



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

## **GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 1**

**Luis Andree Pusey Alvarado**

Asesorado por el Ing. Víctor Manuel Ruíz Hernández

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 1**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS ANDREE PUSEY ALVARADO**

ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR MANUEL RUÍZ HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos     |
| VOCAL I    | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II   | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV   | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz       |
| VOCAL V    | Br. Sergio Alejandro Donis Soto     |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                   |
|------------|-----------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos   |
| EXAMINADOR | Ing. Víctor Manuel Ruíz Hernández |
| EXAMINADOR | Ing. Gerson Rafael López Chen     |
| EXAMINADOR | Ing. Roberto Guzmán Ortiz         |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez   |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 1**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha abril de 2013.

**Luis Andree Pusey Alvarado**

Guatemala 27 de septiembre de 2013

Ingeniero

Julio Cesa Campos Paiz

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Respetuosamente me dirijo a usted, con el propósito de informarle que, luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado "GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 1". El cual fue presentado por el estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, Luis Andree Pusey Alvarado, con carné No. 200914988 y después de realizadas las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo llena los requisitos necesarios para ser sometido a discusión de su Examen General Público, y recomiendo su aprobación para el efecto.

Atentamente,

  
VÍCTOR MANUEL RUIZ HERNÁNDEZ  
INGENIERO MECÁNICO  
COLEGIADO 4620

Ing. Víctor Manuel Ruiz Hernández

Colegiado No. 4620

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Coordinador del Área Materiales de Ingeniería, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 1**, del estudiante **Luis Andree Pusey Alvarado**, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



**Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
Coordinador de Área**

Guatemala, octubre de 2013.

/behdei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales al Trabajo de Graduación titulado, GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA 1, del estudiante **Luis Andree Pusey Alvarado**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio', written over the printed name.

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**

Guatemala, noviembre de 2013

JCCP/behdei





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA TEÓRICA Y PRÁCTICA DEL CURSO DE PROCESOS DE MANUFACTURA I**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Andree Pusey Alvarado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Reinos  
Decano



Guatemala, noviembre de 2013

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la bendición de ser ingeniero y tantos éxitos más en la vida.
- Mi madre** Hilda Alvarado, por siempre creer en mí y ser la única persona que jamás me ha abandonado.
- Mi padre** Luis Pusey, por su apoyo.
- Mi hermana** Jennifer Pusey Alvarado, por su amor y cariño
- Mi hermano** Luis Pusey Alvarado, por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

|   |  |
|---|--|
| <b>La Universidad San Carlos de Guatemala</b> | Por ser mi segundo hogar.  |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                 | Por darme la formación como ingeniero.                                       |
| <b>Mi asesor</b>                              | Víctor Ruiz, por su gran apoyo, amistad y ser una gran persona.              |
| <b>Mi mentor</b>                              | Amahan Sánchez, por ser una gran influencia en mi carrera y su gran amistad. |
| <b>Mi amigo</b>                               | Walter Veliz, por su gran apoyo y amistad durante mi carrera.                |

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....                   | V    |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                        | IX   |
| GLOSARIO .....                                 | XI   |
| RESUMEN.....                                   | XIII |
| OBJETIVOS.....                                 | XV   |
| INTRODUCCIÓN .....                             | XVII |
| <br>   |      |
| 1. PROGRAMA DEL CURSO.....                     | 1    |
| <br>   |      |
| 2. LA INDUSTRIA METALMECÁNICA.....             | 5    |
| 2.1. Instrumentos de medición.....             | 6    |
| 2.1.1. Calibrador vernier .....                | 7    |
| 2.1.2. Calibrador palmer o micrómetro .....    | 12   |
| 2.1.3. Equipos de combinación.....             | 17   |
| 2.2. Herramientas de corte .....               | 25   |
| 2.2.1. Buriles tipo y selección .....          | 26   |
| 2.2.2. Fresas tipo y selección .....           | 34   |
| 2.3. Teoría del corte .....                    | 42   |
| 2.4. Materiales para herramienta de corte..... | 43   |
| 2.5. Terminología ángulos de corte .....       | 52   |
| <br>   |      |
| 3. TORNO .....                                 | 57   |
| 3.1. Conceptos básicos y equipo auxiliar ..... | 57   |
| 3.2. Velocidades y avances para corte.....     | 61   |
| 3.3. Profundidad de corte .....                | 65   |

|      |   |     |
|------|---|-----|
| 3.4. | Torneado externo e interno .....                  | 65  |
| 3.5. | Torneado refrentado.....                          | 67  |
| 3.6. | Roscado en torno .....                            | 67  |
| 3.7. | Torneados en conos.....                           | 70  |
| 3.8. | Normas de seguridad .....                         | 74  |
| 3.9. | Preguntas y problemas .....                       | 76  |
| 4.   | EL TALADRO.....                                   | 79  |
| 4.1. | Conceptos básicos e identificación de equipo..... | 80  |
| 4.2. | Velocidad de corte.....                           | 81  |
| 4.3. | Avances .....                                     | 84  |
| 5.   | CEPILLOS .....                                    | 89  |
| 5.1. | Conceptos básicos e identificación de equipo..... | 89  |
| 5.2. | Velocidad de corte.....                           | 90  |
| 5.3. | Avance .....                                      | 93  |
| 5.4. | Profundidad de corte .....                        | 94  |
| 5.5. | Preguntas y problemas .....                       | 95  |
| 6.   | FRESADORA.....                                    | 97  |
| 6.1. | Concepto básico e identificación de equipo .....  | 97  |
| 6.2. | Velocidad de corte.....                           | 100 |
| 6.3. | Fresado en paralelo y contradirección .....       | 101 |
| 6.4. | Avance .....                                      | 103 |
| 6.5. | Profundidad de corte .....                        | 104 |
| 6.6. | Peguntas y problemas.....                         | 105 |
| 7.   | EL CABEZAL DIVISOR.....                           | 107 |
| 7.1. | División directa .....                            | 108 |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 7.2. | División sencilla .....                        | 108 |
| 7.3. | División diferencial.....                      | 109 |
| 7.4. | Preguntas y problemas.....                     | 110 |
| 8.   | RECTIFICADO .....                              | 111 |
| 8.1. | Conceptos básicos y tipos de máquinas .....    | 111 |
| 8.2. | Operación de rectificado.....                  | 112 |
| 8.3. | Composición de muelas .....                    | 113 |
| 8.4. | Selección de muelas .....                      | 114 |
| 8.5. | Normas de seguridad .....                      | 119 |
| 8.6. | Preguntas y problemas.....                     | 125 |
| 9.   | MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN Y CONTROL NUMÉRICO..... | 127 |
| 9.1. | Proceso con control numérico .....             | 129 |
| 9.2. | Preguntas y problemas.....                     | 133 |
|      | CONCLUSIONES .....                             | 135 |
|      | RECOMENDACIONES .....                          | 137 |
|      | BIBLIOGRAFÍA.....                              | 139 |



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | Imagen de calibrador vernier .....                 | 7  |
| 2.  | Vernier en forma simple .....                      | 8  |
| 3.  | Lectura trazos en coincidencia de un vernier ..... | 8  |
| 4.  | Nonio.....   | 9  |
| 5.  | Reglilla .....                                     | 10 |
| 6.  | Escalas en una reglilla .....                      | 10 |
| 7.  | Vernier tipo máuser.....                           | 11 |
| 8.  | Tipos de medición de un vernier .....              | 11 |
| 9.  | Medición de un diámetro con vernier .....          | 12 |
| 10. | Imagen de calibrador palmer o micrómetro.....      | 13 |
| 11. | Funcionamiento del micrómetro.....                 | 14 |
| 12. | Descripción detallada del micrómetro .....         | 15 |
| 13. | Descripción de medición en micrómetro .....        | 16 |
| 14. | Imagen de <i>Instrimik</i> .....                   | 17 |
| 15. | Herramientas en mecánica de bancos.....            | 19 |
| 16. | Mecánica de bancos .....                           | 19 |
| 17. | Cajón de herramientas.....                         | 20 |
| 18. | Área de trabajo sin orden.....                     | 21 |
| 19. | Seguridad de la herramienta .....                  | 22 |
| 20. | Tornillo de banco.....                             | 23 |
| 21. | Tornillo de banco visto en otro ángulo .....       | 23 |
| 22. | Máquina herramienta no portátil .....              | 24 |
| 23. | Herramienta para corte .....                       | 25 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 24. | Herramienta de corte .....             | 26 |
| 25. | Buriles.....                           | 26 |
| 26. | Buril chaplex.....                     | 27 |
| 27. | Buril media caña.....                  | 27 |
| 28. | Buril de abrir o <i>unglet</i> .....   | 28 |
| 29. | Buril tipo AR y AL.....                | 30 |
| 30. | Buril tipo BR y BL.....                | 30 |
| 31. | Buril tipo C.....                      | 31 |
| 32. | Buril tipo D.....                      | 31 |
| 33. | Buril tipo E.....                      | 32 |
| 34. | Buril tipo ER y EL.....                | 32 |
| 35. | Buril tipo FR y FL.....                | 33 |
| 36. | Buril tipo GR y GL.....                | 33 |
| 37. | Buril tipo CTR y CTL.....              | 34 |
| 38. | Fresadora estacionaria.....            | 36 |
| 39. | Tipos y usos de fresas parte 1.....    | 37 |
| 40. | Tipos y usos de fresas parte 2.....    | 38 |
| 41. | Tipos y usos de fresas parte 3.....    | 39 |
| 42. | Tipos y usos de fresas parte 4.....    | 40 |
| 43. | Tipos y usos de fresas parte 5.....    | 41 |
| 44. | Tipos y usos de fresas parte 6.....    | 42 |
| 45. | Acero al carbón.....                   | 45 |
| 46. | Brocas de alta velocidad.....          | 45 |
| 47. | Brocas y machos de alta velocidad..... | 46 |
| 48. | Hierro de alta velocidad.....          | 46 |
| 49. | Carburos cementados.....               | 47 |
| 50. | Carburo de tungsteno.....              | 48 |
| 51. | Carburo revestido 1.....               | 49 |
| 52. | Carburo revestido 2.....               | 49 |



|     |   |    |
|-----|---|----|
| 53. | Cerámicas de óxido 1 .....                          | 50 |
| 54. | Cerámicas de óxido 2 .....                          | 51 |
| 55. | Diamante policristalino .....                       | 52 |
| 56. | Ángulos de corte .....                              | 54 |
| 57. | Fuerza que actúa sobre los ratificados .....        | 56 |
| 58. | Torno.....  | 58 |
| 59. | Equipo de fijación auxiliar parte 1 .....           | 60 |
| 60. | Equipo de fijación auxiliar parte 2 .....           | 60 |
| 61. | Velocidad de corte de los tornos.....               | 62 |
| 62. | Imagen de un torneado externo .....                 | 66 |
| 63. | Imagen de un torneado interno .....                 | 66 |
| 64. | Trabajo de torno de frente.....                     | 67 |
| 65. | Torneado rosca fina .....                           | 69 |
| 66. | Torneado roscado ordinario .....                    | 69 |
| 67. | Girado de carro superior .....                      | 70 |
| 68. | Dispositivo de torneado cónico .....                | 71 |
| 69. | Regla guía.....                                     | 72 |
| 70. | Contrapunto .....                                   | 73 |
| 71. | Avance de un torneado cónico.....                   | 73 |
| 72. | Listado de accesorios de seguridad industrial ..... | 75 |
| 73. | Taladro de pedestal .....                           | 80 |
| 74. | Partes de un taladro estacionario .....             | 81 |
| 75. | Velocidades de corte del taladro.....               | 83 |
| 76. | Máquina cepilladora de codo .....                   | 89 |
| 77. | Mecanismo de transmisión del cepillo.....           | 91 |
| 78. | Cepilladora moderna.....                            | 92 |
| 79. | Biela de avance .....                               | 93 |
| 80. | Buriles de cepillo .....                            | 95 |
| 81. | Partes de una fresadora.....                        | 98 |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 82. | Tipos de fresado .....                           | 101 |
| 83. | Esquema de cabezal divisor .....                 | 107 |
| 84. | Cabezal divisor .....                            | 108 |
| 85. | Rectificado de piezas.....                       | 112 |
| 86. | Rectificado .....                                | 113 |
| 87. | Muelas industriales .....                        | 118 |
| 88. | Muela de rectificadora .....                     | 119 |
| 89. | Extractor de aire .....                          | 121 |
| 90. | Mascarilla de partículas .....                   | 122 |
| 91. | Lentes protectores .....                         | 122 |
| 92. | Guantes industriales .....                       | 123 |
| 93. | Casco protector y ropa adecuada.....             | 124 |
| 94. | Señalización .....                               | 124 |
| 95. | Maquinaria para control numérico .....           | 127 |
| 96. | Proceso con control numérico computarizado ..... | 132 |

## TABLAS

|    |                         |   |
|----|-------------------------|---|
| I. | Programa del curso..... | 1 |
|----|-------------------------|---|

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>    | <b>Significado</b>      |
|-------------------|-------------------------|
| <b>cm</b>         | Centímetros             |
| <b>m</b>          | Metro                   |
| <b>milímetros</b> | Milímetro               |
| <b>nm</b>         | Nanómetro               |
| <b>rpm</b>        | Revoluciones por minuto |



## GLOSARIO

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Agujero para roscar</b> | Orificio liso destinado a transformarse.   |
| <b>Ajuste</b>              | Relación resultante de la diferencia, antes del montaje, entre las dimensiones de las dos piezas que se van a acoplar.   |
| <b>Ajuste de precisión</b> | Reglaje efectuado por desplazamientos muy pequeños (es decir, inferiores al milímetro).  |
| <b>Caja de avances</b>     | Caja de cambio de velocidades que constituye el mecanismo de avance.   |
| <b>Capacidad de corte</b>  | Rendimiento máximo posible de corte por unidad de tiempo.  |
| <b>Guía</b>                | Dispositivo que obliga a una pieza de la maquinaria a desplazarse siguiendo una línea determinada. Puede ser una guía articulada o una guía rígida.                        |
| <b>Herramienta</b>         | Útil de máquina herramienta.   |
| <b>Radio de trabajo</b>    | Distancia máxima del centro del husillo, p.ej. de una taladradora radial, a la columna. Se mide desde el centro de la columna (radio) o desde su circunferencia (alcance). |

**Reajustar**

Corregir posición.

**Sujetar**

Inmovilizar una herramienta o una pieza a mecanizar con ayuda de cualquier tipo de dispositivo de sujeción.

## **RESUMEN**

El presente trabajo contiene los conocimientos necesarios mínimos que todo ingeniero mecánica debe tener en relación con los conceptos de metalmeccánica. El primer capítulo permite al lector conocer los diferentes instrumentos de medición.

Definido lo anterior se empieza con el estudio de los equipos de combinación a estudiar en este curso.

Luego se inicia con el estudio de las distintas herramientas de corte, empezando desde los buriles, definiendo sus diferentes tipos y clasificación.

Se hace una descripción de los diferentes materiales para herramientas de corte, la terminología que se emplea y las fuerzas que se deben aplicar en el proceso.

El trabajo continua con la descripción del equipo tales como las fresadoras, los tornos, el cepillo, cabezal divisor, rectificador, sus diferentes componentes y la manera adecuada de empleo.

Se hacen referencias a las diferentes normas de seguridad que se deben emplear al trabajar con el equipo en el metal mecánico, describiendo el uso de cada componente de seguridad.

Por último se estudian las máquinas de producción y control numérico, tecnología que actualmente se utiliza para producciones masivas y tenes eficiencia en la realización de los productos.



# OBJETIVOS

## General

Elaborar una guía teórica y práctica con el contenido del curso de Procesos de Manufactura 1.

## Específicos

1. Describir la teoría y conceptos de la temática citada en el programa del curso Procesos de Manufactura 1.
2. Actualizar de la información del curso con un enfoque didáctico para mejorar la formación de los estudiantes.
3. Realizar un estudio e investigación de las aplicaciones de los procesos de manufactura en la industria guatemalteca.



## INTRODUCCIÓN

Los procesos de manufactura se definen como la forma de transformar la materia prima para darle un uso práctico en nuestra sociedad, la industria y el desarrollo tecnológico constante.

La manufactura es el proceso de coordinación de personal, herramientas y máquinas para convertir materia prima en productos útiles. En los principios de la manufactura, los productos se fabricaban, principalmente, sobre bases individuales y su calidad dependía en grado sumo de la habilidad del operario. La manufactura moderna, hoy en día es una actividad industrial que sirve para el desarrollo de nuevas tecnologías en muchos ámbitos de la ciencia y requiere recursos tales como elemento humano, materiales, máquinas y capital.

Para una producción eficiente, económica y competitiva todos los recursos se deben de organizar, coordinar y seguir normas internacionales para el cuidado de las empresas. Es por eso que es importante y necesario que los ingenieros tengan presente el conocimiento de los diferentes procesos de manufactura, su aplicación y utilización en la industria para el desarrollo de nuevas tecnologías, productos y diferentes procesos utilizados en el desarrollo de la sociedad de un país.



# 1. PROGRAMA DEL CURSO

Con el objeto de apoyar a los profesores en su labor docente se ha preparado la siguiente guía, quienes tendrán mayor claridad sobre los criterios que serán aplicados a lo largo del semestre y garantizará el cumplimiento de las disposiciones del Reglamento General

Tabla I. Programa del curso

| PROCESOS DE MANUFACTURA 1   |
|---|
| <p>Descripción:</p> <p>El curso de procesos de manufactura 1 enfoca en forma teórica y práctica las tecnologías del uso, funcionamiento y aplicaciones de las principales máquinas herramientas para la fabricación de elementos de máquinas a través de las técnicas de corte de los materiales por medio de la utilización de una herramienta propia de cada procesos de maquinado.</p> |
| <p>Objetivos generales:</p> <p>Conocer la aplicación de las principales máquinas herramientas, los aditamentos y herramientas empleadas para la fabricación de elementos de máquinas.</p>   |
| <p>Objetivos específicos, que el estudiante:</p>  |

Continuación de la tabla I.

- Pueda elaborar planes de trabajo para la fabricación de piezas a través de máquinas herramientas.
- Tenga criterio de selección de velocidades de corte, avance y profundidades de corte.
- Distinga las diferentes aplicaciones de las máquinas herramientas y la forma de solucionarlas.

Contenido:

- Generalidades del proceso metalmecánico
- Torno
- Taladro
- Fresadora
- El cabezal divisor
- Rectificado
- Máquinas de producción y control numérico

Bibliografía:

- ALTING, Leo. Procesos para Ingeniería de Manufactura, México, Alfaomega, 1990.
- AMSTEAD, B.H.: Oswald, Philip Begeman, Mirón. Procesos de Manufactura, versión SI. México, CECSA., 1999

Continuación de la tabla I.

- CHILES, Vic, Black, Lissman y Martín. Ingeniería de Manufactura, México, CECSA., 1999.
- HEINRICH, Gerling. Alrededor de las Máquinas-Herramientas, España, Editorial Reverte S.A.
- KALPAKJIAN Y Schmid. Manufactura, Ingeniería y Tecnología. 4ª. Edición, México, Prentice Hall, 2002.
- SMITH, William. Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los materiales. Editorial McGraw Hill 2004. Tercera edición.

Fuente: elaboración propia.





## **2. LA INDUSTRIA METALMECÁNICA**

Comprende un diverso conjunto de actividades manufactureras que, en mayor o menor medida, utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación. Asimismo, forman parte de esta industria las ramas electromecánicas y electrónicas, que han cobrado un dinamismo singular en los últimos años con el avance de la tecnología.

Como puede intuirse por su alcance y difusión, la Industria Metalmecánica constituye un eslabón fundamental en el entramado productivo de una nación. No solo por su contenido tecnológico y valor agregado, sino también por su articulación con distintos sectores industriales. Prácticamente todos los países con un desarrollo industrial avanzado cuentan con sectores metalmecánicos consolidados.

En otros términos es una industria de industrias. Provee de maquinarias e insumos claves a la mayoría de actividades económicas para su reproducción, entre ellas, la industria manufacturera, la construcción, el complejo automotriz, la minería y la agricultura, entre otros. Asimismo, produce bienes de consumo durables que son esenciales para la vida cotidiana, como heladeras, cocinas, estufas, artefactos de iluminación, equipos de refrigeración y electrónicos, entre otros. La gran parte de ellos son fabricados con una sustancial participación de insumos nacionales, siendo de esta manera también un sector clave para otras actividades económicas.

En este sentido, la Industria Metalmeccánica opera de manera decisiva sobre la generación de empleo en la industria, requiriendo la utilización de diversas especialidades de operarios, mecánicos, técnicos, herreros, soldadores, electricistas, torneros, ingenieros, profesionales. Adicionalmente, fracciona la producción de otras industrias, tanto aquellas que son manos de obra intensivas como aquellas que no lo son, como la industria siderúrgica. Por otro lado, genera la necesidad de integrar las cadenas de valor, dando lugar a la difusión del conocimiento conjuntamente con universidades e institutos públicos, dando lugar a que se den importantes espacios de integración nacional, tanto a nivel de la producción como del sistema de innovación nacional.

De esta manera, el sector gravita en forma determinante sobre el proceso de reproducción material de la economía: la inversión y el conocimiento. En consecuencia, su desempeño no sólo define las trayectorias de crecimiento sino también su sustentabilidad en el largo plazo, constituyendo un sector estratégico para el desarrollo.

## **2.1. Instrumentos de medición**

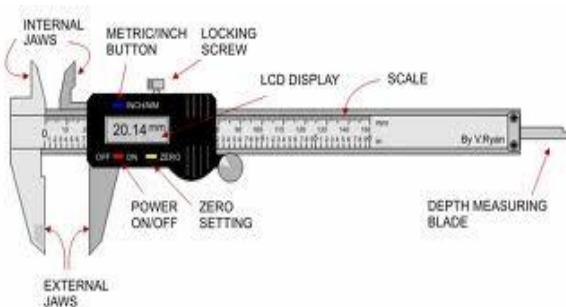
Hay muchos instrumentos de medición disponibles, que permiten al mecánico medir no solo las dimensiones interiores, profundidades y alturas. Todos estos entran en dos categorías:

- Lectura directa
- Tipo transferencia

### 2.1.1. Calibrador vernier

Un vernier, también llamado pie de rey, es un instrumento de medición parecido, en la forma, a una llave stillson, sirve para medir con mediana precisión hasta 128 de pulgada y hasta diezmilésimas de metro, más o menos funciona así, primero haces una aproximación de la medida con el cero (ya sea de pulgadas o centímetros), si queda exactamente el cero en una rayitas, esa es la medida exacta, si no, tienes que ver cuál de las siguientes rayitas coincide exactamente y esa medida se la tienes que agregar a la aproximada al cero (próxima inferior, no próxima superior), en las pulgadas cada rayita a la derecha del cero equivale a 1/128, en el caso de los centímetros cada rayita equivale a 1/10 000 de metro o una décima de milímetros).

Figura 1. Imagen de calibrador vernier



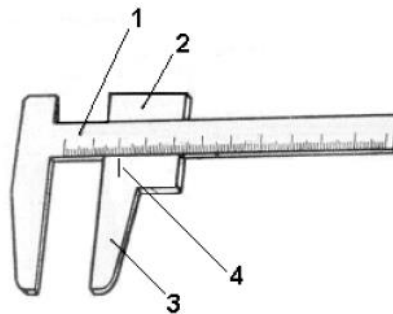
Fuente:[http://tpmequipos.com/979\\_Calibrador-Vernier-digital.html](http://tpmequipos.com/979_Calibrador-Vernier-digital.html). Consulta: 4 de julio de 2013.

- Cómo se mide

El vernier es en esencia una regla graduada, perfeccionada para aumentar la seguridad y precisión de las mediciones. En la figura 2 se muestra en su mayor simplicidad. Como se puede ver, está formado por una regla graduada, uno de cuyos extremos forma una pata (1); sobre la regla va montado un curso

deslizante (2) solidario a una segunda para (3). Un trazo o índice en el cursor (4) indica, sobre la escala de la regla, la distancia entre las superficies de contacto de las patas, para cualquier posición de estas.

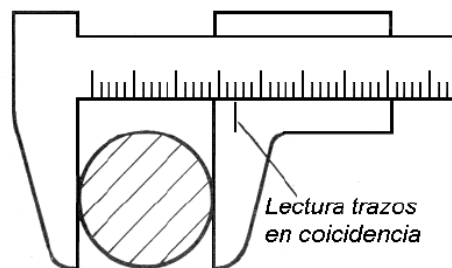
Figura 2. **Vernier en forma simple**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Como puede apreciarse en la figura 3, entre las ventajas del vernier en comparación con la simple regla graduada, es no exigir la apreciación visual de la coincidencia del cero y la simplificación de la lectura, al hacerse esta por la coincidencia de dos trazos.

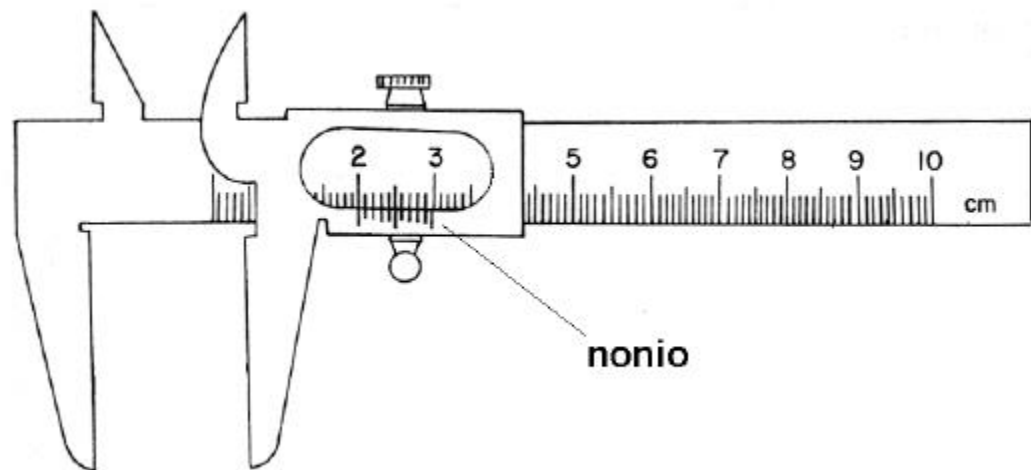
Figura 3. **Lectura trazos en coincidencia de un vernier**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Cuando el índice no coincide con alguna división de la escala, se usa el vernier, del cual deriva el nombre del instrumento. Consiste en una segunda reglilla o escala llamada nonio grabada en el cursor.

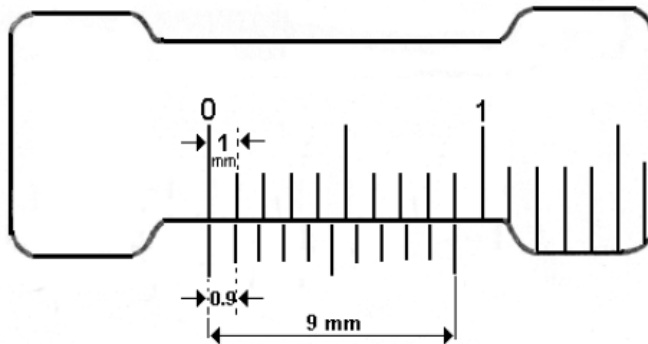
Figura 4. **Nonio**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Para mayor claridad en la explicación, considera el nonio de un vernier dispuesto para medir con aproximación de décimas de milímetro. La reglilla tiene una longitud de 9 milímetros y está dividida en 10 partes iguales, como puede verse en la figura 5. Por consiguiente, si la apreciación de la escala principal es de 1 milímetro, entonces las divisiones de la escala secundaria tendrán una longitud de  $9/10$  de milímetro. La apreciación del instrumento es la diferencia entre la apreciación de la regla principal y la apreciación del nonio:  $1/10 = 0,1$  milímetros.

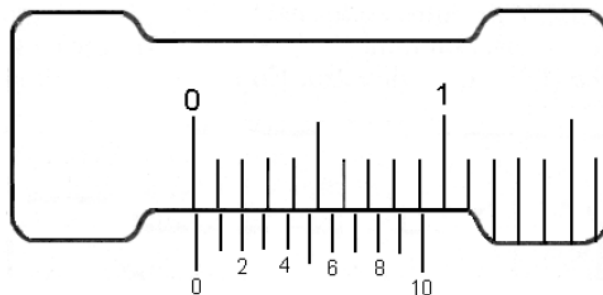
Figura 5. **Reglilla**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

En una medición, para determinar la fracción de la menor división de la escala principal, basta con determinar cuál de las marcas del nonio coincide con algunas de las marcas de la escala principal. Por ejemplo, si la marca coincidente es la tercera (figura 6), entonces la fracción de milímetro es 0,2. La razón de esto es la siguiente: si la tercera marca es la que coincide, entonces la segunda marca estará desplazada 0,1 milímetros con respecto a la marca más cercana de la escala principal, y la primera estará desplazada 0,2 milímetros.

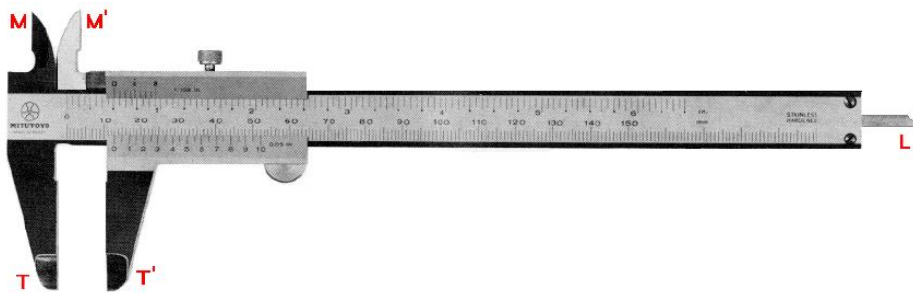
Figura 6. **Escalas en una reglilla**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

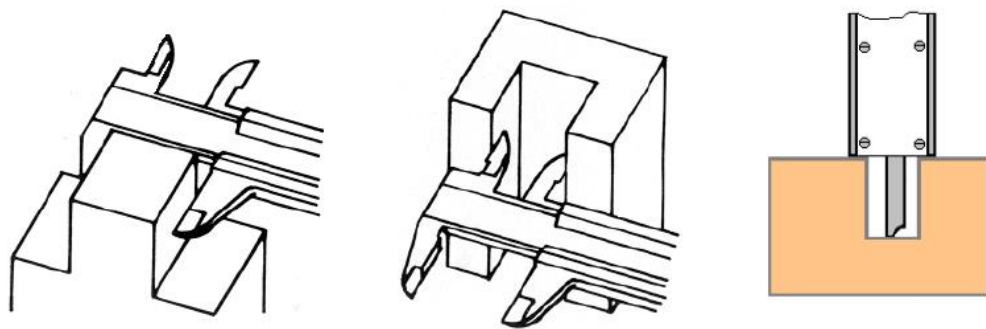
Hay una gran variedad de estos instrumentos, debido a que han sido adaptados a diversos usos en la medición. El más común es el tipo Máuser, que se muestra en la figura 7. Se caracteriza por la disposición doble de las patas: patas T y T' para medir longitudes exteriores (espesores, diámetros), como se muestra en la figura 8. M y M' para medir longitudes interiores como: cavidades, diámetros interiores, etc. (figura 9), y una lámina L para medir profundidades (figura 10).

Figura 7. **Vernier tipo máuser**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Figura 8. **Tipos de medición de un vernier**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Figura 9. **Medición de un diámetro con vernier**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

### **2.1.2. Calibrador palmer o micrómetro**

El micrómetro, que también es denominado tornillo de Palmer, calibre Palmer o simplemente palmer, es un instrumento de medición, su funcionamiento se basa en un tornillo micrométrico que sirve para valorar el tamaño de un objeto con gran precisión, en un rango del orden de centésimas o de milésimas de milímetro, 0,01 milímetros o 0,001 milímetros (micra) o pulgadas respectivamente.

Para proceder con la medición posee dos extremos que son aproximados mutuamente merced a un tornillo de rosca fina que dispone en su contorno de una escala grabada, la cual puede incorporar un nonio. La longitud máxima mensurable con el micrómetro de exteriores es de 25 milímetros normalmente, si bien también los hay de 0 a 30, siendo por tanto preciso disponer de un aparato para cada rango de tamaños a medir: 0-25 milímetros, 25-50 milímetros, 50-75 milímetros.



Figura 10. **Imagen de calibrador palmer o micrómetro**

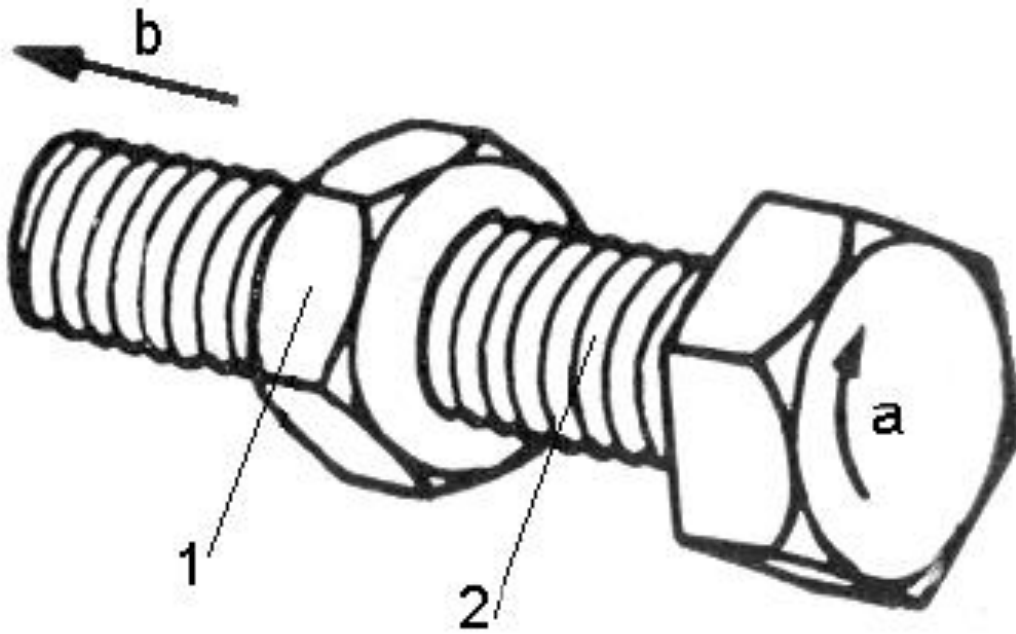


Fuente:[http://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%etro\\_\(instrumento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Micr%C3%etro_(instrumento)). Consulta: 11 de julio de 2013.

- **Cómo se mide**

El funcionamiento del micrómetro se basa en el avance que experimenta un tornillo montado en una tuerca fija, cuando se le hace girar. Como se muestra en la figura 9, dicho desplazamiento es proporcional al giro del tornillo. Por ejemplo si al tornillo (2) se le hace girar dentro de la tuerca fija (1), al dar una vuelta completa en el sentido a, avanza en el sentido b una longitud denominada paso de la rosca; si gira dos vueltas, avanza una longitud igual a dos pasos, y si gira un cincuentavo o una centésima de vuelta, el extremo avanzara un cincuentavo o una centésima de paso.

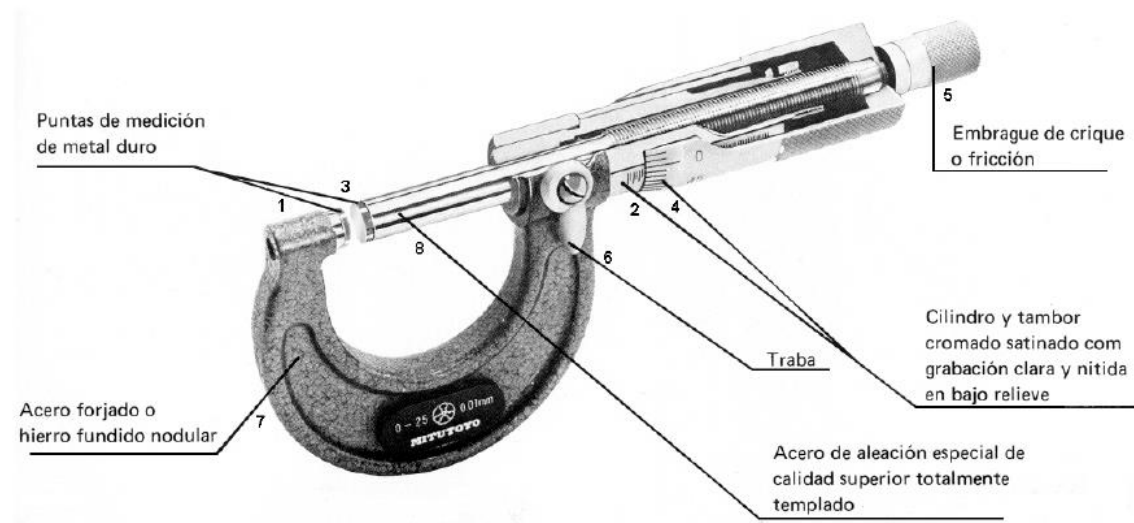
Figura 11. **Funcionamiento del micrómetro**



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Una disposición práctica del micrómetro se muestra en la figura 12. Como puede verse está formado por un cuerpo en forma de herradura (7), en uno de cuyos extremos hay un tope o punta de asiento (1); en el otro extremo hay una regla fija cilíndrica graduada en medios milímetros (2), que sostiene la tuerca fija. El tornillo, en uno de sus extremos forma el tope (3) y su cabeza está unida al tambor graduado (4). Al hacer girar el tornillo se rosca o se desenrosca en la tuerca fija y el tambor avanza o retrocede solidario al tope (3).

Figura 12. Descripción detallada del micrómetro

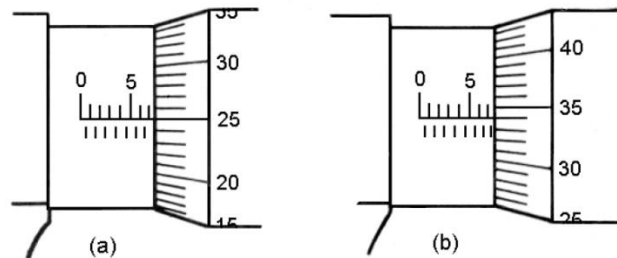


Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Cuando los toques 1 y 3 están en contacto, la división 0 (cero) del tambor coincide en el cero (0) de la escala; al irse separando los toques se va descubriendo la escala y la distancia entre ellos es igual a la medida descubierta de la escala (milímetros y medios milímetros) más el número de centésimas indicado por la división de la escala del tambor que se encuentre en coincidencia con la línea horizontal de la escala fija.

Por ejemplo en la parte (a) de la figura 13 se ve la posición del tambor para una separación de los toques de 7,25 milímetros, y en la parte (b) para una medida de 7,84 milímetros; en este último caso el tambor indica 34 centésimas, pero, como en la escala fija hay descubiertos 7,5 milímetros (7 rayas superiores completas, más una raya inferior), la medida indicada es de  $7,50 + 0,34 = 7,84$  milímetros.

Figura 13. Descripción de medición en micrómetro



Fuente: <http://www.icb.uncu.edu.ar/instrumental-de-medicion.pdf>. Consulta: 11 de julio de 2013.

Dada la gran precisión de los micrómetros, una presión excesiva de los topes sobre la pieza que se mide, puede falsear el resultado de la medición, además de ocasionar daño en el micrómetro con la pérdida permanente de la precisión.

Para evitar este inconveniente, el tornillo se debe girar por medio del pequeño tambor moldeado (5) en la figura 12, el cual tiene un dispositivo de escape limitador de la presión.

Antes de efectuar cualquier medida, se debe liberar el freno o traba (6 en figura 12) y una vez realizada esta, se debe colocar la traba, para evitar una alteración involuntaria de la medida.

El cuerpo del micrómetro está debidamente constituido para evitar las deformaciones por flexión. En los micrómetros de muy buena calidad, el material utilizado en su construcción es acero tratado y estabilizado. Los topes tienen caras de contacto templadas y rigurosamente planas. No obstante todas estas precauciones, la durabilidad y el buen funcionamiento de un micrómetro dependen del trato racional y sensato que reciba.

### 2.1.3. Equipos de combinación

Una dificultad que se encuentra al medir tamaños de perforaciones usando instrumentos con solo dos caras de medición, es medir el diámetro y no una cuerda del círculo. Un instrumento que elimina este problema es el Instrimik.

- Instrimik

Figura 14. Imagen de *Instrimik*



Fuente:<http://www.amazon.com/SharpeMicrometer-Graduation/dp>. Consulta:13 de julio de 2013.

El Instrimik consiste de un cabezal con tres puntos de contacto espaciados 120 grados; el cabezal está sujeto a un cuerpo del tipo de micrómetro. Los puntos de contacto son forzados a entrar en contacto con el interior de la perforación por medio de una clavija ahusada o cónica unida al husillo del micrómetro. La construcción del cabezal con tres puntos de contacto permite que el Instrimik se auto centre y autolinee. Es más preciso que otros métodos, por que proporciona lectura directa, eliminando la necesidad de transferir mediciones para determinar el tamaño de la perforación, como con los medidores telescópicos o para pequeños orificios.

El alcance de estos instrumentos va entre 0,0275 a 12,000 pulgadas, y la precisión varía entre 0,0001 y 0,0005 pulgadas, dependiendo del cabezal que se utilice. Los INSTRIMIK métricos tienen un alcance de 6 a 300 milímetros, con graduaciones en 0,001 milímetros. La precisión del Instrimik debe verificarse periódicamente con un anillo de ajuste o con un calibrador de anillo de patrón.

- Mecánica en bancos

El participante hace la mayor parte de su trabajo sobre una mesa denominada banco de ajuste o de trabajo, provista de un dispositivo para sujetar fuertemente las piezas, llamado tornillo de banco. El banco debe tener una altura adecuada: ni demasiado baja que obligaría o agacharse al operario, ni demasiado alta que obligaría a tener los brazos en posición forzada, lo que disminuye la fuerza que se hace al trabajar y aumenta el cansancio.

Una buena altura para los bancos de trabajo es de 85 centímetros, medidos desde la parte de arriba del tablero hasta el suelo. Será también lo suficientemente ancho y largo para que en él no falte espacio para el trabajo y las herramientas. Buenas medidas son de 60 a 70 centímetros para el ancho, y de 1 metro con 40 centímetros, para el largo.

- Disposición del banco de trabajo

Los bancos deben instalarse procurando aprovechar la luz natural. Por ejemplo, en los talleres donde no hay tragaluces, el lugar más adecuado para instalar el banco es al pie de las ventanas. En los talleres donde hay mucha luz natural, lo mejor es colocarlos en los lugares que más la aprovechan y, particularmente, a lo largo de las hileras de columnas, si las hay. En estos casos, es muy ventajoso disponer de bancos dobles, en los que se puede trabajar por los dos lados.

Figura 15. **Herramientas en mecánica de bancos**



Fuente: Diprodig S.A.

Figura 16. **Mecánica de bancos**



Fuente: Diprodig S.A.

- El cajón de herramientas

El banco de trabajo debe tener un lugar adecuado para guardar en él, y a mano cuando se está usando, la gran cantidad y variedad de herramientas que se utilizan en los trabajos. Lo corriente es que haya en los bancos un cajón por cada puesto de trabajo. Lo mejor, en estos casos, es disponer el inferior del cajón con divisiones o compartimientos para mantener las herramientas ordenadas, extendidas, en el fondo, y no unas encima de los otros. Las recomendaciones generales son:

- Ubicar cada herramienta en su sitio.
- Mostrar un rápido control de la existencia de las herramientas.
- Tener un inventario de todas las herramientas e instrumentos.

Figura 17. **Cajón de herramientas**



Fuente: <http://www.logismarket.es/comansa/armario-para-herramientas/1002584844-79445924-4-p.html>. Consulta: 13 de julio de 2013.



- Limpiar área de trabajo
  - Indicar que, al finalizar la labor, se debe dejar limpio el piso lo mismo que el lugar de trabajo.
  - Guardar en su sitio escobas, trapos y wipe.

Figura 18. **Área de trabajo sin orden**



Fuente: elaboración propia.

- Seguridad

Nunca debe guardarse herramientas o instrumentos superpuestos cuando no estén protegidos en un estuche. Se debe tener los cilindros de trapos y *wipes* cubiertos con una tapa, debido al peligro de incendio.

Figura 19. **Seguridad de la herramienta**



Fuente: Diprodig S.A

- Tornillo de banco

Es un dispositivo de fijación, formado por dos mandíbulas, una fija y otra móvil, que se desplaza por medio de un tornillo y tuerca. Las mandíbulas están provistas de mordazas estriadas para asegurar una mayor fijación de las piezas. En ciertos casos, estas mordazas deben cubrirse con mordazas de protección, de material blando para evitar que marquen las caras acabadas de las piezas. Los tornillos de banco pueden construirse de acero o hierro fundido, en diversos tipos y tamaños

Figura 20. **Tornillo de banco**



Fuente:<http://www.ferreteriaauricio.es/asp?ltnID=1082692> .Consulta: 13 de julio de 2013.

Figura 21. **Tornillo de banco visto en otro ángulo**



Fuente:<http://www.directindustry/tornillos-banco-9234-3250.html>. Consulta: 14 de julio de 2013.

- Máquinas herramientas

Las máquinas herramientas, son máquinas no portátiles accionadas con motor y destinadas al mecanizado de metales o a la conformación de piezas de madera. De acuerdo con este planteamiento y a fin de facilitar su estudio desde el punto de vista preventivo, cabe distinguir dos grupos de máquinas herramientas: las destinadas al mecanizado de metales.

Máquinas herramientas destinadas al mecanizado de metales. Se entiende por mecanizado, el conjunto de operaciones de conformación en frío con arranque de viruta, mediante las cuales se modifican la forma y dimensiones de una pieza metálica. Las máquinas herramientas imprimen a la herramienta y a la pieza objeto de conformación, los movimientos precisos, para que se alcance la forma y dimensiones requeridas. Entre tales máquinas destacan algunas como: tornos, taladradoras, mandriladoras, fresadoras, brochadoras, rectificadoras y otras que realizan operaciones derivadas de las anteriormente citadas. Aunque no desarrollan operaciones de mecanizado propiamente dichas, también son consideradas.

Figura 22. **Máquina herramienta no portátil**



Fuente: <http://mecanizadomáquinasconvencionales.blogspot.com/2013/06/definiciones-máquina-herramienta-es-la.html>. Consulta: 15 de julio de 2013.

## 2.2. Herramientas de corte

Uno de los componentes más importantes en el proceso de maquinado es la herramienta de corte o cortador, de cuya función dependerá la eficiencia de la operación. En consecuencia, debe de pensarse mucho no sólo en la selección del material de la herramienta de corte, sino también en los ángulos de tal herramienta, necesarios para maquinarse apropiadamente el material de una pieza de trabajo.

Existen básicamente dos clases de cortadores (excluyendo los de tipo abrasivo): de punta simple y de puntas múltiples o multipuntas. Puesto que ambos deben tener ángulos de entrada y salida específicos, la nomenclatura para las puntas de las herramientas de punta simple más común se analizará con mayor detalle. Los principios de este tipo de herramienta de corte se relacionarán luego con herramientas de multipuntas para una mayor facilidad en la comprensión.

Figura 23. Herramienta para corte



Fuente: <http://indugome7.blogspot.com/2007/10/la-empresa.html>. Consulta: 15 de julio de 2013.

Figura 24. **Herramienta de corte**



Fuente: <http://www.ferrovicmar.com/infer.asp?ac=85&trabajo=listar&pa=circular-makita&sg=circular-makita>. Consulta: 15 de julio de 2013.

### 2.2.1. **Buriles tipo y selección**

Es una herramienta manual de corte o marcado, formada por una barra de acero templado terminada en una punta con un mango en forma de pomo, que sirve fundamentalmente para cortar. Hay varias clases de buriles según para que aplicación se utilice y se dividen en dos grupos:

Figura 25. **Buriles**

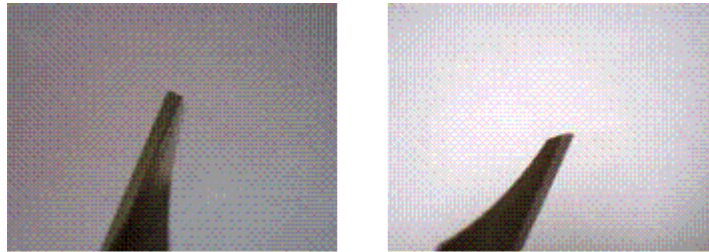


Fuente: <http://www.arrodemexico.com.mx/>. Consultada: 17 de julio de 2013.

- Más usados
  - Buril chaplex o plano

Se utiliza para biselar, hacer tallas y hacer cortes anchos.

Figura 26. **Buril chaplex**

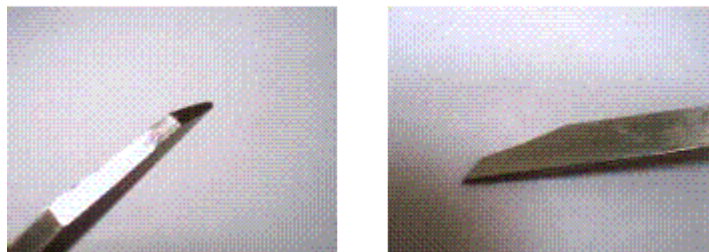


Fuente: <http://www.escueladejoyeria.info/2-1.htm>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- buril media caña o redondo

Se utiliza para hacer cortes en media caña y para sacar granos.

Figura 27. **Buril media caña**

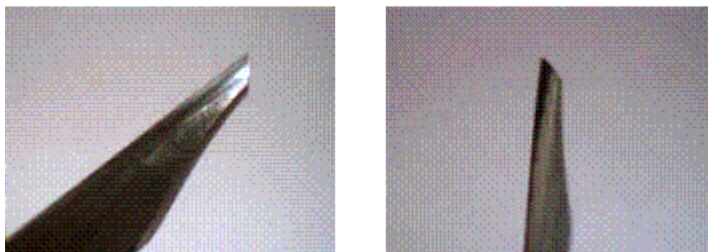


Fuente: <http://www.escueladejoyeria.info/2-1.htm>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- buril de abrir o *unglet*

También se utiliza para sacar granos finos, para biselar y hacer cortes profundos, es el buril que junto con el buril plano es el más utilizado en engastado de joyería.

Figura 28. **Buril de abrir o *unglet***



Fuente: <http://www.escueladejoyeria.info/2-1.htm>. Consulta: 17 de julio de 2013

- Menos usados
  - Buril de cuchilla o cuchillo

No se utiliza tanto ya que en su lugar se usa el de abrir de número pequeño como el número 3, y fundamentalmente es para marcar, hacer líneas y cortes finos no muy profundos, para asear o limpiar entre piedras cuando no hay espacio que ya explicaré y algunas veces para sacar granos finísimos.

- Buril cuadrado

Es el más utilizado por los grabadores de joyería, ya que tiene bastante ancho de corte para el bajo relieve, en industria metal metálica puede usarse en



sustitución al buril plano en tamaños pequeños, pero no ocurre lo mismo con los de tamaños más grandes, ya que los anchos no permiten trabajar en agujeros pequeños, nosotros para el desgaste no se utilizará mucho.

En el torno, los buriles más utilizados más frecuentemente son:

- Buriles de corte derecho e izquierdo
- Buriles para refrentar, de corte derecho e izquierdo
- Buriles para roscar y el buril de corte interior

El uso de estos buriles depende del procedimiento empleado y de la naturaleza del trabajo.

Para cortes los principales son:

- Punta de diamante: para cilindrar y carear
- Tronzado al centro, a la izquierda y a la derecha: para tronzar (cortar) la barra
- 60 grados: para roscas estándar
- Circulares: para hacer roscas estándar
- Buriles creados con pastilla de carburo de tungsteno, para máquinar acero en general, para máquinar fundición, material no ferroso y no metálico

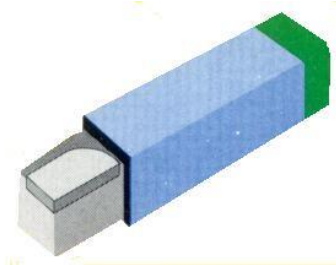
- Tipo AR y AL

Buriles para cilindrar y barrenar

*Style ar - right hand*

*Style al - left hand*

Figura 29. **Buril tipo AR y AL**



Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

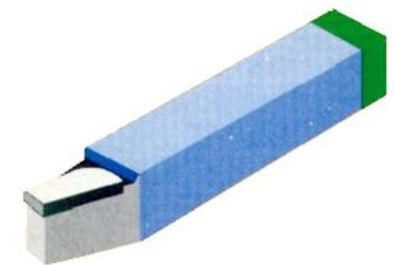
- Tipo BR y BL

Buriles para desbastar

*Style br - right hand 15° angle*

*Style bl - left hand 15° angle*

Figura 30. **Buril tipo BR y BL**



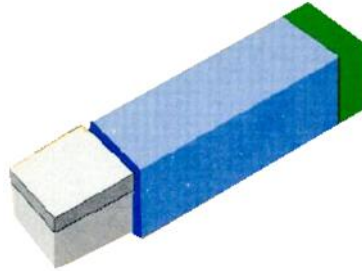
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo C

Buriles para herramientas de forma

*Style c - square nose*

Figura 31. **Buril tipo C**



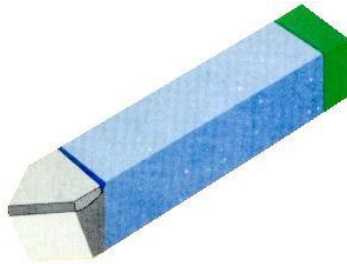
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo D

Buriles para acabado y perfilado

*Style d - pointed nose 80° included angle*

Figura 32. **Buril tipo D**



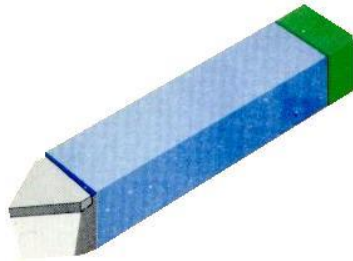
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo E

Buriles para roscar

*Style d - threading tool, 60° included angle*

Figura 33. **Buril tipo E**



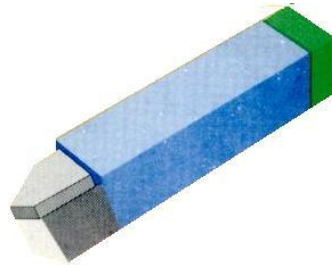
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo ER y EL

Buriles para roscar

*Style er & el*

Figura 34. **Buril tipo ER y EL**



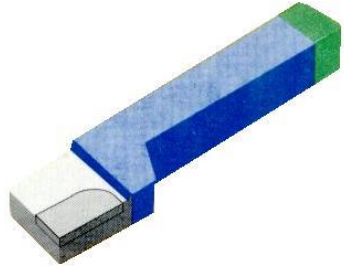
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo FR y FL

Buriles para refrenar y esquinar

*Style fr & fl*

Figura 35. **Buril tipo FR y FL**



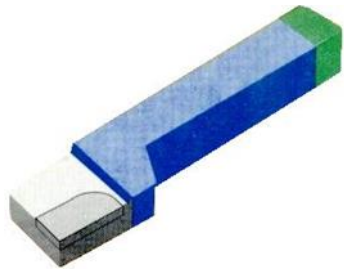
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo GR y GL

Buriles para cilindrar y esquinar

*Style gr & gl*

Figura 36. **Buril tipo GR y GL**



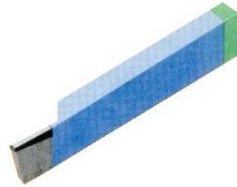
Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- Tipo CTR y CTL

Cuchilla de corte

*Style ctr*

Figura 37. **Buril tipo CTR y CTL**



Fuente: <http://ramsapachuca.mex.tl/INCOR-BURILES.html>. Consulta: 17 de julio de 2013.

- **Resumen**

El conocimiento de los diferentes parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de elegir una herramienta de corte, de sus principios de funcionamiento y sus características generales nos ayudaran a tener una visión global de este vasto mundo en el que seguramente se tienen que mover algún día en nuestro desempeño en la industria.

### **2.2.2. Fresas tipo y selección**

Las fresas son piezas giratorias para el mecanizado de materiales y constituyen las herramientas principales de las fresadoras. Se construyen generalmente en acero rápido, pero, dado el elevado costo de este material, las fresas de mayor tamaño poseen un cuerpo de acero de construcción y en la parte cortante tienen incorporadas cuchillas (o dientes) de acero rápido o bien insertos de corte (widia) que pueden ser permanentes o intercambiables.

Todas estas partes cortantes (o filos) están normalmente dispuestas de manera simétrica alrededor de un eje y su función es eliminar progresivamente el material de la pieza de trabajo transformándola en una pieza acabada, con la forma y las dimensiones deseadas.

Existe una cantidad de fresas, cada una para una operación específica de fresado y para un trabajo determinado. Cubren una diversa gama de materiales, desde metales hasta madera y plásticos, y la mayoría se encuentra disponible para aceros, fundición gris blanca y metales no ferrosos (tipo N), materiales duros y tenaces (tipo H) y materiales blandos (tipo W).

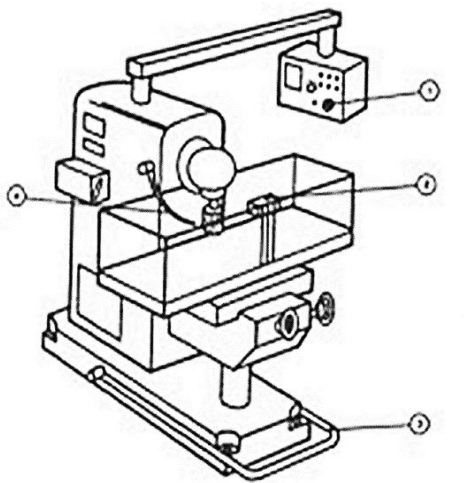
De hecho, la inmensa variedad existente de fresas admite un sin número de clasificaciones. En general, se puede agrupar en las siguientes categorías:

- Por método de fresado
  - Fresas para fresado frontal
  - Fresas para fresado periférico (concordante o discordante)
  
- Por tipo de construcción
  - Fresas enterizas
  - Fresas calzadas
  - Fresas con dientes reemplazables
  
- Por tipo de superficie o perfil de incidencia de la fresa
  
- Superficie fresada
- Superficie escalonada
  
- Por la forma de los canales entre los dientes
  - Fresas de canales rectos
  - Fresas de canales helicoidales
  - Fresas de canales bi-helicoidales

- Por la dirección de corte de las fresas
  - Fresas para corte a la derecha
  - Fresas para corte a la izquierda
  
- Por el montaje o la fijación de las fresas en la fresadora:
  - Fresas frontales
  - Fresas de mandril
  - Fresas de vástago
  
- Por la geometría

La clasificación de las fresas por su geometría es la más extensa y además es común a todas las categorías restantes.

Figura 38. **Fresadora estacionaria**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.










Figura 39. Tipos y usos de fresas parte 1

| TIPOS Y USOS DE FRESAS   |  |   |   |  |
|--|--|---|---|--|
| TIPOS DE FRESAS  | CARACTERÍSTICAS  | APLICACIONES  | ESQUEMA   | EJEMPLOS   |
| <b>CILÍNDRICAS PERIFÉRICAS</b><br>(dientes sólo en la periferia) | <b>Con dentado recto</b><br>(corte brusco)   | Uso en <u>fresadora horizontal</u><br>- Planeado<br>- Desbaste<br>- Afinado |  | <b>Fresado en superficies planas</b><br>- Superficies de apoyo de matrices<br>- Superficies de junta estanca<br>- Superficies de deslizamiento para rieles<br>- Superficies de guías, correderas, etc. |
|  | <b>Con dentado helicoidal</b><br>(corte progresivo)<br>El espaciado entre dientes varía según la dureza del material a fresar (blando = mayor espaciado; duro = menor espaciado) | - Desbaste<br>- Rebajado de superficies<br>- Ranurado profundo              |  |  |
|  | <b>Acopladas</b><br>Montaje de dos fresas con dentado helicoidal de sentido opuesto (permite el equilibrio de las fuerzas axiales)   |   |  |  |





Fuente: [www.20Herramientas.htm](http://www.20Herramientas.htm). Consulta: 20 de julio de 2013.

Figura 40. Tipos y usos de fresas parte 2

|  |  |   |  |   |
|--|--|---|--|---|
| <p><b>CILÍNDRICAS FRONTALES SIN VÁSTAGO</b><br/>(dientes en periferia y en cara lateral)</p> |                               | <p>Uso en <u>fresadora horizontal</u> y <u>vertical</u> para fresado en escuadra<br/>- Rebajado en ángulo recto</p> |    |   |
| <p><b>DE DISCO</b><br/>(poca longitud de corte respecto a su diámetro)</p>                   | <p>Con dentado recto</p>      | <p>- Ranurado plano</p>   |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fresado de entalladuras estrechas (ej. tornillos)</li> <li>- Fresado de chaveteros planos y profundos.</li> <li>- Curvas</li> <li>- Arcos circulares</li> <li>- Perfiles de todo tipo</li> </ul> |
|  | <p>Con dentado cruzado o alterno</p>   | <p>- Ranurado profundo</p>  |   |   |
|  | <p>Con dentado en cruz</p>  | <p>- Chaveteros profundos</p>   |  |   |

Fuente: [www.20Herramientas.htm](http://www.20Herramientas.htm). Consulta: 20 de julio de 2013.

Figura 41. Tipos y usos de fresas parte 3

|   |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
|   | <p><b>Acopladas ajustables</b><br/>Montaje de dos fresas de disco, rectas o en cruz, una sobre otra; pueden separarse a la longitud deseada mediante la interposición de arandelas</p> | <p>- Ranurado profundo con longitudes ajustables</p>                        |    |  |
|   | <p><b>Sierras circulares</b></p>   | <p>- Corte de piezas<br/>- Ranurado estrecho (ej. cabezas de tornillos)</p> |    |  |
| <p><b>ANGULARES SIN VÁSTAGO</b><br/>(dos filos principales que forman un ángulo entre sí)</p> | <p><b>Frontales</b></p>  | <p>- Mecanizado de guías en ángulo a 45, 50, 55 y 60 grados</p>             |   | <p><b>Obtención de:</b><br/>- guías prismáticas<br/>- guías en ángulo<br/>- cuñas<br/>- reglas de acero para taller, de distinta forma y filo, de tres y cuatro aristas, con sección rectangular, etc.</p> |
|   | <p><b>Prismáticas</b></p>  | <p>guías prismáticas en ángulo de 45, 60 y 90 grados</p>                    |  |  |






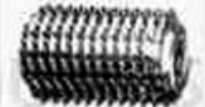

Fuente: [www.20Herramientas.htm](http://www.20Herramientas.htm). Consulta: 20 de julio de 2013.

Figura 42. Tipos y usos de fresas parte 4

|  |                                  |   |   |  |  |
|--|----------------------------------|---|---|--|--|
| <b>FRESAS CON VÁSTAGO</b><br>(cilindrico o cónico) | <b>Cilindrico-frontales</b>      | <b>De bola o punta esférica</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Copiado</li> <li>- Matrices</li> </ul>   |    | <b>Fresado de:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- piezas hexagonales</li> <li>- chaveteros y orificios rasgados</li> <li>- cabezas de tornillos</li> <li>- tuercas</li> <li>- ejes de chavetas</li> <li>- ruedas dentadas</li> </ul> |
|  |                                  | <b>De punta plana</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ranurado</li> <li>- Fresado de contornos</li> <li>- Acabado</li> <li>- Desbaste</li> </ul> | <br>     |  |
|  |                                  | <b>Para ranuras en "T"</b>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ranurado</li> </ul>  |    |  |
|  |                                  | <b>Para ranuras Woodruff</b>                    |   |    |  |
|  | Tabla Usos y Selección de Fresas |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avellanado</li> <li>- Cónico de orificios</li> </ul>                                       |   |  |
|  | <b>Angulares</b>                 | <b>Cola de milano</b><br>(formas trapezoidales) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ranurado y ensambles a cola de milano</li> </ul>   | <br> |  |


Fuente: [www.20Herramientas.htm](http://www.20Herramientas.htm). Consulta: 20 de julio de 2013.

Figura 43. Tipos y usos de fresas parte 5

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| <p><b>DE PERFIL CONSTANTE</b><br/>(con o sin vástago)<br/>Dejan la geometría del diente en la pieza a mecanizar</p> |  <p><b>Destalonadas</b></p>                          | <p><b>Convexas</b></p>   | <p>- Ranurado semicircular con radios de 1 a 20 mm</p>                       | <p><b>Fresado de:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Superficies sinuosas</li> <li>- Curvas</li> <li>- Arcos</li> <li>- Ranuras</li> <li>- Perfiles de todo tipo</li> </ul> |
|   |   | <p><b>Cóncavas</b></p>   | <p>- Obtención de superficies semicirculares con radios de 0,5 a 20 mm.</p>  |   |
|   |  <p><b>De módulo</b><br/>(fresas de disco)</p>       | <p>Tallado de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- engranajes</li> <li>- ruedas dentadas</li> <li>- piñones de cadena</li> <li>- poleas sincrónicas</li> <li>- cremalleras</li> <li>- ejes dentados, acanalados y de transmisión</li> <li>- tomas de fuerza</li> <li>- tornillos sin fin</li> </ul> |   |   |
|   |   | <p><b>Múltiples</b></p>  | <p>- Roscado</p> <p>- Mordazas</p>   |   |
| <p><b>COMPUESTAS</b><br/>(tren de fresas)</p>   | <p>Montaje de dos o más fresas de distinto tipo (reunen las propiedades de las fresas de perfil constante a un costo mucho menor)</p> |  |    | <p>Fresado de perfiles de todo tipo</p>   |

Fuente: [www.20Herramientas.htm](http://www.20Herramientas.htm). Consulta: 20 de julio de 2013.

Figura 44. **Tipos y usos de fresas parte 6**

| Tabla Usos y Selección de Fresas              |   |                       |  |
|---|---|-----------------------|--|
| <b>FRESAS MADRE</b><br>(con o sin<br>vástago) | Mecanizan al mismo tiempo todos los dientes de un engranaje, con una gran ventaja sobre las fresas de módulo, que lo hacen diente por diente. | Ídem fresas de módulo |    |
|   |   |                       | <b>Fresado por generación</b><br>- Obtención de engranajes en serie con el número deseado de dientes, perfiles y ángulos de hélice |

Fuente: [www.20Herramientas.htm](http://www.20Herramientas.htm). Consulta: 20 de julio de 2013.

### 2.3. Teoría del corte

Es un proceso de manufactura en el que una herramienta de corte se utiliza para remover el exceso de material de una pieza de forma que el material que quede tenga la forma deseada. La acción principal de corte consiste en aplicar deformación en corte para formar la viruta y exponer la nueva superficie.

- Tipos de herramientas
  - Herramientas de torneado
  - Herramientas de fresado
  - Herramientas de taladro

Clasificación de las herramientas de corte

- Según el número de filos
  - De un filo
  - De doble filo o en hélice
  - De filos múltiples

- Según el tipo de material que están fabricadas
  - Acero de herramientas (ws)
  - Aceros de herramientas aleados (ss)
  - Metales duros aleados (hs)
  - Diamantes
  - Cerámicos
  
- Por el tipo de movimiento de corte
  - Fijo
  - Contra el material
  - En contra dirección
  
- Por el tipo de viruta que genera
  - Viruta continua
  - En forma de coma
  - Polvo sin forma definida

#### **2.4. Materiales para herramienta de corte**

Los materiales para las herramientas de corte incluyen aceros al carbono, aceros de mediana aleación, aceros de alta velocidad, aleaciones fundidas, carburos cementados, cerámicas u óxidos y diamantes.

El carbono forma un carburo con el hierro, lo que hace que responda al temple y, de esta manera aumentar la dureza, la resistencia mecánica y la resistencia al desgaste. El contenido de carbono de los aceros para herramientas está entre 0,6 y 1,4 por ciento.

El cromo si agrega para aumentar la resistencia al desgaste y la tenacidad; el contenido es entre 0,25 y 4,5 por ciento.

El cobalto se suele emplear en aceros de alta velocidad para aumentar la dureza en caliente, a fin de poder emplear las herramientas con velocidades de corte y temperaturas más altas y aun así mantener la dureza y los filos. El contenido es entre 5 y 12 por ciento.

El molibdeno es un elemento fuerte para formar carburos y aumentar la resistencia mecánica, la resistencia al desgaste y la dureza en caliente. Siempre se utiliza junto con otros elementos de aleación. El contenido es hasta de 10 por ciento.

El tungsteno mejora la dureza en caliente y la resistencia mecánica; el contenido es entre 1,25 y 20 por ciento.

El vanadio aumenta la dureza en caliente y la resistencia a la abrasión, el contenido en los aceros al carbono para herramientas es de 0,20 a 0,50 por ciento, en los aceros de altas velocidades es entre 1 y 5 por ciento.

- Acero al carbón

Son el tipo más antiguo de acero empleado en herramientas de corte. Este acero es poco costoso, tiene resistencia a los choques, se puede someter a tratamiento térmico para obtener un amplio rango de durezas, se forma y rectifica con facilidad y mantiene su borde filoso cuando no está sometido a abrasión excesiva y utilizado para brocas que trabajan a velocidades más o menos bajas, para machuelos, brochas y escariadores, aunque ya los han sustituido otros materiales para herramientas.



Figura 45. **Acero al carbón**



Fuente: <http://www.ferreteriajrc.com/HTML/corte.htm>. Consulta: 23 de julio de 2013.

- Aceros de alta velocidad

Mantiene su elevada dureza a altas temperaturas y tienen buena resistencia al desgaste. Las herramientas de este tipo de aleaciones que se funden y se rectifican a la forma deseada, se componen de cobalto 38 a 53 por ciento, cromo 30 a 33 por ciento y tungsteno 10 a 20 por ciento. Estas aleaciones se recomiendan para operaciones de desbaste profundo con velocidades y avances más o menos altos. Solo se emplean para obtener un buen acabado superficial especial.

Figura 46. **Brocas de alta velocidad**



Fuente: <http://neetguias.net/perforar-lamina-de-metal/>. Consulta: 23 de julio de 2013.

Figura 47. **Brocas y machos de alta velocidad**



Fuente: <http://mexico-distr.all.biz/brocas-para-concreto-elyot-g>. Consulta: 23 de julio de 2013.

Figura 48. **Hierro de alta velocidad**



Fuente: Diprodig S.A.

- Carburos cementados

Tienen carburos metálicos como ingredientes básicos y se fabrican con técnicas de metalurgia de polvos. Las puntas afiladas con sujetadores mecánicos se llaman insertos ajustables, se encuentran en diferentes formas, como cuadrados, triángulos, circulares y diversas formas especiales.

Figura 49. **Carburos cementados**



Fuente: [http://www.aprendizaje.com.mx/Proceso1\\_VIII.html](http://www.aprendizaje.com.mx/Proceso1_VIII.html). Consulta: 24 de julio de 2013.

Hay 3 grupos:

- Carburo de tungsteno aglutinado con cobalto, que se emplea para máquinas de hierro fundido y metales abrasivos ferrosos.
- Carburo de tungsteno con aglutinante de cobalto más una solución sólida, para máquinas de acero.

- Carburos de titanio con aglutinante de níquel y molibdeno, para cortar en donde hay altas temperaturas debido a las altas velocidades de corte o a la alta resistencia mecánica del material de la pieza de trabajo.

Figura 50. **Carburo de tungsteno**



Fuente: <http://atizapandezaragoza.olx.com.mx/sierra-disco-con-dientes-carburo-de-tungsteno-iiid-151420223>. Consulta: 24 de julio de 2013.

- Carburos revestidos

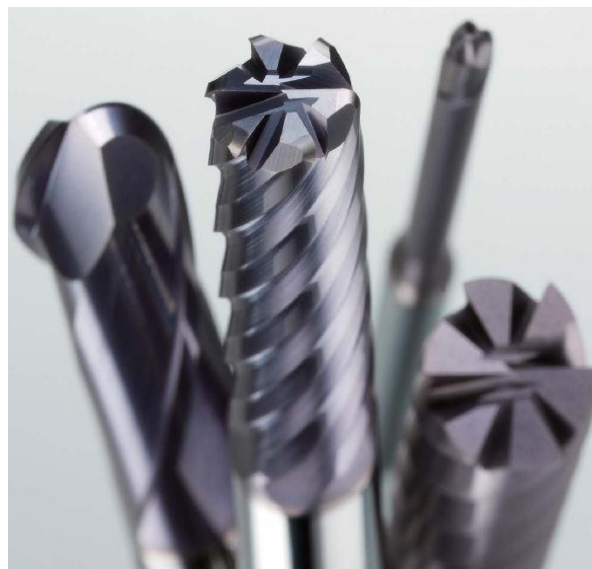
Con insertos normales de carburo revestidos con una capa delgada de carburo de titanio, nitruro de titanio u óxido de aluminio. Con el revestimiento se obtiene resistencia adicional al desgaste a la vez que se mantienen la resistencia mecánica y la tenacidad de la herramienta de carburo.

Figura 51. **Carburo revestido 1**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/zecha/fresas-frontales-carburo-monobloque-revestidas-balinit-64279-428267.html>. Consulta: 24 de julio de 2013.

Figura 52. **Carburo revestido 2**



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/mitsubishi-materials/fresas-frontales-carburo-monobloque-revestidas-16292-1096325.html>. Consulta: 24 de julio de 2013.

- Cerámicas o de óxido

Contienen principalmente granos finos de óxido de aluminio ligados entre sí. Con pequeñas adiciones de otros elementos se ayuda a obtener propiedades óptimas. Las herramientas de cerámica tienen una resistencia muy alta a la abrasión, con más dureza que los carburos cementados y tienen menor tendencia a soldarse con los metales durante el corte. Sin embargo, carecen de resistencia al impacto y puede ocurrir su falla prematura por desportilladura o rotura. Se ha encontrado que las herramientas de cerámica son eficaces para operaciones de torneado ininterrumpido a alta velocidad.

Figura 53. **Cerámicas de óxido 1**



Fuente: Diprodig S.A.

Figura 54. **Cerámicas de óxido 2**



Fuente: Diprodig S.A.

- **Diamantes**

Poli cristalino se emplea cuando se desea buen acabado superficial y exactitud dimensional, en particular en materiales no ferrosos, blandos, que son difíciles de máquinas. Las propiedades generales de los diamantes son dureza extrema, baja expansión térmica, alta conductividad térmica y un coeficiente de fricción muy bajo.

Figura 55. **Diamante policristalino**



Fuente: <http://www.diamondscbntech.com/13ES-DIAMANTE-POLICRISTALINO-PCD-cortador-PDC.htm>. Consulta: 20 de julio de 2013.

## 2.5. Terminología ángulos de corte

El corte de los metales se logra por medio de herramientas con la forma adecuada. Una herramienta sin los filos o ángulos bien seleccionados ocasionará gastos excesivos y pérdida de tiempo.

En casi todas las herramientas de corte existen de manera definida: superficies, ángulos y filos.

Las superficies de los útiles de las herramientas son:

- Superficie de ataque. Parte por la que la viruta sale de la herramienta.



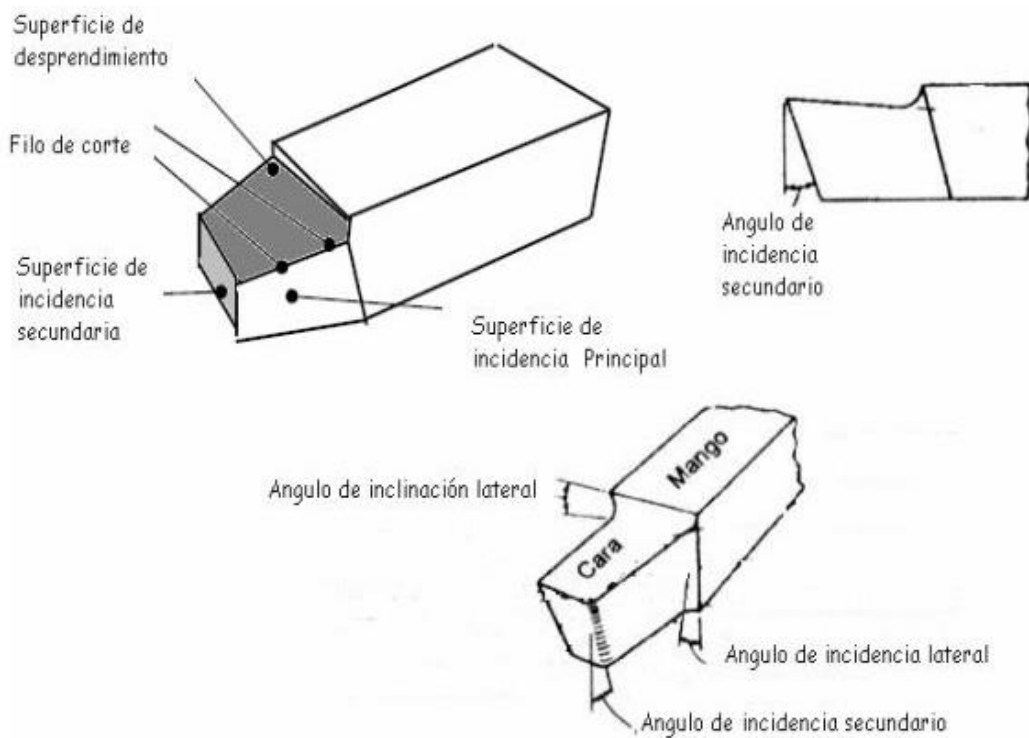
- Superficie de incidencia. Es la cara del útil que se dirige en contra de la superficie de corte de la pieza.

Los ángulos son:

- Ángulo de incidencia  $\alpha$  (alfa). Es el que se forma con la tangente de la pieza y la superficie de incidencia del útil. Sirve para disminuir la fricción entre la pieza y la herramienta.
- Ángulo de filo  $\beta$  (beta). Es el que se forma con las superficies de incidencia y ataque del útil. Establece qué tan punzante es la herramienta y al mismo tiempo que tan débil es.
- Ángulo de ataque  $\gamma$  (gama). Es el ángulo que se forma entre la línea radial de la pieza y la superficie de ataque del útil. Sirve para el desalojo de la viruta, por lo que también disminuye la fricción de esta con la herramienta.
- Ángulo de corte  $\delta$  (delta). Es el formado por la tangente de la pieza y la superficie de ataque del útil. Define el ángulo de la fuerza resultante que actúa sobre el buril.
- Ángulo de punta  $\varepsilon$  (epsilon). Se forma en la punta del útil por lo regular por el filo primario y el secundario. Permite definir el ancho de la viruta obtenida.
- Ángulo de posición  $\chi$  (xi). Se obtiene por el filo principal de la herramienta y el eje de simetría de la pieza. Aumenta o disminuye la acción del filo principal de la herramienta.

- Ángulo de posición  $\lambda$  (lamda). Es el que se forma con el eje de la herramienta y la radial de la pieza. Permite dan inclinación a la herramienta con respecto de la pieza.

Figura 56. **Ángulos de corte**



Fuente: <http://elverelias09.blogspot.com/2012/10/procedimiento-para-realizar-el-afilado.html>  
 Consulta: 28 de julio de 2013.

- Filo de la herramienta
  - Filo principal. Es el que se encuentra en contacto con la superficie desbastada y trabajada.

- Filo secundario. Por lo regular se encuentra junto al filo primario y se utiliza para evitar la fricción de la herramienta con la pieza.
- La suma de los ángulos alfa, beta y gama siempre es igual a  $90^\circ$
- Las fuerzas que actúan en un corte

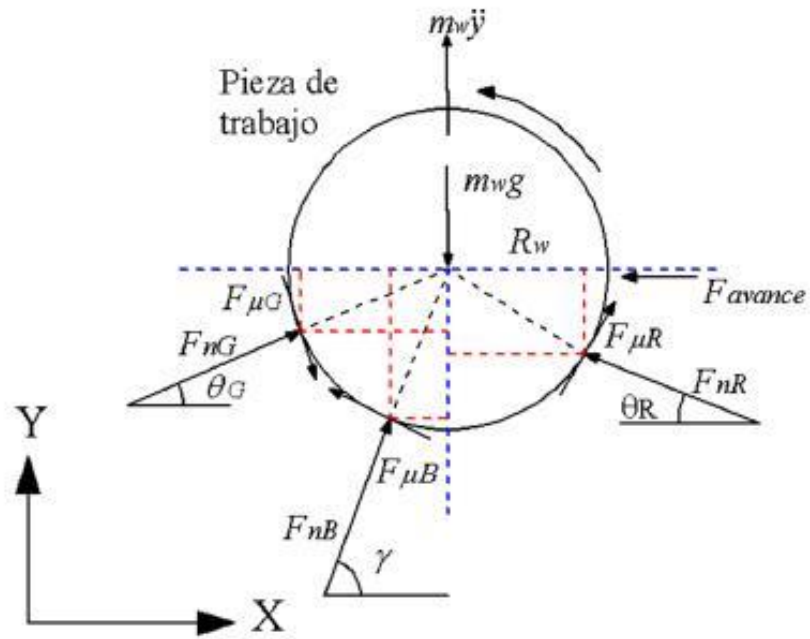
De manera simplificada se puede decir que actúan en una herramienta tres fuerzas:

- Fuerza radial, Fr. Se origina por la acción de la penetración de la herramienta para generar el corte y como su nombre lo señala actúa en el eje radial de la pieza.
- Fuerza longitudinal, Fl. Es la que se produce por el avance de la herramienta y su actuación es sobre el eje longitudinal de la pieza.
- Fuerza tangencial, Ft. Es la fuerza más importante en el corte y se produce por la acción de la pieza sobre la herramienta en la tangente de la pieza.

La contribución de las tres fuerzas como componentes de la resultante total es:

$$Fr = 6 \% \quad Fl = 27 \% \quad Ft = 67 \%$$

Figura 57. Fuerza que actúa sobre los ratificados



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

## **3. TORNO**

### **3.1. Conceptos básicos y equipo auxiliar**

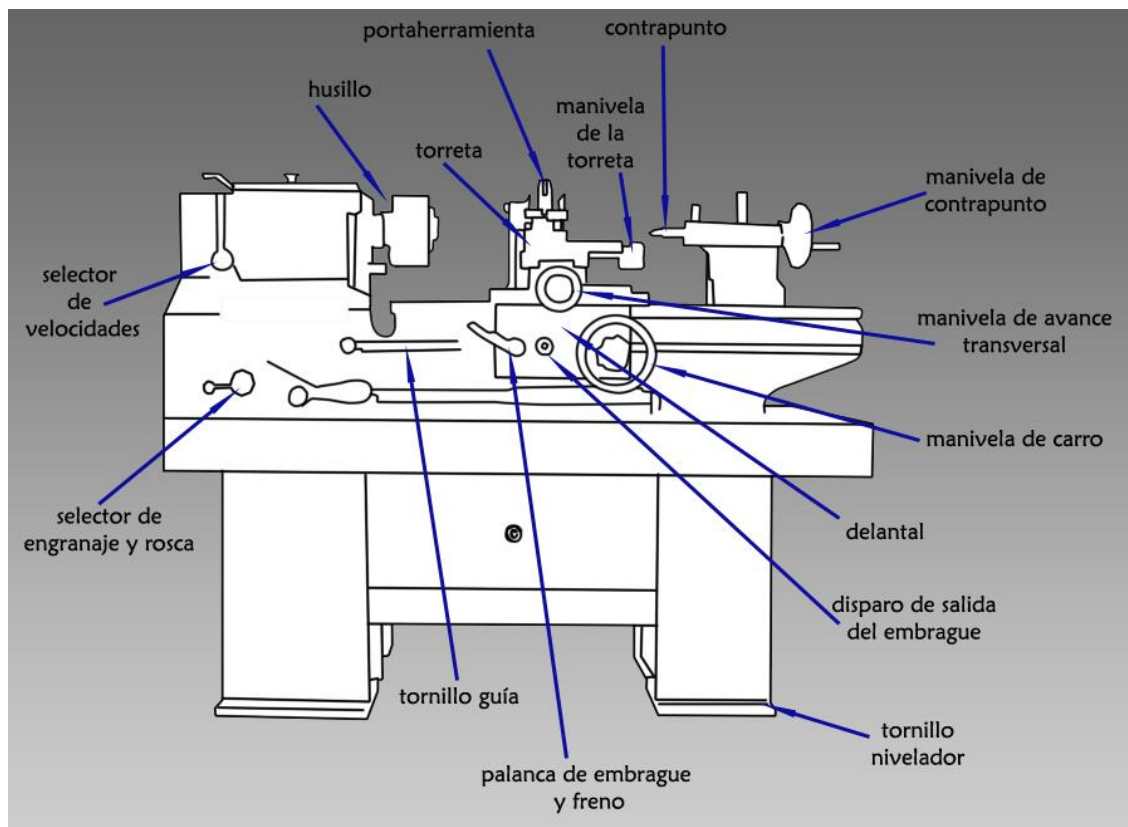
Se denomina torno, a un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje), mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas. Desde el inicio de la revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado.

La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado carro superior que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta porta herramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado.

Los tornos copiadores, automáticos y de control numérico llevan sistemas que permiten trabajar a los dos carros de forma simultánea, consiguiendo cilindrados cónicos y esféricos. Los tornos paralelos llevan montado un tercer carro, de accionamiento manual y giratorio, llamado carro superior montado

sobre el carro transversal. Con el carro superior inclinado a los grados necesarios es posible mecanizar conos. Encima del carro superior va fijada la torreta porta herramientas.

Figura 58. **Torno**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

Se requieren ciertos accesorios, como sujetadores para la pieza de trabajo, soportes y portaherramientas. Algunos accesorios comunes incluyen:

- Plato de sujeción de mordaza universal: sujeta la pieza de trabajo en el cabezal y transmite el movimiento.

- Plato de sujeción de mordaza blandas: sujeta la pieza de trabajo en el cabezal a través de una superficie ya acabada. Son mecanizadas para un diámetro específico no siendo válidas para otros.
- Centros o puntos: soportan la pieza de trabajo en el cabezal y en la contrapunta.
- Perno de arrastre: se fija en el plato de torno y en la pieza de trabajo y le transmite el movimiento a la pieza cuando está montada entre centros.
- Soporte fijo o luneta fija: soporta el extremo extendido de la pieza de trabajo cuando no puede usarse la contrapunta.
- Soporte móvil o luneta móvil: se monta en el carro y permite soportar piezas de trabajo largas cerca del punto de corte.
- Torreta porta herramientas con alineación múltiple.
- Plato de arrastre: para amarrar piezas de difícil sujeción.
- Plato de mordaza independiente: tiene 4 garras que actúan de forma independiente unas de otras.

Figura 59. **Equipo de fijación auxiliar parte 1**



Fuente: Diprodig S.A.

Figura 60. **Equipo de fijación auxiliar parte 2**



Fuente: Diprodig S.A.



### **3.2. Velocidades y avances para corte**

La velocidad a la cual gira la pieza de trabajo en el torno es un factor importante y puede influir en el volumen de producción y en la duración de la herramienta de corte. Una velocidad muy baja en el torno ocasionará pérdidas de tiempo; una velocidad muy alta hará que la herramienta se desafíe muy pronto y se perderá tiempo para volver a afilarla. Por ello, la velocidad y el avance correctos son importantes según el material de la pieza y el tipo de herramienta de corte que se utilice.

La velocidad de corte para trabajo en un torno se puede definir como la velocidad con la cual un punto en la circunferencia de la pieza de trabajo pasa por la herramienta de corte en un minuto. La velocidad de corte se expresa en pies o en metros por minuto. Por ejemplo, si el acero de máquina tiene una velocidad de corte de 100 pies (30 m) por minuto, se debe ajustar la velocidad del torno de modo que 100 pies (30 m) de la circunferencia de la pieza de trabajo pasen frente a la punta de la herramienta en un minuto.

La velocidad de corte (VC) recomendada para diversos materiales aparece en la siguiente tabla. Estas velocidades de corte las han determinado los productores de metales y fabricantes de herramientas de corte como las más convenientes para la larga duración de la herramienta y el volumen de producción.

Figura 61. Velocidad de corte de los tornos

| VELOCIDAD DE CORTE PARA TORNO       |                                 |                               |                                |                              |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| MATERIAL                            | METROS POR MINUTO PARA DESBASTE | PIES POR MINUTO PARA DESBASTE | METROS POR MINUTO PARA ACABADO | PIES POR MINUTO PARA ACABADO |
| Hierro fundido                      | 18.3                            | 60                            | 24.4                           | 80                           |
| Acero para maquinas                 | 27.4                            | 90                            | 30.5                           | 100                          |
| Acero destemplado Para herramientas | 15.2                            | 50                            | 23                             | 75                           |
| Latón                               | 45.7                            | 150                           | 61                             | 200                          |
| Aluminio                            | 61                              | 200                           | 91.5                           | 300                          |
| Bronce                              | 27.4                            | 90                            | 30.5                           | 100                          |

**PROFUNDIDAD DE CORTE**

En cortes de desbaste de 0.25mm. a 0.5mm (0.010" a 0.30").

En cortes de acabado de 0.05mm a 0.25mm (0.002" a 0.010").

La profundidad de corte empíricamente puede ser igual a ocho veces el avance, pero sobre la practica debe quedar sujeta a la capacidad y solidez de construcción en del torno.

En las formulas representamos por medio de las siguientes letras los valores respectivos o se que si:

- V = Velocidad de corte en pies por minuto.
- V' = Velocidad de corte en metros por minuto.
- D = Diámetro de material en pulgadas.
- D' = Diámetro de material en milímetros.
- C = Factor constante 3.82 para pies
- C' = Factor constante 1000 para milímetros.
- RPM = Revoluciones por minuto.
- π = 3.1416

**REFRIGERANTES:**  
**LATON.- EN SECO, ACEITE SOLUBLE, AGUARRAS, ACEITES ANIMALES, MANTECA, ACEITES NEUTROS.**  
**CORRE.- ACEITE SOLUBLE, MANTECA.**  
**HIERRO FUNDIDO.- EN SECO, AIRE COMPRIMIDO.**  
**ACEROS MUY DUROS O REFRACTARIOS.- ACEITE SOLUBLE, ACEITES SULFATADOS O AGUARRAS.**  
**ACEROS INOX.- ACEITE SOLUBLE O DE CORTE COLD ROLLED.- ACEITE SOLUBLE O DE CORTE ALUMINIO.- ACEITE SOLUBLE, PETROLEO, AGUARRAS**  
**PARA CUERDAS.- MANTECA.**

FACTOR DE SEGURIDAD 0.8

**TENEMOS: SISTEMA INGLES**

$$RPM = \frac{V \times 3.82}{D}$$

**SISTEMA METRICO**

$$RPM = \frac{V \times 1000}{\pi D}$$

Fuente: <http://www.eltallerderolando.com/?p=4246>. Consulta: 28 de julio de 2013.

- Cálculo de la velocidad (rpm)

Para poder calcular las velocidades por minuto (rpm) a las cuales se debe ajustar el torno, hay que conocer el diámetro de la pieza y la velocidad de corte del material.

Aplique una de las siguientes fórmulas para calcular la velocidad en revoluciones por minuto a la cual se debe graduar el torno.

Cálculo en pulgadas:

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC(Pies)} * 12}{\pi * \text{Diametro de pieza de trabajo}}$$

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC} * 12}{3.1416 * D}$$

Dado que hay pocos tornos equipados con impulsiones de seguridad variable, se puede utilizar una fórmula simplificada para calcular las revoluciones por minuto. La (3,1416) de la línea inferior de la fórmula, al dividir el 12 de la línea superior dará como resultado más o menos de 4. Esto da una fórmula simplificada, bastante aproximada para la mayor parte de los tornos.

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC} * 4}{D(\text{pulg})}$$

Ejemplo:

Calcule las rpm requeridas para el torneado de acabado de una pieza de acero de máquina de 2 pulgadas de diámetro (la velocidad de corte del acero de máquina es de 100):

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC} * 4}{D}$$

$$\text{rpm} = \frac{1\ 000 * 4}{2}$$

$$\text{rpm}=200$$

Ejemplo:

Calcule las revoluciones por minuto requeridas para el torneado de acabado de una pieza de acero de máquina de 2 pulgadas de diámetro (la velocidad de corte del acero de máquina es de 100):

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC(m)} * 1000}{\pi * \text{Diámetro de pieza de trabajo(mm)}}$$

Ejemplo:

Calcule las revoluciones por minuto requeridas para el torneado de acabado de una pieza de acero de máquina de 2 pulgadas de diámetro (la velocidad de corte del acero de máquina es de 100):

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC} * 32}{D}$$

Ejemplo:

Calcule las revoluciones por minuto requeridas para el torneado de acabado de una pieza de acero de máquina de 2 pulgadas de diámetro (la velocidad de corte del acero de máquina es de 100):

$$\text{rpm} = \frac{\text{VC} * 320}{D(\text{mm})}$$

$$\text{rpm} = \frac{30 * 320}{45}$$

$$\text{rpm} = \frac{9600}{45}$$

$$\text{rpm} = 213$$

### **3.3. Profundidad de corte**

La profundidad de corte puede definirse como la profundidad de la viruta que la herramienta de corte saca y es la mitad de la cantidad eliminada de la pieza de trabajo en un corte. Cuando maquine una pieza, si es posible haga solamente un corte de desgaste y otro de acabado. Si debe eliminarse mucho material, el corte de desbaste debe ser tan profundo como sea posible para reducir el diámetro a dentro de 0,30 a 0,40 pulgadas (0,76 a 1 milímetros) del tamaño requerido. La profundidad de un corte de desbaste en un torno dependerá de los siguientes factores:

- El estado de la máquina
- El tipo y forma de la herramienta de corte utilizada
- La rigidez de pieza de trabajo, máquina y herramienta de corte
- La velocidad de avance

La velocidad de un corte de acabado en un torno dependerá del tipo de la pieza de trabajo y del acabado requerido. En cualquier caso, no debe ser menor que 0,005 pulgadas (0,13 milímetros).

### **3.4. Torneado externo e interno**

Es una operación para dar forma y dimensiones a la superficie lateral de un cilindro recto de revolución. Se emplea siempre la herramienta adecuada, recta o curvada, de acuerdo con la operación de desbaste o de acabado. La

posición debe ser correcta para que se pueda realizar toda la longitud de la pasada sin interrupciones.

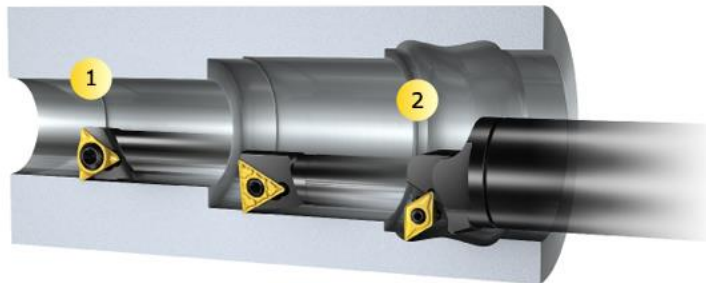
Figura 62. **Imagen de un torneado externo**



Fuente: Diprodig S.A.

Esta operación consiste en realizar cilindros o conos interiores, cajas, ranuras. El montaje debe ser tal que deje libre el extremo de la pieza.

Figura 63. **Imagen de un torneado interno**



Fuente: Diprodig S.A.

### 3.5. Torneado refrentado

El refrentado (también denominado careado) es la operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.

Para poder efectuar esta operación, la herramienta se ha de colocar en un ángulo aproximado de 60 grados respecto a la porta herramientas. De lo contrario, debido a la excesiva superficie de contacto la punta de la herramienta correrá el riesgo de sobrecalentarse. Y también hay que tomar en cuenta que mientras más se acerca al centro de la pieza hay que aumentar las rpm o disminuir el avance.

Figura 64. Trabajo de torno de frente



Fuente: Vecinsa S.A.

### 3.6. Roscado en torno

El roscado consiste en la mecanización helicoidal interior (tuercas) y exterior (tornillos) sobre una superficie cilíndrica. Este tipo de sistemas de unión

y sujeción (roscas) está presente en todos los sectores industriales en los que se trabaja con metal.

La superficie roscada es una superficie helicoidal, engendrada por un perfil determinado, cuyo plano contiene el eje y describe una trayectoria helicoidal cilíndrica alrededor de este eje.

Características de una rosca:

Tipo de rosca: hay diferentes tipos de rosca que difieren en la forma geométrica de su filete, pueden ser triangulares, cuadrada, trapezoidal, redonda y diente de sierra.

Paso: es la distancia que hay entre dos filetes consecutivos. Los pasos de rosca están normalizados de acuerdo al sistema de rosca que se aplique.

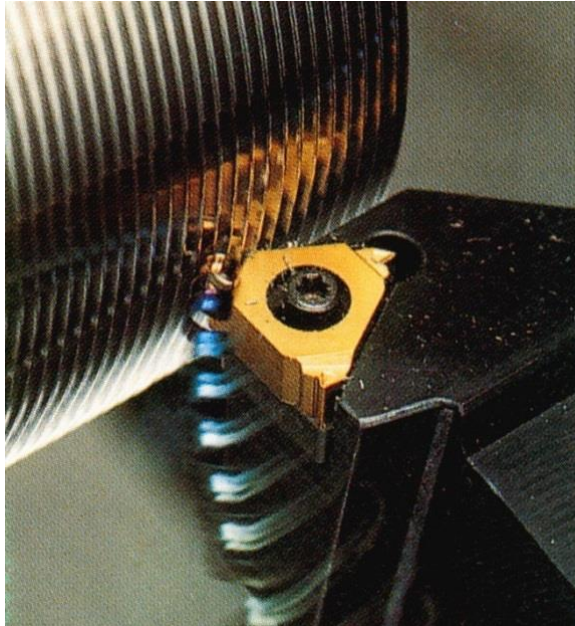
Diámetro exterior de la rosca: es el diámetro exterior del tornillo. También están normalizados de acuerdo al sistema de rosca que se utilice.

- Diámetro interior o de fondo
- Diámetro de flanco o medio
- Ángulo de la hélice de la rosca

Los sistemas principales de roscas para tornillos son: métrica, *whitworth*, *sellers*, *gas*, *sae*, *unf*, en sus versiones de paso normal o de paso fino.



Figura 65. **Torneado rosca fina**



Fuente: <http://html.rincondelvago.com/tornos-cnc.html>. Consulta: 30 de julio de 2013.

Figura 66. **Torneado roscado ordinario**



Fuente: <http://blog.espol.edu.ec/vstirape/roscado-en-el-torno/> Consulta: 30 de julio de 2013.

### 3.7. Torneados en conos

En los talleres normalmente los conos se denominan de carro superior. En el proceso de tallado del cono en el torno existen tres posibilidades los cuales a continuación se describen:

- Girando el carro superior. Se utiliza para conos cortos con un ángulo cónico entre 0 y 180 grados.

Figura 67. Girado de carro superior



Fuente: <http://mecajhoni.blogspot.com/herramienta-de-metal-duro-soldada.html>. Consulta: 30 de julio de 2013.

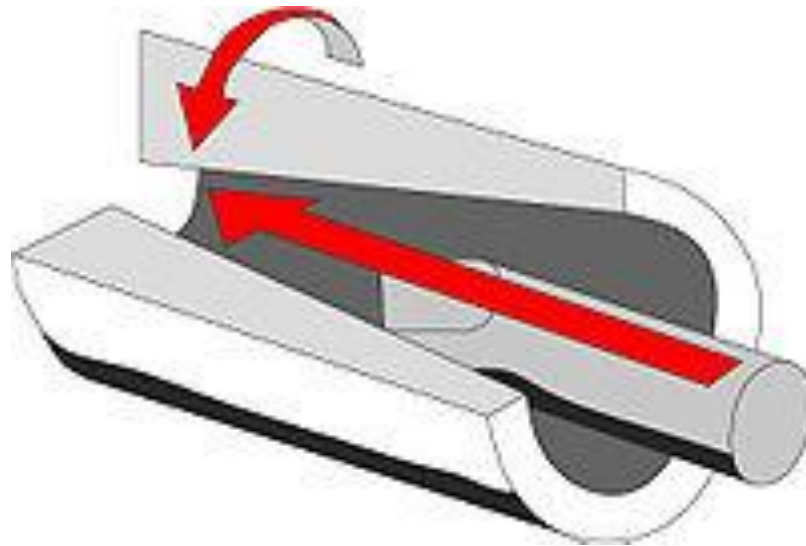
- Trabajos preparativos

Se debe girar el carro portaherramientas formando un ángulo igual a la mitad del ángulo del cono indicado en el plano o también calculado a base de valores dados.

Torneado. Girando a mano la manivela se da el avance a la herramienta. El giro irregular de la manivela puede traer como consecuencia una superficie rugosa u ondulada, por lo tanto si es necesario, se debe sostener la manivela con ambas manos, una sobre otra. La longitud máxima del cono es igual a la carrera máxima del carro.

- Utilizando un dispositivo de torneado cónico. Este procedimiento está indicado para conos largos con ángulo cónico de hasta  $20^\circ$ . Trabajos preparativos.

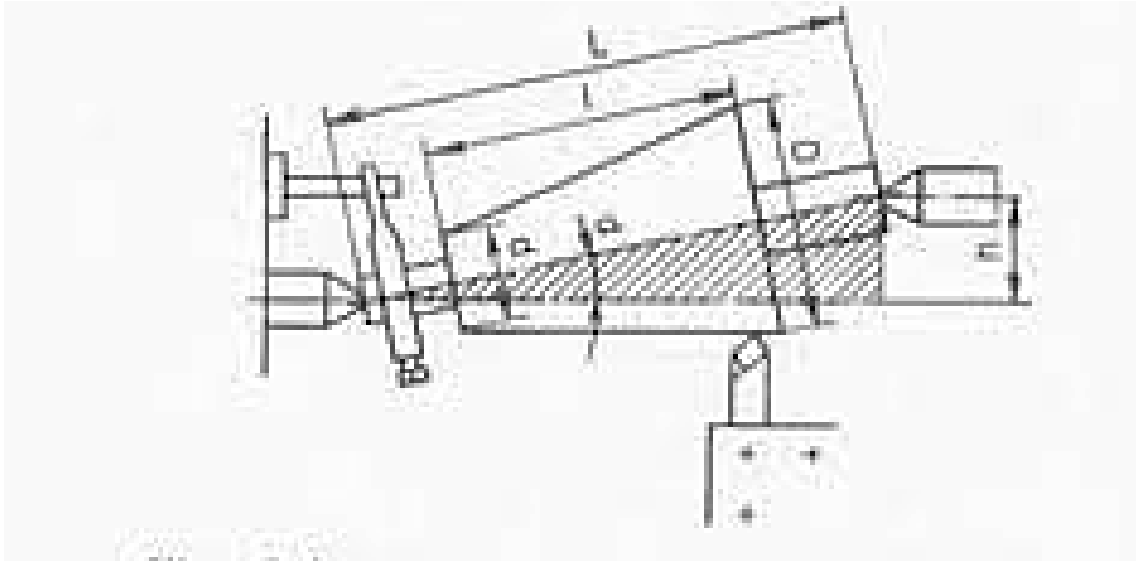
Figura 68. **Dispositivo de torneado cónico**



Fuente: [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Titulo\\_II](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Titulo_II). Consulta: 30 de julio de 2013.

- Se fija la regla de guía formando un ángulo igual a la mitad del ángulo del cono. Luego se debe mover el carro de bancada (bancada: es el soporte todas las partes del torno) por debajo de la pieza y fijar firmemente el dispositivo de sujeción.

Figura 69. Regla guía

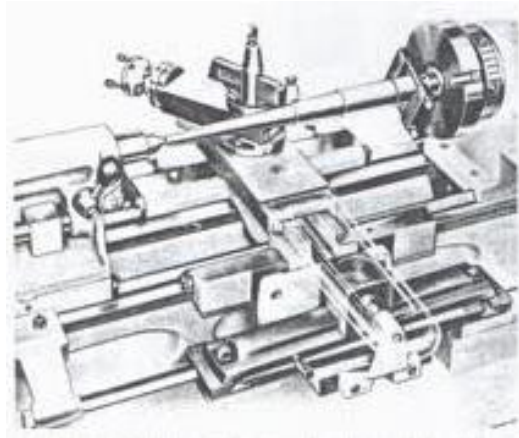


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

Torneado, el carro de bancada recibe el movimiento de avance longitudinal de la barra de cilindrar. Con ello el patín sigue la regla inclinada y desplaza al carro transversal. Se aproxima la cuchilla girando la manivela del husillo del carro transversal. La longitud máxima del cono es igual a la longitud de la regla.

Descentrando el contrapunto o con desplazamiento del punto del cabezal móvil. Para conos largos y estrechos. Contrapunto: es donde se coloca el porta brocas, las brocas mayores con mango cónico.

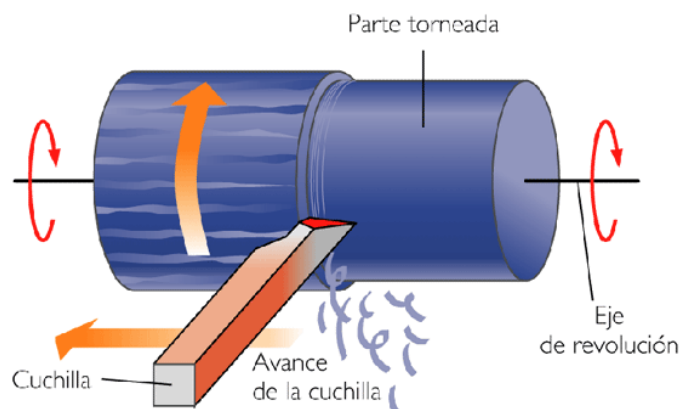
Figura 70. **Contrapunto**



Fuente: Diprodig S.A.

Trabajos preparativos. Se desplaza lateralmente la parte superior del contrapunto en la medida de  $s$  (desplazamiento del contrapunto). Se mide la magnitud del desplazamiento con comparador o medidor de profundidades o leer las divisiones del nonio en el contrapunto.

Figura 71. **Avance de un torneado cónico**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

### **3.8. Normas de seguridad**

Los trabajadores deben utilizar anteojos de seguridad contra impactos, sobre todo cuando se mecanizan metales duros, frágiles o quebradizos, debido al peligro que representa para los ojos las virutas y fragmentos de la máquina pudieran salir proyectados.

Manejar la máquina sin distraerse. Las virutas producidas durante el mecanizado nunca deben retirarse con la mano, ya que se pueden producir cortes y pinchazos. Las virutas secas se deben retirar con un cepillo o brocha adecuados, estando la máquina parada. Para virutas húmedas o aceitosas es mejor emplear una escobilla de goma. Se debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada. Las mangas deben llevarse ceñidas a la muñeca.

Se debe usar calzado de seguridad que proteja contra cortes y pinchazos, así como contra caídas de piezas pesadas. Es muy peligroso trabajar llevando anillos, relojes, pulseras, cadenas en el cuello, bufandas, corbatas o cualquier prenda que cuelgue. Asimismo es peligroso llevar cabellos largos y sueltos, que deben recogerse bajo casco o prenda similar. Lo mismo la barba larga.

Figura 72. **Listado de accesorios de seguridad industrial**



Fuente: elaboración propia.

- Antes de comenzar el trabajo verificar

Que la pieza a trabajar está correcta y firmemente sujeta al dispositivo de sujeción y que en su movimiento no encuentre obstáculos. Que se ha retirado del plato la llave de apriete. Que la palanca de bloqueo del portaherramientas está bien apretada. Que están apretados los tornillos de fijación del carro superior. Si se usa contrapunto, comprobar que esté bien anclado a la bancada y que la palanca del bloqueo del husillo del contrapunto está bien apretada.

- Durante el trabajo

Durante el mecanizado, se deben mantener las manos alejadas de la herramienta que gira o se mueve. Si el trabajo se realiza en ciclo automático, las manos no deben apoyarse en la mesa de la máquina. Todas las

operaciones de comprobación y ajuste, deben realizarse con la máquina parada. Es peligroso introducir la lija con las manos, para pulir la parte interior de una pieza; lo seguro es hacerlo con la lija enrollada sobre un palo cilíndrico.

Para medir, limar o esmerilar la cuchilla se debe proteger con un trapo o un capuchón de cuero, se evitan heridas en los brazos. Evitar poner piezas o herramientas de trabajo sobre la bancada del torno, porque esto provoca desgastes y, por consiguiente, pérdidas de precisión. Lo recomendable es tener sobre el torno una tablita donde colocar las llaves, calibres y cualquier otra herramienta. Se debe limpiar la máquina una vez finalizado cualquier operación mecánica, antes de dejar el trabajo y una vez por semana se debe proceder hacer una limpieza especial pasando todos los componentes de la máquina.

Los interruptores y las palancas de embrague de los tornos, se han de asegurar para que no sean accionados involuntariamente. El circuito eléctrico del torno debe estar conectado a tierra.

### **3.9. Preguntas y problemas**

A continuación se mencionan algunos problemas comunes, los interruptores y palancas de embrague de los tornos, se han de asegurar para que no sean accionados involuntariamente.

- Los engranajes, correas de transmisión, acoplamientos, e incluso los ejes lisos, deben ser protegidos por cubiertas.
- El circuito eléctrico de torno debe estar conectado a tierra. El sistema eléctrico al que esté conectado el torno debe estar provisto de un interruptor de sensibilidad adecuado. Es conveniente que las carcasas de



protección de los engranajes y transmisiones vayan provistas de interruptores instalados en serie, que impidan la puesta en marcha del torno cuando las protecciones no estén cerradas.

- Las comprobaciones, mediciones, correcciones, sustitución de piezas, herramientas, deben ser realizadas con el torno completamente parado.
  
- Antes de tornear
  - Antes de poner la máquina en marcha para comenzar el trabajo de torneado, se realizarán las comprobaciones siguientes:
    - Que el plato y su seguro contra el aflojamiento, están correctamente colocados.
    - Que la pieza a tornear está correcta y firmemente sujeta y que en su movimiento no encontrará obstáculos.
    - Que se ha retirado de plato la llave de apriete.
    - Que están firmemente apretados los tornillos de sujeción de porta herramientas.
    - Que la palanca de bloqueo del portaherramientas está bien apretada.
    - Que están apretados los tornillos de fijación del carro superior.

- Si se usa contrapunto, comprobar que esté bien anclado a la bancada y que la palanca de bloqueo del husillo del contrapunto está bien apretada.
- Que las carcasas de protección o resguardos de los engranajes y transmisiones están correctamente colocados y fijados.
- Que no hay ninguna pieza o herramienta abandonada sobre el torno, que pueda caer o salir despedida.
- Si se va a trabajar sobre barras largas que sobresalen por la parte trasera del cabeza, comprobar que la barra está cubierta por una protección guía, en toda su longitud.
- Que la cubierta de protección del plato está correctamente colocada.
- Que la pantalla transparente de protección contra proyecciones de virutas se encuentra bien situada.

## 4. EL TALADRO

El taladro es una máquina de herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: el de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandrinadora.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.

Las taladradoras descritas en este artículo, se refieren básicamente a las utilizadas en las industrias metalúrgicas para el mecanizado de metales, otros tipos de taladradoras empleadas en las cimentaciones de edificios y obras públicas así como en sondeos mineros.

Figura 73. **Taladro de pedestal**

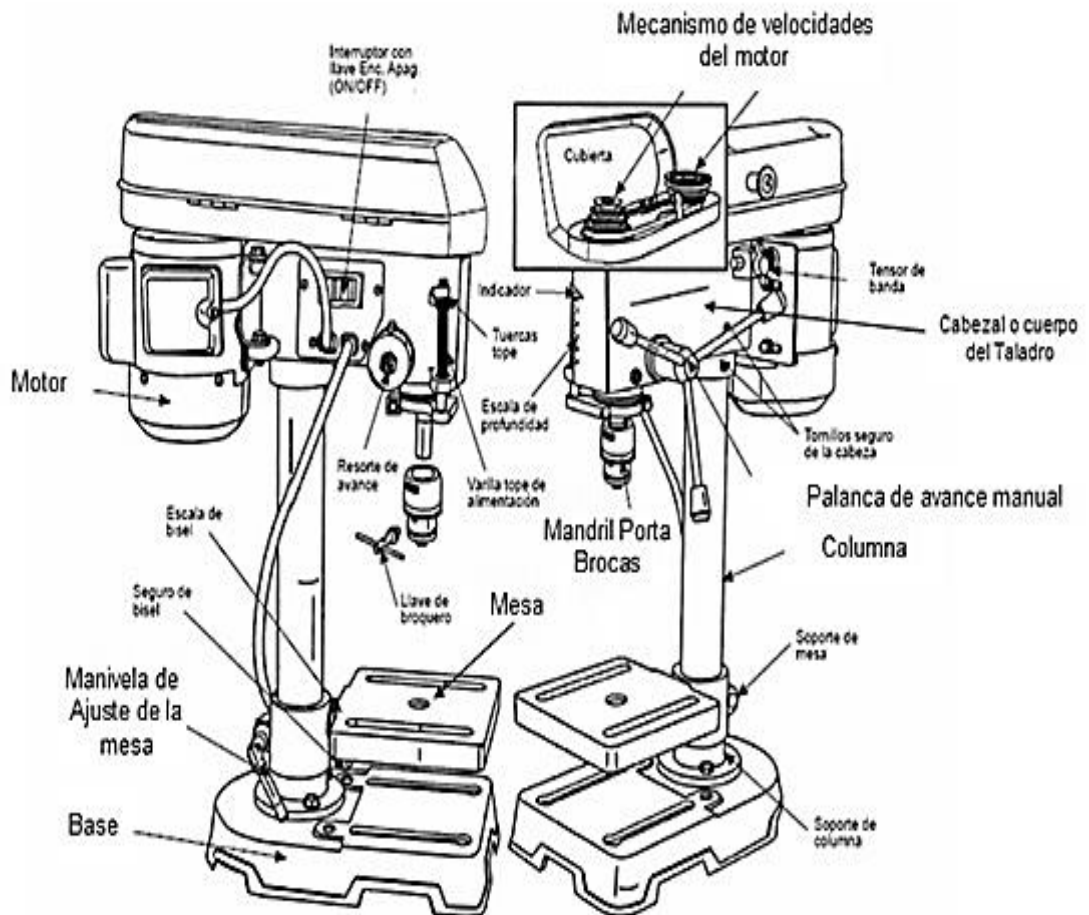


Fuente: [http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-426198308-taladro-de-pedestal-de-piso-1hp-16-vel-chuck-5-8-heavyduty-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-426198308-taladro-de-pedestal-de-piso-1hp-16-vel-chuck-5-8-heavyduty-_JM). Consulta: 30 de julio de 2013.

#### **4.1. Conceptos básicos e identificación de equipo**

Se puede clasificar por su uso, velocidad, alimentación, accesorios solo por mencionar algunos, en esta sección se detalla cada una de estas características.

Figura 74. Partes de un taladro estacionario



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

#### 4.2. Velocidad de corte

Por lo general, la velocidad de una broca helicoidal por lo general se denomina como velocidad de corte, velocidad superficial o velocidad periférica. Es la distancia que recorrerá un punto de la circunferencia de la broca en un minuto.

Se utiliza una amplia variedad y tamaños de brocas para cortar diversos metales; igualmente se requiere de un amplio de velocidad para que la broca corte de manera eficiente. En cada operación, existen el problema de seleccionar la velocidad a la cual girara la broca que dará como resultado las mejores velocidades de producción y la menor cantidad de tiempo ocioso debido al re-afilado de la broca. La velocidad del taladro más económica depende de muchas variables, como:

- El tipo o dureza del material
- El diámetro y material de la broca
- La profundidad de la perforación
- Tipo y estado del taladro
- La eficiencia del fluido de corte empleado
- La precisión y calidad de la perforación requerida
- La rigidez del sistema de sujeción de la pieza de trabajo
- Aunque todos estos factores son importantes en la selección de velocidades de taladro económicas, los más importantes son el tipo de material de trabajo y el tamaño de la broca.

Figura 75. Velocidades de corte del taladro

**VELOCIDADES DE CORTE PARA EL TALADRO**

| MATERIAL                   | VELOCIDAD DE CORTE |                | VELOCIDAD DE CORTE |                 |  |
|----------------------------|--------------------|----------------|--------------------|-----------------|--|
|                            | ACABADO            | PIES / MINUTO  | ACABADO            | METROS / MINUTO |  |
|                            |                    | DESBASTE       |                    |                 |  |
|                            |                    | SISTEMA INGLES |                    | SISTEMA METRICO |  |
| <b>HIERRO FUNDIDO GRIS</b> |                    |                |                    |                 |  |
| BLANDO                     | 100                | 100            | 30                 | 30              |  |
| MEDIANO                    | 100                | 70             | 30                 | 21              |  |
| DURO                       | 60                 | 40             | 18                 | 12              |  |
| <b>ACEROS</b>              |                    |                |                    |                 |  |
| BAJO CARBONO               | 120                | 80             | 36                 | 24              |  |
| MEDIO CARBONO              | 100                | 60             | 30                 | 18              |  |
| ALTO CARBONO               | 60                 | 60             | 18                 | 15              |  |
| ACERO HERRAMIENTAS         | 50                 | 40             | 15                 | 12              |  |
| BRONCE BLANDO              | 100                | 100            | 30                 | 30              |  |
| BRONCE DURO                | 100                | 70             | 30                 | 21              |  |
| LATON                      | 100                | 100            | 30                 | 30              |  |
| ALUMINIO                   | 150                | 150            | 45                 | 45              |  |

$$RPM = \frac{V \times 3.82}{D} \quad \text{SISTEMA INGLES (} \times 0.8 \text{ - FACTOR DE SEGURIDAD)}$$

$$RPM = \frac{V \times 300}{D} \quad \text{SISTEMA METRICO (} \times 0.8 \text{ - FACTOR DE SEGURIDAD)}$$

**CALCULO DE AVANCE DE LA MESA**

$$A = F \times T \times h = \text{mm/ min}$$

A = AVANCE DE LA MESA  
 F = AVANCE POR DIENTE DEL CORTADOR.  
 T = NUMERO DE DIENTES.  
 h = RPM.

**AVANCE POR DIENTE DEL CORTADOR**

|                           |        |                 |
|---------------------------|--------|-----------------|
| FRESA FONTAL              | AVANZA | .15 mm x DIENTE |
| FRESA CILINDRICA FRONTAL  | AVANZA | .10 mm x DIENTE |
| FRESA VERTICAL            | AVANZA | .08 mm x DIENTE |
| FRESA CIRCULAR            | AVANZA | .08 mm x DIENTE |
| FRESA CILINDRICA          | AVANZA | .05 mm x DIENTE |
| FRESA DE PERFIL CONSTANTE | AVANZA | .03 mm x DIENTE |

Fuente: elaboración propia.

Cuando se hace referencia a la velocidad a la cual debe girar la broca, se implica, a menos que se especifique otra cosa, una velocidad de corte del material en pies superficiales, por minuto (pie/min) o en metros por minuto (m/min). La cantidad de revoluciones de la broca necesarias para lograr la velocidad de corte correcta para el material que se está máquinando se llama revoluciones por minuto (r/min).

Una broca pequeña, operando a las mismas revoluciones por minuto que una broca más grande, recorrerá menos pies por minuto; naturalmente, revoluciones por minuto superiores cortara con mayor eficiencia.

### **4.3. Avances**

El avance es la distancia que la broca avanza hacia la pieza de trabajo en cada revolución. Los avances de taladro pueden expresarse en decimales, fracciones de pulgada, o milímetros. Puesto que la velocidad de producción y en la vida de la broca, deben elegirse con cuidado en cada operación. La velocidad de avance por lo general se determina por:

- El diámetro de la broca
- El material de la pieza de trabajo
- El estado de la máquina de taladro

Una regla general práctica esa que la velocidad de avance aumente conforme aumenta el tamaño de la broca. Por ejemplo, una broca de  $\frac{1}{4}$  de pulgada (6 milímetros) tendrá un avance de solo 0,002 a 0,004 pulgadas (0,05 a 0,1 milímetros), en tanto que una broca de 1 pulgada (25 milímetros) tendrá un avance de 0,010 a 0,25 pulgadas (0,25 a 0,63 milímetros) por revolución. Un avance demasiado grande puede astillar los labios cortantes o romper la broca. Un avance demasiado pequeño provoca vibración o ruidos de raspado.

Cuando se taladra acero aleado o duro utilice un avance algo más lento. Los metales más blandos, como le aluminio, latón o hierro fundido, pueden generalmente taladrarse con un avance mayor, siempre que las virutas de acero que salgan de la perforación se vuelvan azules, detenga la máquina y examine la broca.



- Profundidad de corte

Los parámetros de corte y profundidad fundamentales que hay que considerar en el proceso de taladrado son los siguientes:

- Elección del tipo de broca más adecuado
- Sistema de fijación de la pieza
- Velocidad de corte ( $V_c$ ) de la broca expresada de metros/minuto
- Diámetro exterior de la broca u otra herramienta
- Revoluciones por minuto (rpm) del husillo portabrocas
- Avance en milímetros por revolución, de la broca
- Avance en milímetros por minuto de la broca
- Profundidad del agujero
- Esfuerzos de corte
- Tipo de taladradora y accesorios adecuados

- Preguntas y problemas

El motor eléctrico no funciona:

- Causa: fuente de alimentación no conectada, conector suelto y desprendido.
- Solución: recuperar la fuente de alimentación, verificar y apretar todos los conectores
- Causa: el protector de sobre corriente no se ha restablecido después de la acción.
- Solución: pulsar el botón de restablecimiento y reinicie el motor eléctrico.
- Causa: el protector de sobre corriente es dañado.

- Solución: reemplazar el protector de sobre corriente.
- Velocidad de perforación lenta
  - Causa: vence la vida útil de la broca.
  - Solución: cambiar la broca.
  - Causa: presión de alimentación del taladro es demasiado baja.
  - Solución: aumentar la presión de alimentación.
  - Causa: la superficie de la hoja de la broca es adherida por los polvos finos.
  - Solución: limpiar la broca, aumentar la presión hidráulica.
  - Causa: deslizamiento al cortar la barra de acero gruesa.
  - Solución: reducir la presión de alimentación, aumentar la presión después de introducir la barra.
  - Causa: acumulación de polvos dentro del agujero de procesamiento.
  - Solución: limpiar el fondo del agujero, aumentar la presión.
  - Causa: flujo de agua no fluido, fuga de agua o no retorno de corriente.
  - Solución: verificar la válvula de bola de entrada de agua, verificar el flujo de agua
  - Causa: la nitidez de la broca ha sido reducida.
  - Solución: utilizar el brillo de resistencia a fuego o la muela para afilarla.
  - Causa: el estante no está fijado bien y tiene desplazamiento.
  - Solución: fije el estante otra vez.
  - Causa: la holgura entre la columna del estante y el manguito deslizante es demasiado grande.
  - Solución: ajustar la holgura del manguito deslizante.

- La pared de la broca tiene un desgaste rápido
  - Causa: el eje principal del taladro no está en posición correcta.
  - Solución: reparar o reemplazar el eje principal.
  - Causa: la broca no está en posición correcta.
  - Solución: reemplazar la broca.
  - Causa: no se puede descargar la barra de acero o los polvos finos fuera del agujero.
  - Solución: mejorar el flujo de agua, sacar la broca, limpiar el interior del agujero.
  
- Fuga de agua en la camisa de agua
  - Causa: desgaste o envejecimiento de la junta del esqueleto
  - Solución. reemplazar la junta del esqueleto



## 5. CEPILLOS

### 5.1. Conceptos básicos e identificación de equipo

Los cepillos de codo son también conocidos como máquinas amortajadoras horizontales, pueden trabajar piezas de hasta 800 milímetros de longitud y generan acabados de desbaste o de afinado.

La cepilladora para metales se creó con la finalidad de remover metal para producir superficies planas horizontales, verticales o inclinadas, dónde la pieza de trabajo se sujeta a una prensa de tornillo o directamente en la mesa. Las cepilladoras tienen un sólo tipo de movimiento de su brazo o carro éste es de vaivén, mientras que los movimientos para dar la profundidad del corte y avance se dan por medio de la mesa de trabajo.

Figura 76. Máquina cepilladora de codo



Fuente:<http://www.famasa.com/product.php?id=360>. Consulta: 1 de agosto de 2013.

## **5.2. Velocidad de corte**

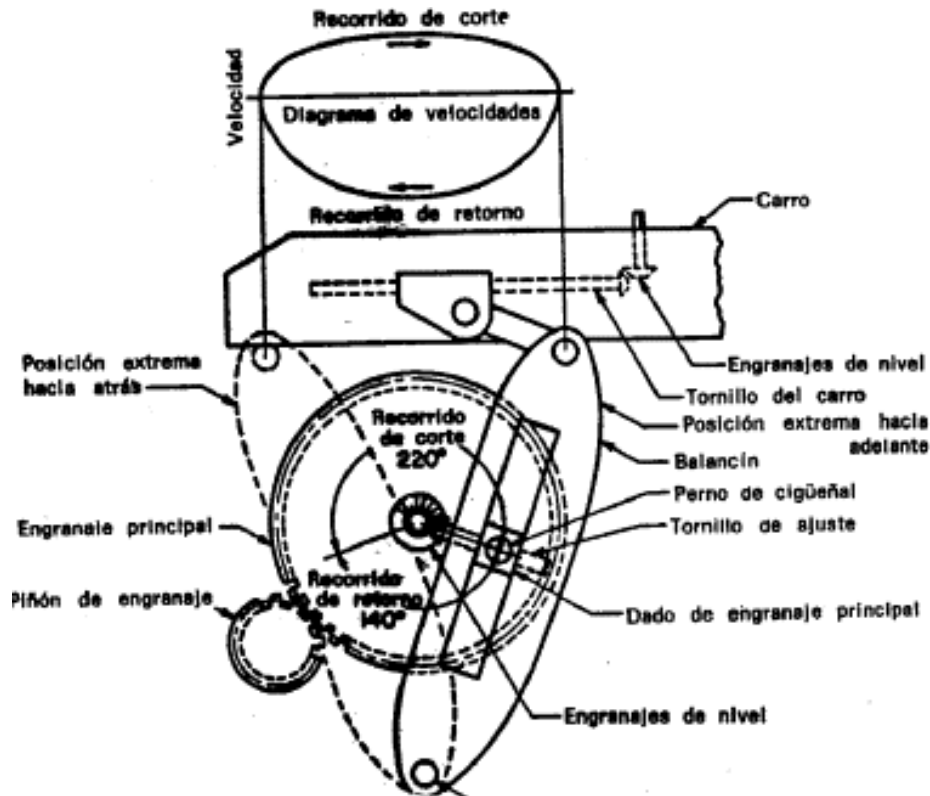
Los cepillos emplean una herramienta de corte de punta, semejante a la del torno. Esta herramienta se fija a un portaútiles o poste, fijado a su vez a una corredera o carro, como ya se mencionó, esta tiene movimiento de vaivén, empujando la herramienta de corte de un lado a otro de la pieza. La carrera de la corredera hacia adelante es la carrera de corte. Con la carrera de regreso, la herramienta regresa a la posición inicial.

Cuando regresa, la mesa y la pieza avanzan la cantidad deseada para el siguiente corte, es decir, un arete (carro) impulsa la herramienta de corte en ambas direcciones en un plano horizontal, con un movimiento alterno. Este movimiento rectilíneo alternativo comprende una carrera activa de ida, durante la cual tiene lugar el arranque de viruta, la carrera de retorno pasiva en vacío.

- Mecanismo de transmisión del cepillo

Para el vaivén del carro se usa una corredera oscilante con un mecanismo de retorno rápido.

Figura 77. Mecanismo de transmisión del cepillo



Fuente: [http://www.aprendizaje.com.mx/Temario2\\_VIII.html](http://www.aprendizaje.com.mx/Temario2_VIII.html). Consulta: 1 de agosto de 2013.

El balancín pivotado que está conectado al carro, oscila alrededor de su pivote por un perno de cigüeñal, que describe un movimiento rotatorio unido al engranaje principal. La conexión entre el perno de cigüeñal y el balancín se hace a través de un dado que se desliza en una ranura en el balancín y está movido por el perno del cigüeñal. De esta manera, la rotación del engranaje principal de giro mueve el perno con un movimiento circular y hace oscilar al balancín. El perno está montado sobre un tornillo acoplado al engranaje principal de giro, lo que permite cambiar su radio de rotación y de esta forma variar la longitud del recorrido del carro porta herramienta.

El recorrido hacia adelante o recorrido cortante, requiere una rotación de unos 220 grados del engranaje principal de giro, mientras que el recorrido de vuelta requiere solamente 140 grados de rotación. En consecuencia la relación de tiempos de recorrido cortante a recorrido de retorno es del orden de 1,6 a 1. Para poder usar varias velocidades de corte, existen engranajes apropiados de transmisión y una caja de cambios, similar a la transmisión de un automóvil.

Como una pieza de trabajo, grande y pesada y la mesa deben ser movidos a baja velocidad por su peso, las cepilladoras tienen varios cabezales para poder efectuar varios cortes simultáneamente por recorrido y aumentar así la productividad de la máquina. Muchas cepilladoras modernas de gran tamaño llevan dos o más herramientas por cabezal puestas de tal forma que se colocan automáticamente en posición, de tal forma que el corte se realiza en ambas direcciones del movimiento de la mesa. Este tipo de disposición aumenta obviamente la productividad de la cepilladora.

Figura 78. **Cepilladora moderna**



Fuente: Diprodig S.A.





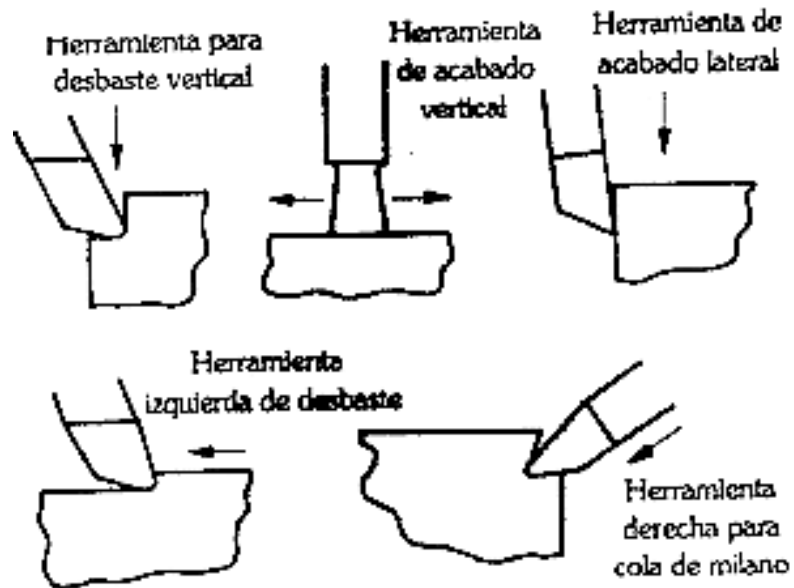
#### **5.4. Profundidad de corte**

Las herramientas de corte que se usan en los cepillos son semejantes a las que se usan en los tornos. La figura muestra herramientas de corte para diversas operaciones de maquinado que se llevan a cabo con el cepillo. La mayor parte de las herramientas de corte para cepillos sólo necesitan una pequeña cantidad de desahogo; por lo general de 3 a 5 grados para desahogo frontal y lateral. Los ángulos de inclinación laterales varían según el material que se esté maquinando. Para el acero se usa por lo general de 10 a 15 grados. El fierro colado necesita de 5 a 10 grados y el aluminio de 20 a 30 grados de inclinación lateral.

Los portaherramientas que usan los cepillos de codo también se asemejan a los de los tornos. Sin embargo, el agujero cuadrado por el que pasa la herramienta es paralelo a la base en los portaherramientas para cepillo. Con frecuencia se usa el portaherramientas universal o de base giratoria. Como se ve en la figura el portaherramientas universal se puede girar para cinco tipos distintos de cortes. En los cepillos se usan varios tipos de sujetadores de piezas. En cada tipo se necesita prensar la pieza en forma rígida. Si la pieza se mueve durante una operación, puede dañar seriamente al cepillo, o al operador.

La mayor parte de las piezas por maquinarse en el cepillo se pueden sujetar en una prensa. Las barras paralelas se usan para soportar a la pieza sobre las quijadas de la prensa, en sentido paralelo a la mesa y parte inferior de la prensa. También se utilizan las bridas y los tornillos en T para fijar a las piezas o a las prensas sobre la mesa de trabajo.

Figura 80. **Buriles de cepillo**



Fuente: <http://html.rincondelvago.com/máquina-cepilladora.html>. Consulta: 2 de agosto de 2013.

## 5.5. Preguntas y problemas

A continuación se mencionan los problemas más comunes del cepillo, dada la importancia de esta pieza es imperativo tener un buen mantenimiento. El mal funcionamiento del cepillo se puede dar por:

- Desgaste de cojinetes
- Husillos torcidos
- Aplicaciones inusuales
- Abuso por parte del operador o abuso inadecuado
- Continuar utilizando un cepillo que está dañado
- Desbalanceo
- Tira de filamentos



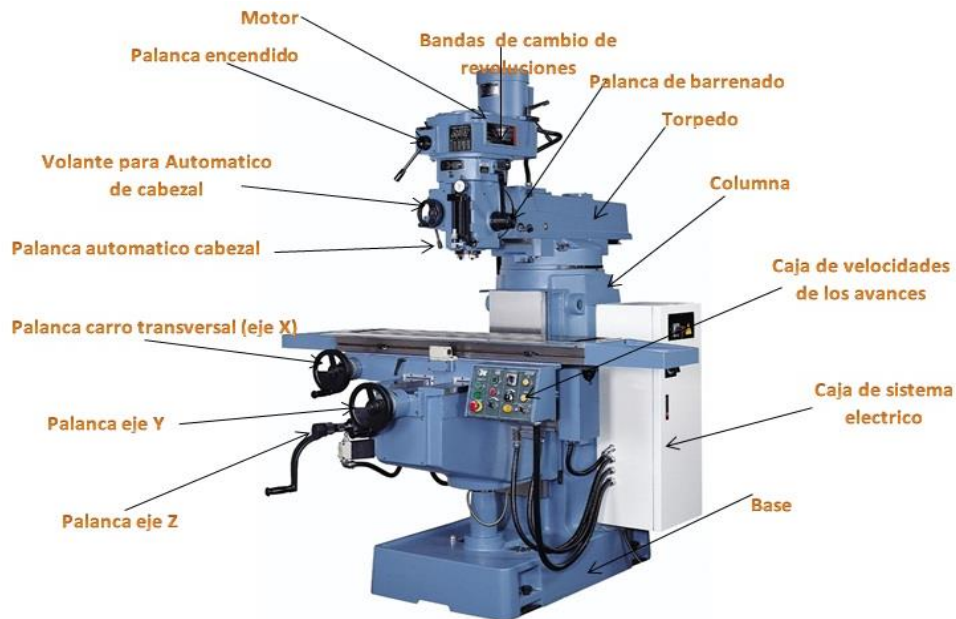
## **6. FRESADORA**

### **6.1. Concepto básico e identificación de equipo**

Las máquinas fresadoras, son máquinas de herramienta que se utilizan para producir con precisión una o más superficies maquinadas sobre una pieza, la pieza de trabajo, esta se efectúa mediante uno o más cortadores de fresado giratorio que tienen bordes cortantes sencillos o múltiples. La pieza de trabajo se sujeta firmemente sobre la mesa de trabajo de la máquina o en un dispositivo de sujeción a su vez sujeto sobre la mesa. Es entonces puesta en contacto con un cortador giratorio.

La máquina fresadora horizontal es una máquina herramienta versátil que puede manejar una diversidad de operaciones normalmente realizadas por otras máquinas. Se utilizan no solamente para el fresado de superficies planas o de forma irregular, sino también para el corte de engranes y roscas y para operaciones de torneado horizontal. Es una máquina en primer término, como una introducción al fresado.

Figura 81. Partes de una fresadora



Fuente: <http://lafresadora.blogspot.com/fresadora-y-sus-partes>. Consulta: 3 de agosto de 2013.

La base da rigidez y soporte a la máquina y también actúa como depósito para los fluidos de corte.

La cara de la columna es una sección maquinada de precisión y rayado utilizado para soportar y guiar la articulación cuando esta se mueve verticalmente.

La articulación está sujeta a la cara de la columna y puede moverse verticalmente sobre la cara de la columna ya sea manual o automáticamente. Aloja el mecanismo de avance.

El bastidor de la mesa giratorio sujeta a la silla en una máquina fresadora universal, permite que la mesa sea girada a 45 grados a ambos lados de la línea central.

La mesa descansa en guías sobre el banco y se mueve longitudinalmente en un plano horizontal.

La manivela de avance transversal se utiliza para la mesa. Alejándola o acercándola a la columna.

La manivela de la mesa se utiliza para mover la mesa horizontalmente hacia la izquierda y la derecha frente a la columna.

La carátula de avance se utiliza para controlar los avances de la mesa.

El husillo proporciona la propulsión para árboles, cortadores y aditamentos utilizados en una máquina fresadora.

El brazo superior proporciona la alineación correcta y el apoyo para el árbol y diversos aditamentos. Se puede ajustar y bloquear en varias posiciones, dependiendo de la longitud del árbol y de la posición de la herramienta de corte.

El soporte de árbol está colocado sobre el brazo superior y se puede fijar en cualquier posición sobre este. Su propósito es alinear y soportar varios árboles y aditamentos.

El tornillo elevador se controla manualmente o con un avance automático. Proporciona un movimiento hacia arriba o hacia abajo a la articulación y a la mesa.

La carátula de velocidad de husillo se ajusta mediante una manivela que se gira para controlar la velocidad del husillo. En algunas máquinas fresadoras, los cambios de la velocidad del husillo se efectúan mediante dos palancas. Al

hacer los cambios de velocidad, verifique siempre si el cambio puede hacerse con la máquina en operación o debe esta ser detenida.

## **6.2. Velocidad de corte**

Uno de los factores de mayor importancia que afecta la eficiencia de una operación de fresado es la velocidad de la fresa. La velocidad de corte de un metal se puede definir como la velocidad en pies superficiales por minuto o los metros por minuto a la cual el metal se puede máquinas con eficiencia. Cuando la pieza se máquina en un torno. Debe ser torneado a un número específico de revoluciones por minuto, dependiendo de su diámetro, para lograr la velocidad de corte apropiada. Cuando se trabaja una pieza en una fresadora. La fresa debe girar a un número específico de revoluciones por minuto, dependiendo de su diámetro, para lograr la velocidad de corte apropiado.

En vista que los distintos tipos de metales varían en su dureza, estructura y maquinabilidad, deben utilizarse diferentes velocidades de corte para cada tipo de metal y para varios materiales de la fresa. Deben considerarse varios factores al determinar las revoluciones por minuto a las cuales máquinas un metal. Las de mayor importancia son:

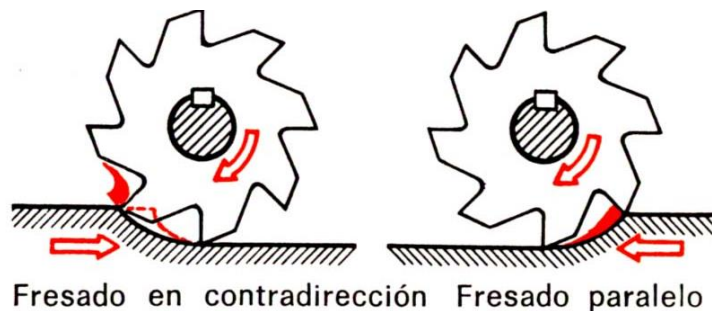
- El tipo de material de trabajo
- El material de la fresa
- El diámetro de la fresa
- El acabado superficial que se requiere
- La profundidad de corte seleccionada
- La rigidez de la máquina y el montaje de la pieza



### 6.3. Fresado en paralelo y contradiirección

La fresa en forma de rodillo corta solamente con dientes dispuestos en su periferia. Se distinguen aquí el fresado a contradiirección y el fresado paralelo. En ambos procedimientos de trabajo se arrancan al material virutas en forma de coma.

Figura 82. Tipos de fresado



Fuente: <http://html.rincondelvago.com/fresas-y-fresadoras.html>. Consulta: 4 de agosto de 2013.

Cuando sale de la pieza el diente de la fresa la viruta ha llegado a adquirir su espesor máximo. El husillo porta-fresa. Obligado hacia arriba por el esfuerzo de corte y la mesa de fresado empujada hacia abajo, flexan hacia atrás en ese momento, dando lugar a marcas de vibraciones. Además, los filos de los dientes se embotan antes a consecuencia del resbalamiento inicial sobre la superficie trabajada.

En el fresado paralelo el diente de la fresa penetra inmediatamente en el material, pero la viruta se hace cada vez más delgada. El husillo porta-fresa y la mesa son oprimidos también en este procedimiento hacia arriba y hacia abajo respectivamente. Ahora bien, la fuerza de corte disminuye por causa de la viruta cada vez más delgada y es casi nula en el instante en que el diente de la fresa

sale del material. Con esto deja de producirse el muelleo de antes, obteniéndose superficiales más lisas que en el caso del fresado en contradierección. La máquina incluso en el caso de grandes arranques de viruta va más tranquila. Como la fuerza de corte está constantemente dirigida sobre el soporte de la mesa no se producen marcas de vibración.

Con el fresado paralelo se obtienen, mediante mayores avances y velocidades de corte más elevados, tiempos de fabricación más cortos. Los tiempos de duración, o sea la vida de la fresa aumentan y la máquina sufre menos. La cascarilla de óxido, la costra de laminación y la de fundición producen en el fresado paralelo un desgaste más fuerte de los filos de la fresa.

El fresado paralelo no se puede, por regla general, realizar nada más que en máquinas especiales para ello. El fresado paralelo realizado en máquinas no dispuestas al efecto haría que la fresa, a causa del recorrido muerto que comporta siempre todo husillo roscado, empujase a la mesa de fresar intermitentemente en el sentido del avance. Esto haría que el avance, el espesor de viruta y el esfuerzo de corte resultasen tan grandes que las piezas podrían ser arrancadas de sujeciones o ellas y las fresas salir deterioradas.

Las máquinas para fresado paralelo tienen por esa causa un husillo de mesa con paso a la derecha y otro con paso a la izquierda que están unidos entre si por un mecanismo compensador. Con ello se obtiene que los flancos de uno de los husillos de mesa se adapten al flanco derecho y los del otro al flanco izquierdo de las respectivas tuercas de husillo, con lo cual no puede presentarse juego alguno. En las máquinas normales de fresar únicamente se puede fresar por el sistema paralelo con pequeño espesor de viruta y conducción fluidas de la mesa.

#### **6.4. Avance**

El avance de la máquina fresadora puede definirse como la distancia en pulgadas (o milímetros) por minuto, que se mueve la pieza hacia la fresa. En la mayor parte de las máquinas fresadoras, el avance está controlado en pulgadas (milímetros) por minuto y es independientemente de la velocidad de husillo. Esta disposición permite avances más rápidos para fresas grandes que giran despacio.

El avance es la velocidad a la cual se mueve la pieza hacia la fresa giratoria, y se mide ya sea en pulgadas por minuto o milímetros por minuto. El avance en el fresado se determinan multiplicando el tamaño de viruta (viruta/diente) deseado, el número de dientes en la fresa y las revoluciones por minuto de la fresa.

La viruta o avance por diente (CPT o FPT), es la cantidad de material que debe ser eliminado por cada uno de los dientes de la fresa conforme esta gira y avanza dentro de la pieza.

La velocidad de avance utilizada en una máquina fresadora depende de una diversidad de factores, como:

- La profundidad y ancho del corte
- El diseño o tipo de fresa
- Lo afilado de la fresa
- El material de la pieza de trabajo
- La resistencia y uniformidad de la pieza de trabajo
- El tipo de acabado y precisión requerido

La potencia y rigidez de la máquina, del dispositivo de sujeción y del arreglo de sujeción de la herramienta.

Conforme avanza la pieza hacia la fresa, cada diente sucesivo avanza dentro de la pieza una cantidad igual, produciendo virutas de igual espesor. Este espesor de las virutas, es decir el avance por diente, junto con el número de dientes de la fresa, forman la base para determinar la velocidad de avance. La velocidad ideal de avance puede determinarse como sigue:

Avance = número de dientes de la fresa X avance/diente X rpm de la fresa.

#### **6.5. Profundidad de corte**

Cuando se desee una superficie lisa y exacta, es buena práctica de fresado efectuar un corte de devaste y otro de acabado. Los cortes de devaste deben ser profundos, con un avance tan grande como lo permita la máquina y la pieza. Se pueden hacer cortes más profundos con fresas helicoidales con menos dientes, ya que son más resistentes y tienen una mayor holgura para las virutas que las fresas con más dientes.

Los cortes de acabado deben ser ligeros, con un avance más fino de lo utilizado los cortes de desbaste. La profundidad del corte debe ser por lo menos de 1/64 pulgadas (0,4 milímetros). No son aconsejables cortes más ligeros y avances extremadamente finos, ya que la viruta que saque cada diente será delgada y la fresa rozará a menudo sobre la superficie de la pieza, en vez de entrar en él, desafilando por lo tanto la herramienta. Cuando se requiere un determinado fino; se desafilan más fresas debido a elevadas velocidades que por razón de elevados avances.

## **6.6. Preguntas y problemas**

Depende de la aplicación y del tamaño de los materiales a trabajar, así como de las medidas de los tamaños que se vaya a realizar con mayor frecuencia.

- Problema más común en las fresadoras  
Falla en la fresa debido a estar sometida a la flexión.
- Para evitar otros errores

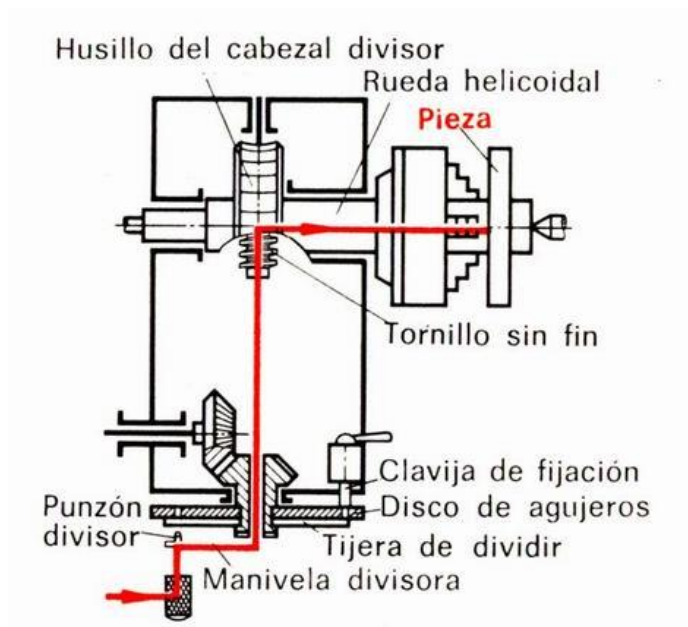
A fin de evitar daño a la superficie terminada (marcas de descansos), jamás detenga el avance cuando la fresa este girando sobre la pieza. Por la misma razón, detenga la fresa antes de regresar la pieza a la posición inicial a la terminación del corte.



## 7. EL CABEZAL DIVISOR

El cabezal divisor, es uno de los aditamentos de mayor importancia de la fresadora. Se utiliza para dividir la circunferencia de una pieza de trabajo en divisiones igualmente espaciadas cuando se frezan engranes, ranuras, cuadrados y hexágonos. También se pueden utilizar para girar la pieza de trabajo una relación predeterminada con el avance de la mesa, para producir levas y ranuras helicoidales en engranes, taladros, rimas y otras piezas.

Figura 83. **Esquema de cabezal divisor**



Fuente:<http://www.monografias.com/trabajos35/cabezal-divisor-fresadora/cabezal-divisor-fresadora.shtml>. Consulta: 5 de agosto de 2013.

Figura 84. **Cabezal divisor**



Fuente: <http://www.thlmachine.com/product.aspx?sLT=3&pid=83&aID=10&bID=82>. Consulta: 5 de agosto de 2013.

### **7.1. División directa**

La división directa es la forma más simple de indización. Se lleva a cabo desacoplando la flecha de tornillo sin fin de la rueda dentada de tornillo sin fin, mediante un dispositivo excéntrico en el cabezal divisor. Algunos cabezales divisores directos no tienen rueda dentada de tornillo sin fin y un tornillo sin fin, sino que giran sobre cojinetes. Los platos perforados contienen orificios o ranuras, que están enumerados, y un cierre de lengüeta con resorte se utilizan para acoplarse en el orificio adecuado. Se utiliza la indización directa para la indización rápida de la pieza de trabajo al cortar estrías, hexágonos, cuadrados y otras formas.

### **7.2. División sencilla**

En la división sencilla, la pieza se coloca mediante la manivela, plato perforado y brazos de sector. El tornillo sin fin sujeto a la manivela debe estar acoplado con la rueda del tornillo sin fin, en el huesillo del cabezal divisor. Dado



que hay 40 dientes en la rueda del tornillo sin fin. Una vuelta completa de la manivela indizadora hará que el husillo y la pieza giren un cuarentavo de vuelta.

Similarmente, 40 vueltas de la manivela harán girar el husillo y la pieza una vuelta completa. Por lo que existe una relación de 40:1 entre las vueltas de la manivela indicadora y el husillo del cabezal divisor.

Para calcular la división o el número de vueltas de manivela para la mayor parte de las divisiones, solo es necesario dividir 40 entre el número de divisiones (N) que se van a cortar es decir

$$\text{Indización} = 40/N$$

### **7.3. División diferencial**

Es uno de los sistemas de división que permite obtener un determinado número de divisiones, que no se lograrían por la división directa. En la división indirecta el husillo del cabezal divisor es accionado a través de un tornillo sin fin y una rueda helicoidal. La relación de transmisión del mecanismo de tornillo sin fin es 40:1, es decir que 40 revoluciones de la manivela divisora suponen una revolución del husillo del cabezal divisor. Si, por ejemplo, se quiere tener una división decimal, para cada paso parcial serán necesarias  $40:10 = 4$  vueltas de la manivela divisora.

Para 32 divisiones, por ejemplo, se necesitarán  $40:32 = 1 \frac{8}{32} = 1 \frac{1}{4}$  revoluciones. Para poder realizar el  $\frac{1}{4}$  de revolución, hará falta un disco de agujeros con una circunferencia de agujeros cuyo número sea divisible por 4, por ejemplo la circunferencia de 16 agujeros daría  $\frac{1}{4}$  de  $16 = 4$ . La manivela divisora desplazable radialmente se ajusta en esta circunferencia de agujeros y

se hace girar en 4 distancias entre agujeros. En este procedimiento de división se sujeta el disco de agujeros mediante la clavija de fijación.

#### **7.4. Preguntas y problemas**

Depende de la aplicación y del tamaño de los materiales a trabajar, así como de las medidas de los tamaños que se vaya a realizar con mayor frecuencia.

- Función principal del cabezal divisor

El cabezal universal divisor sirve como accesorio para el montaje de piezas; se inclina para facilitar el fresado en ángulo; permite hacer cualquier número de divisiones. Sirve también como divisor simple. Esto se puede lograr por tener sobre el husillo un plato divisor con ranuras que permite el operarlo directamente, si antes se ha desconectado el tornillo sinfín de la corona.

## **8. RECTIFICADO**

### **8.1. Conceptos básicos y tipos de máquinas**

Los primeros seres humanos utilizaban piedras abrasivas para afilar herramientas y producir una superficie lisa. Con el paso del tiempo, la manufactura de abrasivos y herramientas de rectificado se ha desarrollado gradualmente para producir abrasivos más resistentes y mejores. El uso de abrasivos en la industria moderna ha contribuido en gran parte a nuestros métodos de producción en masa. Gracias a los abrasivos y las máquinas rectificadoras modernas, es posible producir piezas y productos con tolerancias estrechas y con un alto pulimento superficial como lo requiere la industria y el ramo de las máquinas herramienta.

A fin de poder funcionar correctamente, un abrasivo debe reunir ciertas características:

- Debe ser más duro que el material que se está rectificando.
- Debe ser suficiente resistente para resistir las presiones de rectificado.
- Debe ser resistente al calor a fin de que no pierda su filo a las temperaturas de rectificado.
- Debe ser disgregable (capas de fracturarse) a fin de que cuando las aristas de corte se desafilen, se rompan presentando nuevas superficies filosas al material que se está rectificando.

Figura 85. **Rectificado de piezas**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rectificadora>. Consulta: 6 de agosto de 2013.

## 8.2. **Operación de rectificado**

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial, a veces a una operación de rectificado le siguen otras de pulido y lapeado. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante térmico, utilizando para ellos discos abrasivos robustos, llamados muelas. Las partes de las piezas que se someten a rectificado han sido mecanizadas previamente en otras máquinas herramientas antes de ser endurecidas por tratamiento térmico y se ha dejado solamente un pequeño excedente de material para que la rectificadora lo pueda eliminar con facilidad y precisión.

La rectificación, pulido y lapeado también se aplica en la fabricación de cristales para lentes.

Figura 86. **Rectificado**



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Rectificadora>. Consulta: 6 de agosto de 2013.

### **8.3. Composición de muelas**

Están compuestas por granos abrasivos aglomerados en dispersión en un cemento que define la forma de la herramienta. Los granos representan infinitos filos que, al actuar con elevada velocidad sobre la pieza en elaboración, arrancan minúsculas partículas de material. Este modo de trabajar indica también los requisitos que deben poseer los abrasivos: dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la rotura.

La dimensión de los granos está vinculada a la utilización de la muela: para muelas desbastadoras se emplea grano grueso; para operaciones de rectificado se pasa de los granos medianos a los finos, hasta llegar a los polvos utilizados para el pulido. El número índice del grosor de los granos expresa el número de hilos por pulgada contenido en el último cedazo separador atravesado (los granos más finos llegan hasta 240 hilos).

Los aglomerantes de las muelas pueden ser cerámicos, de silicato sódico y arcilla o elásticos.

Los datos característicos de una muela son el tipo de abrasivo, su granulación (gruesa, mediana, fina o muy fina), su tenacidad (muy blanda, blanda, mediana, dura o muy dura), su estructura (cerrada, mediana o abierta) y el tipo de cemento aglomerante.

#### **8.4. Selección de muelas**

La correcta selección y aplicación de las muelas piedras abrasivas constituyen factores indispensables para garantizar un proceso de rectificado eficiente y de calidad.

Si bien es cierto, en las rectificadoras la muela gira a velocidades muy elevadas (entre 1 400 y 5 500 metros por minuto) este mecanizado no depende de la fuerza, pues las presiones de corte son muy bajas, de allí que el papel protagónico lo tienen los abrasivos utilizados.

En efecto, las muelas rectificadoras están compuestas por granos abrasivos aglomerados en un disco reforzado. Los granos presentan múltiples filos que, al actuar con elevada velocidad sobre la pieza en elaboración,

arrancan minúsculas partículas de material. En ese sentido, los requisitos que deben poseer los abrasivos son: dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la rotura.

En su mayoría, los abrasivos utilizados actualmente son artificiales. El óxido de aluminio (hasta 99 por ciento) conocido en el comercio también con los nombres de Corundum, Coralund, Aloxite y Alucoromax, se utiliza generalmente para trabajar aceros. El Carburo de Silicio (SiC) conocido como Carborundo, más duro, pero menos resistente a la rotura, se utiliza para materiales durísimos que son poco tenaces (fundiciones y carburos metálicos) o materiales blandos (aluminio, latón y bronce). El Borolón es el abrasivo artificial más duro y resistente que se conoce.

Los granos abrasivos están sujetos a las ruedas gracias a los aglomerantes que pueden ser cerámicos, de silicato sódico y arcilla, o elásticos.

Asímismo, los factores que se deben considerar al escoger una muela son: el mecanizado que se pretende efectuar, el material de la pieza y el grado de acabado que se desea. Según estos criterios se elige la piedra adecuada.

Principalmente, lo más importante es reconocer los símbolos referenciados en cada una de las ruedas de esmeril o muelas, pues de esta forma es posible seleccionar, de acuerdo al tipo de abrasivo, grano, dureza y tipo de aglomerante, la muela más indicada para la operación que se va a realizar.

Símbolos a tener en cuenta:

- WA : Abrasivo
- 46 : Grano K
- Grado 8
- Estructura V
  - Tipo

Es posible reconocer cuáles son los abrasivos más indicados para trabajar cada material, por ejemplo es aconsejable utilizar, muelas de óxido de aluminio para materiales de elevada resistencia, muelas de carburo de silicio para materiales de baja resistencia, muelas de diamante para carburos metálicos y piezas con exigencia en el acabado.

De la misma forma, es importante que los industriales tengan en cuenta los granos de las muelas recordando que, cuanto más fino se desee el acabado, mayor número de granos debe contener la piedra:

- Grueso  
10, 12, 14, 16, 20, 24
- Mediano  
30, 36, 46, 54, 60
- Fino  
70, 80, 90, 100, 120, 150, 180, 220



- Muy Fino  
240, 280, 320, 400, 500, 600, 700, 800
  
- Ultrafino  
1000, 1200, 1500, 2000, 2500, 3000, 4000, 6000

Teniendo en cuenta lo anterior, así como la infinidad de abrasivos que existen en la actualidad para realizar rectificado, se afirma que la mejor recomendación es mirar en los catálogos de abrasivos para rectificaciones metálicas, cuáles son los indicados de acuerdo a la aplicación, de lo contrario se perderá tiempo y dinero ya que utilizar la piedra inadecuada provoca su desgaste innecesario y desperdicio de tiempo.

Si se busca un acabado fino y está utilizando un grano grueso, la pieza no va a alcanzar el acabado deseado o viceversa, puede tardar más tiempo por no utilizar el grano correcto para desbastar la superficie de la pieza.

Este tipo de errores ocasionan, además, el desgaste de la bancada y de la muela, consumo de energía y desperdicio de material.

Otro de los datos que deben ser tenidos en cuenta son las indicaciones de velocidad de cada una de las ruedas, pues ésta depende de su diámetro, del material aglomerante, de las condiciones de operación de esmerilado y de la rigidez de la máquina (variando entre 1 400 y 5 500 metros por minuto) datos que deben corroborarse en las ruedas de esmeril, donde se indican las revoluciones a las que deben ser sometidas.

Así, se debe tener en cuenta que existen diferentes tipos de muelas, clasificadas en tres grupos principales: minerales, orgánicos y metálicos, siendo

las muelas con aglomerante mineral las ideales cuando las velocidades son inferiores a los 33 metros por segundo y minerales u orgánicos, cuando las velocidades sean de hasta 80 metros por segundo.

Otro dato importante, a la hora de escoger la muela indicada para rectificar, es su grado de dureza, el cual se expresa de la siguiente manera:

- Muy blanda D – E – F – G
- Blanda H – I – J – K
- Media L – M – N – O
- Dura P – Q – R –S; y
- Muy dura T – U – W – Z

Razón por la cual es aconsejable utilizar las muelas más blandas para materiales duros, las muelas medias para materiales blandos y las muelas duras para cuando se exigen perfiles determinados.

Figura 87. **Muelas industriales**



Fuente: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Muelas-de-diamante-y-CBN-Roy-Diamantes-Resinoide-89649.html>. Consulta: 7 de agosto de 2013.

Figura 88. **Muela de rectificadora**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Muela\\_de\\_rectificar](http://es.wikipedia.org/wiki/Muela_de_rectificar). Consulta: 7 de agosto de 2013.

## 8.5. Normas de seguridad

Los productos de metal duro contienen carburo de tungsteno y cobalto, y también incluyen carburo de titanio, carburo de tántalo, carburo de niobio, carburo de cromo, carburo de molibdeno o carburo de vanadio. Algunas calidades contienen carbonitruro de titanio y/o de níquel.

- Formas de exposición

El proceso de rectificar o calentar una pieza de metal duro o un producto fabricado con metal duro genera polvo o humos que contienen elementos peligrosos para la salud, en el caso de inhalarse, ingerirse o de entrar en contacto con la piel y los ojos.

- Toxicidad aguda

El polvo generado es tóxico cuando se inhala. Esta inhalación puede provocar irritaciones e inflamación en el sistema respiratorio. Se ha constatado una toxicidad mucho más aguda durante la inhalación simultánea de cobalto y carburo de tungsteno, comparado con la inhalación de cobalto solo.

Su contacto con la piel puede provocar irritación y picores. Las personas especialmente sensibles pueden experimentar una reacción alérgica.

- Toxicidad crónica

La inhalación repetida de aerosoles con contenido en cobalto puede ocasionar obstrucción de las vías respiratorias. La inhalación prolongada en grandes concentraciones puede producir fibrosis o cáncer de pulmón. Los estudios epidemiológicos indican que los trabajadores expuestos anteriormente a concentraciones elevadas de carburo de tungsteno/cobalto tienen mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón.

El cobalto y el níquel son sensibilizadores potenciales. Un contacto prolongado o repetido puede provocar irritación.

- Riesgos

- Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
- Tóxico por inhalación

- Riesgo de efectos irreversibles

Puede producir sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.

- Medidas preventivas

Evite la formación de polvo y su inhalación. Utilice una salida de ventilación local adecuada para limitar la exposición de los trabajadores a valores bastante por debajo de los límites autorizados en su país.

Figura 89. **Extractor de aire**



Fuente: elaboración propia.

Si no se puede proveer de una buena ventilación, o ésta no es adecuada, utilice respiradores aprobados para este fin.

Figura 90. **Mascarilla de partículas**



Fuente: <http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/cultivosintensivos/campo-parque/moldex/default.htm>. Consulta: 10 de agosto de 2013.

Utilice gafas de seguridad con protectores laterales cuando sea necesario.

Figura 91. **Lentes protectores**



Fuente: <http://mixco.olx.com.gt/lentes-de-proteccion-industrial>. Consulta: 10 de agosto de 2013.

Evite un contacto repetido con la piel. Utilice guantes de protección adecuados. Lávese a fondo la parte en contacto con el material después de su manipulación.

Figura 92. **Guantes industriales**



Fuente: <http://bogotacity.olx.com.co/guantes-industriales-bajo>. Consulta: 12 de agosto de 2013.

Utilice equipo de protección adecuado. Lave la ropa siempre que sea necesario.

Figura 93. **Casco protector y ropa adecuada**



Fuente: <http://www.distribuidoragb.com.ar/2011/09/29/seguridad-industrial-definicion-tareas-e-importancia/>. Consulta: 15 de agosto de 2013.

No consuma alimentos ni bebidas ni fume en el área de trabajo. Lávese a fondo antes de comer, beber o fumar.

Figura 94. **Señalización**



Fuente: elaboración propia, con programa Photoshop.



## **8.6. Preguntas y problemas**

Uno de los problemas más comunes que aquejan a otros rectificadores de frenos es la vibración que afecta directamente la herramienta de punta y deja cortes imperfectos sobre la superficie.



## 9. MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN Y CONTROL NUMÉRICO

El control numérico por computadora (CNC) y la computadora han aportado cambios significativos a la industria metalmecánica. Nuevas máquinas herramientas, en combinación con (CNC), le permite a la industria producir de manera consistente y piezas con precisión imposibles de imaginar hace solo unos años. Si el programa CNC ha sido apropiadamente preparado, y la máquina ha sido puesta a punto correctamente, se puede producir la misma pieza con el mismo grado de precisión cualquier cantidad de veces. Los comandos de operación que controlan la máquina herramienta son ejecutado automáticamente con una velocidad, eficiencia precisión y capacidad de repetición asombrosas.

Figura 95. **Maquinaria para control numérico**



Fuente: <http://topagocnc.blogspot.com/>. Consulta: 16 de agosto de 2013.

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte.

El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.

En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos longitudinales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre.

En el caso de las fresadoras se controlan también los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Y. Para ello se incorporan servomotores en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

Aparte de aplicarse en las máquinas-herramienta para modelar metales, el CNC se usa en la fabricación de muchos otros productos de ebanistería, carpintería. La aplicación de sistemas de CNC en las máquinas-herramienta han hecho aumentar enormemente la producción, al tiempo que ha hecho posible efectuar operaciones de conformado que era difícil de hacer con máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas manteniendo un elevado grado de precisión dimensional. Finalmente, el uso de CNC incide favorablemente en los costos de producción al propiciar la baja de costes de fabricación de muchas máquinas, manteniendo o mejorando su calidad.

## 9.1. Proceso con control numérico

A continuación se describe el proceso de programación de este equipo. Se pueden utilizar dos métodos, la programación manual y la programación automática.

- Programación manual

En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes. Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado. De tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo anárquico de los códigos de programación. Cada constructor utilizaba el suyo particular. Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo. Los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros, los siguientes:

- N: es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta dirección va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras.
- X, Y, Z: son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta (Y planos cartesianos). Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.
- G: es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

#### Ejemplos:

G00: el trayecto programado se realiza a la máxima velocidad posible, es decir, a la velocidad de desplazamiento en rápido.

G01: los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta.

G02: interpolación circular en sentido horario.

G03: interpolación circular en sentido anti horario.

G33: indica ciclo automático de roscado.

G40: cancela compensación.

G41: compensación de corte hacia la izquierda.

G42: compensación de corte a la derecha.

G77: es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro.

M: es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección m va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

Ejemplos:

M00: provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.

M01: alto opcional.

M02: indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las operaciones contenidas en el mismo bloque.

M03: activa la rotación del husillo en sentido horario.

M04: activa la rotación del husillo en sentido anti horario.

(El sentido de giro del husillo es visto por detrás de la máquina, no de nuestro punto de vista como en los tornos convencionales)

M05: parada del cabezal.

M06: cambio de herramienta (con parada del programa o sin) en las máquinas de cambio automático no conlleva la parada del programa.

F: es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en milímetros/min.

- S es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.
- I, J, K son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.
- T es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

Figura 96. **Proceso con control numérico computarizado**



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Control\\_num%C3%A9rico](http://es.wikipedia.org/wiki/Control_num%C3%A9rico). Consulta: 20 de agosto de 2013.



## **9.2. Preguntas y problemas**

Esta máquina es excelente debido a sus características amigables, robustez y algunas otras que hacen de esta una pieza única en el taller. Pero entre los problemas más comunes esta:

- El tipo de mantenimiento y el costo de este.



## CONCLUSIONES

1. El presente trabajo de graduación contribuye al mejoramiento de los modelos didácticos para la enseñanza en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para mejorar el contenido del curso de Procesos de Manufactura 1 dentro de la red de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica.
2. La metodología planteada para el curso de Procesos de Manufactura 1, cumple con los requisitos técnicos de los códigos de uso común en Guatemala y además está estructurada como un diagrama de flujo continuo que favorece la didáctica empleada en sucesivas clases magistrales.
3. Es innegable el beneficio que presentan los ejemplos de aplicación y las didácticas de investigación al proceso enseñanza-aprendizaje.
4. La presente guía de estudios presenta la actualización y el mejoramiento de la información de los contenidos del curso para promover el interés en los estudiantes y profesionales que deseen incrementar sus conocimientos en el área de procesos de manufactura de la carrera de Ingeniería Mecánica.



## RECOMENDACIONES

1. Se debe dar la importancia requerida al curso de Procesos de Manufactura 1, como curso obligatorio en la carrera de Ingeniería Mecánica, ya que introduce al futuro profesional dentro del sistema productivo empresarial e industrial.
2. Debe implementarse un horario de trabajo dirigido en el cual sean expuestos temas relacionados al contenido del curso de Procesos de Manufactura 1.
3. El catedrático y el estudiante deben profundizar en cada tema recomendado en la didáctica de investigación que complementa los conocimientos, que por falta de espacio no es prudente colocar en este trabajo de graduación.
4. Se deben innovar los talleres de Procesos de Manufactura, permitiendo con esto estar a la vanguardia de los cambios tecnológicos que se den dentro de la aplicación del curso.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ALTING, Leo. *Procesos para Ingeniería de Manufactura*, México, Alfaomega, 1990. 150 p.
2. AMSTEAD, B.H.; OSWALD, Philip Begeman, Mirón. *Procesos de manufactura*, versión SI. México, CECSA., 1999 145 p.
3. CHILES, Vic, BLACK, Lissman Martín. *Ingeniería de manufactura*, México, CECSA., 1999. 200 p.
4. HEINRICH, Gerling. *Alrededor de las Máquinas-Herramientas*. España, Editorial Reverte, 2000. 250 p.
5. KALPAKJIAN, Schmid. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. 4a. ed. México: Prentice Hall, 2002. 180 p.
6. SMITH, William. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. 3a. ed. McGraw Hill 2004. 180 p.

