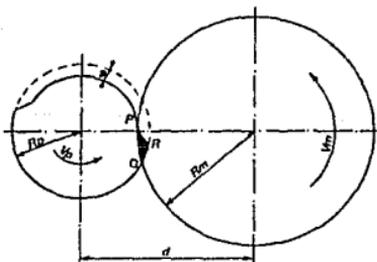


La resultante  $R$  es la que determina la capacidad de corte y el grado de desgranamiento de la rueda al ser aplicada proporcionalmente al número de granos de la zona afectada. Existe pues, una relación entre todos los esfuerzos y

movimientos de manera que el rendimiento, así como la calidad del trabajo y la seguridad del operario dependen del correcto equilibrio entre ellos.

Por la importancia del esfuerzo tangencial ( $F_t$ ) es interesante hacer una análisis del mismo. En la figura siguiente se presenta de forma muy exagerada la interferencia entre la rueda y la pieza. La interferencia la marcamos con la letra "a" y su valor es:

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

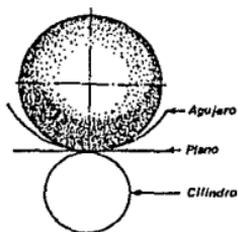


Al valor de "a" se le denomina profundidad de pasada y es el material que se elimina de la pieza por pasada en sentido radial. Considerando nuevamente uno solo de los granos de la periferia de la rueda, en un tiempo dado T, por el movimiento de giro de la rueda, el grano pasa de P a Q, mientras que el punto R de la pieza, supuesto inicialmente

en Q, a pasado a la nueva posición R por el movimiento de giro de la rueda. La interferencia entre la pieza y la rueda, representada por el triángulo curvilíneo P Q R, es la sección de viruta arrancada por el grano.

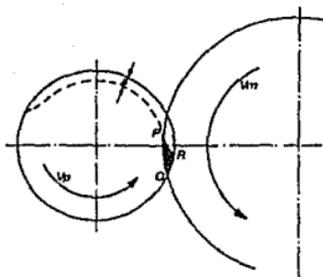
El arco P Q es el arco de contacto, siendo su valor muy importante y si suponemos el grueso de la rueda constante. P Q es directamente proporcional al área de contacto. A igualdad de esfuerzos, es decir manteniendo constantes los avances y velocidades de operación, si aumenta el área de contacto, será menor el esfuerzo específico por grano, ya que dicho esfuerzo quedará repartido entre un mayor número de granos, no arrancándose éstos tan fácilmente con lo que la rueda se comportará como si fuese más dura. Si el área de contacto disminuye, ocurre el efecto contrario y la rueda se comporta como si fuera más blanda.

El diámetro de la rueda influye en el área de contacto, ya que al aumentar, actúa sobre un marco mayor; lo mismo ocurre al aumentar el diámetro de la pieza, y la influencia puede ser mayor en una superficie plana y mucho mayor en el rectificado de un agujero, tal como se muestra en la figura siguiente.



Por lo tanto es importante tomar en cuenta este arco o área para determinar la dureza del cuerpo abrasivo.

Se tiene ahora la siguiente figura:



Supóngase constantes los diámetros de la pieza y de la rueda, así como la profundidad de pasada "a"; la longitud de los arcos P Q y R Q depende de la relación  $V_p/V_R$ .

En efecto, al aumentar ( $V_p$ ) de la relación anterior se deduce que el punto R que antes describía el arco Q R, ahora describirá uno mayor, es decir, el área del triángulo P Q R será mayor, así como también la longitud Q R; al crecer Q R también crecen los esfuerzos sobre el grano, por lo que será

más fácil que se desgranen y la rueda resultará más suave. Por el contrario, si el cociente anterior tiende a disminuir, la rueda se comportará como más dura.

De tal forma, se puede afirmar que: Tanto los esfuerzos como los movimientos en los trabajos con herramientas abrasivos son muy importantes, ya que de ellos dependen en primer lugar conseguir los resultados deseados en la operación, y en segundo, hacer de la misma una tarea que se apegue a las normas de seguridad.

## CAPITULO II. FACTORES DE SEGURIDAD QUE INTERVIENEN EN EL USO DE ABRASIVOS SOLIDOS

### II.1. ETAPAS GENERALES

En este capítulo se exponen los factores más importantes, que de acuerdo a la experiencia y a las situaciones prácticas son dignos de tomarse en cuenta en el uso de abrasivos sólidos.

Estos factores se identifican en seis etapas, las cuales se verifican en la mayoría de las distintas operaciones que se efectúan con abrasivos sólidos. Estas etapas son:

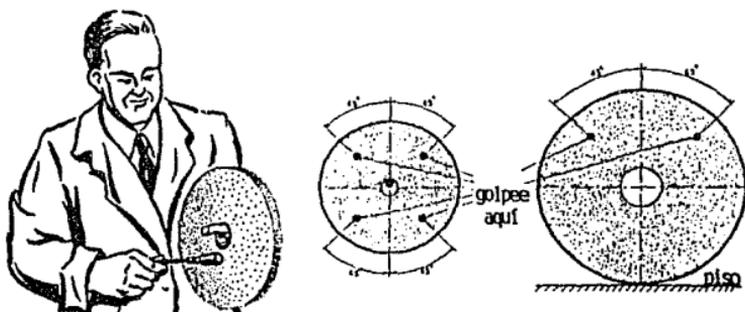
1. INSPECCION
2. MANEJO
3. ALMACENAJE
4. SELECCION
5. MONTAJE
6. OPERACION

Tener la debida precaución con las ruedas abrasivas es importante desde el punto de vista de la seguridad y de la eficiencia, independientemente del tipo de rueda o del tipo de operación que se esté realizando.

A continuación se estudiarán los factores de seguridad que deben observarse en cada una de las etapas mencionadas. Se hará de una forma general, ya que la gran variedad de ruedas abrasivas y de operaciones distintas nos ocuparían demasiado si se deseara hacerlo individualmente.

## II.2. INSPECCION DE LA RUEDAS ABRASIVAS

Siempre que se reciba una rueda, se debe inspeccionar para detectar cualquier fisura o despostilladura que pueda tener ésta. Después de esto, se le debe practicar la prueba del sonido: las ruedas ligeras se sostienen con un dedo a través del barreno y después de debe golpear ligeramente con un pedazo de madera o bien con el mango de un desarmador en la posiciones mostradas en la siguiente figura:



Las ruedas grandes se deben apoyar en un piso duro y limpio, y se deben golpear ligeramente en los lugares indicados en la figura "C" mostrada anteriormente.

Una rueda con liga o aglutinante vitrificado en buen estado producirá un claro sonido metálico.

Las ruedas con liga resinosa no se pueden probar con facilidad, debido a que el sonido que producen, se encuentren o no dañadas, es apagado. De cualquier forma, si existe duda acerca de la condición de la rueda, ésta se debe regresar al fabricante para que sea éste quien dictamine si la rueda puede usarse o no.

### II.3. MANEJO DE LAS RUEDAS ABRASIVAS

Manejar cuidadosamente las ruedas durante su transporte es importante para asegurar la integridad de estas, pero sobre todo la integridad de los operarios. Las siguientes son reglas relacionadas con el manejo de las ruedas, y están contenidas en el Código de Seguridad del Instituto Nacional Americano de Normas (ANSI):

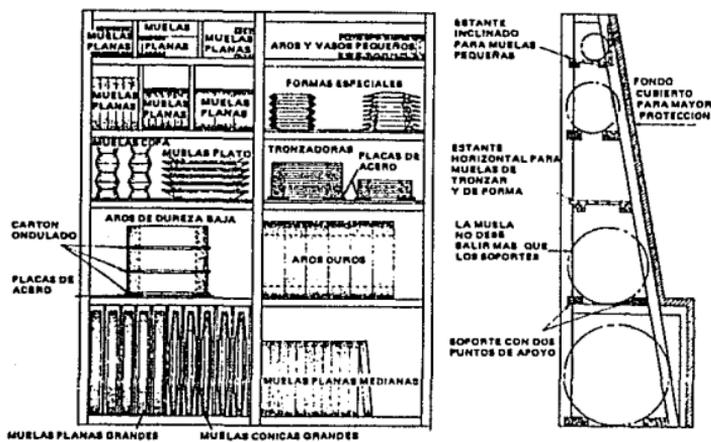
1. Manejar las ruedas con cuidado para evitar que se golpeen o se caigan.
2. No rodar ninguna rueda sobre su canto.
3. Usar carretillas o algún otro tipo de dispositivo similar para transportar las ruedas grandes o pesadas.
4. Colocar las ruedas en las carretillas o estantes en forma cuidadosa para evitar daños.

5. No apilar ningún material ni herramientas sobre una rueda abrasiva.

#### II.4. ALMACENAMIENTO DE LAS RUEDAS ABRASIVAS

Algunos accidentes que ocurren al estar operando con ruedas abrasivas se derivan de un almacenamiento incorrecto. Pudiera pensarse que muy poco tiene que ver la forma de almacenar una rueda, sin embargo existen algunos factores que debemos observar siempre.

Las ruedas esmeriladoras se deben almacenar en un área seca, en estanterías adecuadas. En la siguiente figura se muestra una estantería típica, útil para el almacenamiento de varios tipos de ruedas abrasivas.



Estantes para el almacenaje de abrasivos aglomerados

Cabe señalar que las ruedas resinosas delgadas (discos) se deben apoyar en una superficie plana horizontal (tablones de madera pueden ser útiles), alejadas del calor y la humedad. de lo contrario pueden producirse alabeos o deformaciones (pandeamientos) en el cuerpo de las ruedas. La rueda puede reblandecer si se le somete a calor o humedad excesiva, si ésto ocurre y las ruedas no se encuentran apoyadas en sus caras sobre una superficie plana, ocurre algo parecido a cuando dejamos un disco fonográfico expuesto al calor por un período considerable de tiempo, solo que en caso de los cuerpos abrasivos, el pandeo no puede ser perceptible a simple vista. Si se opera un disco o una rueda abrasiva que se encuentre pandeada, se corre el riesgo de que se rompa durante la operación.

Algunos usuarios mantienen sus discos de corte dentro de un horno eléctrico para mantener una temperatura constante, aunque la temperatura del horno debe ser relativamente baja. Es aconsejable, el mantener los discos en sus cajas protegidos con bolsas de plástico e inclusive se recomienda usar absorbentes de humedad para evitar dañar a la resina de éstos.

Las ruedas pequeñas como las puntas montadas, se pueden guardar en las cajas etiquetadas con una descripción del contenido.

Es recomendable que las ruedas esmeriladoras de alta velocidad se guarden en una sección separada para evitar que se mezclen accidentalmente con las ruedas normales.

Más adelante se explicará porque el factor velocidad es fundamental para la seguridad en operaciones con abrasivos sólidos.

#### *II.5. SELECCION DE LA RUEDA ABRASIVA*

Seleccionar correctamente una rueda esmeriladora es muy importante, tanto para lograr los resultados óptimos en la pieza de trabajo, como para garantizar una operación sin riesgo para el operario y personal que lo rodea.

A continuación se presenta una tabla que contiene los factores o variables que se deben tomar en cuenta para tales propósitos, así como las propiedades o características a considerar de la rueda abrasiva.

VARIABLES	CARACTERISTICAS A CONSIDERAR				
	TIPO DE ABRASIVO	TAMANO DE GRANO	DUREZA	ESTRUC-TURA	LIGA
TIPO DE MATERIAL A ESMERILAR (Resistencia a la tensión alta o baja, dureza)	X	X	X	X	
TIPO DE OPERACION DE ESMERILADO (Sin centros, cilíndrico, superficie, corte)	X	X	X	X	X
CARACTERISTICAS DE LA MAQUINA (Potencia, estado)			X		
CARACTERISTICAS DEL OPERADOR (Tendencia a realizar cortes gruesos o ligeros)			X		
AREA DE CONTACTO ENTRE LA RUEDA Y LA PIEZA (Grande, pequeña)		X	X	X	
VELOCIDAD DE LA RUEDA (Baja, alta)			X	X	X
VELOCIDAD DEL TRABAJO (Baja, alta)			X		
INDICE DE ALIMENTACION (Bajo, alto)		X	X	X	
INDICE DE REMOCION O SEVERIDAD DE LA OPERACION (Cortes gruesos o ligeros)		X	X	X	X
ACABADO REQUERIDO (Fino, normal)		X	X	X	X
ESMERILADO EN SECO O HUMEDO			X	X	X

Con la anterior información, no se pretende el que el usuario diseñe sus propias especificaciones para que se le fabriquen sus ruedas. Definitivamente es necesaria la asistencia del fabricante. No obstante es el operario el que con su experiencia y conocimientos, ayudará en gran medida a que se fabriquen ruedas adecuadas para necesidades específicas.

Así tenemos que en cuanto al tipo de material que se esmerilará, repercute en casi todas las características de la rueda. En el capítulo anterior se aclaró que algunos tipos de abrasivos se comportan mejor para trabajar ciertos materiales.

Del tipo de operación se puede decir que es determinante para definir las características de la rueda.

Las características de la máquina son definitivas para determinar la dureza de la rueda. Al respecto se debe tener cuidado para verificar si el motor de la máquina conserva las características explícitas en su placa de datos, ya que en muchos casos éste ya ha sido reparado y pueden haber variado factores tales como la potencia (H.P.) y la velocidad (RPM). El estado de la máquina también es muy importante, ya que si ésta presente vibraciones debidas a, un anclaje inadecuado, bandas flojas, baleros en mal estado, etc., se debe pensar en la mejor opción: a) Se diseña una

rueda capaz de soportar las malas condiciones de operación (lo cual no es lo más adecuado, pero a veces es lo más económico); b) Se piensa en una reparación total de la máquina o en la adquisición de una nueva. En ambos casos la elección debe ser plenamente justificada.

En cuanto al operador, básicamente se debe observar la presión que ejerce sobre la rueda durante la operación; la habilidad y la destreza son importantes, aunque éstas se adquieren con la experiencia. Algunos operarios tratan de sustituir la falta de potencia de la máquina con presión excesiva, lo cual no es recomendable; lo mejor es elegir, si es posible, entre una rueda más dura o una más blanda.

Un claro ejemplo se puede citar para los discos de corte que son cuerpos muy delgados, sometidos a grandes presiones. En México existen diferentes tipos de máquinas estacionarias (fijas) para cortar, ya sea metal o concreto, las hay manufacturadas por marcas que observaron las normas de seguridad para su elaboración; pero también las hay totalmente hechas a mano, en las que difícilmente los autores se percatan de factores fundamentales para brindar una operación segura. Son normalmente en este último tipo de máquinas en las que se suscitan la mayoría de los accidentes con discos de corte. Ante esta problemática algunos fabricantes de abrasivos han diseñado discos especiales para soportar tales condiciones de trabajo; normalmente son

discos rígidos provistos de refuerzos que le proporcionan mayor consistencia de manera que éstos no se romperán tan fácilmente debido a vibraciones y presiones extremas. Cabe señalar que, obviamente, los cortes con éstos discos no pueden ser tan limpios que los que un disco diseñado especialmente para una cortadora en buen estado puede lograr.

El área de contacto entre la rueda y la pieza, también es determinante para seleccionar el tamaño de grano, la dureza y la estructura que deberá tener la rueda; recordemos que en capítulo anterior se analizó detalladamente la importancia que tiene este factor. Solo se remarcará lo siguiente: "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 y la rueda se comporta como si fuese más suave". Entendido ésto y para efectos prácticos, podemos afirmar que si tenemos grandes áreas de contacto, requeriremos piedras más suaves que si tenemos áreas pequeñas.

Para hablar de la velocidad de la rueda, será necesario explicar la diferencia entre las RPM (revoluciones por

minuto) a las que gira la flecha o el dispositivo sobre el que se monta la rueda, y la velocidad a la que ésta gira.

Por principio de cuentas, la velocidad de la rueda va a estar dada en m/s. Partiendo de esta base, imaginemos que podemos desmontar una rueda que se encuentra trabajando a ciertas RPM. Suponiendo que al desmontar la rueda no se pierden RPM, al depositar la rueda en una superficie plana y horizontal, podríamos medir los metros que la rueda libre pudiese recorrer en un tiempo de un segundo.

Así pues, veamos que fácilmente podemos calcular la velocidad periférica de la rueda en m/seg. con la siguiente fórmula:

$$V P R = \frac{RPM \times \text{Diam. rueda} \times \pi}{60,000}$$

Donde:

- V P R = Velocidad periférica de la rueda [m/s]  
RPM = Revoluciones por minuto de la máquina [RPM]  
Diam. rueda = Diámetro exterior de la rueda [mm]  
 $\pi$  = 3.14  
60,000 = Constante

Si se analiza la expresión anterior, se deduce que la velocidad periférica de una rueda es directamente

proporcional, tanto a las RPM de la máquina, como al diámetro exterior de la rueda.

Así por ejemplo, una rueda de 200 mm de diámetro y otra de 175 mm no tendrán la misma velocidad tangencial si ambas se operan a 1,800 RPM:

Para la rueda de 200 mm se tiene que:

$$V P R = \frac{1,800 \times 200 \times 3,14}{60,000} = 18.8 \text{ m/s}$$

Mientras que para la de 175 mm se tiene que:

$$V P R = \frac{1,800 \times 175 \times 3,14}{60,000} = 16.4 \text{ m/s}$$

Es obvio que una rueda más grande podría recorrer más m/s que una más pequeña si a ambas se les suministra el mismo número de RPM.

Ahora bien, ¿Que importancia tiene lo mencionado anteriormente respecto a la velocidad?

Realmente es de suma importancia, ya que un 70% de las rupturas de ruedas que aparentemente estaban en buen estado antes de ser montadas o antes de iniciar la operación, se

deben a que el límite de velocidad de operación de las mismas no ha sido respetado.

Los fabricantes de ruedas tienen como norma el marcar las máximas RPM a las que se puede girar una rueda, en las etiquetas de éstas. A continuación se presenta una figura para ilustrar lo anterior.



De igual forma, los fabricantes de máquinas para operaciones con abrasivos sólidos deben de imprimir en una placa metálica las RPM que pueden desarrollar.

No es necesario para el operario recurrir a la fórmula de velocidad periférica para enterarse si está o no trabajando su rueda a la velocidad adecuada, simplemente conociendo el dato de placa de las RPM de la máquina se puede comparar con el límite de RPM inscrito en la etiqueta o en el cuerpo de la rueda.

En el caso de que no se tenga las RPM de la máquina, se hará necesario el uso de un tacómetro para determinar este parámetro.

Para el caso de que se requiera saber con exactitud si se está en una velocidad óptima, es decir, aquella en la que se permita trabajar de manera segura, y mediante la cual se realice una operación precisa, a continuación se presenta una tabla en la aparecen las velocidades periféricas recomendables, de acuerdo a las distintas operaciones que se pueden efectuar con abrasivos sólidos.

#### VELOCIDADES PERIFERICAS RECOMENDABLES

Según los diferentes tipos de esmerilado, se recomiendan las siguientes velocidades:

<b>Rectificado</b>	<b>m/seg</b>
Cilíndrico exterior	25-32
Cilíndrico interior	20-30
De superficie con copas o segmentos	20-25
De superficie con ruedas planas	22-27
<b>Afilado de herramientas</b>	
De acero	25
De carburos cementados (manual)	20-25
De carburos cementados (mecánico)	5-15
De carburo cementado con ruedas de diamante	
en húmedo	18-28
en seco	15-22
<b>Desbaste con máquinas portátiles</b>	
Ruedas vitrificadas	25-30
Ruedas resinosas	48
<b>Desbaste con discos reforzados de resaque</b>	<b>80</b>
<b>Corte con discos abrasivos</b>	<b>60-80</b>
<b>Corte con discos reforzados en máq. fija</b>	<b>80</b>
<b>Velocidad periférica máxima</b>	
Ruedas resinosas	50
Ruedas resinosas reforzada	60-80
Vitrificadas	37
De diamante	25-30

La siguiente tabla, nos es más que una relación de las velocidades máximas (RPM) que se pueden suministrar a las ruedas de acuerdo a los diámetros exteriores de las mismas

TABLA DE VELOCIDADES PERIFÉRICAS

Ø		METROS POR SEGUNDO																Ø	
		15	16	20	23	25	28	30	33	35	37	45	48	50	60	65	80		
mm pulg		REVOLUCIONES POR MINUTO																pulg mm	
25	1	11 503	13 803	15 279	17 189	18 058	21 068	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	6 875	7 639	8 594	9 549	10 604	11 459	12 414	13 268	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	6 365	7 003	7 639	8 276	8 813	9 421	11 459	12 098	12 732	15 278	16 552	20 372	3	75
100	4	2 864	3 437	3 820	4 297	4 775	5 252	5 729	6 207	6 685	7 166	8 595	9 072	9 549	11 458	12 414	15 278	4	100
125	5	2 291	2 750	3 058	3 438	3 820	4 202	4 584	4 968	5 348	5 653	6 816	7 258	7 640	9 168	9 931	12 224	5	125
150	6	1 909	2 291	2 545	2 865	3 183	3 501	3 820	4 138	4 456	4 710	5 729	6 048	6 368	7 639	8 216	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	1 432	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	4 032	4 244	5 092	5 517	6 795	9	225
250	10	1 145	1 375	1 528	1 719	1 910	2 101	2 292	2 483	2 674	2 826	3 438	3 629	3 820	4 584	4 955	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	2 854	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	3 548	4 368	14	350
400	16	716	859	955	1 074	1 194	1 313	1 432	1 552	1 672	1 756	2 149	2 268	2 391	2 865	3 103	3 820	16	400
450	18	638	763	849	955	1 061	1 167	1 273	1 379	1 485	1 570	1 910	2 016	2 122	2 540	2 758	3 358	18	450
500	20	572	687	764	859	955	1 050	1 145	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	469	563	637	716	796	875	955	1 034	1 115	1 158	1 433	1 512	1 591	1 910	2 035	2 548	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	2 352	26	660
710	28	403	484	545	614	682	750	816	887	955	995	1 092	1 158	1 228	1 296	1 584	1 782	28	710
760	30	376	457	509	573	637	700	764	828	891	929	1 143	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	1 124	1 194	1 432	1 532	1 910	32	810
864	34	331	397	442	508	552	618	663	729	773	817	994	1 061	1 105	1 326	1 426	1 768	34	864
912	36	314	376	418	481	523	586	628	691	732	774	942	1 005	1 047	1 258	1 361	1 675	36	912
968	38	295	355	395	454	494	553	593	652	691	731	889	948	988	1 168	1 285	1 581	38	968
1 020	40	280	337	374	430	468	524	561	617	655	692	842	892	935	1 123	1 217	1 497	40	1 020
1 070	42	267	321	358	410	445	493	535	583	624	650	803	855	892	1 070	1 160	1 427	42	1 070

A continuación se presente el siguiente ejemplo:

Supóngase que se cuenta con un esmeril de pedestal cuyo motor entrega directamente a la flecha donde irá montada la rueda, 1100 RPM. La operación que se va a realizar es un desbaste (Se dice que los materiales de trabajo son aceros al carbón).

Se sabe que se pueden montar diferentes tamaños de ruedas, pero se desea saber cual tamaño es el que nos garantiza que la rueda no excedera el límite de velocidad:

Páso No. 1. Verificar en la tabla de velocidades periféricas recomendadas, la correspondiente a una operación de desbaste con ruedas vitrificadas (que son las más adecuadas para desbastar aceros al carbón). Para este caso, la tabla específica de 25 a 30 m/seg.

Paso No. 2. Si se tiene que, RPM = 1100 y que la velocidad periférica máxima recomendable es de 30 m/seg. Se aplica la fórmula:

$$V P R = \frac{RPM \times Diam: rueda \times 3.14}{60,000}$$

Se se despeja Diam. rueda, queda que:

$$Diam. Rueda = \frac{V P R \times 60,000}{RPM \times 3.14}$$

Paso No. 3. Se sustituyen valores:

$$Diam. rueda = \frac{30 \text{ m/s} \times 60,000}{1,100 \times 3.14}$$

$$Diam. rueda = 521 \text{ mm}$$

El índice de alimentación vendría a ser algo de lo que se comentó acerca de las características del operador, cuando el tipo de operación y el tipo de máquina no permiten que haya una graduación en la presión del trabajo o alimentación. Operaciones de este tipo son las que se realizan en esmeriladoras portátiles por ejemplo. Sin embargo, existen máquinas, para rectificado sobre todo, en las que la alimentación de la rueda sobre la pieza de trabajo es de manera gradual, y el operario tiene oportunidad de controlar la profundidad de corte o profundidad de pasada, como comúnmente se le conoce; dependiendo del tipo de máquina, la alimentación se puede dar accionando sistemas mecánicos, o de manera automática. El índice de alimentación influye en las características de: tamaño de grano, dureza y estructura de la rueda.

El índice de remoción o severidad de la operación así como el acabado requerido indican de manera más precisa el acabado que se desea obtener en la pieza de trabajo, esto quiere decir que de la clasificación general de operaciones de mecanizado por abrasión en la que se definen como principales las operaciones de desbaste, corte, rectificado y afilado, se pueden desprender subcategorías debido a los diferentes acabados posibles.

Así por ejemplo, se puede hablar de desbastes severos, donde el acabado es totalmente burdo, o de rectificados finos,

donde el acabado puede ser del tipo "espejo" (de lo más fino que se puede lograr).

Estos factores intervienen definitivamente en las características de: tamaño de grano, dureza, estructura y liga de la rueda.

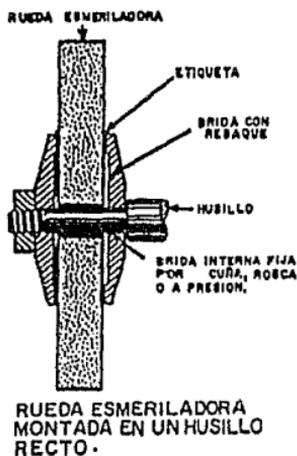
Otro factor determinante para el diseño de la rueda abrasiva es el saber si la operación se va a realizar con o sin la presencia de un líquido refrigerante o lubricante, ya que las características de, dureza, estructura, y sobre todo de liga, cambian radicalmente, dependiendo de si la operación será en seco o en húmedo.

Al iniciar este apartado se dejó claro que el diseño de una rueda abrasiva debe correr por cuenta del fabricante. No obstante el éxito o el fracaso de la rueda para una operación específica, dependerá de la veracidad de las variables que se han tratado. De ahí la importancia que tiene la opinión del usuario experimentado, quien es el más indicado para proporcionar los datos necesarios. Normalmente, cuando se va a diseñar una rueda, el fabricante envía a un técnico para que con ayuda del operario se recabe toda esta información y se diseñe y fabrique una rueda de prueba.

## II.6. MONTAJE DE LAS RUEDAS ABRASIVAS

Al manipular y montar ruedas esmeriladoras, se deben tener ciertas precauciones con el fin de obtener una operación segura y eficiente. La falta de cuidado en el manejo o montaje, puede resultar en roturas, daños a la máquina o a la pieza de trabajo, y lo más grave, posibles lesiones al operario o a las demás personas, que laboran en el área. Antes de montar una rueda, tal como se menciona en apartados anteriores, se debe inspeccionar visualmente y por sonido, para detectar posibles daños que pudieran haberle ocurrido durante el transporte.

Las ruedas esmeriladoras se pueden montar en dos tipos de ejes: ejes rectos y ejes cónicos.

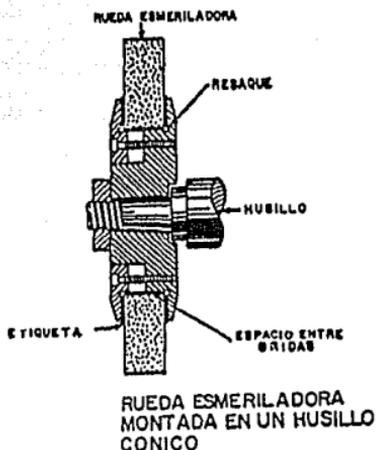


En la figura anterior se puede observar un ejemplo de eje recto. Tiene una sección cilíndrica que en un extremo está roscada y en el otro presenta un incremento en el diámetro, en contra del cual se fija la brida interna por medio de una cuña, rosca o a presión. La rueda debe deslizarse fácilmente en el eje y se sostiene en posición por medio de la brida exterior y una tuerca. En ejes rectos, generalmente se montan ruedas con barreno pequeño.

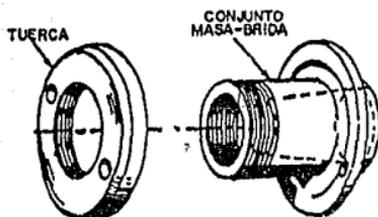
Ambas bridas deben ser del mismo diámetro y deben tener un resaque en el centro, de forma que no ejerzan presión en el área del barreno. El diámetro de las bridas no debe ser menor de un tercio del diámetro de la rueda esmeriladora.

Las etiquetas deben colocarse entre la rueda y las bridas y tienen el fin de evitar daños en la rueda cuando se aprietan las bridas. Las etiquetas deben ser suministradas por el fabricante de la rueda y su diámetro no debe ser menor de un tercio del diámetro total de la rueda, ni deben tener un grosor mayor de 0.635 mm.

El eje cónico tiene una sección en la cual asienta el conjunto masa-brida y una sección roscada en la que se atornilla una tuerca que sirve para sujetar el conjunto. La rueda esmeriladora primero se asegura en el conjunto brida-masa y después el ensamble completo se monta en el eje de la esmeriladora, así se ilustra en la siguiente figura.

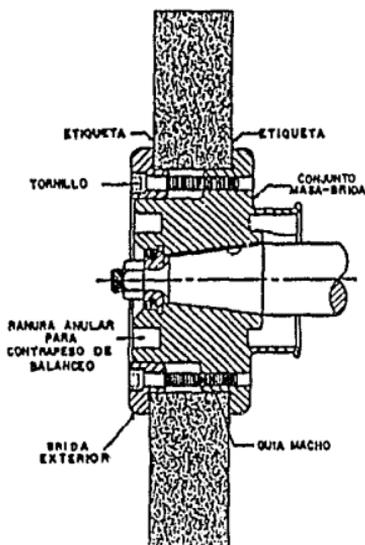


Este tipo de montaje generalmente es usado para ruedas con barrenos grandes, tales como las usadas en algunas esmeriladoras de superficies y esmeriladoras cilíndricas. El conjunto masa-brida que se muestra en la siguiente figura, se usa en esmeriladoras de superficies y en afiladoras universales. En este caso la tuerca sirve como brida exterior y por ello, se debe intercalar una rondana entre la tuerca y la etiqueta con el fin de proteger esta última.



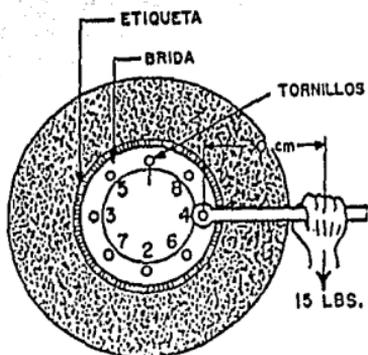
SISTEMA DE FIJACION EMPLEADO EN LA MAYORIA DE LAS ESMERILADORAS DE SUPERFICIE.

Para montar ruedas con dimensiones de hasta 762 mm de diámetro, 102 mm de espesor y barreno de 254 ó 304.8 mm se usa el conjunto mostrado a continuación.



CORTE SECCIONAL QUE MUESTRA EL MONTAJE CORRECTO DE UNA RUEDA ESMERILADORA (USADA EN RECTIFICADO CILINDRICO).

Estas ruedas generalmente se emplean en esmeriladoras cilíndricas. Este conjunto tiene una guía macho y un reborde que actúa como brida interior y es asegurado en un eje cónico por medio de una tuerca. Para fijar la brida exterior se utilizan ocho tornillos. Al momento de montar la rueda los tornillos se deben apretar ligeramente de acuerdo a la frecuencia mostrada en la siguiente figura.



SECUENCIA DE APRIETE DE LOS TORNILLOS DE UNA BRIDA.

Después, y siguiendo la misma secuencia, se debe dar el apriete final con un torquímeter (a un torque de 115 lb pie). El torque está en función del grosor de la rueda por lo que hay ocasiones en las que se requieren torques del orden de 50 a 60 lb pie. El procedimiento de apriete se debe repetir tres veces antes de usar la rueda pero cuidando de no apretar excesivamente para evitar dañar la rueda a las bridas.

Lo ideal sería contar con la ayuda de un torquímetro para medir el apriete, sin embargo, si no se cuenta con uno, lo recomendable es respetar la secuencia de apriete y realizar este en tres pasadas.

A continuación se enlistará la secuencia para los procedimientos de montaje de ruedas para esmeriladoras de eje recto y para esmeriladoras de eje cónico.

#### Esmeriladoras de eje recto:

- a) Se limpia el eje y la superficie de la brida fija.
- b) Si la rueda no tiene etiqueta, se debe colocar una pegándola a la brida fija, recordando que el diámetro de la etiqueta no debe ser menor que el diámetro de la rueda.
- c) Se aplica la prueba del sonido a la rueda.
- d) Se desliza la rueda en el eje de la esmeriladora, la rueda debe entrar libremente, en caso contrario, no debe ser forzada. Por lo general, debe haber aproximadamente 0.127 mm de holgura entre el diámetro del eje.
- e) Se coloca una etiqueta en la cara exterior de la rueda y ponga en su posición la brida exterior.
- f) Se debe asegurar que las caras de las bridas asienten correctamente en la rueda.
- g) Se aprieta la tuerca del eje de tal forma que las bridas sujeten la rueda firmemente. No deben apretarse excesivamente, ya que la rueda puede dañarse.

h) El operario se deberá colocar a un lado de la rueda y accionar la máquina. Se debe permitir que la rueda gire durante un minuto a su velocidad de operación. Es muy importante observar esta medida de seguridad, ya que en caso de que la rueda se encuentre fracturada, lo más probable es que su ruptura ocurra en el primer minuto de operación.

#### Esmeriladoras de eje cónico:

Existen dos sistemas para montar ruedas en esmeriladoras de eje cónico: El primero es el mostrado en la ilustración que se refirió al usado en rectificadoras de superficies y en afiladoras universales, el segundo es el mostrado en la figura que se refiere para ruedas con dimensiones de hasta 762 mm de diámetro, empleado principalmente en esmeriladoras cilíndricas. El procedimiento de montaje en máquinas que emplean el primer sistema, es similar al empleado en esmeriladoras de eje recto. A continuación, se describirá el método de montaje en máquinas que tienen el segundo sistema:

- a) Se limpia la guía y reborde del conjunto masa-brida.
- b) Se aplica la prueba del sonido a la rueda.
- c) Si la rueda no tiene etiquetas, se colocan unas con un diámetro mayor que el de la brida.
- d) Se desliza la rueda en la guía. La rueda no debe entrar forzada.
- e) Se limpia la guía y el reborde de la brida exterior.

f) De ser necesario, se coloca una etiqueta en la brida y se ubica a esta última en su posición.

g) Se debe asegurar de que las bridas asienten correctamente.

h) Se insertan los tornillos en la brida y se aprietan con la mano, siguiendo la secuencia ya mostrada.

i) Con una llave de torque se aprietan todos los tornillos en la secuencia indicada a 15 lb-pie (Se debe recordar que el torque o apriete depende del tamaño de la rueda. Las ruedas muy anchas pueden requerir hasta 60 lb-pie).

j) El operario debe colocarse a un lado, se debe hacer girar la rueda a su velocidad de operación durante un minuto.

k) Después de un lapso de 8 a 16 hrs de uso se deben revisar los tornillos y deben ser reapretados en caso necesario. Se pueden aflojar debido a la compresión de las etiquetas.

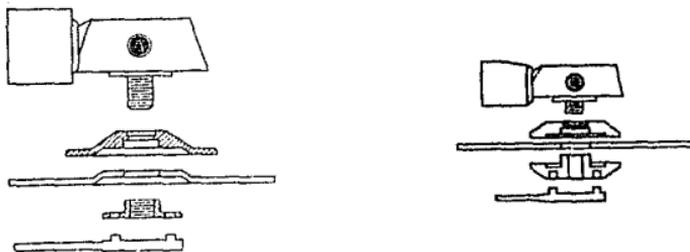
Estas indicaciones de montaje están básicamente enfocadas a ruedas para rectificadas en máquinas fijas. Sin embargo vale la pena mencionar algunos factores esenciales para considerarlos en el montaje de discos, que son en ocasiones cuerpos muy frágiles que por lo mismo, pueden romperse o estallar fácilmente.

Una secuencia lógica para el montaje correcto de discos, tanto en máquinas portátiles como fijas, puede ser la siguiente:

a) Se debe inspeccionar cuidadosamente el disco antes de montarlo y cerciorarse de que no presente pandeamiento para evitar vibraciones durante la operación.

b) Se debe asegurar de que el disco es el adecuado para la operación a efectuar. Es recomendable acudir al fabricante en caso de duda. Se debe revisar la velocidad máxima a la que puede girar el disco, así como potencia de la máquina. Recordando lo importante que son estos dos factores.

c) Según sea el caso, se deben usar los adaptadores o bridas adecuadas para cada disco. Según la forma que tenga el centro del disco será la forma del adaptador a usar. Los discos de desbaste (DT-27) presentan el centro embutido, mientras que los discos de corte son completamente planos. A continuación se presenta una figura en la que se muestra la diferencia entre discos y adaptadores de desbaste y de corte.



d) Especialmente para máquinas de corte del tipo fija y estacionaria, se debe poner especial cuidado en que las bridas utilizadas sean de igual tamaño, con un roscaje en el

centro para que no dañen al centro del disco; que su diámetro sea por lo menos una tercera parte del diámetro del disco; que estén perfectamente limpias.

e) No se deben apretar demasiado los discos. Algunas personas piensan que entre más aprieten más seguros trabajarán, pero un apriete excesivo puede dañar el centro del disco y provocar ruptura durante la operación.

### *II.7. OPERACION CON RUEDAS ABRASIVAS*

En los apartados anteriores de este capítulo se han analizado los factores más importantes para asegurarse de iniciar una operación sin riesgo. Ahora se analizarán aquellos factores que determinan el operar con márgenes de seguridad adecuados.

Este tema se desarrollará más ampliamente dada su importancia. No quiere decir esto que los factores analizados anteriormente sean menos importantes, pero el hecho es que en esta última etapa es cuando surgen las consecuencias de no observar aquellos factores de seguridad. Por lo mismo, se dedicará todo el capítulo siguiente para tratar este punto.

## CAPITULO III. OPERACIONES CON ABRASIVOS SOLIDOS

### III.1. CLASIFICACION DE LAS OPERACIONES

Si se parte de la clasificación vista en la capítulo anterior acerca de las diferentes operaciones que se pueden efectuar con abrasivos sólidos, se pueden determinar las siguientes operaciones como las más representativas:

- a) Desbaste
- b) Corte
- c) Rectificado
- d) Afilado

De cada una de estas operaciones se pueden hacer otras clasificaciones diferentes; de las cuales se mencionarán las más importantes. A continuación se presenta un estudio más específico de las operaciones más representativas, analizando los puntos de mayor importancia en lo que a seguridad respecta. Así mismo se mencionarán aspectos básicos con referencia a la seguridad en el uso de las ruedas de cada operación en especial.

### *III.2. DESBASTE*

El desbaste es la operación que representa la mayor aplicación de los abrasivos sólidos. En la industria metalmeccánica es impresionante la cantidad de discos y ruedas abrasivas que se utilizan diariamente. Por la misma razón es en esta operación junto con la de corte en donde se presentan los problemas más comunes por la no observancia de las normas de seguridad.

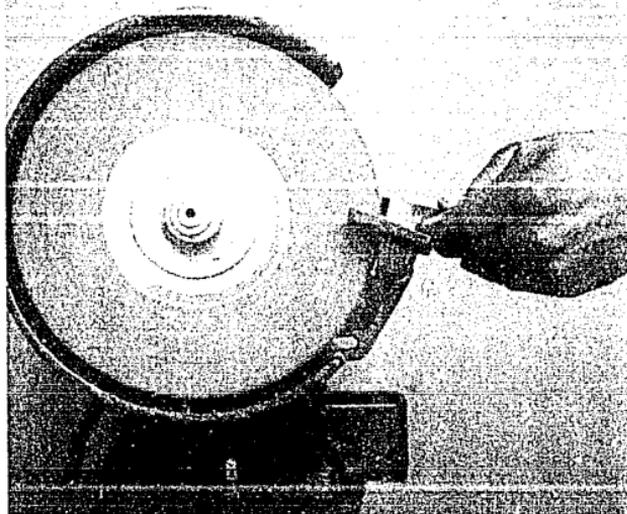
#### *III.2.1. MAQUINAS PARA DESBASTE*

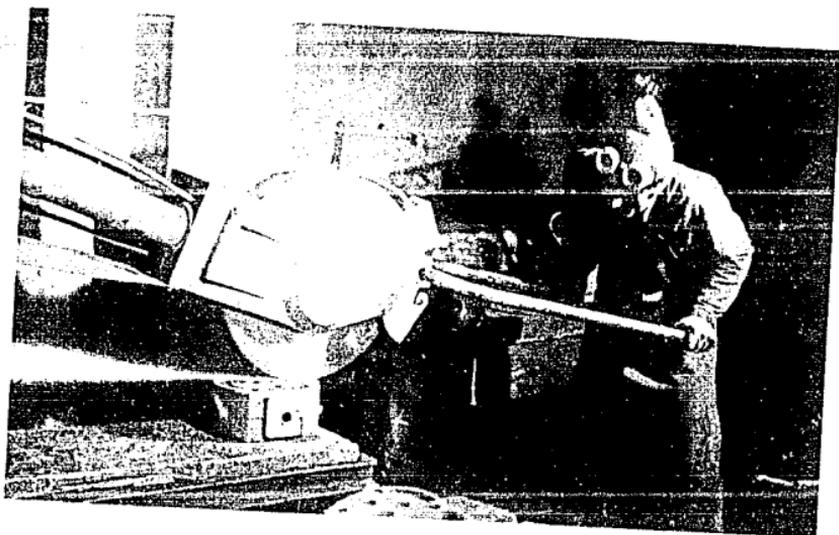
Las máquinas para desbaste efectúan un trabajo de gran arranque de material con un acabado burdo, por consiguiente no requieren mucho en cuando a precisión; en cambio precisan potencia y resistencia suficientes para soportar los grandes esfuerzos a los que se les somete.

Para clasificarlas, se puede hacerlo así:

- Aquellas en las que la pieza de trabajo se maneja manualmente o por medios semimeccánicos, permaneciendo la máquina fija.
- Aquellas en las que la pieza es la que permanece fija y la máquina se mueve sobre ella para efectuar el trabajo, es decir máquinas portátiles.

- También se tienen máquinas intermedias, entre las que se encuentran las máquinas de balancín. A continuación se muestran ejemplos de algunos tipos de máquinas para desbaste.





### III.2.1.1 MAQUINAS FIJAS

Dentro de lo que se define como máquina fija, en la que la pieza es conducida a mano contra la piedra, se mencionarán en primer lugar a los esmeriles de uso general, que se pueden encontrar en todos los talleres. Consiste normalmente de un pedestal o soporte de sobretanco, el cual lleva incorporado un motor a cuyo eje se aplica una rueda en cada uno de sus extremos.

Existen varias potencias, así como capacidades para distintos tamaños de ruedas, pero las velocidades de la misma se adaptan a los especificado en la norma DIN 69103 que hace referencia la velocidad periférica de las ruedas (concepto que definimos en el capítulo II, apartado II.4), en función del trabajo y el material, lo cual en este caso representa lo siguiente:

Para desbaste de acero se recomienda una velocidad periférica de 30 a 45 m/s

Para desbaste de fundición se recomienda una velocidad periférica de 30 m/s

Y para trabajos generales de desbaste se recomienda una velocidad periférica de 25 m/s

Cabe señalar que la norma DIN es vigente para el continente Europeo, en América los fabricantes se rigen por la norma

ANSI. No obstante ambas coinciden al respecto, y en resumen, establecen que las capacidades de las máquinas en cuando a las dimensiones de las ruedas que pueden aceptar, deben estar condicionadas a las RPM (revoluciones por minuto) que el motor de éstas pueda entregar. Esto quiere decir que el fabricante de máquinas debe construir éstas de tal forma, que la estructura de las mismas no acepte una rueda de dimensiones mayores, tomando en cuenta que la velocidad periférica de la rueda aumenta si incrementamos el diámetro de ésta.

Supóngase que se tiene un esmeril de pedestal de uso general, cuyo motor entrega 3750 RPM y se tienen 3 ruedas diferentes en cuanto a dimensiones, una de 150 x 25 x 25.4 (diámetro x espesor x barreno [mm]) otra de 250 x 25 x 25.4, y una última de 300 x 25 x 25.4.

Si se aplica la fórmula para calcular la velocidad periférica de cada rueda se tiene que:

Para la rueda de 150 mm de diámetro se tendría una velocidad periférica de: 29 m/s

Para la de 250 mm se tendría 49 m/s

Y para la 300 mm se tendría 58.8 m/s

Para trabajos de desbaste y afilado en esmeriles de pedestal la velocidad periférica recomendable debe estar entre los 25 y los 30 m/s.

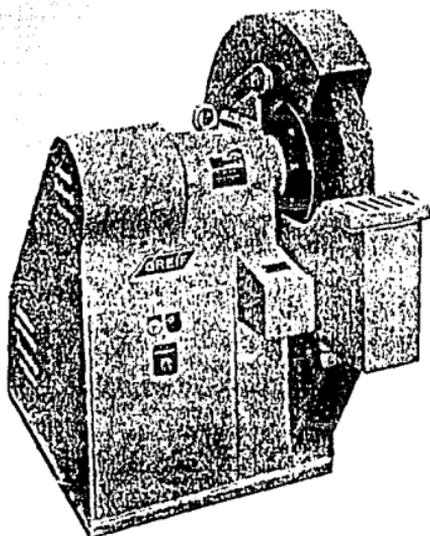
Así, aunque no se conocieran las normas DIN o ANSI, si la máquina en donde se va a instalar la rueda estuviese fabricada de acuerdo a las normas, se comprobaría al querer instalar las ruedas de 250 ó de 300 mm de diámetro, que las guardas de la propia máquina no aceptarían una rueda mayor de 150 mm de diámetro; lo mismo sucede si se piensa en ruedas de mucho mayor espesor, las mismas no serían aceptadas por la propia estructura de la máquina.

No obstante en México se es muy dado a aprovechar al máximo los recursos de los que se dispone, y en muchos talleres, los esmeriles son meras improvisaciones del propio usuario, los cuales no se equipan con guardas protectoras, no se observan los límites de velocidad, y mucho menos las capacidades máximas para las ruedas que se van a montar.

Por ésto último, se da énfasis a lo referente al cálculo de las velocidades periféricas, de tal forma que hasta las máquinas improvisadas o hechizas puedan mantener ciertos márgenes de seguridad.

Dentro de esta misma clase de máquinas, pero diseñadas para trabajos de mayor desbaste se encuentran las máquinas de

pedestal para fundiciones y forjas, como la que se muestra a continuación.



Estas máquinas se diferencian de las anteriores por una mayor robustez y potencia, así como por usar ruedas de diámetros superiores que suelen girar a gran velocidad; algunas llegan a los 80 m/s. En algunos casos las potencias de estas máquinas son del orden de los 30 HP o mayores inclusive, lo cual unido a la alta velocidad, da una idea de los altos rendimientos que pueden conseguirse.

Los puntos más importantes que se deben observar en general para las máquinas para desbaste del tipo estacionario son:

## 1. Velocidad de la máquina (RPM)

Antes de instalar la rueda, verifique que las RPM que desarrolla la flecha de la máquina estén de acuerdo al máximo permisible indicado en la etiqueta de la rueda, si la rueda no cuenta con etiqueta, aplicar la fórmula para obtener la velocidad periférica a desarrollar y verificar con las recomendaciones de las normas.

## 2. Guarda protectora

Antes de comenzar la operación, cerciórese de que la máquina esté equipada con una guarda adecuada; así en caso de que la rueda llegase a reventar, los fragmentos de rueda se proyectarán primeramente contra ésta, descargando ahí la mayor parte de la energía con la que salen disparados. De no contar la máquina con una guarda protectora adecuada, se corre el riesgo de que sea el cuerpo del operario o el de personas aledañas el que reciba el impacto con la mayor fuerza. Recordando que los pedazos de rueda alcanzan velocidades comparables a las de un disparo con pistola. Si a esto se auna el hecho de que los cuerpos abrasivos son materiales especialmente diseñados para cortar a otros cuerpos, es fácil imaginar lo que puede ocurrir al sufrir el impacto de uno de estos proyectiles.

Es la guarda protectora, en muchos casos, lo que indica si se está respetando la capacidad de la máquina; normalmente, cuando la guarda ya no acepta una rueda mayor significa que

la máquina no fue diseñada para ruedas de esa magnitud, sino para ruedas más pequeñas.

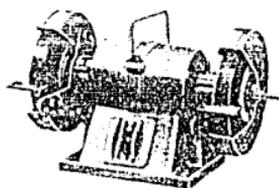
El papel de una guarda protectora adecuada es importantísimo, de tal forma que aun cuando por error o por cualquier circunstancia se omitiera el revisar cualquier otro factor de seguridad, y si se llegará a combinar con el de no contar la máquina con una guarda protectora, el desenlace puede ser de consecuencias fatales.

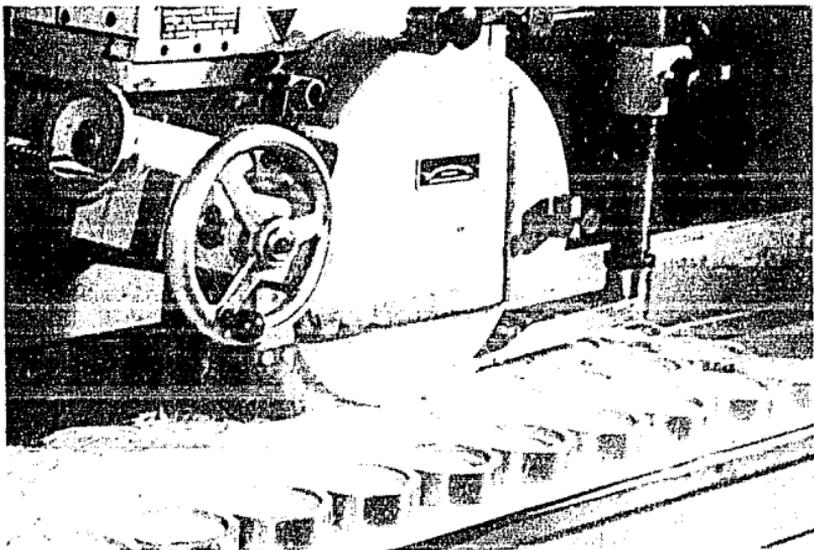
Las mismas normas de seguridad dedican un gran apartado que habla de la importancia de las guardas protectoras:

*" Una guarda de seguridad es una cerca diseñada para contener los fragmentos de la rueda abrasiva y proveer protección para el operario en el caso de que la rueda llegara a romperse durante la operación."*

Resumiendo lo contenido en la norma ANSI, podemos establecer que todas las ruedas abrasivas deben ser usadas sólo en máquinas provistas con guardas de seguridad, excepto los cuerpos pequeños, los cuales por la naturaleza de la operación en que se aplican, la misma pieza de trabajo es la que hace las veces de guardas de seguridad.

Es importante destacar que la forma de la guarda depende totalmente de la forma del cuerpo abrasivo en cuestión, la siguiente ilustración muestra algunos ejemplos:





### 3. Anclaje de la máquina

En general todas las máquinas estacionarias, no sólo las de desbaste, deberán contar con un anclaje adecuado, tal que impida que las vibraciones propias y normales de los mecanismos de ésta, se sumen y se transmitan hasta el punto de contacto entre la rueda y la pieza de contacto. En algunos casos la propia robustez de la máquina puede servir para evitar esta propagación de vibraciones, no haciéndose necesario el anclaje.

Un problema muy común ocurre con los pequeños esmeriles de pedestal, que pierden precisamente la propiedad de ser estacionarios por no estar anclados, ésto provoca que el operario tenga que andar prácticamente persiguiendo al esmeril para realizar la operación; ésto mismo la vuelve

riesgosa, ya que el punto de contacto se encuentra en constante movimiento y ésto bien puede provocar que la mano del operario llegue a tocar la rueda y sufrir así una lesión grave.

#### 4. Robustez de la máquina

Anteriormente ya se mencionó lo referente a la robustez de la máquina de acuerdo al tipo de desbaste que se quiera realizar. Se concluye entonces que las máquinas más robustas son las que se deben usar para altas remociones de material, mientras que los esmeriles de banco, son para pequeñas piezas y en las que se pueden realizar operaciones diversas como desbastes, afilados y esmerilados en donde no se requiere mayor precisión. El pretender afilar una pequeña pieza en una máquina para grandes desbastes se vuelve riesgoso, ya que si no se cuenta con un buen apoyo, el operario corre el riesgo de dañarse la mano al jalar demasiado la rueda a la pieza tan pequeña.

Por otro lado, el querer desbastar una pieza de grandes proporciones con un esmeril de banco pequeño, puede provocar el rompimiento de la rueda debido a una carga excesiva de trabajo.

#### 5. Rodamientos de la máquina

Los rodamientos (baleros) de la máquina constituyen otro punto importante. El mal estado de éstos puede provocar

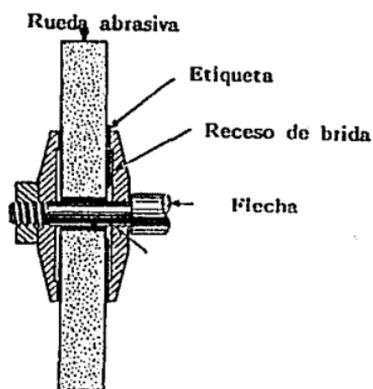
vibraciones excesivas durante la operación, esto combinado con las altas presiones de trabajo, pueden definitivamente contribuir al rompimiento de la piedra.

El mantenimiento preventivo de la máquina deberá incluir el chequeo, y el cambio de ser necesario, de los rodamientos cuando éstos ya no provean la estabilidad requerida a la máquina. Un sonido muy característico se produce cuando estas partes ya están dañadas. Además de poder provocar graves daños al motor de la máquina, el mal estado de estos rodamientos, y en si las vibraciones que de éstos se derivan, son a menudo causa de que la rueda no tenga un desgaste normal, sino que ésta se desgrana más pronto de unas secciones determinadas del canto, y esto encarece la operación. Además se crean condiciones de desbalanceo que si no se atienden, pueden llegar a causar hasta la ruptura de la rueda.

#### 6. Bridas adecuadas

Las bridas son collares, discos o platos; entre, o contra los cuales las ruedas abrasivas son montadas. Existen distintos tipos, como son los adaptadores para discos tanto de desbaste como de corte que se usan en esmeriladoras portátiles: así como bridas de seguridad para ruedas rectificadoras.

La mayor presión producida en una operación con ruedas abrasivas tiende a manifestarse hacia el centro de éstas, por esta razón es importante que la presión debida al montaje y a la operación de la rueda actúe lo más lejos posible del centro o barreno. Esto se logra usando las bridas de ajuste o de apriete. Estos discos o platos no deben ser menores que una tercera parte del diámetro de la rueda a usarse; deben ser idénticos entre sí en diámetro; deben tener un receso en el centro de manera que la brida sólo presione la rueda en la parte exterior, así lo muestra la siguiente figura:



De otra manera, las mismas guardas pueden causar pandeamientos en el cuerpo abrasivo. Esta condición es crítica en operaciones de corte con discos abrasivos, debido al espesor tan reducido de estos cuerpos.

Las normas recomiendan además, usar etiquetas entre la rueda y cada brida, con el objeto de que la presión que ejercen las bridas sea más uniforme sobre las caras de la rueda. En la figura anterior se puede observar la posición de las etiquetas, las cuales normalmente son de papel o de cartón delgado.

## 7. Apoyos

En las máquinas esmeriladoras fijas, sobre todo en las de tamaño considerable, es muy recomendable que se encuentren equipadas con un apoyo adecuado, de forma tal que el operario puede sujetar de una manera más sencilla y menos riesgosa la pieza a esmerilar. Se debe recordar que la distancia máxima permisible entre el apoyo y la rueda abrasiva, debe de ser de 3 mm, esto garantiza una operación segura.

Finalmente y como consejos prácticos, se debe mencionar que antes de montar la rueda abrasiva, es recomendable verificar la rectitud de la flecha del motor de la máquina, ya que si ésta presenta una leve deflexión, su efecto se ve multiplicado en la acción de la rueda.

Así mismo se recomienda el verificar el sentido de giro del motor en el que se va a montar la rueda, ya que si por algún error en la conexión eléctrica de éste, cambia el sentido normal de giro, puede originar que el sistema de sujeción se

desapriete y se salga completamente del roscado, permitiendo que la rueda quede libre pero animada por velocidades periféricas muy elevadas, lo cual puede provocar accidentes fatales.

### *III.2.1.2 RUEDAS PARA DESBASTE EN MAQUINAS FIJAS*

Acerca de las ruedas abrasivas que normalmente se instalan en máquinas esmeriladoras de pedestal, se puede decir que normalmente tienen diámetros comprendidos entre los 450 y los 750 mm y espesores de 25 a 65 mm y que son ruedas del tipo 1.

Para trabajos de desbaste, normalmente se emplean ruedas con granos que van desde el tamaño 12 al 24, pueden ser de óxido de aluminio, de carburo de silicio, de una mezcla entre ambos, y en algunos casos se incorporan abrasivos a base de óxido de zirconio. El aglomerante o aglutinante utilizado normalmente es resina sintética, y cuando trabajan a velocidades de 60 a 80 m/seg., están reforzadas con mallas de fibra de vidrio. La dureza de estas ruedas oscila, según sea el trabajo, entre M y T. En el capítulo I aparecen las tablas para identificar tamaños de grano, durezas y estructuras de los cuerpos abrasivos.

En cuanto las precauciones que deben tomarse en cuenta respecto a estas ruedas para altos desbaste, y reafirmando algunos puntos que se ya trataron en el capítulo anterior, se puede establecer lo siguiente:

Acerca de la selección, es de vital importancia cerciorarse, antes de montar la rueda, si ésta está diseñada para este tipo de operación. De lo más importante al respecto es asegurarse que la liga de la rueda sea del tipo resinoso y que cuente con mallas internas de refuerzo para el caso en que la velocidad periférica se estime entre los 60 y los 80 m/s. La primera condición se puede determinar inspeccionando en la especificación de la rueda, la cual debe de ir marcada en la etiqueta o en la superficie de ésta, en la quinta columna con la literal "B"; si aparece la literal "V" quiere decir que esta rueda es de aglutinante vitrificado y que no será útil para operaciones de desbaste severo, además de que seguramente no estará diseñada para trabajar a velocidades tan elevadas como las resinosas. Acerca de las mallas de refuerzo, éstas se pueden identificar observando el canto de la rueda. Se colocan internamente durante la manufactura de las ruedas y quedan atrapadas entre secciones o capas de grano abrasivo. Su función es retener con más fuerza a los granos, ya que estarán sujetos a altas velocidades y presiones de trabajo extremas.

Tocante al manejo y al montaje de estas ruedas, es recomendable no rodarlas para su transporte; valerse de apoyos o palancas para su manejo, y evitar golpearlas durante su montaje. Es muy importante el usar etiquetas entre las caras de la rueda y las bridas de la máquina, como ya lo se mencionó anteriormente, esto permite uniformizar la presión de apriete sobre la superficie de la rueda.

Por lo que respecta a la operación con este tipo de ruedas, es de suma importancia evitar que las ruedas trabajen con las caras, siempre deberán trabajar única y exclusivamente con el canto. Muchos operarios, por comodidad, prefieren apoyar la pieza de trabajo sobre una de las caras de la rueda, sin estar conscientes de que al hacerlo, están debilitando drásticamente la estructura o la complexión de la piedra, lo cual puede propiciar que esta se despedace a velocidades altamente peligrosas.

### *III.2.1.3. MAQUINAS PORTATILES*

Continuando con las operaciones de desbaste, cuando por sus dimensiones, la pieza a desbastar no sea manejable sobre la máquina, es la propia máquina la que se traslada sobre la pieza. Esto sirve también en el caso de que aun siendo pequeña la pieza, por la naturaleza del trabajo, resulta más fácil manejar la máquina, como por ejemplo en desbastes o

## ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

semiretoques en moldes. En estos casos se utilizan las esmeriladoras portátiles las cuales pueden ser accionadas eléctrica o neumáticamente. Existen máquinas de distintas potencias, formas y velocidades, pero todas ellas tienen como característica común la de su maniobrabilidad, lo cual hace que en tales máquinas se preste enorme importancia a su peso reducido. A continuación se muestran esmeriladoras portátiles comúnmente utilizadas en la industria metalmeccánica.



Acerca de las consideraciones a tomarse en cuenta para efectuar una operación segura, por lo que respecta a la máquina, se pueden establecer los siguientes puntos importantes:

#### 1. Velocidad de la máquina (RPM)

Se ha comentado más de una vez a lo largo de este trabajo, la importancia que reviste el verificar por todos los medios posibles el que no se excedan las velocidades periféricas recomendables para cada operación en particular. Sin embargo, puede darse el caso de que se tenga una máquina en cuya placa de datos se indique unas RPM determinadas, y que en base a eso y al diámetro del cuerpo abrasivo, se determine que puede trabajarse con seguridad sin exceder la velocidad periférica recomendable.

Pero supóngase que dicha máquina ya ha sido reparada. Si el taller o la persona que se encargó de la reparación no está lo suficientemente capacitada para desarrollar su trabajo de manera profesional, lo más probable es que durante la reparación se modifiquen factores tales como número de vueltas en las bobinas, calibre del conductor magneto, número de polos, tipo de conexión, etc. Factores que pueden influir notoriamente en el número de RPM que la máquina desarrollará.

Por lo mismo, y sobre todo después de haber sido reparada una máquina, es conveniente contar con un tacómetro para poder verificar si las RPM reales son las que la placa de datos especifica.

Para el caso de las esmeriladoras portátiles que funcionan con aire (pneumáticas) de lo más importante que hay que observar es que las válvulas reguladoras del paso del aire se encuentren en buen estado. Es muy frecuente que las máquinas estén excedidas en RPM debido a que está pasando más aire del necesario. No siempre es posible detectar esta falla, sino hasta que algún accidente ya tuvo lugar por exceder la velocidad periférica. De tal forma que se hace necesario el tener a la mano un tacómetro para verificar periódicamente las RPM en cada máquina.

Es muy común encontrar en el mercado nacional máquinas esmeriladoras portátiles eléctricas de características muy similares, inclusive de la misma marca, pero unas desarrollan 6500 RPM y otras desarrollan 8500 RPM, es muy importante tomar nota de esto, porque de acuerdo a lo que ya se mencionó respecto a la velocidad periférica no estará permitido instalar un disco de desbaste de 9 pulgadas (225 mm) en la máquina de 8500 RPM. A continuación se presenta un caso práctico:

A) Para la esmeriladora de 6500 RPM con un disco de 7 pulgadas (175 mm)

$$\text{Velocidad periférica} = \frac{6500 \times 175 \times 3.14}{60000} = 59.5 \text{ m/s}$$

A.1) Para la esmeriladora de 6500 RPM con disco de 9 pulgadas (225 mm)

$$\text{Velocidad periférica} = \frac{6500 \times 225 \times 3.14}{60000} = 76.5 \text{ m/s}$$

B) Ahora bien, para la esmeriladora de 8500 RPM con un disco de 7 pulgadas (175 mm)

$$\text{Velocidad periférica} = \frac{8500 \times 175 \times 3.14}{60000} = 77.8 \text{ m/s}$$

B.1) Para la esmeriladora de 8500 RPM con disco de 9 pulgadas (225 mm)

$$\text{Velocidad periférica} = \frac{8500 \times 225 \times 3.14}{60000} = 100 \text{ m/s}$$

Para los cuatro casos anteriores, al consultar las velocidades periféricas recomendadas por las normas de seguridad, se tiene que para operaciones de desbaste con

máquinas portátiles con discos reforzados de resaque (Discos tipo 27) de los que se comentará con más detalle después, la velocidad periférica máxima es de 80 m/s.

Así pues, para los tres primeros casos, se observa que se respeta el límite establecido; no así en el cuarto caso, en el que se sobrepasa en un 25% este límite, lo cual representa un alto riesgo para la integridad física del operario y personas cercanas a esa operación.

Debido a que estos discos para desgaste normalmente se encuentran en el mercado en presentación de 7 y 9 pulgadas (175 y 225 mm respectivamente), conviene remarcar el consejo de no usar discos de 9 pulgadas en máquinas de 8500 RPM, por seguridad propia.

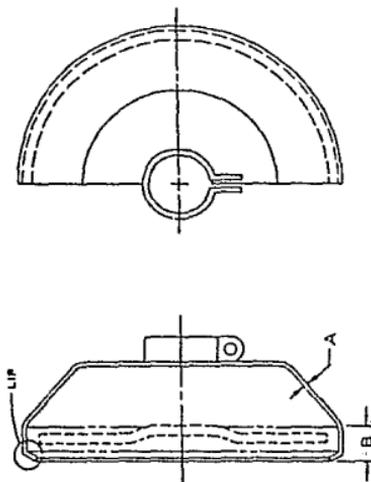
## 2. Guardas protectoras

Es con las operaciones realizadas con esmeriladoras portátiles con las que al operario se le hace fácil retirar la guarda protectora de la máquina. Esto generalmente lo hace por dos razones, la primera es que ignora la función básica de las guardas protectoras y la segunda es que lejos de considerarla una protección para su integridad física, la considera un estorbo que le impide trabajar más cómodamente.

Para que los operarios tomen conciencia de la importancia que tiene el uso de las guardas de protección antes de que

provoquen un accidente, se les debe capacitar haciéndoles ver que el usar correctamente este dispositivo, así como otros accesorios de seguridad, son en beneficio propio. Quizá para ésto sea necesario capacitar y crear conciencia desde los más altos niveles, gerentes de área, supervisores de turno e inclusive a los directores generales. Para ésto se hace necesaria la participación de personal calificado que pueda impartir estas capacitaciones. Dicho personal deberá provenir de las fábricas, tanto de abrasivos sólidos, como de maquinaria.

Respecto al diseño de las guardas de protección para operaciones de desbaste con esmeriladoras portátiles, usando discos abrasivos, la norma ANSI expone lo siguiente: "Las guardas de protección que deben ser usadas con ruedas abrasivas del tipo 27 y 28 se muestran en la siguiente figura:



Una parte fundamental en el diseño de estos dispositivos, es el labio interno en la parte exterior del canto de la guarda. La dimensión B debe ser suficiente para asegurar que la rueda quede encerrada por el labio de la guarda".

La siguiente tabla es una guía extraída de la norma ANSI para la construcción de guardas de seguridad para esmeriladoras portátiles, con el uso de ruedas abrasivas tipos 27 y 28.

MATERIAL DE LA GUARDA: LIENZO DE ACERO RESISTENCIA A LA TENSION: 60,000 PSI	ESPEJOR DE LA RUEDA (PULG)	DIAMETRO DE LA RUEDA (PULG)	A (PULG.)	B (PULG.)
VELOCIDAD (RPM)				
14200	3/8 o menos	de 3 a 9	1/16	1/2
11000	de 3/8 a 1	hasta 7	3/32	1 1/8

"Las recomendaciones anteriores son guías de acuerdo a condiciones establecidas. Otros materiales, diseños, y dimensiones que provean igual o superior protección, también son aceptables."

### 3. Adaptadores

Las operaciones de desbaste con máquinas esmeriladoras portátiles se realizan en un 90% con cuerpos abrasivos denominados discos tipo 27 (DT-27). En Europa, Japón, y Estados Unidos se usa también el DT-28, que es una ligera variante del DT-27. No obstante, en México aun no se fabrica el DT-28.

El DT-27 se usa fundamentalmente en cuatro presentaciones en la industria metalmeccánica mexicana y éstas son:

175 mm x 6 mm x 22.2 mm (7" x 1/4" x 7/8")

175 mm x 4 mm x 22.2 mm (7" x 1/8" x 7/8")

225 mm x 6 mm x 22.2 mm (9" x 1/4" x 7/8")

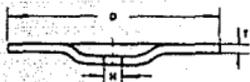
225 mm x 4 mm x 22.2 mm (9" x 1/8" x 7/8")

Recuérdese que el orden de las dimensiones es el siguiente:

**Diámetro x Espesor x Barreno**

A continuación se presentan ilustraciones del DT-27.

DT-27

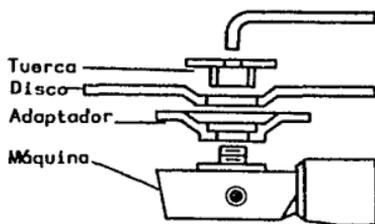


En la ilustración "A" se presenta el diagrama de un DT-27 visto de canto horizontalmente, en este caso la cara que efectúa el trabajo está hacia arriba, el disco presenta un resaque en el centro, el cual aparece en la figura orientada hacia abajo.

Los discos T-27 tienen esta forma especial, presentando un resaque al centro, debido a que la cara del trabajo del disco estará operando a un ángulo de 30 grados con respecto a la superficie de trabajo, es decir "casi" acostado ("casi", porque no debe trabajarse a cero grados o acostado), por lo mismo la concavidad que produce el resaque aloja perfectamente a la tuerca de sujeción del disco, y así se evitan posibles contactos de ésta con la propia pieza, evitando roces o tallones a ésta durante la operación.

Debido a la forma especial de los DT-27, se requiere un adaptador, o brida especial de manera que garantice el perfecto respaldo del disco, así como la integridad del resaque al centro.

La siguiente es una figura que muestra la forma que deben tener los adaptadores para DT-27.



Es obvio que el material del adaptador deberá tener la resistencia suficiente para garantizar el perfecto respaldo del disco durante la operación.

Normalmente las esmeriladoras portátiles vienen dotadas de fábrica de un adaptador de este tipo, no obstante el uso continuo va desgastando las piezas que lo conforman hasta que éste ya no puede usarse. Nuevamente la capacidad de improvisación de los operarios de México es lo que da lugar a la sustitución de este dispositivo indispensable por un par de arandelas, o algo más o menos parecido. Esta falta

de precaución puede fácilmente ocasionar que el resaque central del disco se quiebre durante la operación y que la periferia del disco salga proyectada a muy alta velocidad con las consecuencias que ya se mencionó anteriormente.

Poca gente sabe que puede adquirir estos accesorios en la misma ferretera o distribuidora en donde adquirió su máquina o sus discos, ya que no solo los fabricantes de las máquinas, sino inclusive, existe un fabricante de abrasivos en el mercado nacional que maneja los adaptadores mencionados como artículos de línea. No es necesario adquirir otra máquina o mandar a fabricar especialidades para volver a contar con el adaptador adecuado. Con una inversión módica se puede obtener el perfecto respaldo de muchos discos tipo 27.

#### 4. Condiciones general de la máquina

Al igual que con las máquinas estáticas para desbaste, y en general para todas las máquinas que trabajan con abrasivos sólidos, el estado de éstas es muy importante para llevar a cabo una operación segura.

Revisar periódicamente rodamientos, armadura y flecha de las máquinas garantizará que la máquina no produzca vibraciones, las cuales pueden originar el golpeteo constante del disco durante la operación, hasta que éste se rompe y se proyecta en pedazos.

### III.2.1.4 RUEDAS PARA MÁQUINAS PORTÁTILES DE DESBASTE

Posiblemente el término "ruedas" no sea el más adecuado para referirse a las herramientas abrasivas utilizadas en máquinas portátiles. Existen cuerpos de formas que no presentan formas precisamente redondas, tal como veremos más adelante. Por este motivo, y en este apartado en especial, nos referiremos con el término "herramienta abrasiva" para denotar cualquier cuerpo abrasivo en general, sin importar la forma que tenga.

Si se parte de la base de que el desbaste con máquinas portátiles debe ofrecer como característica principal la maniobrabilidad y ligereza para practicar dicha operación, se deduce que las herramientas abrasivas para este motivo deben ser limitadas en cuanto a dimensiones.

Algunas herramientas pueden traer roscas insertas o vástagos, para su adaptación a las máquinas portátiles. Analizaremos las más comunes más adelante

Recordemos la naturaleza de la operación de desbaste. Esta consiste en arrancar las mayores cantidades de viruta de una pieza de trabajo en el menor tiempo posible. Ahora bien, si tomamos en cuenta que esta operación debe llevarse a cabo en máquinas ligeras, podemos entonces entender el porqué todas las herramientas abrasivas para este propósito son

fabricadas con aglutinante del tipo resinoso, el cual provee una mejor y más fuerte adhesión entre los granos que conforman el cuerpo abrasivo, así pues, la herramienta abrasiva en su conjunto será de una dureza elevada, lo cual le confiere la propiedad de podería someter a altas presiones de trabajo, así como a altas velocidades de operación. Es de hecho la alta velocidad que se puede desarrollar con estas herramientas lo que viene a compensar la poca robustez de las máquinas portátiles.

De las características descritas anteriormente, surgen las siguientes recomendaciones generales para este tipo de herramientas:

- No dejarlas expuestas a condiciones de humedad, ya que esto puede dañar la resina y provocar desprendimientos de granos o de secciones de rueda, mismos que podrían dañar al operario al salir proyectados a muy alta velocidad.

- Debido a que son cuerpos resinosos no es posible practicarles la prueba del sonido, así que una inspección visual es recomendable para cerciorarse de que la herramienta no esté fracturada.

- El hecho de que sean cuerpos de dureza elevada no es pretexto para someterlos a velocidades mayores a las recomendadas por el fabricante.

- Es conveniente remarcar el hecho de que los diámetros de las herramientas afectan la velocidad periférica. Así que, si se tiene duda, podremos aplicar la fórmula para calcular la velocidad periférica en función del diámetro de la herramienta y las RPM de la máquina que se vaya a usar.

Si aun se tienen dudas al respecto, lo mejor será acudir al fabricante de abrasivos para que nos asesore.

A continuación, se mencionarán los tipos de ruedas más frecuentemente usadas para la operación de desbaste con esmeriladoras portátiles, así como los aspectos importantes referentes a la seguridad en su uso.

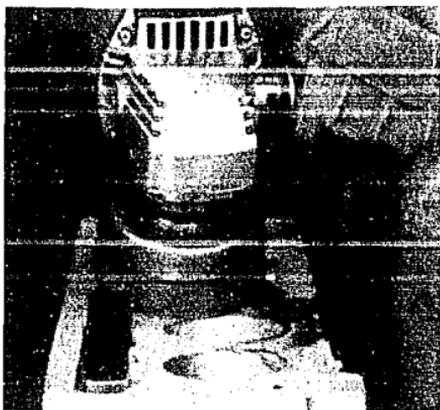
Las ruedas tipo 1, como la que se muestra en la siguiente figura, son muy usadas para desbastar piezas de fundición. Van montadas en esmeriladoras rectas.



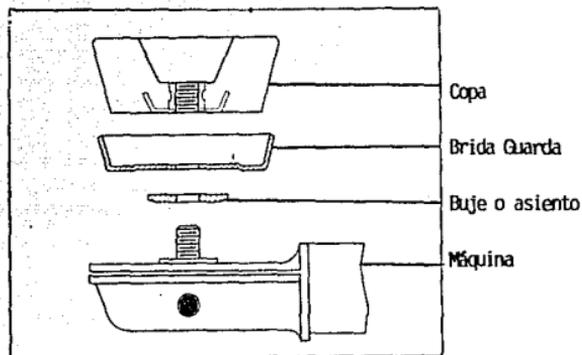
Su construcción debe estar provista de refuerzos internos para soportar altas velocidades y excesivas presiones de trabajo. El operario deberá cuidar de que la rueda no se golpee cuando suelte la máquina para interrumpir la operación, ya que el golpeo constante debilitará la estructura de la rueda y esta puede estallar durante el trabajo.

No debe olvidarse la guarda de seguridad, siempre debe verificarse que ésta se encuentre bien colocada.

Las ruedas tipo 11, como la que se muestra a continuación, se usan montadas en esmeriladoras angulares para desbastar fundición gris, piedra (pisos de mármol), y aceros.



Por su forma, estas ruedas, llamadas copas, requieren de una brida especial, la cual actualmente se puede encontrar en el mercado nacional, y su diagrama se muestra a continuación:



El diseño de este dispositivo, cumple con las funciones, tanto de brida de apoyo, como de guarda protectora a la vez. Las esmeriladoras normalmente no incluyen este accesorio, sin embargo la compañía Abrasivos Especiales, S.A. de C.V., preocupada siempre por la seguridad en el uso de los abrasivos, ha sacado a la venta éste y otros artículos muy recomendables para los usuarios de copas y en general de abrasivos sólidos.

Las ruedas tipo 16 y tipo 18, presentan la característica de traer insertadas las roscas para poder montarlas fácilmente a las flechas de las máquinas. Cabe hacer notar que la medida y tipo de rosca estará en función al tipo de máquina a utilizar, puede ser máquina americana (Black and Decker) o europea (Bosch). Este tipo de herramientas son, junto con las puntas montadas, considerados como cuerpos pequeños, y su uso es básicamente el desbaste y rectificación de orificios rectos o superficies rectas ya existentes. La

naturaleza de estas operaciones, convierten a la misma pieza de trabajo en la guarda protectora del cuerpo abrasivo.

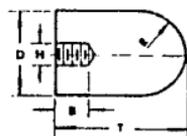
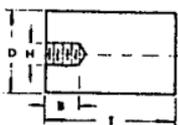
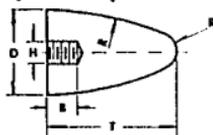
La siguiente figura muestra los tipos más comunes de ruedas tipo 16 y 18 normalmente llamadas "conos".

**RT-16**

**R-18**

**RT-18R**

(conos)



Algunos tipos de puntas montadas son usadas para desbastar, estos cuerpos cuentan con un vástago, el cual se introduce al usillo de la máquina para el montaje de la herramienta.

Para saber si una punta sirve para desbastar, el color es un indicativo. Las adecuadas, normalmente presentan un color café obscuro. A continuación se presentan los diagramas y tipos de puntas montadas más usadas para operaciones de desbaste.

A-1



A-11



No hay duda que los discos tipo 27 (DT-27) son las herramientas abrasivas más socorridas para la operación de desbaste, sobre todo para los aceros en la rama metalmeccánica.

La descripción de este disco ya fue analizada en el apartado de las máquinas portátiles para desbaste. No obstante, se remarca la importancia de usar el adaptador especial para este tipo de discos, ya que representa un alto porcentaje de los problemas que se llegan a presentar con los discos tipo 27 por situaciones de mal montaje.

Igualmente se recomienda al operario tener cuidado al depositar sus máquinas en el suelo. Muchos de ellos la dejan caer y el disco se golpea. Nuevamente se insiste en el uso de guardas protectoras.

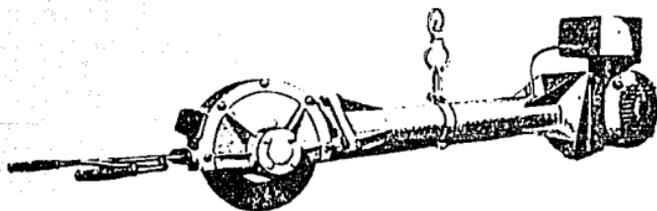
La experiencia adquirida en el campo práctico muestra que un 80% de los operarios de máquinas portátiles, retiran las guardas; las consideran estorbos, les impide ver la operación. Se les recuerda a esos operarios que la operación de desbaste genera acabados burdos, por lo mismo no es necesario que estén observando la operación; y que la guarda es su última protección en caso de ruptura.

### III.2.1.5. MAQUINAS INTERMEDIAS

Para necesidades de desbaste severo sobre piezas voluminosas y pesadas, por ejemplo para la preparación de productos siderúrgicos, se requieren máquinas robustas para poder ejercer buena presión de trabajo, pero que tengan la posibilidad de desplazarse sobre la pieza de trabajo. A estas máquinas se les llama intermedias porque cuentan con características propias de las máquinas fijas, como son la robustez y la capacidad de desbaste; así como con características de las máquinas portátiles, como son las capacidades de desplazamiento y relativa maniobrabilidad. Se les conoce como esmeriladoras pendulares o de balancín. Van colgadas de un aparejo y precisan un perfecto equilibrio para que puedan ser manejadas por un solo operario.

Se puede mencionar dentro de esta clasificación a las máquinas que efectúan el descascarillado, que tienen por objeto eliminar los defectos superficiales de los productos semielaborados para la industria siderúrgica, tales como lingotes, platinas, etc.

A continuación se presenta una ilustración de una máquina de balancín.



Estas máquinas trabajan colgadas de una cadena situada en su centro de gravedad, existiendo un centro de equilibrio que hace factible el manejo de la misma por uno de sus extremos, a fin de poder aplicarla sobre una pieza de trabajo cuyas dimensiones no permiten que sea manejada a mano, así la máquina es la que se desplaza sobre la superficie a esmerilar.

De lo más importante que hay que mencionar respecto a la seguridad en el uso de estas máquinas es lo siguiente:

- Que siempre cuenten con una guarda de protección de un material lo suficientemente resistente para soportar un posible impacto de trozos de rueda disparados a muy elevada velocidad.

- Que las revoluciones por minuto (RPM) estén de acuerdo a lo marcado en la placa de datos de la máquina.

- Que la operación la lleve a cabo personal con experiencia, ya que no es fácil controlar el peso de estas máquinas.

#### *III.2.1.6. RUEDAS PARA MAQUINAS INTERMEDIAS DE DESBASTE*

Las ruedas empleadas en este tipo de máquinas tienen diámetros que van de los 400 a los 600 mm. y espesores de 25 a 80 mm. En cuanto al abrasivo, grano y gama de durezas, son muy similares a los indicados para ruedas a usarse en máquinas de pedestal.

Debido a sus dimensiones, estas ruedas requieren ser manejadas y montadas con cuidado de no golpearlas.

La velocidad periférica es un valor importantísimo para no arriesgar la integridad de los operarios. Deberán medirse las RPM de la máquina, por lo menos una vez al mes para comprobar que están dentro del límite que el fabricante de ruedas ha marcado para éstas.

No deberán montarse ruedas que no cuenten con refuerzos internos (mallas de fibra de vidrio y/o anillos metálicos) ya que de hacerlo, sería inevitable que estallen al girarlas a velocidades tan altas.

### III.3. CORTE

El corte con abrasivos sólidos es el método más rápido de corte, y se usan tanto para materiales ferrosos como no ferrosos. Es el único que hace posible el corte de materiales como titanio, tungsteno, cerámica, etc.

#### III.3.1. MAQUINAS CORTADORAS

Las máquinas cortadoras con abrasivos sólidos, los cuales normalmente son discos, pueden cortar materiales tales como acero, fundición gris, bronce, latón, ya sea en formas de barras o tubos, cables, placas, etc. Con tales máquinas es posible hacer cortes transversales, longitudinales, oblicuos, etc. Con tiempos reducidos y acabados muy buenos.

Este sistema de corte es más ventajoso entre más duros y tenaces sean los materiales. Básicamente existen cuatro tipos de máquinas para cortar, las cuales tienen en común la velocidad periférica del disco o velocidad de trabajo, que es de 80 a 100 m/seg. Estas máquinas pueden ser:

- De ataque
- Oscilantes
- Horizontales
- Rotativas

A continuación se mencionarán los aspectos más relevantes referentes a la seguridad en operaciones de corte, tomando en cuenta las características de las máquinas y de los abrasivos en cuestión.

### *III.3.1.1. MAQUINAS DE ATAQUE*

Dentro de esta clasificación, se pueden encontrar tres variantes en el corte, de acuerdo a la máquina a utilizar: Corte con esmeriladora portátil, corte con máquina semiportátil, corte con máquina fija.

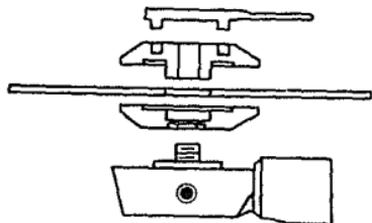
Estas son las operaciones de cortes más representativas, ya que las ventas de discos abrasivos para corte son mucho mayores para este tipo de operaciones que para los otros tres tipos que mencionamos al principio y a los cuales también se hará alusión más adelante, aunque no tan profundamente como para las máquinas de ataque.

#### *III.3.1.1.1. CORTE CON ESMERILADORA PORTATIL*

Algunos cortes de piezas pequeñas pueden ser realizados con las esmeriladoras portátiles que se emplean para el desbaste. Solo será necesario usar un disco adecuado para

tal operación. Este disco es perfectamente plano, a diferencia del que se usa para desbaste, que presenta un realce en el centro. De aquí que para poder utilizar un disco de corte en la esmeriladora portátil se requiere de un adaptador adecuado que le permita al disco el mejor respaldo y la mejor sujeción posible.

A continuación se presenta el esquema de un adaptador para discos de corte que se pueden usar en estas máquinas.



Igual que para los discos tipo 27 para desbaste, estos adaptadores se pueden encontrar en el mercado tanto para máquina europea como para máquina americana.

Muchos problemas de rupturas del disco se deben a que son montados en la máquina con adaptadores para disco tipo 27 o con adaptaciones improvisadas, como arandelas, lo cual combinado con el apriete excesivo y las presiones de trabajo, ocasionan que el disco se fractura del centro.

Las dimensiones del disco también deberán observarse, ya que en una máquina portátil no deberán usarse discos mayores de 225 mm (9") de diámetro exterior, de lo contrario, violaríamos la recomendación de no exceder la velocidad periférica. Para operaciones de corte con máquinas portátiles, la velocidad periférica recomendada es de 60 a 80 m/s Si tomamos en cuenta que las RPM de las máquinas portátiles normalmente son de 6500, aplicando la fórmula de velocidad periférica, tenemos que:

$$\text{Velocidad periférica} = \frac{\text{RPM (máquina)} \times \text{Diam. (disco)} \times 3.14}{60,000}$$

$$\text{Velocidad periférica} = \frac{6500 \times 225 \times 3.14}{60,000}$$

$$\text{Velocidad periférica} = 76.5 \text{ m/s}$$

Con lo cual se está al límite del máximo de velocidad periférica.

Además un disco mayor a los 225 mm. ya no permite la acción de la guarda de protección. Así, ya se combina el incumplimiento de dos factores vitales para la seguridad del operario.

Claro está que aunque los discos sean de dimensiones adecuadas, la guarda es obligatoria.

#### *III.3.1.1.2. CORTE CON MAQUINAS SEMIPORTATILES*

Las máquinas semiportátiles son cada día más usadas, ya que pueden realizar cortes de piezas más grandes y con la ventaja de que pueden ser desplazadas al lugar en donde se desea hacer la operación.

Normalmente se usan discos de 300 mm. (12") y 350 mm. (14"), de espesores delgados con respecto a los usados en máquinas fijas. Son máquinas muy prácticas, algunas de las cuales están equipadas con seguros para que el operario no pueda trabajar hasta que la guarda se encuentre en su lugar correcto. Existen talleres de servicio que se especializan en dar mantenimiento a estas máquinas.

#### *III.3.1.1.3. CORTE CON MAQUINAS FIJAS*

Igual que para las máquinas semiportátiles, el disco va montado sobre un eje, y éste a su vez forma parte de un brazo oscilante sobre el cual se actúa para que el disco avance sobre la pieza de trabajo. Normalmente se trata de máquinas manuales, aunque en algunos casos el brazo es

accionado hidráulicamente. Alcanzan capacidades de corte hasta de 100 mm. en tubos. Usan por lo general discos de 350 a 400 mm. de diámetro.

Según datos estadísticos del departamento de Asesoría Técnica de la fábrica de abrasivos Austromex, S.A. de C.V., el 65% de los casos de accidentes en operaciones con abrasivos sólidos, corresponde a las operaciones de corte con máquinas de ataque.

Los siguientes son puntos esenciales que deben observarse con respecto a la máquina para ofrecer una operación segura.

- Las RPM no deben de exceder el límite que marque la etiqueta del disco a usarse, las razones ya son conocidas

- El operario no debe empezar la operación sin antes asegurarse que la guarda protectora se encuentre colocada en la posición correcta.

- La máquina debe estar perfectamente anclada para que no se transmitan vibraciones al disco en el momento de la operación. Por lo general todos los discos de corte son cuerpos muy delgados y se pueden romper durante la operación si se les somete a presiones excesivas debido a vibraciones de la máquina. Por lo mismo, los cojinetes o baleros deben

ser revisados periódicamente para ser cambiados cuando así se requiera.

- Las bridas de ajuste del disco deberán ser por lo menos de una tercera parte del diámetro del disco, del mismo tamaño entre ellas, planas con un receso en el centro. El incumplimiento de lo anterior provoca la ruptura del disco, ya que no se encuentra con la debida firmeza y sujeción en el centro.

- Las bandas de transmisión deben ser revisadas periódicamente para garantizar que la potencia generada por el motor es la que se desarrolla en la flecha en la que va montado el disco.

- La potencia de la máquina es un aspecto definitivo para garantizar la seguridad de operario, así como una operación efectiva. La falta de potencia en la flecha donde va montado el disco, ya sea porque el motor es limitado (menos de 5 H.P.), o porque las bandas de transmisión se encuentran en mal estado, es en muchos casos la causa de que los discos de rompan durante el corte. Un disco sin la potencia suficiente se atora en la pieza de trabajo. Si el operario no tiene la experiencia necesaria, lo que hace es ejercer más presión sobre el brazo de ataque, esta presión se transmite directamente al disco. Esta acción lejos de

ayudar al corte, ocasiona que el disco se atore con mayor fuerza, se deflexione y se rompa.

En México existe un alto porcentaje de máquinas fijas para corte con baja potencia (menos de 5 H.P.), muchas de ellas son hechizas; se pueden encontrar sobre todo en los pequeños talleres de herrería. Para estas máquinas existen en el mercado discos reforzados con mallas exteriores para poder soportar elevadas presiones de trabajo. Esta característica es apreciable a simple vista, los discos son sencillamente más robustos. La falta de potencia no será causa para que se rompa, sin embargo los cortes no podrán ser tan limpios, ya que las mallas exteriores o refuerzos provocan mayor fricción entre la pieza y el disco y esta es causa de que la superficie de corte resulte ligeramente quemada.

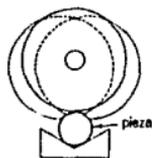
Los discos adecuados para máquinas de corte con potencias suficientes (de 7 H.P. en adelante) son más ligeros, ya que solamente presentan una malla interna; son más delgados que los discos para máquinas con baja potencia y se distinguen precisamente por no mostrar mallas externas y por tener más flexibilidad.

Al principio de este apartado se mencionaron otras técnicas de corte con disco abrasivo. Aunque no son las más representativas, se mencionarán sus principios de operación y se omitirán cuestiones referentes a seguridad, ya que

están son prácticamente las misma que para las máquinas fijas de ataque que ya se trataron. Además estos métodos de corte solo se presentan en pocas fábricas, que por lo general cuentan con departamentos capacitados de seguridad y mantenimiento, aunque repito, las bases de seguridad son las mismas que para el caso ya unalizado de las máquinas estáticas de ataque.

### III.3.1.2. MAQUINAS OSCILANTES

Este sistema de máquina está provisto de un mecanismo que acciona la ruda en uno y otro sentido, dentro de un plano aproximadamente horizontal, como se muestra en la siguiente figura.

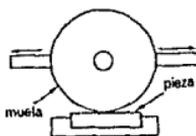


Con este sistema se consigue reducir el arco de contacto y el corte de secciones mayores con un reducido diámetro del disco. Estas máquinas suelen estar equipadas con discos desde 350 hasta 850 mm. de diámetro, y es posible cortar barras de hasta 300 mm. de grosor.

### III.3.1.3. MAQUINAS HORIZONTALES

En estas máquinas el disco o la pieza de trabajo se desplaza horizontalmente. Hay máquinas de disco móvil y de disco fijo, en las cuales la pieza a cortar permanece respectivamente fija o móvil. Las máquinas de disco móvil suelen ser de gran capacidad, empleando discos de hasta 850 mm. de diámetro y se usan para el corte de planchas, barras y perfiles grandes. Las cortadoras de disco fijo son de capacidades reducidas, usan discos de 300 ó 350 mm. de diámetro y se usan para cortar pequeñas secciones de materiales no metálicos y vidrio.

A continuación se muestra un sistema de corte horizontal con máquina de disco móvil.

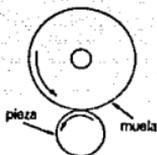


### III.3.1.4. MAQUINAS ROTATIVAS

En tales máquinas la pieza se hace girar. Con esto es posible cortar con discos de diámetro relativamente pequeño, piezas de gran diámetro o tubos grandes, ya que el disco solo tiene que efectuar la mitad del recorrido para

conseguir el corte. Se usan para cortar sólidos o tubos de hasta 550 mm. de diámetro.

A continuación se muestra un sistema de corte con máquina rotativa.



#### III.4. RECTIFICADO

El objetivo principal de las operaciones de rectificado es lograr una gran exactitud de formas y calidad superficial perfectamente definida y como segundo objetivo el de desarrollar una adecuada capacidad de arranque de material por unidad de tiempo. De aquí que las diferentes máquinas para operaciones de rectificado son más complejas y de mucho mayor precisión.

##### III.4.1. CLASIFICACION GENERAL

Según la índole del trabajo que se tenga encomendado, se pueden dividir las operaciones de rectificado en:

- Rectificados normales
- Rectificados especiales

Se tienen como rectificados normales los siguientes:

- Rectificado tangencial de superficies planas
- Rectificado frontal de superficies planas
- Rectificado frontal con segmentos de superficies planas
- Rectificado cilíndrico exterior
- Rectificado cilíndrico interior
- Rectificado sin centros

Y como rectificados especiales se tienen los siguientes:

- Engranés
- Roscas
- Árboles de levas
- Cigüeñales
- Rectificadoras de sobretorno
- Rectificado de puntos

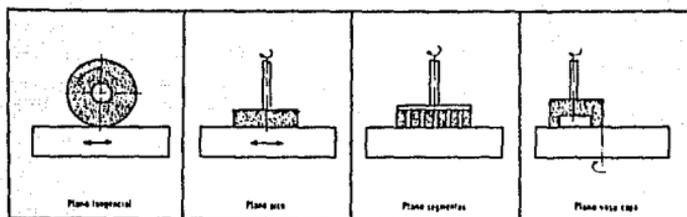
### III.4.2 RECTIFICADO DE SUPERFICIES PLANAS

Esta operación se lleva a cabo cuando se desea obtener una superficie plana de mucha exactitud en piezas previamente mecanizadas, o en algunos casos, sin ningún tipo de mecanización previa.

Cuando se precisen estrechas tolerancias en el mecanizado, la rectificado que ofrece mayor grado de exactitud, es la que trabaja con una rueda tangencial, es decir, que la rueda efectúa el corte con la periferia (canto), en tal caso, el eje de accionamiento de la rueda está colocado horizontalmente. No obstante, a efectos de arranque de material, es la máquina que menor capacidad de corte ofrece.

Cuando es de mayor importancia la rapidez en el arranque del material que el grado de exactitud, las máquinas más apropiadas son las de trabajo frontal, que utilizan ruedas tipo taza, tipo copa, o segmentos; en este último caso se consigue el mayor arranque de material previsto en estas máquinas.

A continuación se presentan esquemas de varias clases de rectificado de superficies planas.



De los factores críticos que no debemos olvidar para desarrollar una operación de rectificado de superficies planas en forma segura, se tienen los siguientes:

1. Manejo. Una gran mayoría de los materiales que se someten a rectificado, sea del tipo que sea, pertenecen a la clasificación de aceros, de aquí que la mayoría de las ruedas usadas para estos propósitos, sean fabricadas con aglutinante tipo vitrificado, lo cual las hace sumamente frágiles. El manejo de estas herramientas es crítico, ya que cualquier golpe puede causar grietas internas que seguramente derivarán en la ruptura del cuerpo abrasivo. Nunca deberán rodarse estas piezas por grandes que sean. Así pues la prueba del sonido antes de instalar las piedras es obligada para garantizar el buen estado de éstas.

2. Montaje. Como complemento del manejo, está el montaje de estas ruedas. Este debe realizarse con extremo cuidado de no golpearlas. El aprieta es importante, de preferencia hacerlo con un torquímetro de acuerdo a las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

El balanceo de las ruedas debe procurarse, de lo contrario, aparte de no obtener acabados satisfactorios, la operación se vuelve riesgosa si el cabeceo originado por el desbalanceo del conjunto rueda-masa-brida es evidente. De hecho la rueda va a estar golpeteando contra la pieza de trabajo y ésto puede fracturarla. El desbalanceo es un factor crítico para ruedas de dimensiones considerables.

Normalmente todas las máquinas están equipadas con dispositivos mecánicos para contrarrestar un posible desbalanceo en las ruedas. Los fabricantes de abrasivos sólidos marcan en este tipo de ruedas el punto más pesado de éstas con una señal visible, de tal forma que el operario puede más fácilmente contrarrestar el efecto de desbalanceo con un contrapeso colocado en el lado opuesto del punto más pesado.

El rectificadado de superficies planas es la operación donde se presenta una mayor área de contacto entre la pieza de trabajo y la rueda abrasiva, por lo mismo se trata de operaciones en las que se generan altas temperaturas. El

uso de refrigerantes se hace indispensable, no solo para el rectificado de superficies planas, sino en general para los distintos rectificados.

A este respecto debe mencionarse que para no crear situaciones de desbalanceo en la rueda, debido a zonas más húmedas o empapadas de refrigerante que otras, el operario debe tener la precaución de cerrar la válvula del líquido antes de desactivar el giro de la rueda. Así la rueda se sacudirá por sí sola los posibles excesos de refrigerante en ciertas zonas de la misma.

Quizá lo más importante hablando de seguridad, sea que el operario debe contar con la suficiente capacidad y destreza para llevar a cabo la operación. De lo contrario pueden suscitarse problemas durante la misma, ya que ésta involucra muchos factores que el operario debe tomar en cuenta, como son, avance, profundidad de corte, velocidad de la rueda, velocidad de la pieza, rectificado y aderezado de la piedra, etc.

Es riesgoso el dejar al frente de cualquier operación de rectificado a un principiante.

#### *III.4.3 RECTIFICADO CILINDRICO EXTERIOR*

El rectificado cilíndrico exterior se emplea para la producción de piezas cilíndricas y cónicas con alta calidad superficial y mucha precisión de medidas. Por lo general se parte de piezas mecanizadas previamente con otros métodos, que se llevan a la rectificadora para su acabado.

Esta operación, junto con la del afilado de herramientas, es la que mayor número de ruedas abrasivos consumen. Los trabajos a realizar en el rectificado exterior se distinguen en dos grandes grupos, que condicionan no solo la elección de las características de la ruedas, sino también de la máquina y del operario:

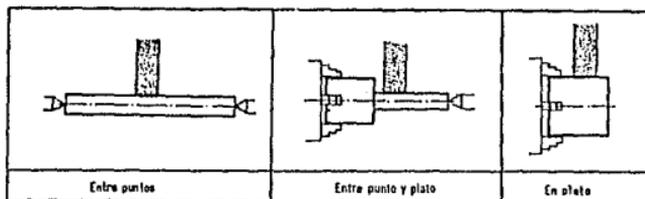
a) Pequeñas cantidades de piezas de distintos tipos, lo cual requiere la selección de ruedas con características o especificaciones ajustadas, de manera que pueda conseguirse el mayor rendimiento promedio posible. Para estos trabajos se precisan máquinas muy flexibles ante las cuales deberá haber un operario altamente calificado.

b) Producciones masivas de la misma pieza. Lo cual no solo precisa una máquina y una rueda abrasiva perfectamente ajustadas a la operación a realizar, sino que las piezas estén muy bien estudiadas en cuanto a sobremedidas y forma, para poder conseguir el máximo rendimiento posible de la operación.

El sistema de fijación de la pieza, dependerá de la forma y dimensiones de la misma, pudiendo usarse: entre puntos, entre plato y punto o simplemente fijada a un plato.

El rectificado entre puntos requiere una perfecta alineación de los centros y de los puntos de centraje. Los puntos serán fijos para conseguir el máximo de precisión, salvo en el caso de piezas muy pesadas en que deberán usarse puntos giratorios montados sobre rodamientos.

A continuación se presentan esquemas de los sistemas de fijación de la pieza para operaciones de rectificado cilíndrico exterior.



A parte de los puntos mencionados en el apartado de rectificado de superficies planas en lo que se refiere a seguridad, para el rectificado cilíndrico exterior también deben tomarse en cuenta los siguientes:

- Es necesario utilizar lunetas de apoyo en piezas largas, y cuando se trabaje a gran precisión, incluso en las piezas

cortas, para evitar que se deformen debido a su propio peso o a la presión del trabajo.

- Al igual que la rueda, las piezas irregulares deben balancearse.

- Los puntos de centraje deben estar siempre lubricados.

- Se deberá cuidar que la máquina tenga la potencia adecuada a las condiciones de trabajo a que se someta.

#### *III.4.4 RECTIFICADO CILINDRICO INTERIOR*

Esta operación se lleva a cabo para el rectificado interno de precisión de superficies cilíndrica, es decir, de toda clase de taladros, casquillos y piezas semejantes.

La principal característica del rectificado de interiores es la gran zona de contacto existente entre rueda y pieza de trabajo, en comparación con los otros tipos de rectificado.

La siguiente figura muestra el diagrama del rectificado de interiores

A causa de esta amplia zona de contacto, la selección de las ruedas es una de las que resulta más difíciles dentro de los abrasivos sólidos, ya que por una parte requiere un abrasivo de gran resistencia al desgaste y por otra parte que dicho abrasivo esté aglomerado con baja dureza, puesto que actúa a una presión relativamente baja. Además, las condiciones mecánicas del trabajo acostumbran a ser malas por emplearse muy frecuentemente ejes de rueda con bastante longitud, lo cual es causa de vibraciones.

Otro problema que suele presentarse en estos trabajos consiste en que no siempre resulta factible conseguir las grandes velocidades requeridas para que el trabajo sea económico con ruedas de diámetros pequeños, como las usadas para tal operación, ya que al disminuir la velocidad periférica de la rueda, esta se comporta mucho más blanda, desgastándose más y precisando rectificadores más frecuentes para mantener su forma. 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 muela es lo suficientemente grande para ejercer una buena acción de corte, permitiendo la circulación del refrigerante y la evacuación de las virutas que se vayan produciendo.

La refrigeración es muy importante en rectificado de interiores, debiendo dirigirse un buen chorro de líquido

contra la zona de trabajo para que no solamente enfrie dicha zona, sino que como ya se mencionó, sirva para evacuar las virutas que se producen.

Hablando estrictamente de la seguridad, se puede afirmar que el rectificado cilíndrico interior es la operación que menos riesgo presenta para los operarios, normalmente las ruedas son muy pequeñas y aunque giran a altas velocidades, su velocidad periférica es reducida. Por otro lado, el mismo orificio (pieza de trabajo) sirve como guarda de seguridad.

Simplemente se recordará a los operarios lo siguiente:

- La profundidad de corte debe guardar relación con el tamaño de grano de la rueda y con la dureza del material de la pieza.

Estas profundidades han de ajustarse a la vista de la longitud del eje, puesto que hay que evitar que éste se flexione debido al esfuerzo de la operación, lo cual originaría deformaciones en el agujero rectificado y también puede causar que el eje se rompa.

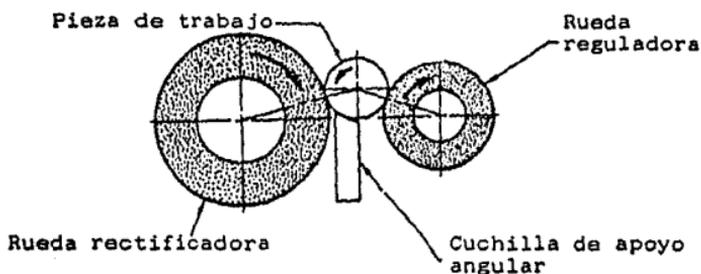
#### III.4.5 RECTIFICADO SIN CENTROS

La técnica del rectificado sin centros es un procedimiento de precisión para la mecanización de grandes series de piezas.

Este tipo de rectificado se basa en aplicar grandes presiones de trabajo y en consecuencia las piedras se hayan sometidas a grandes esfuerzos, tanto tangenciales como radiales, este es el motivo por el cual es necesario elegir ruedas duras con estructuras cerradas y abrasivos tenaces que puedan resistir las altas presiones de trabajo. Cuanto menor sea del diámetro de las piezas, más dura deberán ser las ruedas.

Los principales elementos de la operación son: Ruedas reguladoras, rueda rectificadora, y cuchilla de apoyo.

El siguiente esquema muestra tales elementos.



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, la cual trabaja a una velocidad comprendida entre 0.18 m/s y 4.5 m/s.

La rueda reguladora, que usualmente está hecha con ligas de hule, determina la velocidad 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 la pieza de trabajo y regula su altura respecto a las ruedas. Por lo general, se incorporan guías a la cuchilla para guiar el trabajo tanto a la entrada como a la salida del área de esmerilado. Las consideraciones básicas de seguridad se reducen a las ya mencionadas para otro tipo de rectificado y que son:

- a) Selección de las ruedas adecuadas. Deben usarse ruedas duras con estructuras cerradas y granos abrasivos tenaces para resistir las altas presiones de trabajo.
- b) Manejo y montaje. Deben cuidar de no golpearse las ruedas.
- c) Balanceo. El operario debe cerrar la llave de paso del líquido refrigerante antes de interrumpir el giro de las ruedas.

1) Capacidad del operario. el operario deberá de tener experiencia y capacidad para realizar esta operación.

### III.5 AFILADO

El rendimiento de una máquina depende en gran parte de la herramienta que se utiliza en el trabajo y en consecuencia del grado de afilado la misma: por lo tanto, la operación de mantenimiento del filo de las herramientas es de gran importancia en todo el taller de mecanizado que se sirva de ellas.

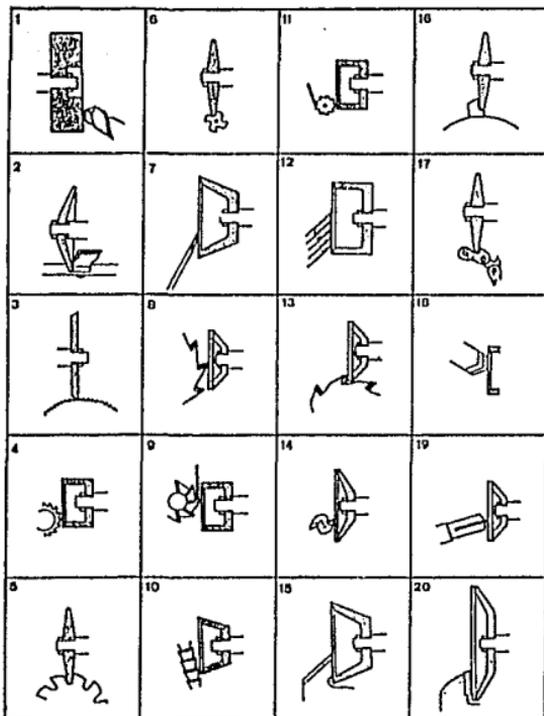
Son muchos los sistemas existentes de producción que emplean herramientas de corte y en consecuencia también son innumerables los tipos y modelos de herramientas que deben afilarse.

Naturalmente los fabricantes de máquinas afiladoras construyen sus modelos adaptándolos a una clase específica de herramienta, dando por resultado una amplia gama de máquinas perfectamente diferenciadas entre sí; de las más importantes podemos citar las siguientes:

- Afiladoras universales
- Afiladoras de herramientas para torno
- Afiladoras especiales de brocas

- Afiladoras de fresas
- Afiladora de cuchillas
- Afiladoras de sierras

A continuación se presenta un cuadro con las distintas aplicaciones para afilado de herramientas



- 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 3 C. 11) Rectificado de escariador cónico. 12) Afilado de cuchillas de máquina de madera. 13) Fresa de metal duro 3 C. 14) Afilado de broca 2 C. 15) Afilado de fresa de moldurar. 16) Afilado de pinos de roscar. 17) Afilado de cadenas de escoplear. 18) Afilado de fresa cónica. 19) Afilado frontal de broca 2 C. 20) Afilado de fresa de moldurar.

Cualquiera que sea el tipo de afilado, es importante, tanto para obtener buenos acabados, como para que la operación sea segura, que las máquinas se encuentren en buen estado y sobre todo que no generen vibraciones.

En cuanto a las ruedas, la gran mayoría son ruedas delicadas, en muchos casos son hechas de materiales superabrasivos (diamante y borazón), en otros, de abrasivos convencionales (carburo de silicio verde y óxido de aluminio), pero todas de naturaleza frágil, por lo que recomendaremos especial cuidado en lo que a su manejo y montaje respecta.

Así mismo la selección de la rueda en cuanto a tipo y material abrasivo será menester de gente que conozca a fondo las operaciones, ya que como pudimos ver en la ilustración anterior, existen trabajos muy específicos donde se requieren tipos de ruedas muy especiales.

También es muy importante en estas operaciones que el operario tenga la suficiente capacidad y experiencia, o bien la adecuada asesoría técnica para poderlas llevar a cabo.

Es este capítulo se ha dado un panorama de los aspectos más importantes referentes a la seguridad en el uso de los abrasivos sólidos, tomando en cuenta las operaciones más representativas. Debe quedar claro que existen otros tipos de mecanizado con estas herramientas de los que no se ha

hecho mención por no ser representativos, sobre todo tomando en cuenta el aspecto de seguridad.

#### CAPITULO IV. PROPUESTA DE UN PLAN DE ACCIONES ENFOCADO A DISMINUIR LA INCIDENCIA DE ACCIDENTES EN OPERACIONES CON ABRASIVOS SOLIDOS

A lo largo de este trabajo se han analizado los distintos tipos de abrasivos, sus características particulares, la manera de identificarlos, sus aplicaciones, así como los puntos importantes en lo que a seguridad se refiere.

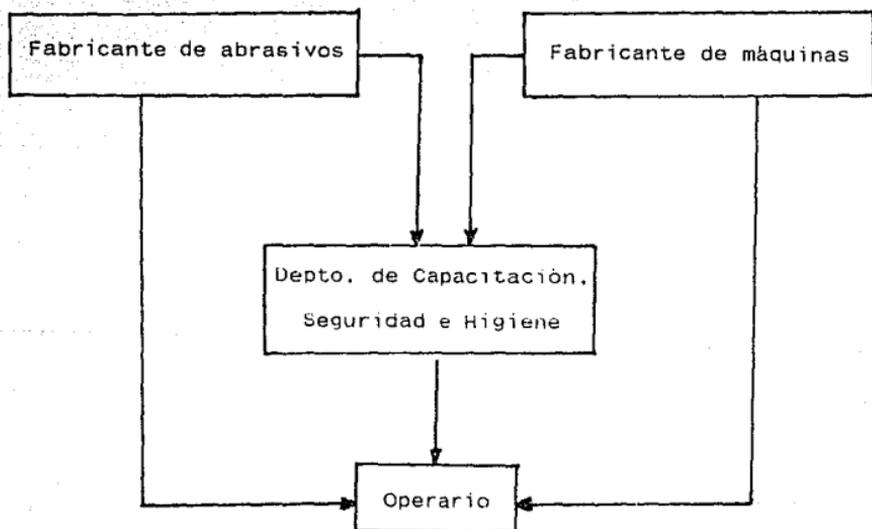
Así pues, este cuarto capítulo pretende ser un corolario de lo visto en los tres anteriores, y que se convierta en una propuesta concreta para disminuir los accidentes en operaciones con abrasivos sólidos.

En esta propuesta se involucran 4 partes que considero las más importantes en el uso, manejo y operación con abrasivos sólidos, estas partes son:

- Fabricante de abrasivos sólidos
- Fabricante de máquinas
- Departamento de Capacitación, Seguridad e Higiene
- Operario

#### IV.1. ESQUEMATIZACION DE LAS PARTES INVOLUCRADAS EN EL USO DE LOS ABRASIVOS SOLIDOS

El siguiente, es el esquema de las partes involucradas.



Fabricante de abrasivos.- Entiéndase como fabricante de abrasivos a la organización que se encarga de fabricar y/o proveer (distribuir) productos abrasivos para su consumo en la pequeña, mediana y gran industria.

Fabricante de máquinas.- Entiéndase como tal, a la organización que se encarga de fabricar y/o proveer (distribuir) máquinas para realizar operaciones con abrasivos del tipo sólidos.

Depto. de Capacitación, Seguridad e Higiene.- Entiéndase esto como el organismo dentro de una empresa, encargado de capacitar al personal en los procesos de producción, así como de proveer condiciones favorables y seguras para poder desarrollar los mismos. Obviamente, en la pequeña y mediana empresa, éste "Departamento", lo constituirá simplemente el supervisor, el gerente de producción o en muchos casos el propietario del negocio.

Operario.- Entiéndase como operario a la persona que realiza cualquier operación relacionada con abrasivos sólidos.

#### IV.2. PROPUESTA

La siguiente propuesta en un plan de acciones concretas a realizar por cada una de las partes, lo cual ayudará a disminuir la incidencia de accidentes en operaciones con abrasivos sólidos.

Fabricante de abrasivos.

El fabricante de abrasivos deberá:

a) Implantar y mantener estrictos controles de calidad a lo largo de todo el proceso de fabricación, así como en el manejo, transporte y almacenamiento de los productos abrasivos, tales que le permitan ofrecer productos que cumplan siempre con los estándares de calidad y seguridad que establecen las normas.

b) Contar con personal lo suficientemente capacitado para poder asesorar a las personas que de alguna manera tienen contacto con los abrasivos. Por supuesto que este personal deberá conocer de las operaciones en cuestión para poder resolver problemas de manera práctica y no sólo teóricamente.

c) Organizar campañas o auditorías de seguridad, de manera conjunta con los departamentos de capacitación, seguridad e higiene de cada empresa, enfocadas a reducir los riesgos en el uso de los abrasivos. Para esto, el fabricante debe de contar con el adecuado material didáctico necesario, como películas, posters, folletos, etc. encausados a concientizar a las personas relacionadas con los abrasivos sólidos a usarlos de forma segura.

d) Contar con un departamento de publicidad conciente de la problemática de la seguridad en el uso de abrasivos sólidos, de tal forma que incluya en sus folletos, catálogos e instructivos, los puntos esenciales que deben tomarse en cuenta para su uso, manejo y operación.

Algunas marcas en Estados Unidos, incluyen una pequeña guía de seguridad por cada artículo que es vendido, y es responsabilidad del distribuidor el entregar esta guía a cada comprador, aunque éste sólo compre una pieza.

Resumiendo los puntos anteriores, se puede decir que es un deber de los fabricantes el hacer todas las recomendaciones necesarias, por todos los medios posibles, para el correcto uso de los productos abrasivos que comercializa, así como asegurarse de que éstos artículos salen al mercado después de rigurosos controles de calidad que aseguran el perfecto estado de los mismos.

#### **Fabricante de máquinas**

Los deberes de los fabricantes de máquinas son básicamente los mismos que los mencionados para los fabricantes de abrasivos. Sin embargo, es necesario mencionar que mucha

maquinaria es adquirida ya usada en bazares; se trata de máquinas que generalmente están en desuso en las industrias de países con mayores avances tecnológicos en donde ya se usan dispositivos más sofisticados, se tienen casos de máquinas de Estados Unidos las cuales empezaron a resultar obsoletas en ese país hace algunas décadas. Esta maquinaria se puede adquirir de oportunidad a precios supuestamente bajos. No obstante, casi siempre son máquinas que ya no cuentan con un manual de especificaciones técnicas, esto es causa principal de que el operario, el técnico o el supervisor lleven a cabo las más ingeniosas adaptaciones y modificaciones a las máquinas, lo cual, quizá de momento, pueda resolver parcialmente un problema, pero a la larga de una u otra forma puede repercutir no solo en la operación misma sino en la incidencia de accidentes de los operarios.

En estos casos, la recomendación es directa para la gente que compra este tipo de maquinaria. Estas personas deberán tener por lo menos las especificaciones técnicas elementales para no generar riesgos con posibles modificaciones.

Por citar algunos ejemplos, hay quienes de buenas a primeras deciden cambiar el motor de la máquina, afectando factores tan importantes como la potencia o las RPM. O lo que sucede casi siempre, que para trabajar más rápido se ha decidido adaptarle una rueda o un disco más grandes a la máquina, sin

importar que la guarda tenga que ser removida para que no estorbe a la nueva herramienta más grande.

Definitivamente que este tipo de criterios deberán ser evaluados y en ocasiones autorizados por gente competente, como lo pueden ser los propios fabricantes de abrasivos o de máquinas, antes de ser llevados a cabo.

#### Departamento de Capacitación, Seguridad e Higiene

El departamento o la persona sobre la que recaiga esta responsabilidad debe contar con la documentación necesaria para la correcta selección, manejo y operación de los abrasivos sólidos, sus máquinas y complementos, como lo pueden ser los líquidos refrigerantes para operaciones en húmedo.

Así como ya se citó anteriormente, la responsabilidad por parte de los fabricantes de abrasivos y de máquinas, el departamento en cuestión, tiene la obligación de solicitar a éstos toda la información necesaria, mantenerla actualizada, pero sobre todo, no dejar de observar los puntos referentes a la seguridad.

Deberá organizar pláticas, demostraciones, proyecciones, enfocadas a concientizar más que a obligar, a su personal de

que el cumplimiento de todos los requerimientos de seguridad son en beneficio propio y que los más beneficiados son ellos mismos.

Quizá al principio sea necesario reglamentar estrictamente el cumplimiento de los puntos más elementales de seguridad, pero se debe remarcar la importancia de la acción de "concientizar" a los operadores, ya que como sucede en muchas fábricas en las que por reglamento el usuario debe portar cierto equipo de seguridad, pero el que no está consciente de los riesgos retira a la primera oportunidad las gafas, los tapones o le quita la guarda a la máquina, según ellos, para trabajar "más cómodos".

Obviamente que los responsables de este departamento deberán de estar convencidos de la importancia de que su personal opere con el mayor rango de seguridad, así pues, deberán predicar con el ejemplo. Desgraciadamente se han encontrado casos donde es el mismo supervisor o gerente, el primero que se despoja del equipo de protección o quien ordena retirar la guarda a la máquina.

Una sugerencia en este renglón, es el incentivar el cumplimiento de las normas de seguridad premiando de alguna manera al empleado o al departamento más seguro del mes. En algunas compañías, esto viene funcionando muy bien, ya que, después de todo, se le inculcan buenos hábitos al operario,

y no se le imponen normas que, de entrada, a todos pueden resultar ridículas o exageradas.

Algo muy importante y que de hecho poco se ha tomado en cuenta en la mayoría de la fábricas en donde se usan abrasivos, es que muchas operaciones generan cantidades de polvo que definitivamente pueden resultar lesivas a futuro, no solo para los operarios, sino para todas las personas que se encuentren en contacto con esa atmósfera contaminada. De ahí que también se marca como deber de este departamento, el instalar adecuados sistemas de extracción de polvos, así como supervisar su continuo mantenimiento preventivo.

La acción de este departamento se considera de vital importancia; así, de cada accidente, y no solo en operaciones con abrasivos, sino en cualquier tipo de operación, este departamento o la persona que lo represente, debe ser considerada responsable directo.

### Operario

Las acciones del operario, son definitivamente las más importantes para determinar si la operación que realiza es segura o no lo es.

Puede ser que las acciones o deberes de las tres partes antes mencionadas, sean pasadas por alto o medianamente controladas cuando el abrasivo sólido se encuentra en manos del operario listo para ser montado y operado; los riesgos de ruptura del disco o de la piedra existen desde el primer instante en que se arranca la máquina. Sin embargo, el operario que cumpla con las siguientes acciones, se garantizará a sí mismo un trabajo seguro, ya que estará protegido contra cualquier eventualidad que se pueda presentar por causas imputables a las otras tres partes.

Así pues a continuación se presenta un cuadro de acciones que el operario "debe" realizar, contra otro que marca las acciones que "no debe" realizar, para asegurarse de que su operación será lo más segura posible:

" D E B E "

1 Manejar y almacenar siempre cuidadosamente los productos abrasivos sólidos

2 Inspeccionar visualmente todas las ruedas antes de

" N O D E B E "

1 No usar una rueda rota, o una que haya sido maltratada

2 No forzar la rueda al montarla a la máquina. Si

montarlas, para identificar posibles daños

3 Comparar la velocidad efectiva (RPM) de la máquina, contra la máxima recomendada en la etiqueta del abrasivo

4 Revisar que las bridas de ajuste sean iguales y del diámetro adecuado.

5 Usar las etiquetas. En algunos casos, éstas deben ser colocadas durante el montaje de la rueda.

6 Revisar que el apoyo para la pieza de trabajo se encuentre correctamente ajustado (a 3 mm. de la rueda)

7 Usar siempre una guarda de seguridad que cubra por lo menos la mitad de la rueda abrasiva

el barreno de la rueda no es el adecuado. conseguir una con el adecuado

3 No exceder nunca la velocidad máxima de operación (RPM) establecida para cada rueda abrasiva

4 No usar bridas cuya superficie no este plana, limpia o libre de rebabas

5 No apretar excesivamente

6 No esmerilar por la cara de la rueda, a menos que haya sido diseñada para esto

7 No arrancar la máquina hasta que la guarda de seguridad se encuentre correctamente instalada

8 Dejar que la rueda gire por lo menos 1 minuto, sin carga de trabajo y con su guarda correctamente colocada

8 No hacer presión excesiva de la pieza de trabajo contra la rueda

9 Usar siempre lentes de seguridad o algún tipo de protección visual durante la operación

9 No colocarse frente a una rueda abrasiva en el momento en que la máquina es arrancada

10 Cerrar la llave del líquido refrigerante antes de parar la rueda para prevenir que se creen condiciones de desbalanceo.

10 No forzar la operación, ya que esto fuerza la máquina y provoca exceso de calor en la operación

No todas las recomendaciones anteriores se pueden aplicar estrictamente en todas las operaciones con abrasivos sólidos, pero, si de alguna manera sencilla pudiese el operario comprender y practicar estos puntos esenciales, seguro que el índice de accidentes con abrasivos sólidos, decrecería drásticamente.

En algunos puntos podría profundizarse o darse otras alternativas, así por ejemplo, en lo referente al equipo de

seguridad, no solo es necesaria la protección visual, se requieren otros implementos como casco, guantes, peto, tapones para los oídos, botas, mascarilla, etc.

Así mismo, es conveniente el recomendar no usar vestimentas riegosas como corbatas, colgajos, anillos, pulseras, etc. La explicación es obvia y lógica, sin embargo ocurren accidentes debido a estas situaciones.

Otra causa muy común de accidentes laborales, donde los ocurridos en operaciones con abrasivos sólidos no son la excepción, es cuando el operario se presenta a trabajar en condiciones no óptimas. Es curioso notar que el día con mayor incidencia de accidentes laborales es el lunes.

El operario debe estar conciente que el trabajar bajo los influjos del alcohol o de alguna otra sustancia, con cansancio extremo o con desgano, puede provocarle un accidente irremediable; quizá para esto tenga que modificar algunos hábitos, lo cual es lo más difícil de lograr, para presentarse a trabajar en óptimas condiciones.

En este punto debe establecerse una acción conjunta entre el operario y el departamento de Supervisión, Seguridad e Higiene, éste último puede detectar quien no se encuentra en condiciones de laborar, para impedirlo, y para sancionar al operario que persista en esta actitud.

## CONCLUSIONES

Los Abrasivos sólidos son sin duda herramientas indispensables, principalmente en la industria metalmeccánica. Muchos procesos resultarían costosos y más tardados si no existieran los abrasivos sólidos.

No obstante, es bien sabido que muchos accidentes de gravísimas consecuencias se siguen suscitando en dichos procesos.

El presente trabajo analizó varios factores que pueden considerarse de tipo técnico en cuanto a la prevención de accidentes con abrasivos sólidos. Pero la conclusión es contundente, la negligencia y la apatía de las partes involucradas en la fabricación, el manejo, pero sobre todo en el uso de los abrasivos sólidos, son las causas principales de los accidentes.

Los objetivos de este trabajo no se lograrán hasta que las partes involucradas, sobre todos los usuarios tomen conciencia del alto riesgo que corren al no practicar los mínimos de seguridad.

Los objetivos de es trabajo se considerarán por cumplidos cuando los usuarios comprendan la importancia de observar las normas de seguridad, no después de que algún grave

accidente les suceda, sino desde ahora, antes de que sea demasiado tarde.

## BIBLIOGRAFIA

FIGUERAS, MANUEL; ABRASIVOS; BOIXAREU EDITORES; ESPAÑA; 1979.

KRAR-J.W., OSWALD; GRINDING TECHNOLOGY; DELMAR PUBLISHERS INC.; E.U.A.; 1974.

FRACIS, T.; ABRASIVES METHODS ENGINEERING; FARAGO INC.; E.U.A.; 1989.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE; SAFETY REQUIREMENTS FOR THE USE, CARE AND PROTECTION OF ABRASIVE WHEELS, AMERICAN STANDARDS INSTITUTE; E.U.A.; 1989.

FORMACION PROFESIONAL Y CULTURA TECNICA INDUSTRIAL/METALMECANICA; ESPAÑA; 1989.

ABRASIVOS ESPECIALES, S.A. DE C.V.; CATALOGO DE EXISTENCIAS; MEXICO; 1989.

ABRASIVOS ESPECIALES, S.A. DE C.V.; CATALOGO GENERAL; MEXICO; 1989.