

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**SELECCION DE LA SIERRA CIRCULAR PARA CORTE Y
MAQUINADO DE MADERA Y ALUMINIO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

EDGAR RODRIGO PALMA MONTAÑO

ASESOR DE TESIS: ING. ENRIQUE CORTES GONZALEZ

COASESOR DE TESIS: ING. ANTONIO TREJO LUGO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis:

"Selección de la tierra circular para corte y maquinado
de madera y aluminio"

que presenta al pasante: Edgar Rodrigo Palma Montaña
con número de cuenta: 09326982-5 para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 29 de Agosto de 2006.

PRESIDENTE Ing. Enrique Cortés González *[Firma]*

VOCAL Ing. Reyes Hugo Torres Herino *[Firma]*

SECRETARIO Ing. Santos Carlos López Escobar *[Firma]*

PRIMER SUPLENTE Ing. Marcos Belisario González Loria *[Firma]*

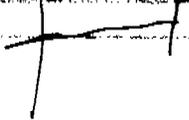
SEGUNDO SUPLENTE Ing. S. Dulce Maria Ligia Malo Ortega *[Firma]*

Autoriza a la Biblioteca de la UNAM a manejar los libros que integran el contenido de la asignatura mencionada.

NOMBRE: EDGAR RODRIGO

PALMA MONTAÑO

FECHA: 18 DE SEPTIEMBRE 2006

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A Dios por un día más de vida y por concederme la dicha de compartir este logro con la gente que amo.

A Tinsy por todo el amor y la confianza, por la fuerza y el coraje con que enfrentas la vida y por que nunca dudaste (ni en los instantes más difíciles) que este momento llegaría, muchas gracias mamá.

A mi gigante Yel por que tu sola presencia a mi lado genera tanta energía que mueve el motor que me mantiene vivo.

A mi hermosa compañera, por tantos momentos colmados de amor, comprensión y alegría, por lo difícil que fue el inicio, por que no han sido en vano el esfuerzo y las lagrimas derramadas para llegar hasta el día de hoy y por que siempre exista la posibilidad de expresarte lo mucho que te amo además de ser parte fundamental de este logro y de mi vida, para ti Pily.

A mis mejores amigos Christian, Kevin y Sebastian por que a pesar de que la distancia ha sido la constante, he comprendido que no necesitamos vivir bajo un mismo techo para estar siempre cerca.

A mi padre, por que hoy que estoy en tu lugar entiendo como hijo, el valor y la importancia de tener a mi lado a quien me ha enseñado el camino y por que sé que siempre fue este el objetivo, misión cumplida gracias.

A mis hermanos Marco A. Zarate, Luis Ramírez Trejo, Jorge A. Flores, Aldo Laguna y Horacio C. Martínez por su gran amistad.

INDICE

	Página
INDICE.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	7
CAPÍTULO 1. TEORÍA DE CORTE.....	9
CAPITULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS CIRCULARES.....	19
CAPÍTULO 3. GEOMETRÍA DE LAS SIERRAS CIRCULARES.....	35
3.1 GEOMETRÍA DE LOS DIENTES DE LAS SIERRAS CIRCULARES.....	42
3.2 ÁNGULOS DE TRABAJO DE LOS DIENTES DE LAS SIERRAS CIRCULARES.....	45
CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE DIENTES DE LA SIERRA CIRCULAR.....	49
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LAS FÓRMULAS Y TABLAS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE CORTE Y LA VELOCIDAD DE AVANCE DEL MATERIAL.....	53
CAPÍTULO 6. DESGASTE DE LAS SIERRAS CIRCULARES.....	59
CAPÍTULO 7. NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	65
CAPÍTULO 8. CASOS PRÁCTICOS.....	69
CONSIDERANDOS.....	85
CONCLUSIONES.....	89
ANEXO I. NOMENCLATURA DE LAS SIERRAS CIRCULARES.....	95
ANEXO II. UNIDADES PARA MEDIR LA DUREZA DE UN MATERIAL.....	96
ANEXO III. MADERA.....	97
GLOSARIO.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	109

INTRODUCCIÓN

Es frecuente encontrar en los manuales de máquinas herramienta información técnica de aquellas utilizadas para procesos de corte de metales, desde los materiales para su fabricación, así como su geometría y diseños, sin embargo no existe alguno que contemple datos cuando se llevan a cabo procesos de maquinado de madera, plástico o perfiles de aluminio (barras huecas), aunque la teoría de corte es aplicada de manera general a cualquier proceso de corte es importante contar con un manual que proporcione esta información.

Este trabajo tiene diferentes vertientes de uso, es decir puede ser de utilidad al fabricante para llevar a cabo su función de venta, mantenimiento y distribución de herramientas de corte al momento de dar la asesoría técnica, así como para reducir costos de los consumidores de estas mismas ya que podrá elaborar un programa de mantenimiento preventivo, entre estos consumidores se encuentran negocios como aserraderos, madererías, carpinterías, la industria del plástico e incluso en donde se trabaja la cancelería de aluminio. Por último y por que no, proponer el incluir esta información como capítulo extra en los manuales de máquinas y herramienta.

Los temas que aquí se tratan se desarrollan tomando como referencia el contenido de los manuales tradicionales de maquinas herramienta solo que ahora enfocados a materiales distintos al acero.

Cabe señalar que los creadores de esta tecnología como alemanes, e Italianos y más recientemente norteamericanos incluyen algunos de estos datos como parte de sus catálogos de venta pero tienen algunos factores que los ponen fuera del alcance de los consumidores mexicanos algunos de ellos son por ejemplo que vienen escritos en su idioma de origen, su costo es elevado y por último los datos que se manejan aún traducidos no son lo suficientemente claros ya que contienen mucha información técnica que puede llegar a confundir al consumidor.

En el último capítulo se incluyen algunas fotografías que muestran signos de desgaste en la propia herramienta que servirán de guías visuales para poder tomar la decisión de cuando enviar su herramienta a servicio de mantenimiento sin tener que hacer cálculos complejos.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente en México es alto el índice de desempleo, situación que ha generado el crecimiento del comercio informal y el surgimiento de pequeños negocios (de forma matizada micro-empresas), dentro de este grupo se encuentran las carpinterías y talleres de cancelería de aluminio que en muchos de los casos se ven obligados a no continuar sus actividades entre otras cosas por la aplicación de una mala administración y falta de visión al momento de tomar decisiones para reducir sus costos (es importante señalar que estos elementos no son exclusivos de los pequeños talleres, también aplican para empresas).

Esta corta visión causada por ignorancia y por la propia idiosincrasia del mexicano que cree que el factor más importante al momento de comprar es dejarse llevar por la mercadotecnia del producto (es decir por la marca y la publicidad) o de manera contraria consumir lo más barato, sin evaluar realmente si lo que compra es lo que realmente necesita. Por ejemplo en un taller de carpintería es común realizar cortes en madera con sierras circulares que tienen características para cortar aluminio u otro material y suceden varios factores; definitivamente el corte lo hace pero la calidad en el acabado es mala, el desgaste de la maquina es superior, el consumo de madera es mayor, la energía consumida es considerable si se toma por periodo de tiempo y el más importante es que la propia integridad física del operario se ve amenazada por que al no ser utilizada correctamente, la herramienta puede sufrir fisuras que ocasionarían una fractura en el cuerpo de la sierra y por lo tanto lastimar seriamente al operador.

Es por eso que como parte de las actividades que realizan las empresas especializadas en el ramo de la sierras circulares se encuentra la de dar asesoría técnica a sus clientes que varía según las necesidades de cada uno de ellos.

Uno de los objetivos al desarrollar este manual es que esta información este en una biblioteca como parte de un manual de maquinas herramienta y que no solo se tenga acceso a esta cuando se compre algún artículo de estos y al mismo tiempo las empresas

especializadas en el ramo de las sierras circulares elevan la calidad en su servicio y generan entre sus clientes la confianza para futuras compras.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Garantizar al consumidor de este tipo de herramienta que al leer esta guía contará con los elementos suficientes para hacer una correcta elección que redunde en lograr el máximo rendimiento de la herramienta al menor costo así como lograr larga duración de la sierra circular.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Que las empresas dedicadas a dar este servicio cuenten con un instrumento de apoyo y de fácil entendimiento para dar la asesoría adecuada.
- Elevar la calidad de servicio.
- Proponer a los diferentes consumidores de este producto una manera de reducir sus costos de producción.
- Proponer que en futuras publicaciones de manuales de maquinas herramientas se incluya el tema de corte y maquinado de madera y aluminio.
- Crear conciencia en el consumidor de este tipo de productos que al hacer una selección adecuada de la sierra circular, está contribuyendo también a que recursos naturales como lo son la madera y el aluminio estén siendo utilizados adecuadamente y no se este desperdiciando.

CAPITULO 1.

TEORIA DE CORTE

CAPITULO 1. TEORIA DE CORTE

La operación de una herramienta de corte, bien sea para torno, fresadora o cualquier otra máquina herramienta, se fundamenta en una teoría común para todos los procesos. El propósito de cualquier operación de corte consiste en obtener un buen acabado superficial con velocidad y avance elevados conservando mínimos el esfuerzo y el costo.

Uno de los objetivos de la tecnología de herramientas es maximizar la utilización de la herramienta entre reafilados. La falla de una herramienta bien diseñada y construida puede ocurrir por el desgaste de su filo, que altera su geometría. Estos cambios geométricos pueden ocurrir a causa de un filo romo, rugosidad o cambio en ángulos de incidencia. Cualquiera de los cambios mencionados genera calor, que puede ocasionar la pérdida de dureza por parte de la herramienta. Esto no significa que las herramientas se ablanden completamente. Simplemente quiere decir que la herramienta se ablanda hasta un punto tal que el corte es ineficiente. Si el movimiento relativo de la herramienta con respecto a la pieza es excesivo, por fricción se desprende el material del filo y las condiciones que prevalecen después de esta acción tienden a elevar aún más la temperatura extendiendo la zona del filo en donde se presenta el fenómeno de desprendimiento de material. El proceso de ablandamiento y desprendimiento de material por fricción puede continuar hasta el daño total de la herramienta, es decir un daño que deje inservible la herramienta.

Luego, la lubricación o enfriamiento adecuado, el afilado, los ángulos apropiados, la selección cuidadosa del material para las herramientas, la selección de las velocidades y avances convenientes, así como la cantidad correcta de dientes (para herramientas multifilo) y el buen posicionamiento de la herramienta con respecto a la pieza contribuyen a disminuir la generación de calor y a prolongar la duración de la herramienta. *Por duración de la herramienta se entiende el tiempo durante el cual ésta opera sin la ocurrencia de fallas.*

Los esfuerzos dinámicos elevados que se desarrollan en la pieza y en la viruta son otra causa de fallas en las herramientas. Los metales se endurecen por deformación y esto

hace que se incrementen las fuerzas requeridas para separar la viruta del material de corte. La formación de la viruta es una función de la herramienta y depende de la naturaleza del material trabajado (Fig. 1).

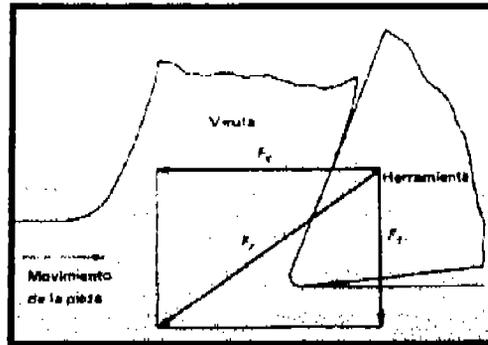


Figura 1. Fuerzas que actúan sobre la herramienta de corte. (Fundamentos del corte de metales y de las máquinas herramientas).

En el corte de materiales la rebaba se forma por deformación y falla del material inmediato anterior a la herramienta de corte.

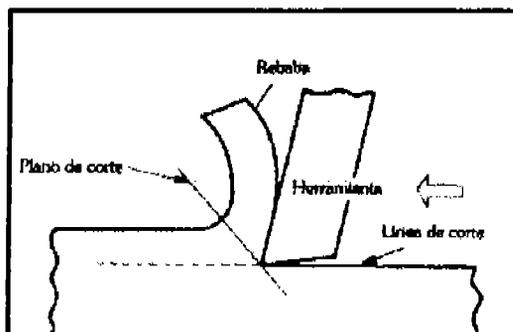


Figura 2. Formación de rebaba. (Manual de maquinas herramientas, Genevro George W. / Heineman Stephen S.)



Figura 2.1 Formación de viruta. (Léxico Leitz, catálogo general)

La ubicación y el ángulo en la zona de corte y la naturaleza de la rebaba quedan determinados por la geometría de la herramienta y las propiedades físicas del material que se corta. Todas las rebabas se forman como resultado de la acción de corte que se lleva a cabo cuando la herramienta impulsa al material a la superficie de la pieza. (Fig. 3)

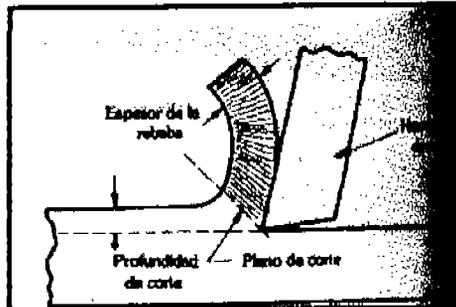


Figura 3. Formación de rebaba causada por la acción de corte. (Manual de maquinas herramientas, Genevro George W. / Heineman Stephen S.)

La viruta o rebaba se clasifica en los diferentes manuales de máquinas herramienta como

- Discontinua o segmentada (Fig. 4)
- Continua (Fig. 5)
- De orilla formada o con recrecimiento del filo (Fig. 6)

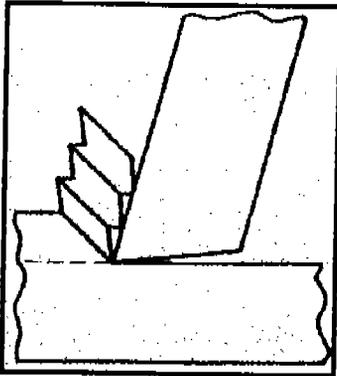


Figura 4. Segmentada

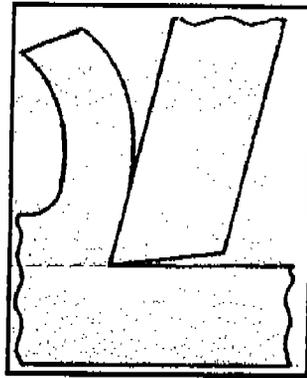


Figura 5. Continua

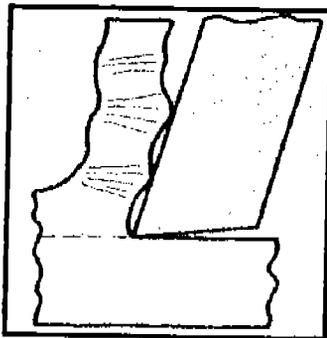


Fig. 6 Orilla formada en la herramienta

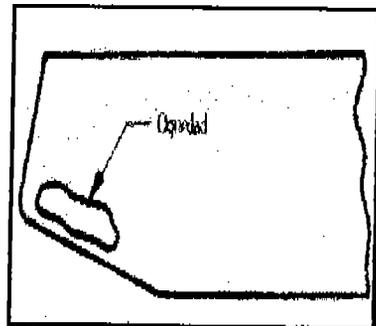


Fig. 7 Herramienta con oquedad (Manual de

maquinas herramientas, Genevro George W. / Heineman Stephen S.)

En el corte de madera sucede una acción similar, cuando el fresado es en contra del avance, es decir cuando el movimiento de corte de la herramienta y el avance relativo de la pieza a trabajar son opuestos. El inicio de corte no empieza inmediatamente al tocar la madera con el filo, es decir el inicio es con un espesor de 0 (cero). Antes que se pueda producir una viruta y salir por la cara, el filo rasga y aprieta contra la pieza a trabajar formando un arco y posteriormente se inicia el proceso de corte efectivo. De esta manera se produce una viruta larga, cuyo espesor aumenta hasta la salida. En esta fase inicial del corte se forma la superficie posterior del material trabajado. Cuanto más entra el corte en la madera más estable es la viruta. La formación de viruta esta influida por procesos de quebrado y separación, también llamada separación previa. (Fig. 8 Léxico Leitz, catálogo general)

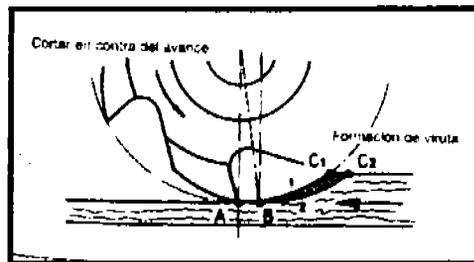


Fig. 8 Separación previa

A, B: Zona de corte

B, C₁, C₂: Viruta larga

Es muy importante considerar el sentido del corte, es decir a favor o en contra de la veta, dependiendo de este factor el acabado del corte en la madera será mayor o menor según sea el caso. A continuación se muestran algunos ejemplos.

a) Corte longitudinal

1. **A favor de la veta:** De fácil elaboración, se obtiene una buena calidad de superficie aplicando altas velocidades de avance

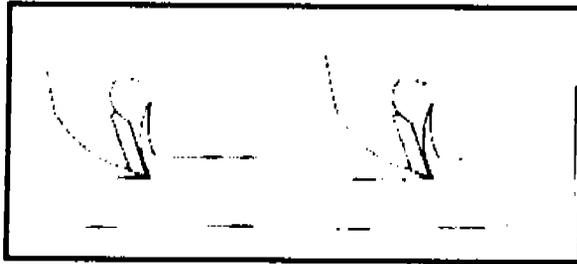


Fig. 9 Corte a favor de la veta. (Léxico Leitz, catálogo general)

2. **En contra de la veta:** De difícil elaboración debido a la separación previa de la viruta, el resultado es una mala calidad de superficie, aún aplicando altas velocidades.

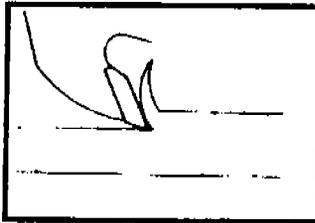


Fig. 10 Corte en contra de la veta. (Léxico Leitz, catálogo general).

b) Corte transversal: De elaboración fácil, sin embargo superficie ligeramente áspera. Para este tipo de corte es importante la selección del número de dientes correcto



Fig. 11 Corte transversal en madera. (Foto: Delta Machinery)



Fig. 12. Corte transversal en un perfil de aluminio. (Foto: E. Rodrigo Palma M.)

c) **Corte de canto (frontal):** De difícil elaboración, ya que surgen altas fuerzas de corte y la superficie resulta áspera por las astillas de la veta y se recomiendan bajas velocidades de avance de material (consultar capítulo 5.2).

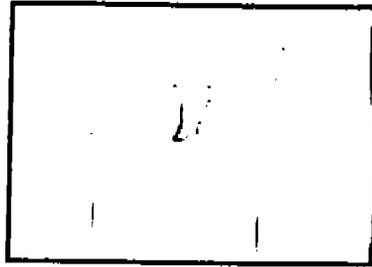


Fig. 13 Corte frontal. (Léxico Leitz, catalogo general).

Notas:

- Estos tipos de cortes aplican para cualquier tipo de madera
- En el caso del aluminio solo aplica el corte transversal (Fig. 12).

CAPÍTULO 2.

***MATERIALES
EMPLEADOS EN LA
FABRICACION DE
SIERRAS CIRCULARES***

CAPÍTULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS CIRCULARES.

Los metales duros se han usado a lo largo del tiempo para cortar o deformar diferentes materiales entre estos el propio metal. Antes de la llegada de las máquinas herramienta motorizadas, la falta de buenos materiales para herramientas de corte no era un problema serio. Sin embargo en los últimos años las exigencias del mercado son mayores y requieren de una planeación que incluya mejores materiales con mayores eficiencias, mejor calidad de acabados y menores costos.

El maquinado de diversos tipos de madera y sus derivados así como materiales modernos compuestos y metales no ferrosos como el aluminio requieren materiales de corte especiales. Los fabricantes de materiales de corte ofrecen una gran gama con las más diferentes especificaciones, el cual amplían y mejoran constantemente.

2.1 ACEROS AL ALTO CARBONO

Los aceros al alto carbón, o al alto carbono, se producen quitando todo el carbón, excepto la cantidad deseada, al igual que el manganeso, azufre, fósforo y otros elementos del arrabio (acero crudo o sin tratar). Todos los aceros contienen algo de carbono, y este contenido determina la templabilidad o capacidad de adquirir dureza, por lo tanto, la cantidad de carbono se relaciona estrechamente con la resistencia a la tensión y al desgaste que se pueden desarrollar por tratamiento térmico.

Los aceros al alto carbono se pueden endurecer con facilidad y se usan mucho para operaciones de maquinado a baja velocidad de corte (consultar capítulo 5.1) y para herramientas de corte para madera y plásticos.

CAPÍTULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS

Los aceros de esta categoría contienen más del 0.6 % de carbono. La mayor parte de los aceros al alto carbono que se usan para fabricar herramienta de corte para madera y plásticos tienen un contenido de carbono de 1.10%

Son relativamente poco costosos y de fácil tratamiento térmico, pero no resisten usos rudos o temperaturas mayores de 350 a 400° F (175 a 200° C). Los aceros de esta categoría se endurecen calentándolos arriba de la temperatura crítica, enfriéndolos en agua o aceite y templándolos según se necesite. Cuando se templan a 325° F (160° C) la dureza ° puede llegar hasta 62 o 65 Rockwell C. Las herramientas de corte de acero al alto carbono se nitruran con frecuencia a temperaturas que van de 930 a 1000° F (500 a 540° C) para aumentar la resistencia al desgaste de las superficies de corte, y reducir el descarapelamiento y los atoramientos. Cabe señalar que las herramientas de corte de acero al alto carbono endurecido deben mantenerse frías mientras se afilan. Si aparece un color azul en la parte que se afila, es probable que se haya reblandecido.

2.2 ELEMENTOS DE ALEACIÓN DEL ACERO

Los aceros aleados son una combinación de hierro, carbono, y uno o más elementos de aleación en cantidades apreciables. Los elementos de aleación pueden tener diversos efectos sobre el acero. En algunos casos una pequeña cantidad de determinado elemento tiene un efecto, como aumentar la resistencia a la tensión. Los siete elementos de aleación más frecuentes, y sus efectos, son los siguientes:

1. El **manganeso** es un elemento básico en todos los aceros al carbón y aleados. Cuando el contenido de manganeso es mayor de 1,65%, el acero se considera aleado. Es desoxidante eficaz y se combina con el azufre del acero para formar inclusiones de sulfuro de manganeso. Estas funcionan como lubricante interno para mejorar la facilidad de maquinado. También el manganeso aumenta la resistencia y la dureza, en especial en los aceros al alto carbono, pero tiende a reducir la facilidad de soldado y la ductilidad. Los aceros al alto manganeso son muy tenaces y resistentes al desgaste.

2. El **níquel** aumenta la tenacidad, resistencia a la fatiga, al desgaste, y la templabilidad de la mayor parte de los aceros, cuando se usan en pequeñas cantidades. Disminuye la temperatura crítica del acero, y con ello amplía los límites de temperatura del tratamiento térmico. En grandes cantidades junto con el cromo, transforma los aceros en inoxidable, es decir, resistentes a la corrosión. Los aceros al níquel también se usan en aplicaciones a muy bajas temperaturas.

3. El **cromo** es uno de los elementos de aleación más versátiles. Aumenta la templabilidad, tenacidad, resistencia al desgaste y resistencia a la tensión. Algunos aceros para troquel tienen hasta 12% de cromo, con lo cual el acero se vuelve templable al aire cuando contiene las concentraciones adecuadas de carbón. Todos los aceros inoxidables contienen cromo en concentraciones que van del 12 al 26%.

4. El **molibdeno** se usa en diversos aceros de aleación, junto con cromo, manganeso, níquel cobalto, y otros elementos. Aumenta la templabilidad de un acero con

determinado contenido de carbono, y ayuda a producir aceros endurecidos tenaces y de grano fino. El molibdeno se usa en muchos aceros que se exponen a altas temperaturas y también se usa en herramientas de corte de alta velocidad (HS).

5. El silicio es un elemento no metálico. Es un desoxidante poderoso que está en todos los aceros, en contenidos que van desde 0.20 hasta un 2.20%. Aumenta la resistencia del acero y, cuando se usa con manganeso, ayuda a producir aceros aleados fuertes con alta resistencia al choque.

6. El vanadio, que se usa en cantidades relativamente pequeñas, reduce el crecimiento de grano en aceros, durante su tratamiento térmico. Se usa como elemento de aleación en acero para muelles, engranajes, ejes, herramientas de mano y demás objetos cuando se necesite resistencia al impacto, tenacidad y resistencia.

7. El tungsteno se usa mucho en los aceros de alta velocidad, porque aumenta la resistencia y la dureza del acero a alta temperatura. Se le conoce como metal refractario, ya que se funde a altas temperaturas (6098° F, 3870° C), y es tan duro que se puede maquinar solo por rectificado.

2.3 ACEROS DE ALTA VELOCIDAD (HS)

Desde 1870 se sabía que la adición de grandes cantidades de tungsteno, hasta el 18%, a los aceros al carbono, les permitía conservar su dureza a mayores temperaturas que los aceros simples al carbono. Se consiguió un gran avance cuando los metalurgistas desarrollaron los procesos adecuados de tratamiento térmico para fabricar aceros de alto contenido de tungsteno adecuados para herramientas de corte.

Con la aparición de la aleación de acero de alta velocidad conocida como 18-4-1 (nombre recibe por sus porcentajes de tungsteno, cromo y vanadio respectivamente, también conocida como T-1), que retiene su filo a temperaturas de hasta 1000 a 1100° F (540 a 590° C) permitió duplicar en algunos casos, las velocidades de corte con herramientas

CAPÍTULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS

de estos aceros. También aumentaron la duración y los tiempos de afilado. El acero básico 18-4-1 (T-1) contiene 18% de tungsteno, 4.1% de cromo, 1.1% de vanadio, de 0.70 a 0.80% de carbono, 0.30% de manganeso, .030% de silicio y el resto hierro. Se han desarrollado muchas variantes de esta aleación, la mayor parte de las cuales tienen entre el 5% y 12% de cobalto y de 0.70 a 0.80% de molibdeno. Al aumentar el contenido de vanadio al 5%, se mejora la resistencia al desgaste.

Los aceros de alta velocidad al tungsteno tienen hasta 12% de cobalto, y en ese caso se llaman aceros de súper alta velocidad (HSS) o aceros de alta velocidad al alto cobalto, por que aumenta la resistencia al calor.

Los aceros al molibdeno de alta velocidad contienen tan solo de 1.5 a 6.5 % de tungsteno, pero tienen de 8.0 a 9.0% de molibdeno, 4.0% de cromo, 1.10% de vanadio, 0.3% de silicio, 0.3% de manganeso, y 0.80% de carbono. Los aceros de alta velocidad al molibdeno-tungsteno, también se conocen como aceros 6-6-2, 6-6-3 y 6-6-4, contienen aproximadamente 6% de molibdeno, 6% de tungsteno y vanadio en proporciones que van del 2 al 4%. El contenido de carbono llega hasta el 1.30%.

CAPÍTULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS

Clasificación y características de los aceros para herramientas

Tipo	Grupo	Facilidad de maquinado	Principales elementos de aleación	Contenido de carbono %	Características	Aplicaciones en herramientas
Aceros endurecibles al agua	W	100	C, Cr, V	0.60-1.40	De fácil maquinado, cubierta dura y bucleo tenaz, poco costoso	Herramientas para impacto ligero o mediano
Aceros resistentes al choque	B	85	Si, Cr, W, Mo. (Mayor dureza y resistencia al calor y al desgaste)	0.30-0.70	Templado al aceite y al agua resistente al choque a temperaturas normales	Cinceles, cizallas, punzones
Aceros trabajados en frío, endurecibles al aceite	O	80	Si, Mn, Cr, W	0.90-1.45	Mejor templado, menos cambio dimensional, poco costoso	Punzonado, doblado, corte, calibradores
Endurecibles al aire	A	85	Mn, Cr, W, V	0.70-2.25 A7	Excelente estabilidad dimensional, buena resistencia al desgaste, más difícil de maquinar	Formas complicadas, matrices dobladas
Al alto carbono, alto cromo, trabajados en frío	D	40-50	12% Cr, Si, W, V	1.00-2.35	Alta resistencia al desgaste, endurecimiento profundo, poco cambio dimensional	Matrices, galgas maestras, herramientas de mucho desgaste
Aceros trabajados en caliente	H	75	Cr	0.25-0.90	Endurecimiento profundo, resistente a altas temperaturas, menos costoso	Punzones de forja en caliente, cizallas en caliente, matrices
		80	W			
		80	Mo			
Aceros de alta velocidad	T	40-55	W, Co	0.70-1.00	Alta dureza al rojo	Herramientas de corte, matrices
	M	45-60	Mo	0.80-1.60	Alta resistencia a la abrasión	
	L	90	Cr, Mo, V	0.60-1.00	Buena resistencia al desgaste	
Aceros de propósito especial	F	75	W, Cr	1.00-1.25	Resistencia al desgaste y a cargas de choque en frío	Rodamientos (bateras), rodillos, herramientas de forma, matrices, moldes
Aceros al bajo carbono	P	75-100	Cr, Mo, Ni	0.03-0.07	Se puede carburizar, de fácil maquinado	

C = Carbono
 Cr = Cromo
 Mo = Molibdeno
 V = Vanadio
 Mn = Manganeso
 Ni = Niquel
 Si = Silicio
 W = Wolframio
 (TUNGSTENO)

Tabla 1. Clasificación y características de aceros para herramientas

2.4 ALEACIONES COLADAS O NO FERROSAS

Los términos aleación colada, aleación fundida o aleaciones no ferrosas para herramientas se refieren a materiales constituidos por un 50% de cobalto, 30% de cromo, 18% tungsteno, y 2% de carbono. Las proporciones de esos metales no ferrosos varía, pero el cobalto es el material dominante. A las herramientas de corte hechas de estas aleaciones coladas, se les llama comercialmente Estelita (Stellite) (ST), permanecen duras hasta 1500° F (815° C). Su dureza aproximada es de 60 a 62 Rockwell C. Estos materiales se producen por la técnica de fusión, no se pueden recocer y siempre se endurecen al aire al enfriarse. Por lo tanto, las herramientas de aleaciones coladas se funden y moldean a su forma y se les da el acabado por rectificado.

Por su capacidad de resistir calor y abrasión, las aleaciones coladas se usan para ciertas partes de motores y turbinas de gas y para herramientas de corte. También son muy resistentes a la corrosión y permanecen tenaces a temperaturas hasta de 1500° F (815° C), pero son algo más frágiles que los aceros de alta velocidad.

En la industria de la madera la estelita se utiliza como elemento de unión en procesos de fresado en los cuales se requieren cortes muy afilados con un pequeño ángulo de filo, por ejemplo maderas fibrosas. Este material brinda excelentes resultados en cuanto a la muy alta resistencia al desgaste mecánico y químico ocasionado por la inclusión de minerales y ácidos contenidos en la madera. Las áreas de aplicación típicas de la estelita es el maquinado de maderas húmedas en aserraderos, así como meranti, álamo y roble.

2.5 CARBUROS CEMENTADOS

Las herramientas de carburo, a las que también se les llama herramientas de corte sinterizado, son capaces de trabajar a velocidades de corte hasta tres veces las del acero de alta velocidad. Su uso se popularizó hace unos 50 años y a ellas se debió un gran aumento en la productividad de las máquinas. Se desarrollaron máquinas con mayor potencia y más rigidez para aprovechar las ventajas de las herramientas de carburo.

El ingrediente principal de las herramientas de carburo es el polvo de carburo de tungsteno, que se compone de 95% de tungsteno y 5% de carbono finamente pulverizados. Estos dos materiales se calientan y se combinan, formando partículas extremadamente duras de carburo de tungsteno. Este carburo se mezcla con un 5 a 10% de cobalto en polvo, que funciona como aglomerante, y una pequeña cantidad de parafina. La mezcla, a la que también se le puede agregar carburo de titanio o carburo de tántalo para variar las características de la herramienta, se comprime a una forma ligeramente mayor que su forma definitiva. La herramienta se presintetiza calentándola a unos 1500° F (815° C) para quemar la cera. A continuación se vuelve a calentar entre 2500 y 2600° f (1370 a 1430° C) para completar el proceso de sinterización. En este punto, el cobalto se funde y funciona como aglomerante formando una matriz que rodea las partículas de carburo, que no se funden. La dureza que depende en parte de la presión que se usa para dar forma a la parte presintetizada queda entre 85 y 90 Rockwell C.

La cantidad de cobalto que se usa para aglomerar los carburos afecta la tenacidad y resistencia al choque de la herramienta. Las herramientas con más aglomerante son más resistentes al choque, pero no son tan duras.

Las herramientas de carburo se dividen en dos categorías principales. La primera se compone de las de carburo de tungsteno simple (Clases 1 a 4, ver tabla 2), que son duras y tienen muy buena resistencia al desgaste. Son las más adecuadas para maquinar hierro colado, metales no ferrosos y algunos materiales no metálicos abrasivos. Los tipos más

CAPÍTULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS

duros de carburo también se pueden emplear para dados de hileras, u otras aplicaciones en las que sea importante la resistencia al desgaste.

La segunda categoría (clases 5 a 8, ver tabla 2) comprende las combinaciones de carburo de tungsteno y de tántalo o de titanio. En algunos casos se usan los tres carburos. Estos carburos se usan por lo general para maquinarse acero y madera. Son resistentes al **desportillamiento**, que es un problema serio cuando se usa carburo de tungsteno para realizar estos maquinados.

Los insertos de carburo se pueden sujetar en posición, o soldar con plata al portaherramienta o cuerpo de acero.



Figura 14. Sierra circular con insertos de carburo de tungsteno soldados.

CAPÍTULO 2. MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE SIERRAS

Tabla 2

Clasificación de carburo cementado

CLASE	TIPO	APLICACIÓN
Para maquinar hierro colado, metales no ferrosos(aluminio), no metales (plástico)		
1	Tungsteno	Cortes de desbaste
2	Tungsteno	Propósito general
3,4	Tungsteno	Cortes ligeros y operaciones de acabados

Para maquinar acero y madera

5	Tungsteno	Cortes de desbaste
6	Titanio	Propósito general
7,8	Tungsteno, titanio y tántalo en diversas proporciones	Cortes ligeros, operaciones de acabado

Tabla 2. Clasificación de carburo cementado

El campo de aplicación de las diferentes clases de carburo es muy amplia, pueden ser utilizados en sierras circulares con insertos de este material para realizar cortes y terminados de acabado tanto para perfiles huecos y canchales de aluminio de diferentes espesores con aleaciones de 95% de tungsteno y 5% de carbono, así como en sierras circulares, cuchillas reversibles, cuchillas perfiladas y estriadas y brocas para router. Todos estos para trabajos de corte y acabado de maderas duras, maderas blandas con nudos, tableros abrasivos con aleaciones de 93% de tungsteno, 6% de cobalto como aglomerante y 1% de tántalo y titanio.

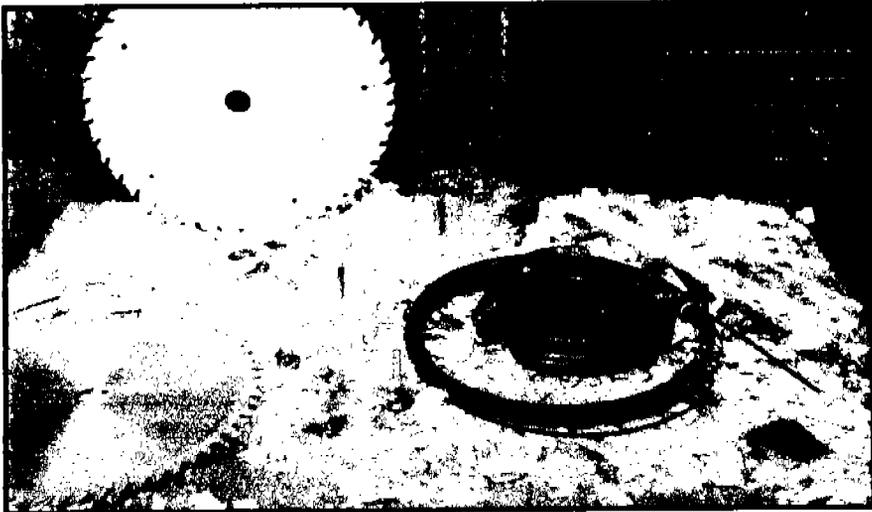


Figura 15. Herramienta con insertos de carburo (Foto: Christian Palma M.)

2.6 DIAMANTE POLICRISTALINO (DP)

Para la fabricación de este material se fusiona una capa de diamante o de nitruro de boro cúbico policristalino –aproximadamente de 0.5 a 0.7 mm de espesor– con un sustrato o base de carburo cementado (carburo de tungsteno), mediante un proceso a alta temperatura de 3090° F a 3275° F (1700° C a 1800° C) y alta presión (aproximadamente de 1 000 000 lb. /pulg² (psi) o 6 895 000 kPa). El sustrato está compuesto de diminutos granos de carburo de tungsteno unidos firmemente con un aglomerante de cobalto metálico. En condiciones de alta temperatura y alta presión el cobalto se licua, fluye hacia arriba y envuelve las partículas abrasivas de diamante o de nitruro de boro cúbico, sirviendo como catalizador que promueve el intercrecimiento (fusionado de partículas abrasivas). Este proceso forma lo que se conoce como masa policristalina.

Para el maquinado de la madera y sus derivados, de plásticos y aluminios, el diamante policristalino (DP) ofrece duraciones entre reafilados extremadamente altos. En la imagen se muestra un acercamiento microscópico de un corte transversal del DP donde se

puede ver una capa negra de entre 0.5 a 0.7 mm consistente de granos de diamante ligados por adherencia a través de una matriz aglomerante metálica. Esta capa se fija por sinterizado por lo regular con un polvo de carburo. La variación del tamaño de los granos influye en la tenacidad y la resistencia al desgaste del DP. El campo de aplicación del DP es para cortes de alta calidad en herramientas de precisión.

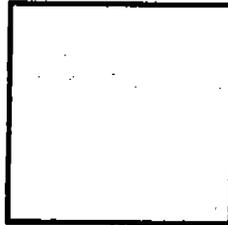


Figura 16. Imagen microscópica del corte transversal del diamante policristalino (Léxico Leitz, catalogo general).

2.7 DIAMANTE MONOCRISTALINO (MKD)

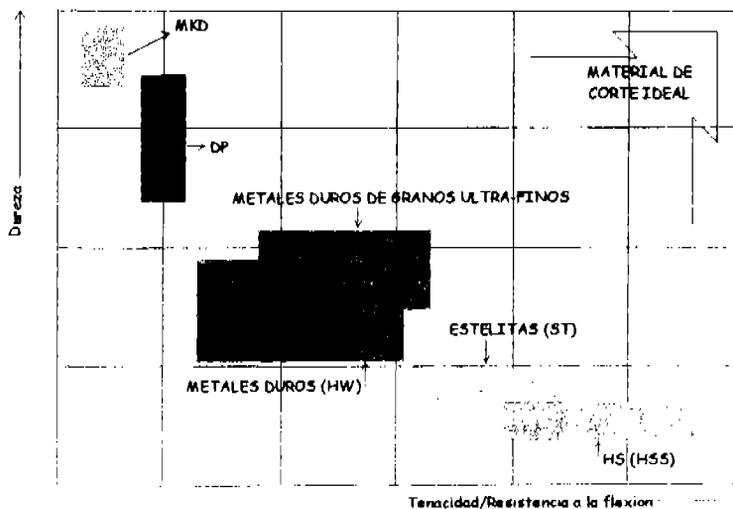
Estos monocristales se pueden fabricar sintéticamente en dimensiones de pocos milímetros. El filo de corte no está quebrado por los límites de granos, por lo que se obtienen cortes extremadamente lisos y agudos. La alta dureza contrasta con una gran fragilidad, por lo que cortes de MKD tienen que disponer de ángulos de filo grandes y estables.

El área de aplicación del MKD está limitada a usos nuevos con poco arranque de viruta en los cuales se requieren altas calidades de superficie y larga duración. El MKD se utiliza para la cortes de plexiglás y aluminio. En el campo de los derivados de la madera hay un área de aplicación en el corte de materiales altamente abrasivos como laminados para pisos (duela y parquet).



Figura 17. Imagen microscópica del corte transversal del diamante monocristalino (Léxico Leitz, catalogo general).

Cabe resaltar que a pesar de las diversas exigencias que surgen al maquinar madera y sus derivados, plásticos y aluminio, no existe el material de corte ideal, es decir, una alta dureza es opuesta a una alta tenacidad de acuerdo con las características propias de los materiales, filos agudos dan superficies de alta calidad, materiales de corte resistentes al desgaste proporcionan larga duración.



Grafica 1. Dureza -- Tenacidad (Léxico Leitz, catalogo general).

CAPÍTULO 3.

***GEOMETRÍA DE LAS
SIERRAS CIRCULARES***

CAPÍTULO 3. GEOMETRÍA DE LAS SIERRAS CIRCULARES

La eficacia de las máquinas herramientas y en particular de las herramientas de corte se relaciona estrechamente con la forma de la herramienta y la manera en la que hace contacto con la pieza. En el caso de las fresas y sierras circulares, el operador no puede cambiar con facilidad la geometría ni la forma de los dientes de las mismas, si no que tiene que respetar sus distintos ángulos de acción. A diferencia de operaciones que se realizan en torno o fresadora, la herramienta se puede afilar y ajustar a discreción del operador.

En un principio las hojas de sierras circulares estaban hechas de una sola pieza, es decir, no tenían insertos de ningún material, la acción de corte la realizaban con el mismo material del que estaba fabricado el cuerpo de la propia sierra circular, no contaban con elementos de enfriamiento, ni de reducción de vibraciones, en una palabra eran hojas muy austeras. Aun que todavía en el mercado suelen distribuirse esporádicamente, este tipo de sierras circulares han sido desplazadas por las que están fabricadas con insertos soldados al cuerpo por lo regular de carburo de tungsteno, ya que este material proporciona mayor rendimiento de la sierra al cortar.

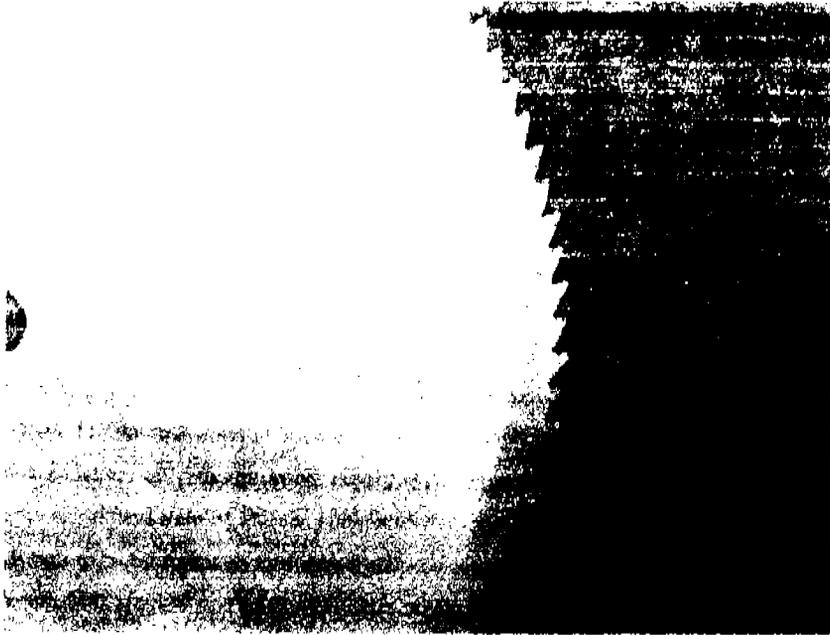


Figura 18. Sierra circular sin insertos de carburo de tungsteno
(Foto: E. Rodrigo Palma M.)

Primeramente, se describen las partes que integran una sierra circular para cortar cualquier tipo de material.

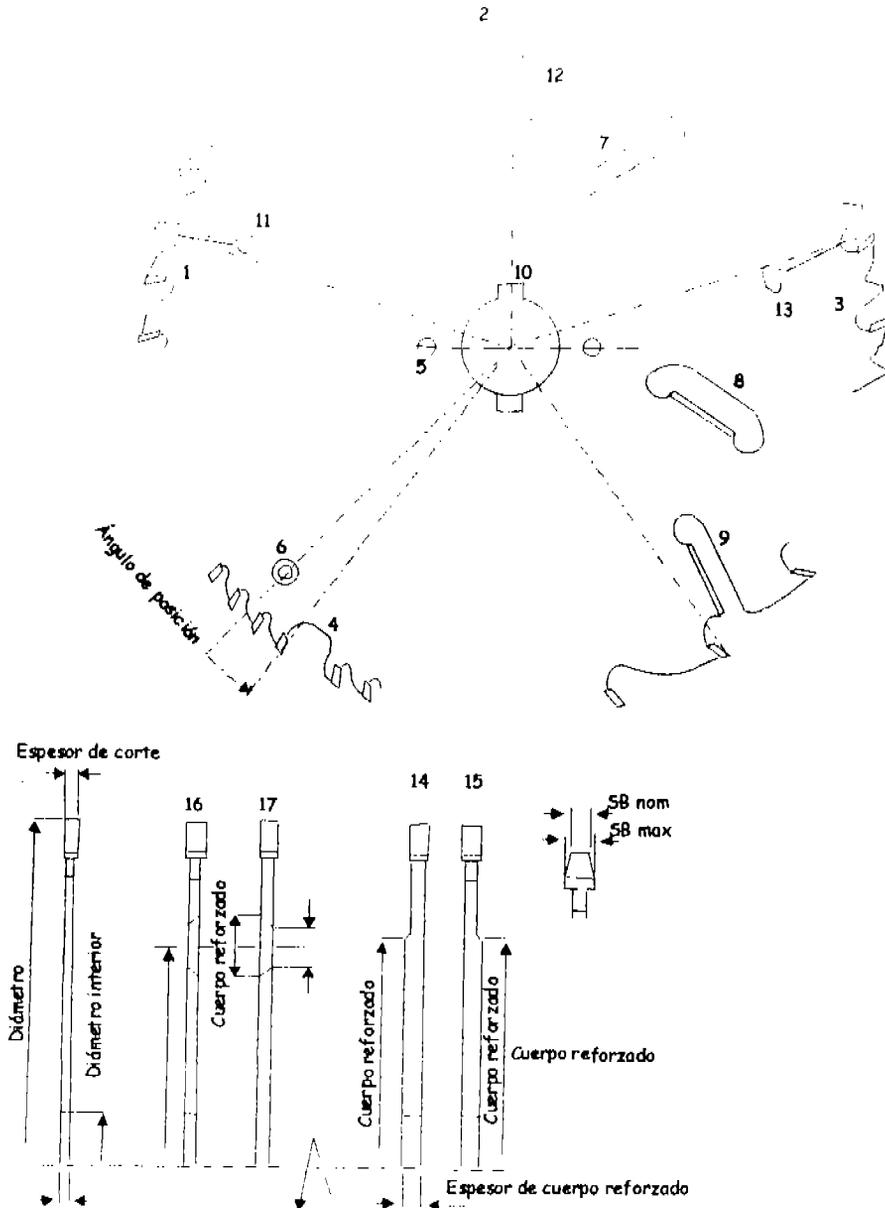


Figura 19. Geometría de la sierra circular (Léxico Leitz, catalogo general).

Forma del cuerpo

- 1.- Forma normal
- 2.- Forma redonda
- 3.- Limitador de corte o viruteador

Escotes

- 4.- Hueco para segmento de desmenuzador

Barrenos de arrastre

- 5.- Barreno de arrastre
- 6.- Barreno de arrastre con cono avellanado

Elemento adicional en el cuerpo

- 7.- Enfriador
- 8.- Elemento estabilizador y de refrigeración (enfriador) interior, con pastilla de carburo
- 9.- Elemento estabilizador y de refrigeración exterior, con pastilla de carburo
- 10.- Chaveta o doble chaveta

Ranuras de dilatación

- 11.- Ranura de dilatación rellena de cobre
- 12.- Ranura de dilatación simple
- 13.- Ranura de dilatación hecha con láser

Cuerpo reforzado

- 14.- Cuerpo reforzado derecho
- 15.- Cuerpo reforzado izquierdo

Sentido de giro

- 16.- Giro hacia la derecha
- 17.- Giro hacia la izquierda

Definiciones

Forma del cuerpo: Ya sea normal o de forma redonda según sea el producto a cortar permite diferentes ángulos de salida del material.

Limitador de corte o virutador: Ideal para cortes longitudinales, favorece el avance manual de la madera, divide y limita el espesor de la viruta, es decir, produce viruta más fina que permite un corte más rápido y con menos ruido, además de impedir la rotura de dientes al cortar nudos propios de la madera.

Enfriador: Permite la circulación de aire a través de todo el cuerpo de la sierra circular y así se evita el calentamiento y por consecuencia el destensionamiento de la misma.

Elemento estabilizador: Proporciona balanceo en la sierra circular y evita vibraciones en la misma.

Ranuras de dilatación: Reduce la vibraciones y como consecuencia reduce el nivel de ruido producido al cortar.

3.1 GEOMETRÍA DE LOS DIENTES DE LAS SIERRAS CIRCULARES

Diente de superficie plana o diente recto (FZ): Para realizar cortes longitudinales en maderas blandas y duras.

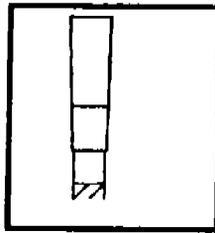


Figura 20. Recto (Amana Tool, Catalog, U.S.A.)

Diente convexo y de media caña (HZ/DZ): Para realizar cortes a escuadra y despiezado de tableros aglomerados individuales o en paquete recubiertos con melamina y MDF sin sierra pre-incisora.

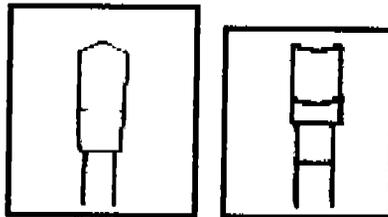


Figura 21. Convexo y media caña (Léxico Leitz, catalogo general).

Diente alternado (WZ): Se emplea para aplicaciones generales como cortes a escuadra en tableros individuales y en paquetes con sierra incisora en materiales aglomerados y MDF sin revestimiento y de corte transversal.

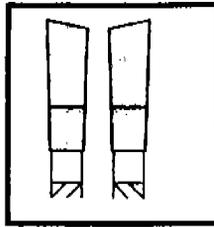


Figura 22. Alternado (Amana Tool, Catalog, U.S.A.)

Diente alternado modificado (WZ-MOD): Biselado superior más elevado con diente de ángulo de inclinación (ξ) modificado, que se emplea para cortar melamina sin astillar en sierras de banco sin la ayuda de sierra incisora.

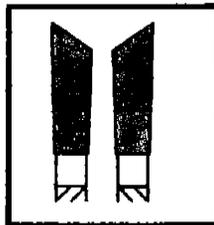


Figura 23. Alternado modificado (Amana Tool, Catalog, U.S.A.)

Diente de triple bisel (FZ/TR): Consiste de un diente recto, alternado con un diente trapezoidal más elevado que divide las virutas para lograr cortes en materiales duros, madera enchapada, perfiles de aluminio y plásticos.

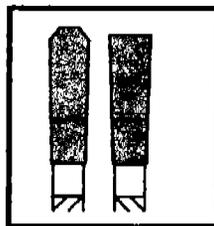


Figura 24. Triple bisel (Amana Tool, Catalog, U.S.A.)

Diente alterno y recto (WZ/FZ): (4 y 1) Grupo de cuatro dientes con biselado alterno (WZ) y un diente con superficie recta (FZ), dividido por una garganta espaciosa en el cuerpo de sierra. Se emplea para aplicaciones generales de corte longitudinal y transversal de maderas naturales.

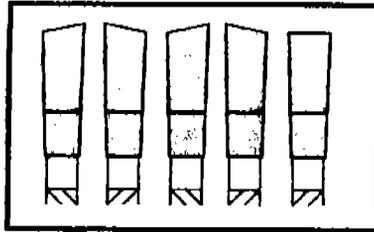


Figura 25. 4 y 1 (Amana Tool, Catalog, U.S.A.)

Diente Cónico (KON): Sierras circulares del tipo incisor, se utilizan para el despiece de tableros aglomerados revestidos con plásticos, melamina y enchapados.

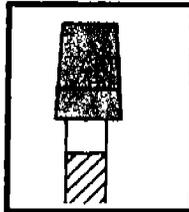
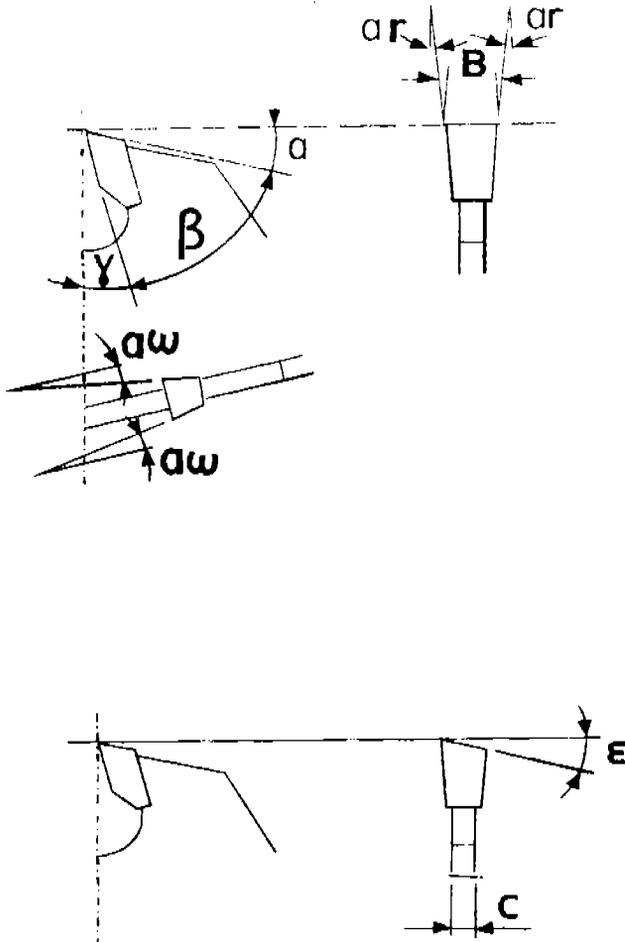


Figura 26. Cónico (Amana Tool, Catalog, U.S.A.)

3.2 ANGULOS DE TRABAJO DE LOS DIENTES DE LAS SIERRAS CIRCULARES



Catalogo No. 187 "Utensili Professionali per la Lavorazione del Legno"



Figura 27. Ángulos de trabajo de los dientes de las sierras circulares (Catalogo No. 187 "Utensili Professionali per la Lavorazione del Lengo").

γ : Ángulo de ataque o de corte: Este es el ángulo que forma la cara del diente con el plano tangente a la arista de corte, también es llamado ángulo de desprendimiento de viruta. Puede ser positivo o negativo y tiene un rango que va de 20° a -7° , según el material a cortar. Los materiales blandos requieren un ángulo de aproximadamente de 18° , los materiales duros requieren de uno aproximadamente de 6° . Las sierras circulares para cortar aluminio y melamina tienen un ángulo de corte negativo.

Ángulo de ataque positivo: Un ángulo de inclinación positiva de ataque se considera el mejor para la eliminación eficiente de materiales. Crea un gran ángulo de corte en la zona de corte, reduce la fricción y el calor, y permite que la viruta fluya libremente.

Ángulo de ataque negativo: Se utiliza en cortes interrumpidos y cuando el material es duro o abrasivo. Tal ángulo en la herramienta crea un reducido ángulo de corte y una zona de corte amplia; por lo tanto se crea más fricción y calor. Un ángulo de inclinación negativo produce una textura de presión que trata de empujar a la herramienta hacia fuera de la pieza.

β : Ángulo del diente: Es conocido también como ángulo de filo. Es el comprendido entre la cara de corte y la de incidencia. Debe de ser lo mayor posible a fin de que haya el máximo de material después de la arista de corte para proporcionarle al diente la resistencia necesaria y una mayor disipación de calor. Cuando el ángulo de ataque (γ), es negativo el ángulo del diente se considera desde el plano tangente a la arista de corte hasta la proyección de la cara de incidencia.

α : Ángulo de incidencia o salida: Es el ángulo comprendido entre la cara de incidencia y el plano tangente a la periferia de la sierra circular. Tiene como misión evitar que el talón del diente roce con la superficie que se trabaja. Este ángulo cambia según la dureza del material, 12° para materiales duros y 15° para materiales más blandos.

λ : Ángulo axial: Ángulo respecto al eje de la flecha.

$\alpha\omega$: Ángulo de salida lateral: Tiene como misión evitar que el cuerpo de la sierra circular roce con el material que se trabaja. Se debe de mantener al mínimo este ángulo, para aumentar la vida de la herramienta y reducir la posibilidad de que se rompa la pastilla o inserto.

αr : Ángulo de salida radial: Normalmente de 1 a 2° . Permite que haya luz a lo largo del diente.

ξ : Ángulo de inclinación: Normalmente de 10° a 8° , que permite una penetración gradual al material.

Nota: Los ángulos α , β , y γ juntos deben sumar 90° .

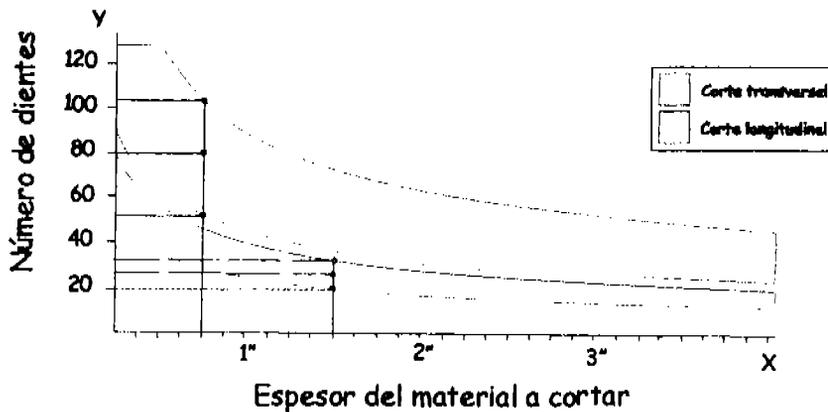
CAPÍTULO 4.

***DETERMINACIÓN DE LA
CANTIDAD DE DIENTES
DE LA SIERRA CIRCULAR***

CAPÍTULO 4. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE DIENTES QUE DEBE TENER UNA SIERRA CIRCULAR.

Otro factor importante para una correcta selección es sin duda la cantidad de dientes o cortadores que debe de tener una sierra circular, esto sin olvidar que hay que considerar el material que se va a maquinar y establecer si el tipo de corte a realizar será transversal o longitudinal.

La siguiente gráfica será de mucha utilidad ya que los únicos datos que se necesitan conocer son el espesor del material a maquinar y el tipo de corte.



Gráfica 2. Selección del número de dientes (Freud Saw Blade Catalog)

Como utilizar la gráfica

1. Localizar en la parte inferior de la grafica en el eje de las x (espesor del material a cortar) el espesor que tiene el material a maquinar.

2. Proyectar una línea vertical desde el punto de la selección del espesor a maquinar, hasta el área roja o azul (según el tipo de corte a realizar ya sea longitudinal o transversal) ¹. Esta línea cortará el área de color en dos puntos.
3. Proyectar dos líneas ahora horizontales desde los puntos en donde corta la línea vertical con el área de color hacia el eje de las "y" (número de dientes), estos puntos representan el número mínimo y máximo de dientes que se pueden utilizar para cortar el material de el espesor seleccionado.
4. Para encontrar el número ideal de dientes a utilizar será necesario proyectar otra línea horizontal en el punto medio entre los puntos que representan el número mínimo y máximo de dientes a utilizar.

¹ Es importante señalar que cuando se maquinan perfiles de aluminio propios de nuestro estudio nunca se llevarán a cabo cortes de manera longitudinal es decir, siempre se realizarán corte transversal.

CAPÍTULO 5.

ANÁLISIS DE LAS FÓRMULAS Y TABLAS PARA DETERMINAR LAS VELOCIDADES DE CORTE Y DE AVANCE DEL MATERIAL

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LAS FÓRMULAS Y TABLAS PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD DE CORTE (Vc) Y LA VELOCIDAD DE AVANCE DEL MATERIAL (Vf).

5.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORTE (Vc).

En operaciones de corte, los ángulos de la herramienta, las velocidades de corte y los avances se escogen de tal forma que se obtenga una duración económica de la herramienta.

Para obtener la mayor eficiencia de las sierras circulares es muy importante tomar en cuenta diferentes factores entre ellos seleccionar el tipo de material a maquinar (madera, tipo de madera, perfil de aluminio o plástico), geometría del cuerpo de la sierra circular, geometría de los dientes de la sierra circular, número de dientes, tipo de corte (transversal o longitudinal), desbaste o de acabado y no menos importantes la selección de las velocidades de avance del material y la velocidad de corte. A continuación se muestra la siguiente fórmula a partir de la cual se proponen las velocidades ideales de acuerdo con las características físicas estándar de las sierras circulares:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

Donde:

D = Diámetro (mm)

n = Revoluciones por minuto

Vc = Velocidad de corte (m/seg)

60 . 1000 (Factor de conversión)

CAPITULO 5. VELOCIDAD DE CORTE Y DE AVANCE DEL MATERIAL.

Determinación de la velocidad de corte Vc

n (rpm)	D (mm)														
	80	100	125	150	180	200	225	250	280	300	350	400	450	500	550
1000						10.5	12	13	14.5	15.5	18.5	21	23.5	26	29
1500			10	12	14	15.5	17.5	18.5	22	23.5	27.5	31.5	35.5	39	43
2000		10.5	13	15.5	19	21	23.5	26	29.5	31.5	36.5	42	47	52.5	57.5
2500	10.5	13	16.5	19	23.5	26	29.5	32.5	36.5	39	46	52.5	59	65.5	72
3000	12.5	15.5	19.5	23.5	28.5	31.5	35.5	39	44	47	55	63	70.5	78.5	86.5
3500	14.5	18.5	23	27.5	33	36.5	41	46	51.5	55	64	73.5	82.5	91.5	
4000	16.5	21	26	31.5	37.5	42	47	52.5	58.5	63	73.5	83.5	94.5		
4500	19	23.5	29.5	35.5	42.5	47	53	59	66	69	79.5	89.5	94.5		
5000	21	26	32.5	39	47	52.5	59	65.5	73.5	78.5	91.5				
5500	23	29	36	43	52	57.5	65	72	80.5	86.5					
6000	25	31.5	39	47	56.5	63	70.5	78.5	88	94					
6500	27	34	42.5	51	61	68	76.5	85	95						
7000	29.5	36.5	46	55	66	73.5	82.5	91.5							
7500	31.5	39	49	59	70.5	78.5	88.5	98							
8000	33.5	42	52.5	63	75.5	83.5	94								
8500	35.5	44.5	55.5	66.5	80	89	100								
9000	37.5	47	58	70.5	85	94									
9500	40	49.5	62	74.5	89.5	99.5									
10000	42	52.5	65.5	78.5	94										
12000	50	63	78.5	94											
14000	58.5	73.5	91.5												
	Vc (m/seg)														

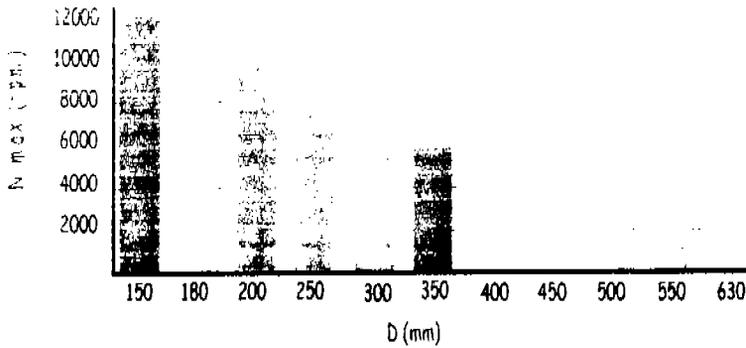
Tabla 3. Determinación de la velocidad de corte Catalogo (No. 187 "Utensili Professionali per la Lavorazione del Lengo").

LÍMITES DE SEGURIDAD

A continuación se muestran el número máximo permisible de revoluciones por minuto para sierras circulares:

D(mm)													
100	125	150	180	200	250	300	350	400	450	500	550	630	
15,000	12,000	12,000	10,000	10,000	8,000	6,000	6,000	6,000	4,500	4,000	3,500	3,000	2,800
n max (rev/min)													

Tabla 4. Número máximo de r.p.m. (Catalogo No. 187 "Utensili Professionali per la Lavorazione del Lengo")



Gráfica 3. Número máximo de r.p.m. (Freud Saw Blade Catalog).

5.2 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE AVANCE DEL MATERIAL (Vf).

$$V_f = \frac{Z \cdot n \cdot C_z}{1000}$$

Donde:

Z = Número de dientes

n = Revoluciones por minuto

Cz = Avance/Diente

Vf = Vel. de avance del material (m/ min)

CAPITULO 5. VELOCIDAD DE CORTE Y DE AVANCE DEL MATERIAL

Velocidad de avance del material

Z										GZ	
6	12	24	36	48	60	72	80	96	120	0.038.08	0.10.2
										Acabado	Desbaste
3,000	1,500									0.8/1.1	1.8/3.6
4,000	2,000	1,000								0.7/1.4	2.4/4.8
5,000	2,500									0.9/1.8	3/6.0
6,000	3,000	1,500	1,000							1.1/2.2	3.6/7.2
7,000	3,500									1.3/2.5	4.2/8.4
8,000	4,000	2,000		1,000						1.4/2.9	4.8/9.6
9,000	4,500		1,500							1.6/3.2	5.4/10.8
10,000	5,000	2,800			1,000					1.8/3.6	6/12.0
12,000	6,000	3,000	2,000	1,500		1,000				2.2/4.3	7.2/14.4
							1,000			2.4/4.8	8/16.0
14,000	7,000	3,500								2.6/5	8.4/16.8
			2,500		1,500					2.7/5.4	9/18.0
16,000	8,000	4,000		2,000				1,000		2.9/5.8	9.6/19.2
18,000	9,000	4,500	3,000			1,500				3.2/6.5	10.8/21.6
	10,000	5,000		2,800	2,000		1,500		1,000	3.6/7.2	12/24.0
		3,500								3.8/7.6	12.8/25.2
	12,000	6,000	4,000	3,000		2,000		1,500		4.3/8.6	14.4/28.8
					2,500					4.5/9	15/30
							2,000			4.8/9.6	16/32
		4,500								4.9/9.7	16.2/32.4
14,000	7,000		3,500							5/10.1	16.8/33.6
		5,000		3,000	2,500				1,500	5.4/10.8	18/36
16,000	8,000		4,000					2,000		5.8/11.5	19.2/38.4
						2,500				6/12.0	20/40
				3,500						6.3/12.6	21/42
18,000	9,000	6,000	4,500		3,000					6.8/13	21.6/43.2
	10,000		5,000	4,000			3,000	2,500	2,000	7.2/14.4	24/48
		7,000			3,500					7.6/15.1	25.2/50.4
				4,800						8.1/16.2	27/54
						3,500				8.4/16.8	28/56
	12,000	8,000	6,000		4,000			3,000		8.6/17.3	28.8/57.6
				5,000					2,500	9/18.0	30/60
							4,000			9.6/19.2	32/64
		9,000			4,500					9.7/19.4	32.4/64.8
	14,000		7,000					3,500		10.1/20.2	33.6/67.2
		10,000		8,000	6,000	4,500			3,000	10.8/21.6	36/72
n (rev / min)										Vf (mm/min)	

Tabla 5. Velocidad de avance del material (Catalogo No. 187 "Utensili Professionali per la Lavorazione del Lengo").

CAPÍTULO 6.

***DESGASTE DE LAS
SIERRAS CIRCULARES***

CAPÍTULO 6. DESGASTE DE LA SIERRAS CIRCULARES

La duración o vida de la herramienta de corte es un factor económico muy importante y depende directamente de las cargas de trabajo a las que son sometidas, el buen uso que se haga de estas y un oportuno mantenimiento (mantenimiento preventivo). A continuación se muestran algunas fotografías en las que se observan los casos más frecuentes de desgaste ocurridos en sierras circulares que servirán además de guías visuales para poder determinar en que momento la sierra circular podría necesitar mantenimiento.

FILOS REDONDOS

El desgaste mecánico y químico causa el redondeado de los filos, modificando la geometría y por lo tanto los diferentes ángulos de los dientes de la sierra circular. El redondeo de los filos da lugar a una reducción de la duración y deteriora la calidad de corte.

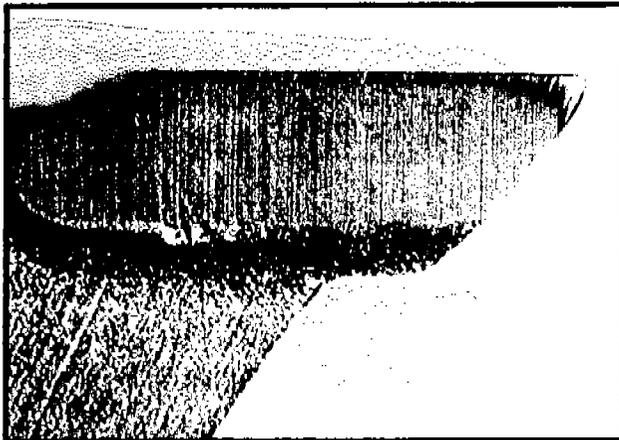


Fig. 28 Diente de la sierra circular desgastado (Léxico Leitz, catalogo general).

Cuando el operario note esta característica en los dientes de la sierra circular es conveniente acudir con un especialista para llevar a cabo un reafilado total, es decir pastilla por pastilla.

DESPORTILLADO Y ROTURA DE LOS DIENTES DE LA SIERRA CIRCULAR.

Realizar cortes en materiales diferentes a los de las especificaciones (de manera general cuerpos duros como el acero), inclusiones de minerales en la madera, si las fuerzas de corte y velocidades de avance aumentan considerablemente cuando se tienen filos redondos son causas frecuentes del desportillado y rotura de los dientes de la sierra circular. Por otro lado pasos de diente demasiado pequeños pueden obstruir la parte inferior del desalajo de viruta y así causar la rotura del diente y de una parte del cuerpo de la sierra circular.



Fig. 29 Desalajo de viruta obstruido (Léxico Leitz, catalogo general).

Cuando se presente este signo de desgaste será necesario reemplazar el inserto de carburo de tungsteno (pastilla o diente).

FORMACIÓN DE FISURAS EN EL CUERPO DE LA SIERRA CIRCULAR.

Los diferentes esfuerzos provocados por realizar cortes con filos redondos, por pasos entre dientes muy pequeños o cargas unilaterales dan como resultado una alto índice de vibraciones en el cuerpo de la sierra circular, esto puede formar fisuras de oscilación en el área de las ranuras de dilatación y refrigeración.



Fig. 30 Cuerpo fisurado (Léxico Leitz, catalogo general).

Cuando el cuerpo de la sierra circular sufre fisuras como las de la fotografía será necesario dejar de usar inmediatamente esta sierra circular, ya que podría desprenderse un sector del cuerpo y con esto causar graves lesiones al operador.

CAPÍTULO 7.

***NUEVAS
TECNOLOGÍAS***

CAPÍTULO 7. NUEVAS TECNOLOGÍAS

En la actualidad las empresas se esfuerzan por brindar a sus clientes más y mejores productos y servicios que cumplan con ciertas normas de calidad, seguridad para los usuarios y protección al medio ambiente. En la industria es muy importante tener en cuenta que factores como la cantidad de ruido disminuyen la capacidad de concentración y por lo tanto el rendimiento del trabajador es menor, además del daño físico causado por este fenómeno.

La industria de las sierras circulares ha creado un producto (sierras circulares antisonido) capaz de reducir el nivel de ruido hasta 10 dB(A) en comparación con las sierras convencionales. Fabricadas a partir del principio de amortiguación las sierras circulares antisonido están compuestas por un cuerpo de acero, gluten elástico (neopreno) y una lámina de acero amortiguante.

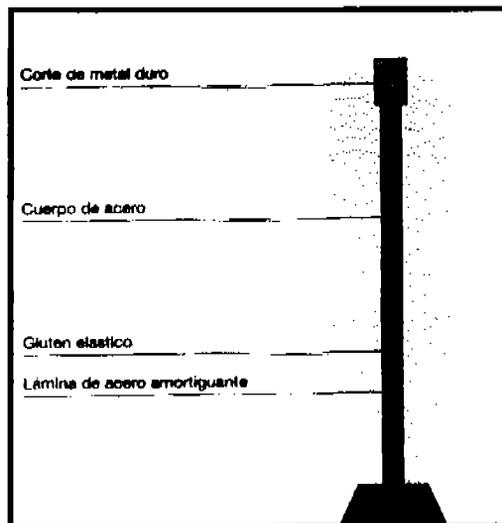


Fig. 31 Sierra Circular Antisonido (Léxico Leitz, catalogo general).

Características

- Mayor duración por disminución de las vibraciones.
- A pesar de las características de la sierra circular no aumenta su espesor en comparación a las sierras estándar.
- Mejor calidad de corte, menor desgaste.

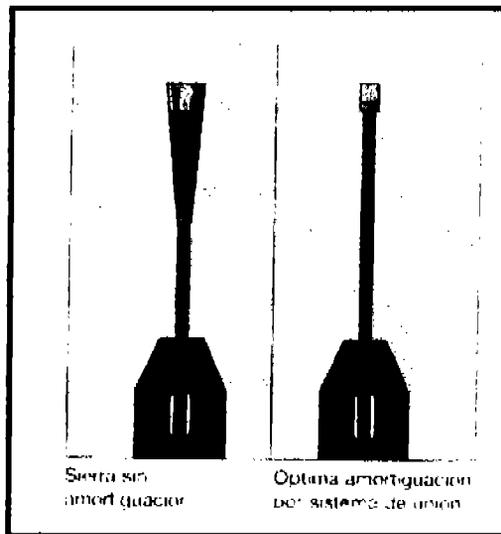


Fig. 32 Comparación de las vibraciones en una sierra circular Normal y una antisonido (Léxico Leitz, catalogo general).

CAPÍTULO 8.

CASOS PRÁCTICOS

CAPÍTULO 8. CASOS PRACTICOS

1. En una carpintería se fabrica la base para un librero de las siguientes características:

- _ Largo: 2.40 m.
- _ Altura: 0.90 m.
- _ Fondo: 0.60 m.
- _ Material: Madera (Cedro blanco)

El carpintero necesita determinar que tipo de sierras circulares utilizar considerando que cuenta con maquinaria del tipo:

Sierra de banco

- _ 6200 r.p.m
- _ 6 hp
- _ 220 V
- _ \varnothing de sierra de 6" a 14"

Sierra radial

- _ 8000 r.p.m
- _ 5.7 kw
- _ 220 V
- _ \varnothing de sierra de 10" a 14"



Fig. 33 Sierra de banco (Foto: E. Rodrigo Palma Montaño)

Primero precisaremos las cualidades físicas de la sierra circular a utilizar en la sierra de banco:

- A) En las especificaciones se indica que el material a trabajar es cedro blanco que se caracteriza por ser una madera maciza fácil de trabajar.

- B) A partir de las características del taller de carpintería donde se fabrican muebles finos y por lo regular los materiales con los que más se trabajan son caoba y cedro se necesita una sierra circular que proporcione calidad en los acabados y durabilidad entre afilados, por lo tanto determinaremos que lo ideal bajo estas circunstancias es una sierra circular que tenga un cuerpo de acero de alta velocidad (HSS) del tipo L con contenidos de Cr, Mo, y V (características que

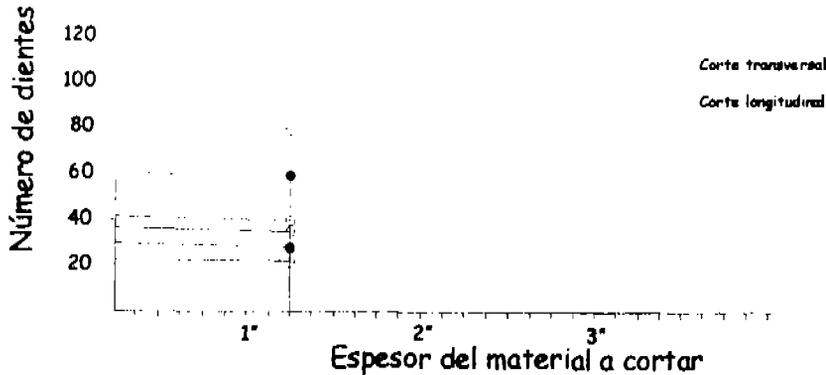
lo hacen resistente a altas temperaturas y al desgaste) con injertos de pastilla de carburo de tungsteno del tipo 7 para operaciones de acabado. (Capítulo 2)

Para realizar los cortes de las diferentes partes del mueble es necesario utilizar tanto la sierra de banco como la sierra radial. En la sierra de banco se realizan los cortes longitudinales de la cubierta, los manguetes, las pilastras y del zoclo para esta máquina se sugiere que

C) La geometría de la sierra circular será con las siguientes características:

- **Forma del cuerpo normal:** el espesor de madera más grande a maquinar será el de la moldura de 3 cm. por lo tanto no se requiere de tanta profundidad de corte.
- **Ranura de dilatación rellena de cobre:** por el material con que esta fabricado el cuerpo de la sierra circular este tipo de ranura es suficiente para evitar un calentamiento excesivo y al mismo tiempo reducir la cantidad de vibraciones al trabajar con la herramienta.
- **Diente alternado (WZ):** Se emplea para aplicaciones generales como cortes a escuadra.
- **Ángulo de ataque o de corte (γ):** como el tipo de corte que realizaremos será longitudinal escogeremos un ángulo positivo de 15° .
- **Ángulo de incidencia o salida (α):** como el cedro blanco es de dureza regular ocuparemos un ángulo de 13° .
- **Ángulo del diente β :** Al seleccionar el ángulo de corte (γ) de 15° y el ángulo de incidencia (α) de 13° entonces el ángulo de filo (β) por default será de 62° .
- **Ángulo de salida radial (α_r):** de 2° . Permite que haya luz a lo largo del diente.
- **Ángulo de inclinación (ξ):** de 10° , que permite una penetración gradual al material.

- D) Para elegir el número de dientes a utilizar nos apoyaremos en la gráfica del capítulo 4.



Entonces considerando que el espesor de la madera es de $1 \frac{1}{4}$ " (30 mm) aproximadamente, tenemos que para el corte longitudinal de nuestro ejemplo podemos utilizar una sierra circular de 10" (250 mm)* de $Z= 28$ dientes, hasta $Z= 36$ por lo tanto utilizaremos el ideal que es $Z= 32$.

- E) El espesor del cuerpo de la sierra circular será de 1.8 mm para lograr un espesor del diente de 2.4 mm, esto con el fin de alcanzar un corte fino con virutas finas y lograr el máximo aprovechamiento de la madera.

Finalmente concluimos que las características óptimas de la sierra circular que utilizará el carpintero en la sierra de banco son las siguientes:

Sierra Hart de \varnothing 250 mm x 1.8/2.4 mm x 25.4 mm x $Z= 32$, WZ

2. A continuación precisaremos las cualidades físicas de la sierra circular para la sierra radial:

La sierra radial tiene como función principal la de dimensionar las piezas (cortes transversales o atravesado) de material a maquinar por lo tanto la gran mayoría de los cortes que se realizan en el taller de carpintería se llevan a cabo en esta máquina. Volviendo al ejemplo anterior, las partes de la base del librero a las que se darán dimensión son las pilastras, divisiones, la cubierta, manguetas, molduras y zoclos.

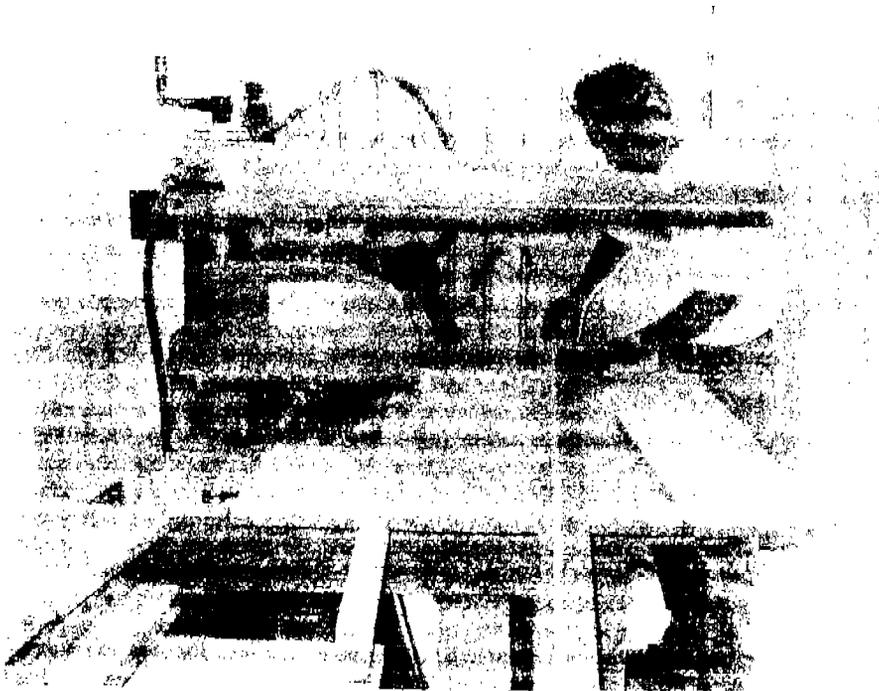


Fig. 33 Sierra Radial (Foto: E. Rodrigo Palma Montaño)

Para este caso los incisos A y B son los mismos.

C) La geometría de la sierra circular para la sierra radial será con las siguientes características:

- **Forma del cuerpo normal:** el espesor de madera más grande a maquinar será el de la moldura de 3 cm. por lo tanto no se requiere de tanta profundidad de corte.
- **Ranura de dilatación rellena de cobre:** por el material con que esta fabricado el cuerpo de la sierra circular este tipo de ranura es suficiente para evitar un calentamiento excesivo y al mismo tiempo reducir la cantidad de vibraciones al trabajar con la herramienta.
- **Diente alternado (WZ):** Se emplea para aplicaciones generales como cortes a escuadra.
- **Ángulo de ataque o de corte (γ):** ahora el tipo de corte que realizaremos será transversal, por lo tanto utilizaremos un ángulo negativo de -2° ya que el material a maquinar (cedro blanco) es de regular dureza, recordemos que los ángulos negativos se utilizan en cortes interrumpidos y cuando el material es duro o abrasivo.
- **Ángulo de incidencia o salida (α):** como el cedro blanco es de dureza regular ocuparemos un ángulo de 15° .
- **Ángulo del diente β :** Al seleccionar el ángulo de corte (γ) de -2° y el ángulo de incidencia (α) de 15° entonces el ángulo de filo (β) por default será de 87° .
- **Ángulo de salida radial (α_r):** de 2° . Permite que haya luz a lo largo del diente.
- **Ángulo de inclinación (ξ):** de 10° , que permite una penetración gradual al material.

D) Para este caso utilizaremos la misma gráfica del capítulo 4 misma que ya utilizamos en el ejemplo anterior para determinar el número de dientes a utilizar. (Página anterior).

Nuevamente consideramos que el espesor de la madera es de 1 1/4" (30 mm) aproximadamente, ahora tenemos que para el corte transversal para este ejemplo podemos utilizar una sierra circular de 10" (250 mm)* de $Z = 40$ dientes, hasta $Z = 80$ por lo tanto utilizaremos el ideal que es $Z = 60$.

E) El espesor del cuerpo de la sierra circular será de 2.4 mm para obtener un espesor del diente de 3.2 mm ya que los cortes a realizar en este tipo de máquina son para dar dimensiones prácticamente los sobrantes de material se dan en forma de aserrín o virutas por eso el espesor de la sierra circular.

Finalmente concluimos que las características óptimas de la sierra circular que utilizará el carpintero en la sierra de banco son las siguientes:

Sierra Hart de ϕ 10" x .095/.126" x 5/8 x Z = 32, ATB

Ya que se han determinado las características físicas de la sierra circular para la sierra de banco y la sierra radial, se aprovechará para hacer los cálculos de la velocidad de corte y de avance del material utilizando las fórmulas del capítulo 5, a partir de los datos de la herramienta que se obtuvieron.

Entonces para determinar la velocidad de corte de la sierra circular que se utilizará en la sierra de banco tenemos que

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000}$$

Donde: $D =$ Diámetro (mm)
 $n =$ Revoluciones por minuto
 $V_c =$ Velocidad de corte (m/seg)

Sustituyendo en la fórmula para la sierra de banco

$$V_c = \frac{(3.1416)(250\text{mm})(6200 \text{ r.p.m.})}{(60)(1000)} = \frac{4869468.613}{60000} = 81.15 \text{ m/s}$$

* El diámetro de la sierra circular dependerá de la capacidad de la máquina sierra de banco.

Sustituyendo en la fórmula para la sierra radial

$$V_c = \frac{(3.1416)(250\text{mm})(8000 \text{ r.p.m.})}{(60)(1000)} = \frac{6283185.307}{60000} = 104.71 \text{ m/s}$$

Para calcular la velocidad de avance del material utilizaremos la fórmula

$$V_f = \frac{Z \cdot n \cdot C_z}{1000} \quad \text{Donde:} \quad \begin{array}{l} Z = \text{Número de dientes} \\ n = \text{Revoluciones por minuto} \\ C_z = \text{Avance/Diente (m)} \\ \quad \text{Factor (tabla capítulo 5.2)} \\ V_f = \text{Vel. de avance del material (m/ min)} \end{array}$$

Sustituyendo datos en la fórmula para la sierra de banco

$$V_f = \frac{(32)(6200 \text{ rev/min})(0.06 \text{ m})}{1000} = 11.904 \text{ m/min}$$

Sustituyendo datos en la fórmula para la sierra radial

$$V_f = \frac{(60)(8000 \text{ rev/min})(0.06 \text{ m})}{1000} = 28.8 \text{ m/min}$$

3. En un taller de cancelería de aluminio se fabrica un ventanal rectangular con las siguientes medidas:

- _ Altura: 1.98 m
- _ Ancho: 1.50 m
- _ Espesor de material: 3 pulg.

El dueño del taller cuenta con una sierra de inglete de las siguientes características:

- _ Voltaje: 120 V
- _ Amperaje: 15 A
- _ r.p.m.: 5000
- _ Frecuencia: 60 Hz
- _ Capacidad para sierra circular: 12"

necesita saber que sierra circular sería la ideal para poder realizar no solo este trabajo, si no una que pueda utilizar de manera general en su taller considerando que realiza cortes en perfiles de aluminio que van de 5/8" hasta 3" como máximo.

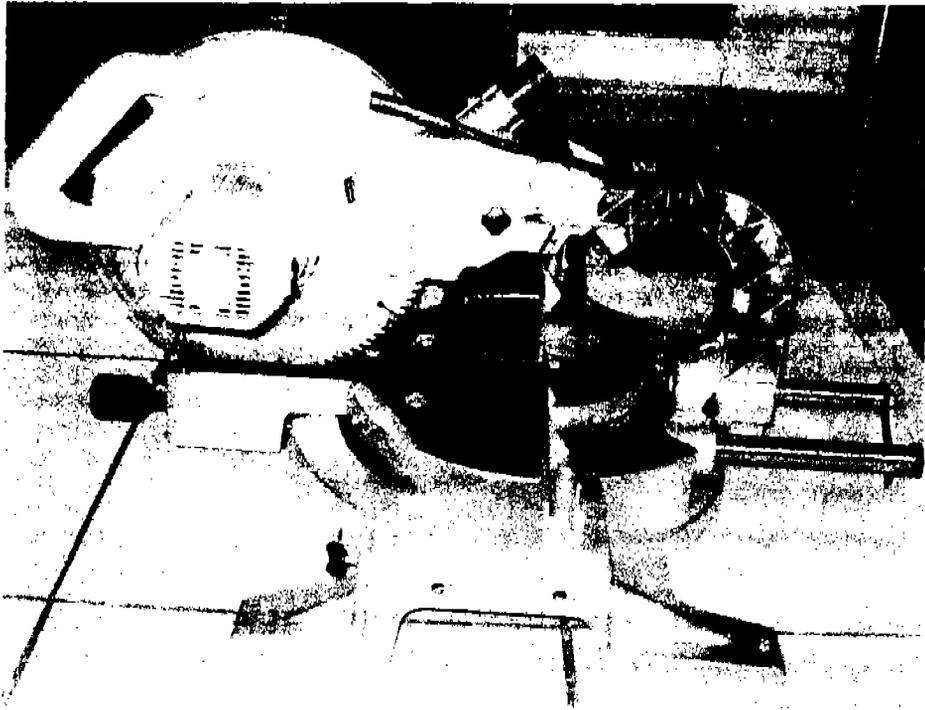


Fig. 34 Sierra de inglete. (Foto: E. Rodrigo Palma Montaño)

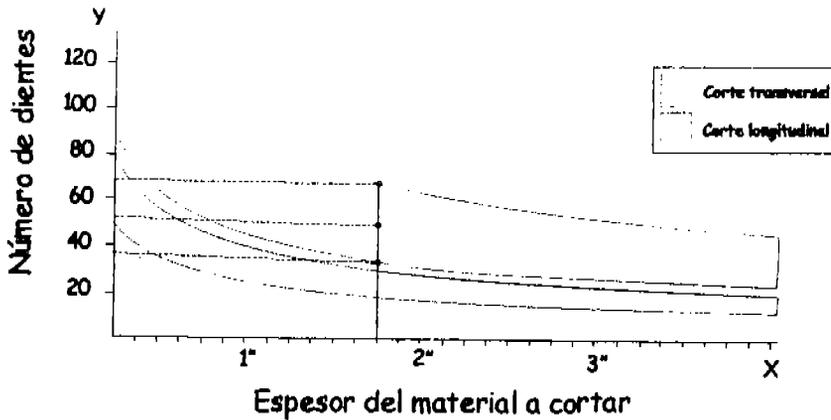
A) Como ya se menciono el **material a trabajar es perfil hueco de aluminio**, que es un elemento no ferroso, duro y abrasivo.

B) Una sierra circular que tenga un **cuerpo de acero de alta velocidad (HSS) del tipo L con contenido Cr, Mo, y V** (características que lo hacen resistente a altas temperaturas y al desgaste) con **injertos de pastilla de carburo de tungsteno del tipo 7** para operaciones de acabado es la ideal para este tipo de taller. (Capitulo 2)

En este tipo de talleres todos los cortes que se realizan son transversales y se realizan en la sierra de inglete o en una sierra radial entonces se sugiere que

- C) La geometría de la sierra circular será con las siguientes características:
- a. Forma del cuerpo normal: el promedio de espesores de perfiles de aluminio que se maquinan tienen una medida de $1 \frac{3}{4}$ " por lo tanto no se requiere de tanta profundidad de corte.
 - b. Ranura de dilatación rellena de cobre: por el material con que esta fabricado el cuerpo de la sierra circular este tipo de ranura es suficiente para evitar un calentamiento excesivo y al mismo tiempo reducir la cantidad de vibraciones al trabajar con la herramienta.
 - c. Diente de triple bisel (FZ/TR): que consiste de un diente recto, alternado con un diente trapezoidal más elevado que divide las virutas para lograr cortes en materiales duros como el propio aluminio.
 - d. Ángulo de ataque o de corte (γ): los tipos de corte que realizaremos serán de forma transversal y un material como el perfil de aluminio necesita de un ángulo negativo de -6° ya que los ángulos negativos en los dientes de la sierra circular se utilizan en cortes interrumpidos y cuando el material es duro y abrasivo.
 - e. Ángulo de incidencia o salida (α): como el perfil de aluminio es un material duro ocuparemos un ángulo de 15° .
 - f. Ángulo del diente β : Al seleccionar el ángulo de corte (γ) de -6° y el ángulo de incidencia (α) de 15° entonces el ángulo de filo (β) por default será de 81° .
 - g. Ángulo de salida radial (α_r): de 2° . Permite que haya luz a lo largo del diente.
 - h. Ángulo de inclinación (ξ): el ángulo que se toma en cuenta para este tipo de diente es el del trapezoidal que para este caso es de 45° , que permite una división de la virutas y por lo tanto hacer un corte mas fino.

D) Para elegir el número de dientes a utilizar nos apoyaremos en la gráfica del capítulo 4.



Como lo que necesitamos para este caso en particular es encontrar una sierra circular que pueda utilizarse de manera general dentro del taller de cancelería de aluminio he calculado un espesor promedio de los perfiles que se utilizan obteniendo que el espesor promedio es de 1 3/4". Con este dato nos vamos a la gráfica para seleccionar el número de dientes y tenemos que la cantidad menor de dientes que muestra la gráfica es de $Z = 36$, para esta singular situación en que se utiliza una máquina del tipo sierra de inglete esta cantidad de dientes se desprecia por que el material a cortar permanece fijo y un factor importante para lograr un óptimo corte es la velocidad de avance del material, condición que por las características de la máquina no se logra. Sin embargo si podemos considerar los dos datos siguientes que nos arroja la gráfica es decir $Z = 58$ como mínimo y máximo $Z = 72$ dientes, este último es el que consideraremos, tomando en cuenta que se calculó un espesor promedio.

Después de haber hecho un análisis de las necesidades de este taller de cancelería de aluminio se concluye que la sierra circular que se requiere es

Sierra Hart de ϕ 300mm x 2.6/3.2mm x 16mm x Z = 72 FZ/TR

Ahora calcularemos la velocidad de corte de la sierra circular para la sierra de inglete.

$$V_c = \frac{(3.1416)(300\text{mm})(5000\text{rpm})}{(60)(1000)} = \frac{4712388.98}{60000} = 78.53 \text{ m/s}$$

CONSIDERANDOS

CONSIDERANDOS

1. Es muy importante mencionar que para hacer la adecuada selección de una sierra circular hay que considerar cinco aspectos principales ya que estos afectan directamente en el terminado de la pieza a maquinar así como al rendimiento de la propia herramienta:

- a) **Material que se va a maquinar.**
- b) **Materiales empleados en la fabricación de la sierra circular.**
- c) **Geometría de los dientes de la sierra circular.**
- d) **Los ángulos de trabajo de los dientes de la sierra circular.**
- e) **La cantidad de dientes que debe tener la sierra circular.**

De igual forma es conveniente señalar que los fabricantes de las marcas más comerciales de este tipo de herramientas incluyen esta información resumida en el empaque de la sierra circular, es decir, únicamente señalan que tipo de materiales (para fines de esta tesis aluminio o madera) se pueden cortar, sin embargo en muchos de los casos este anuncio no es suficiente para obtener el máximo rendimiento de la herramienta.

2. Para alcanzar el rendimiento óptimo de las sierras circulares es de relevante importancia realizar algunas acciones como un programa de mantenimiento preventivo que se consista en reafilarse la herramienta cada vez que esta lo necesite, esto estará en función de la cantidad de cortes que se realicen antes de mandarla afilar y del buen uso que se le da a la misma.

3. Por otro lado todo proceso de corte necesita de un fluido de corte que actúa principalmente de dos maneras, como lubricante y al mismo tiempo como refrigerante. Al utilizar un fluido de corte obtenemos dos principales ventajas

_ Un incremento en la vida de la sierra circular por la reducción de la temperatura en la zona de filo.

_ Al disminuir la resistencia a la fricción el acabado en la pieza maquinada será de mejor calidad.

4. Como en todos los artículos y este no es la excepción, existen diferentes calidades que hacen que su precio en el mercado varíe y en un momento dado se convierta en el principal factor al momento de elegir entre un producto y otro. Hablando de sierras circulares al día de hoy podemos encontrar en el mercado marcas alemanas, italianas, chinas, israelitas, por supuesto mexicanas, cada una de ellas con calidades en sus materiales de fabricación diferentes, esto tiene como resultado precios que van desde los \$ 450.00 hasta los \$ 900.00 en una sierra circular aparentemente con las mismas características. El precio de una sierra circular también varía dependiendo del diámetro exterior y la cantidad de dientes que tiene, es decir no obstante que sea la misma marca nunca tendrá el mismo valor comercial una sierra hart de 10" con $Z = 60$ dientes que otra de 12" con $Z = 96$ por poner un ejemplo.

5. Se pretende que la información técnica que se maneja en este trabajo sea utilizado de manera sencilla y digerible de tal forma que los usuarios de las sierras circulares (como lo pueden ser carpinteros o personas que trabajan la cancelería de aluminio) puedan manejar estos datos para solicitar ciertas especificaciones a los fabricantes de las mismas.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Palabras como inversión, programas de planeación, de mantenimiento, reducción de costos no son frecuentes de escuchar entre personas que se están planteando dar de alta o que son dueñas de talleres pequeños (microempresas), ya sea por razones culturales, sociales, económicas etc. Sin embargo si es muy frecuente oír frases como "esta herramienta es de mala calidad pero es barata" o de manera contraria "voy a comprar esa maquina que anuncian en televisión por que esa es la mejor", sin evaluar todos los factores que podrían generar incluso costos ocultos como lo pueden ser un mayor consumo de energía, un continuo desgaste de la propia maquinaria o herramienta por mal uso, ni los beneficios hablando en términos de reducción de costos que obtendrían si así lo hicieran. He aquí la importancia de contar con información que muestre todos los elementos para poder hacer una compra inteligente o en otras palabras una buena inversión, pensando en el taller de carpintería o de cancelería de aluminio como un negocio que en muchos de los casos son las únicas fuentes de empleo tanto de propietarios como de sus empleados y por lo tanto es de este trabajo u oficio de donde sostienen sus propios hogares.

Esto no quiere decir que el contenido de esta tesis pueda ser de utilidad únicamente a propietarios de este tipo de talleres de hecho puede ser de trascendente importancia para empresas con altos volúmenes de producción que dentro de sus planes a corto plazo esta el de implantar algún sistema de calidad e incluso para los fabricantes y distribuidores de este tipo de herramienta como instrumento de apoyo para realizar sus ventas al tiempo que le da plusvalía a la calidad en el servicio que ofrece a sus clientes.

Por otro lado, a pesar de que la teoría de corte se aplica de manera general a las maquinas herramienta, los manuales que actualmente existen enfocan su estudio a herramientas de corte monofilas y para maquinar metales, considero que es importante complementar estos manuales con información más diversa y a detalle donde se traten materiales como la madera y para herramientas de corte multifilas ya que la información que existe es muy escasa.

Debido a lo anterior se propuso esta tesis, donde se muestra una secuencia efectiva para llevar a cabo lo anterior planteado.

ANEXOS

ANEXO I. NOMENCLATURA DE LAS SIERRAS CIRCULARES

Sierra Hart de 10" x .079"/.104" x 1" x Z = 48, WZ

La forma en que se leen las características de las sierras circulares es de izquierda a derecha. Primeramente se nombra la sierra seguido del material de la misma (la nomenclatura Hart indica que se trata de una sierra circular con injertos de pastilla de carburo de tungsteno, HSS indica una sierra circular sin injertos), el diámetro exterior o total de la sierra circular(\varnothing), los siguientes datos son el espesor del cuerpo de la sierra y el espesor del diente, continuando con el diámetro interior (\varnothing int) que está en función del diámetro de la flecha de la máquina en donde se utilizará la sierra circular, Z indica el número de dientes y por último WZ representa la geometría del diente según el corte a realizar. El símbolo x se utiliza únicamente para separar un dato de otro.

Tanto la nomenclatura de la geometría de los dientes como las unidades de medida dependerán del fabricante, es decir los mismos datos podrán leerse de la siguiente manera:

250 mm x 2.0 mm/2.6 mm x 25.4 mm x Z = 48, ATB

Nota: las unidades de medida son siempre homogéneas.

Nota 2: ninguno de los fabricantes incluye información en la nomenclatura de los diferentes ángulos de acción de la sierra circular.

ANEXO II. UNIDADES PARA MEDIR LA DUREZA DE UN MATERIAL

Dureza.- Es la resistencia que presenta un material a la deformación permanente ya sea por penetración o bien por rayado. No es una propiedad intrínseca del material, sino una respuesta a un ensayo. Existen diferentes ensayos, el Vickers, Brinell, Knoop comparan la carga y el área de la impresión producida por un indentador o penetrador. En el caso del ensayo Rockwell la comparación es entre la carga y la profundidad de la impresión.

Ensayo Rockwell

Escala del ensayo Rockwell		
Escala	Peso del Indentador (Kg)	Tipo de Indentador
A	60	Cono de diamante ϕ 1/16
B	100	Cono de diamante ϕ 1/16
C	150	Cono diamante/esfera ϕ 1/16
D	100	Cono diamante ϕ 1/8
E	150	Esfera de acero ϕ 1/8
F	80	Esfera de acero ϕ 1/16

ANEXO III. MADERA

Madera, sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles y se ha utilizado durante miles de años como combustible y como material de construcción.

El dibujo que presentan todas las variedades de madera se llama veta, y se debe a su propia estructura. La madera consiste en pequeños tubos que transportan agua, y los minerales disueltos en ella, desde las raíces a las hojas. Estos vasos conductores están dispuestos verticalmente en el tronco. Cuando cortamos el tronco en paralelo a su eje, la madera tiene vetas rectas. En algunos árboles, sin embargo, los conductos están dispuestos de forma helicoidal, es decir, enrollados alrededor del eje del tronco. Un corte de este tronco producirá madera con vetas cruzadas, lo que suele ocurrir al cortar cualquier árbol por un plano no paralelo a su eje.

El tronco de un árbol no crece a lo alto, excepto en su parte superior, sino a lo ancho. La única parte del tronco encargada del crecimiento es una fina capa que lo rodea llamada *cámbium*. En los árboles de las zonas de clima templado, el crecimiento no es constante. La madera que produce el *cámbium* en primavera y en verano es más porosa y de color más claro que la producida en invierno. De esta manera, el tronco del árbol está compuesto por un par de anillos concéntricos nuevos cada año, uno más claro que el otro. Por eso se llaman anillos anuales.

Aunque la fina capa de *cámbium* es la única parte del tronco que está viva, en el sentido de que es la parte que crece, también hay células vivas esparcidas por el xilema de la albura. Según envejecen los árboles, el centro del tronco muere; los vasos se atascan y se llenan de goma o resina, o se quedan huecos. Esta parte central del tronco se llama *duramen*. Los cambios internos de los árboles van acompañados de cambios de color, diferentes según cada especie, por lo que el *duramen* suele ser más oscuro que la albura.

CLASIFICACIÓN

Las maderas se clasifican en duras y blandas según el árbol del que se obtienen. La madera de los árboles de hoja caduca se llama madera dura, y la madera de las coníferas se llama blanda, con independencia de su dureza. Así, muchas maderas blandas son más duras que las llamadas maderas duras. Las maderas duras tienen vasos largos y continuos a lo largo del tronco; las blandas no, los elementos extraídos del suelo se transportan de célula a célula, pero sí tienen conductos para resina paralelos a las vetas. Las maderas blandas suelen ser resinosas; muy pocas maderas duras lo son. Las maderas duras suelen emplearse en ebanistería para hacer mobiliario y parqués de calidad.

Los nudos son áreas del tronco en las que se ha formado la base de una rama. Cuando la madera se corta en planchas, los nudos son discontinuidades o irregularidades circulares que aparecen en las vetas. Donde nacen las ramas del árbol, los anillos del nudo continúan las vetas del tronco; pero según sale a la superficie, las vetas rodean al nudo y la rama crece aparte.

Durante la fase de secado de la madera (ver más abajo), ésta se encoge según la dirección de la veta, y los nudos se encogen con más rapidez que el resto. Los nudos superficiales suelen desprenderse de las planchas y dejan agujeros. Los nudos de la base no se desprenden, pero deforman la madera que los rodea debido a su encogimiento más acusado, y debilitan las tablas incluso más que los agujeros que dejan los otros nudos. Los nudos de la madera no son deseables por consideraciones estéticas, aparte de su efecto debilitador. Sin embargo algunos tipos de madera con nudos, como el pino, sí resultan vistosas por el dibujo de su veta y se utilizan para decoración y revestimiento de paredes.

El aspecto de la madera es una de las propiedades más importantes cuando se utiliza para decoración, revestimiento o fabricación de muebles. Algunas maderas, como la de nogal, presentan vetas rectas y paralelas de color oscuro que le dan una apariencia muy atractiva, lo que unido a su dureza la sitúan entre las más adecuadas para hacer chapado (véase contrachapado más abajo). Las irregularidades de las vetas pueden crear atractivos dibujos, por lo que a veces la madera se corta a propósito en planos oblicuos para producir

dibujos ondulados y entrelazados. Muchos chapados se obtienen cortando una fina capa de madera alrededor del tronco, haciendo un rollo. De esta manera, los cortes con los anillos se producen cada cierta distancia y el dibujo resultante tiene vetas grandes y espaciadas.

PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades principales de la madera son resistencia, dureza, rigidez y densidad. Ésta última suele indicar propiedades mecánicas puesto que cuanto más densa es la madera, más fuerte y dura es. La resistencia engloba varias propiedades diferentes; una madera muy resistente en un aspecto no tiene por qué serlo en otros. Además la resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. La madera siempre es mucho más fuerte cuando se corta en la dirección de la veta; por eso las tablas y otros objetos como postes y mangos se cortan así. La madera tiene una alta resistencia a la compresión, en algunos casos superior, con relación a su peso a la del acero. Tiene baja resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalladura. Véase *Ciencia y tecnología de los materiales: Propiedades mecánicas de los materiales*.

La alta resistencia a la compresión es necesaria para cimientos y soportes en construcción. La resistencia a la flexión es fundamental en la utilización de madera en estructuras, como viguetas, travesaños y vigas de todo tipo. Muchos tipos de madera que se emplean por su alta resistencia a la flexión presentan alta resistencia a la compresión y viceversa; pero la madera de roble, por ejemplo, es muy resistente a la flexión pero más bien débil a la compresión, mientras que la de secuoya es resistente a la compresión y débil a la flexión.

Otra propiedad es la resistencia a impactos y a tensiones repetidas. El nogal americano y el fresno son muy duros y se utilizan para hacer bates de béisbol y mangos de hacha. Como el nogal americano es más rígido que el fresno, se suele utilizar para mangos finos, como los de los palos de golf.

Otras propiedades mecánicas menos importantes pueden resultar críticas en casos particulares; por ejemplo, la elasticidad y la resonancia de la picea la convierten en el material más apropiado para construir pianos de calidad.

DURACIÓN DE LA MADERA

La madera es, por naturaleza, una sustancia muy duradera. Si no la atacan organismos vivos puede conservarse cientos e incluso miles de años. Se han encontrado restos de maderas utilizadas por los romanos casi intactas gracias a una combinación de circunstancias que las han protegido de ataques externos. De los organismos que atacan a la madera, el más importante es un hongo que causa el llamado desecamiento de la raíz, que ocurre sólo cuando la madera está húmeda. La albura de todos los árboles es sensible a su ataque; sólo el duramen de algunas especies resiste a este hongo. El nogal, la secuoya, el cedro, la caoba y la teca son algunas de las maderas duraderas más conocidas. Otras variedades son resistentes al ataque de otros organismos. Algunas maderas, como la teca, son resistentes a los organismos perforadores marinos, por eso se utilizan para construir embarcaderos. Muchas maderas resisten el ataque de los termites, como la secuoya, el nogal negro, la caoba y muchas variedades de cedro. En la mayoría de estos casos, las maderas son aromáticas, por lo que es probable que su resistencia se deba a las resinas y a los elementos químicos que contienen.

Para conservar la madera hay que protegerla químicamente. El método más importante es impregnarla con creosota o cloruro de cinc. Este tratamiento sigue siendo uno de los mejores, a pesar del desarrollo de nuevos compuestos químicos, sobre todo de compuestos de cobre. También se puede proteger la madera de la intemperie recubriendo su superficie con barnices y otras sustancias que se aplican con brocha, pistola o baño. Pero estas sustancias no penetran en la madera, por lo que no previenen el deterioro que producen hongos, insectos y otros organismos.

SECADO

La madera recién cortada contiene gran cantidad de agua, de un tercio a la mitad de su peso total. El proceso para eliminar este agua antes de procesar la madera se llama secado, y se realiza por muchos motivos. La madera seca es mucho más duradera que la madera fresca; es mucho más ligera y por lo tanto más fácil de transportar; tiene mayor poder calorífico, lo que es importante si va a emplearse como combustible; además, la madera cambia de forma durante el secado y este cambio tiene que haberse realizado antes de serrarla.

La madera puede secarse con aire o en hornos; con aire tarda varios meses, con hornos unos pocos días. En ambos casos, la madera ha de estar apilada para evitar que se deforme, y el ritmo de secado debe controlarse cuidadosamente.

CONTRACHAPEADO

El contrachapado, también denominado triplay o chapa, está compuesto por varias capas de madera unidas con cola o resina sintética. Las capas se colocan con la veta orientada en direcciones diferentes, en general perpendiculares unas a otras, para que el conjunto sea igual de resistente en todas las direcciones. Así el conjunto es tan resistente como la madera, y si se utilizan pegamentos resistentes a la humedad, el contrachapado es tan duradero como la madera de la que está hecho. La madera laminada es un producto similar, pero en ella se colocan las capas de madera con las vetas en la misma dirección. De esta forma, el producto es, como la madera, muy fuerte en una dirección y débil en el resto.

Sólo las capas exteriores del contrachapado tienen que ser duras y con buen aspecto; las interiores únicamente tienen que ser resistentes. En algunos casos, sólo una de las caras es de calidad. Estos contrachapados se utilizan en trabajos de ebanistería en los que la parte interior no es visible. Las maderas finas y costosas, como la caoba o el madero de indias, suelen utilizarse en chapados, de forma que una capa fina de madera cara cubre varias capas de otras maderas resistentes pero de poco valor. De esta manera se reduce el precio de la madera sin sacrificar la apariencia, además de aumentar la dureza y la resistencia al alabeo. También se hacen contrachapados de las maderas más baratas para fabricar sustitutos para metales.

PROPIEDADES Y APLICACIONES DE ALGUNAS MADERAS		
ESPECIE	CARACTERÍSTICAS Y CUALIDADES	APLICACIÓN
Abeduj	Fibras finas, a menudo vetado, tenaz, duradero, solamente en interiores secos, color amarillento	Chapa exterior para muebles
Abeto	Anillos anuales distintos, ligeramente resinosos, blanco, poco resistente a la intemperie	Madera maciza para carpintería: puertas interiores, pisos rodapiés. Para ebanistería: estantes, bastidores, armarios simples y cajones.
Abeto rojo	Como el abeto, pero más resinoso	Madera maciza para carpintería: puertas interiores, pisos rodapiés. Para ebanistería: estantes, bastidores, armarios simples y cajones.
Álamo	Poroso, blanco, duradero solamente en lugares secos, a menudo difícil de trabajar	Como soporte y contrachapado
Alerce	Líber distinto, vetado fuerte, duro, tenaz, resinoso, resistente a la intemperie, nudoso	Madera maciza para carpintería: puertas interiores y exteriores, chapa para revestimiento de paredes y para muebles (armarios para vestidores, cocinas)
Aroe	Poros finos, vetado de forma ondulada, color blanquecino amarillo, fácil de pulir	Madera maciza para placas de mesa. Chapa exterior para muebles, en particular para reclinatorias
Caoba	Duramen castaño, líber rojizo, ningún dibujo especial	Chapa exterior para muebles
Cedro	Fácil de trabajar, muy durable, color casi blanco o amarillo pálido hasta rojizo o rojo	Madera maciza para muebles, puertas, ventanas, etc. Madera para construcción
Cerezo	Líber distinto, duramen castaño, vetado fuerte, fácil de trabajar	Madera maciza para muebles (sillas y sillones). Chapa exterior para muebles, puertas, revestimiento de paredes, techos
Fresno	Líber distinto, muy tenaz y elástico, fácil de trabajar, color claro	Chapa exterior para muebles (recámaras, cocinas). Madera maciza para mangos de herramientas, empujadores y listones para ensamblar
Haya blanca	Duro, tenaz, elástico, difícil de trabajar, color blanquecino hasta amarillo	Mangos de herramientas
Haya común	Bastante duro, poco elástico, poco resistente al cambio seco-humedo, color amarillo castaño	Madera maciza para carpintería: escalones y parquet. Madera para ebanistería: placas de banco de carpintero, piezas mortajadas, barras y listones con entalla y de testa, listoncillos, cajones. Chapa para madera contrachapada
Limba	Duramen pequeño, oscuro, líber grande, color amarillo grisáceo, fácil de trabajar	Madera maciza para zancas de escalera, rodapiés, entrepeños y revestimientos para puertas. Contrachapados para tableros listonados, chapa exterior para puertas, revestimiento para paredes y techos. Madera contrachapada
Nogal	Duramen pardo, líber claro, fácil de trabajar, fácil de barnizar y pulir	Chapa exterior para muebles y puertas; toda clase de instalaciones
Olmo	Líber distinto, duro, tenaz, fibras largas, elástico difícil de trabajar, color castaño	Chapa exterior para muebles, puertas, revestimiento de paredes y techos. Madera maciza para sillas y sillones
Peral	De dureza media, uniformemente castaño, sin vetado especial	Chapa exterior para muebles (recámaras, armarios para ropa) y puertas
102 Pino	Duramen distinto, vetado fuerte, rico en resina, poco elástico, resistente a la intemperie	Madera maciza para carpintería: puertas exteriores, portales, ventanas, persianas, pisos, puertas exteriores e interiores, zancas de escalera. Chapa para muebles (cocinas), madera contrachapada

Pino tea americano	Muy duro, muy resinoso, muy resistente a la intemperie, casi sin nudos	Madera maciza para carpintería muy expuesta a la intemperie: portales, puertas exteriores, ventanas, persianas
Roble	Líber distinto (inutilizado), fibras bastas y largas, poroso, muy duradero, duro resistente y elástico, color amarillento y más tarde pardo	Madera maciza para carpintería: ventanas, contraventanas, puertas interiores y exteriores, escalones, parquet. Chapa exterior para puertas, revestimientos interiores, muebles
Teck	Duramen pardo oscuro, líber más claro, muy duradero en exteriores, difícil de trabajar	Madera maciza para puertas exteriores y ventanas. Chapa exterior para muebles

GLOSARIO.

Abrasivo.- va. adj. Perteneciente o relativo a la abrasión. || 2. Dicho de un producto: Que sirve para desgastar o pulir, por fricción, sustancias duras como metales, vidrios, etc. U. t. c. s.

aglomerante.- (Del ant. part. act. de aglomerar). adj. Que aglomera. U. t. c. s. m. || 2. Dicho de un material: Capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por efectos de tipo exclusivamente físico. Son materiales aglomerantes el betún, el barro, la cola, etc. U. t. c. s. m.

asnado.- (De asno). m. En las minas de Almadén, en España, cada madero de los que se ponen de trecho en trecho para asegurar los costados de la mina. □ V. zanca.

cementar.- Calentar una pieza de metal en contacto con otra materia en polvo o en pasta. || 2. pegar (adherir una cosa con otra).

despleazar.- despezar (dividir una obra en las distintas partes que la componen).

desportillar.- Deteriorar o maltratar algo, quitándole parte del canto o boca y haciendo portillo o abertura.

duramea.- Parte más seca, compacta y de color más oscuro por lo general, del tronco y ramas gruesas de un árbol.

esfuerzos dinámicos.- Esfuerzos asociados con cualquier sistema, cuyas cargas aplicadas a una componente dependen del tiempo. Entre ellos se encuentran los esfuerzos de fluencia, fatiga, impacto y relajación

gluten.- Sustancia pegajosa que puede servir para unir una cosa a otra. || 2. Bot. Proteína de reserva nutritiva que se encuentra en las semillas de las gramíneas junto con el almidón.

inglete.- (Del fr. anglet). Ángulo de 45 grados que forma la hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles con cada uno de los catetos. || 2. Unión a escuadra de los trozos de una moldura.

liber.- (película entre la corteza y la madera del árbol). m. Bot. Parte del cilindro central de las plantas angiospermas dicotiledóneas, que está formada principalmente por haces pequeños o paquetes de vasos cribosos.

neopreno.- (Del ingl. amer. neoprene, acrón. de neo- y propylene; marca reg.). m. Caucho sintético de gran resistencia mecánica y propiedades aislantes del calor y la oxidación, por lo que tiene usos industriales y en materiales y prendas deportivas.

nitruración.- Endurecimiento de la superficie de piezas de acero al calentarlos en presencia de amoníaco gaseoso u otro compuesto de nitrógeno.

oquedad.- (De hueco). f. Espacio que en un cuerpo sólido queda vacío, natural o artificialmente. || 2. Insustancialidad de lo que se habla o escribe.

plexiglas.- (Del ingl. plexiglas, y este del lat. plexum, plegado, y el ingl. glass, vidrio, cristal; marca reg.). m. Resina sintética que tiene el aspecto del vidrio. || 2. Material transparente y flexible de que se hacen telas, tapices, etc.

sierra de banco.- Máquina fabricada con forma de mesa, superficie en la cual se llevan a cabo los cortes

sierra radial.- Máquina dotada de un elevador que lleva fijo un brazo paralelo a la mesa de trabajo. Esta máquina permite realizar cortes transversales a diferentes ángulos con mucha precisión.

sinterizar.- Producir piezas de gran resistencia y dureza calentando, sin llegar a la temperatura de fusión, conglomerados de polvo, generalmente metálicos, a los que se ha modelado por presión.

romo, (filo).- Obtuso y sin punta.

zanca.- (Del lat. tardío *zanca* o *tzanga*, y este quizá del persa ant. *zanga*, *pierna*). f. Parte más larga de las patas de las aves, desde los dedos hasta la primera articulación por encima de ellos. || 2. coloq. Pierna del hombre o de cualquier animal, sobre todo cuando es larga y delgada. || 3. Arq. Madero inclinado que sirve de apoyo a los peldaños de una escalera. || 4. And. Alfiler grande. || ~ de **asnado**. f. Arq. Cada uno de los maderos que componen el **asnado**.

BIBLIOGRAFÍA.

- Manual de maquinas herramientas, Genevro George W. / Heineman Stephen S., Editorial Prentice Hall, Segunda edición.
- Manual del Ingeniero Mecánico, Smith Edward H., Editorial Prentice Hall, Tomos 1 y 3.
- Catalogo No. 187 "Utensili Professionali per la Lavorazione del Lengo"
- El Léxico Leitz. Catalogo General, Oberkochen, Alemania, 1997, Primera Edición 1997
- Leuco Manual 2000 para la mecanización de madera y plástico.
- Freud Saw Blade Catalog, U.S.A., 1992.
- Amana Tool. Catalog, U.S.A., 2002.
- Walser Sierras Circulares, Catalogo.
- Rectificación Mecánica, Sterling J.R., Editorial Alsina, Buenos Aires 1992.
- Máquinas herramientas, organización y sistemas, Astudillo Jiménez Fidel, Editorial Alfaomega 1991.
- Elementos para el taller, Ruiz Mijares Andrés, Editorial Alfaomega 1993.

BIBLIOGRAFÍA

- Fundamentos del corte de metales y de las máquinas herramientas, Boothroyd Goeffrey, Editorial Mc Graw Hill latinoamericana 1978.
- Manual de máquinas herramientas, Tomo 2, Pollack Herman W, Editorial Prentice Hall hispanoamericana 1989.
- Biblioteca de Consulta Microsoft © Encarta © 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.