



$$W_x = \frac{M_{\text{máx}}}{2}$$

$$\sum M$$
$$\sum H = 0 \Rightarrow m_1$$

Máquinas y herramientas



Capítulos 1, 2, 3 y 4

$$\sigma_{ad} = 1.600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{pd} = 16.000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Guía didáctica
Autor | Luis Schwab

Autoridades

Presidente de la Nación
Dra. Cristina Fernández de Kirchner

Ministro de Educación
Dr. Alberto E. Sileoni

Secretaría de Educación
Prof. María Inés Abrile de Vollmer

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica
Lic. María Rosa Almandoz

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica
Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Director Nacional de Educación Técnico Profesional y Ocupacional
Ing. Roberto Díaz

Ministerio de Educación. Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Saavedra 789. C1229ACE.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
República Argentina.
2011

Director de la Colección:
Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Coordinadora general de la Colección:
Claudia Crowe

Diseño didáctico y corrección de estilo:
Lic. María Inés Narvaja
Ing. Alejandra Santos

Coordinación y producción gráfica:
Augusto Bastons

Diseño gráfico:
María Victoria Bardini
Augusto Bastons
Martín Alejandro González
Federico Timerman

Ilustraciones:
Diego Gonzalo Ferreyro
Martín Alejandro González
Federico Timerman

Administración:
Cristina Caratozzolo
Néstor Hergenrether

Colaboración:
Jorgelina Lemmi
Psic. Soc. Cecilia L. Vázquez
Dra. Stella Maris Quiroga

“Colección Encuentro Inet”.

Director de la Colección: Juan Manuel Kirschenbaum.

Coordinadora general de la Colección: Claudia Crowe.

Queda hecho el depósito que previene la ley N° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Reproducción autorizada haciendo mención de la fuente.

Industria Argentina

ADVERTENCIA

La habilitación de las direcciones electrónicas y dominios de la web asociados, citados en este libro, debe ser considerada vigente para su acceso, a la fecha de edición de la presente publicación. Los eventuales cambios, en razón de la caducidad, transferencia de dominio, modificaciones y/o alteraciones de contenidos y su uso para otros propósitos, queda fuera de las previsiones de la presente edición -Por lo tanto, las direcciones electrónicas mencionadas en este libro, deben ser descartadas o consideradas, en este contexto.

Colección Encuentro Inet

Esta colección contiene las siguientes series (coproducidas junto con el Instituto Nacional de Educación Tecnológica - INET):

- La técnica
- Aula-taller
- Máquinas y herramientas
- Entornos invisibles de la ciencia y la tecnología

DVD 4 | Aula-taller

Capítulo 1
Biodigestor

Capítulo 2
Quemador de biomasa

Capítulo 3
Planta potabilizadora

Capítulo 4
Probador de inyecciones

DVD 5 | Aula-taller

Capítulo 5
Planta de tratamiento de aguas residuales

Capítulo 6
Tren de aterrizaje

Capítulo 7
Banco de trabajo

Capítulo 8
Invernadero automatizado

DVD 6 | Máquinas y herramientas

Capítulo 1
Historia de las herramientas y las máquinas herramientas

Capítulo 2
Diseño y uso de Máquinas Herramientas

Capítulo 3
Diseño y uso de Herramientas de corte

Capítulo 4
Nuevos paradigmas en el mundo de las máquinas herramientas y herramientas de corte

DVD 7 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

Capítulo 1
Parque de diversiones

Capítulo 2
Cocina

Capítulo 3
Red de energía eléctrica

Capítulo 4
Campo de deportes

DVD 8 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

Capítulo 5
Estadio de Rock

Capítulo 6
Estructuras

Capítulo 7
Chacra orgánica

Capítulo 8
Bar

DVD 9 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

Capítulo 9
Estación meteorológica

Capítulo 10
Restaurante

Capítulo 11
Seguridad en obras de construcción

Capítulo 12
Camping musical

Capítulo 13
Hospital

Índice | Máquinas y herramientas

1. Historia de las herramientas y las máquinas herramientas

1.1. Introducción	08
1.2. Desarrollo	09
♦ 1.2.1. Herramientas como prolongación de la mano del hombre	09
♦ 1.2.2. Aparición de las primeras máquinas	10
♦ 1.2.3. Bocetos de Leonardo da Vinci	11
♦ 1.2.4. Aparición de la máquina de vapor	12
♦ 1.2.5. La Revolución Industrial	13
♦ 1.2.6. El aporte de Joseph Whitworth	16
♦ 1.2.7. Las herramientas al rojo vivo de Taylor	16
♦ 1.2.8. La llegada de los motores de corriente continua	18
♦ 1.2.9. La mega fábrica de Henry Ford	19
♦ 1.2.10. Osram y la aplicación del principio del filamento lumínico como herramienta de corte. Nace el Metal Duro	20
♦ 1.2.11. Los aliados devuelven la fábrica a Krupp y estos denuncian la falta de 5.200 patentes de herramientas de metal duro	21
♦ 1.2.12. Diez años posteriores a la Segunda Guerra Mundial llega el primer CN, control numérico	22
♦ 1.2.13. Toman protagonismo las máquinas herramientas con el aporte de la computadora	23
♦ 1.2.14. Nuevas aleaciones y el desarrollo de nuevos materiales permiten a las herramientas terminar el siglo XX a la vanguardia	25
♦ 1.2.15. Las herramientas y máquinas herramientas entran en una nueva era, el futuro se hace presente. Llegan el láser T y el ultrasonido	26
1.3. Actividades propuestas	27

2. Diseño y uso de Máquinas Herramientas

2.1. Desarrollo	08
♦ 2.1.1. ¿Qué es una máquina herramienta?	08
♦ 2.1.2. Rubros más destacados en el uso de máquinas herramientas	09
♦ 2.1.3. Industrias del rubro metalmecánico que utilizan máquinas herramientas	10
♦ 2.1.4. Procesos productivos más utilizados	12
♦ 2.1.5. Proceso de mecanizado sin arranque de viruta	13
♦ 2.1.6. Algunos procesos con arranque de viruta	13

♦ 2.1.7. Máquinas herramientas convencionales torno y fresadora	14
♦ 2.1.8. Otras máquinas convencionales	17
♦ 2.1.9. Máquinas herramientas con CNC	19
♦ 2.1.10. Centros de mecanizados	10

2.2. Actividades propuestas	22
------------------------------------	-----------

3. Diseño y uso de Herramientas de corte

3.1. Herramientas de corte	08
♦ 3.1.1. Los orígenes	08
♦ 3.1.2. Arranque de viruta	09
♦ 3.1.3. Herramientas de acero	10
♦ 3.1.4. El hardmetal	12
♦ 3.1.5. Insertos en Metal Duro	14
♦ 3.1.6. Los revestimientos	17
♦ 3.1.7. Torneado y fresado	18
♦ 3.1.8. Las cerámicas	19
♦ 3.1.9. Herramientas de CBN	21

3.2. Actividades propuestas	24
------------------------------------	-----------

4. Nuevos paradigmas en el mundo de las máquinas herramientas y herramientas de corte

4.1. Introducción	08
--------------------------	-----------

4.2. Desarrollo	09
♦ 4.2.1. Avances en aplicaciones de la electrónica CAD/CAM/CIM1.2.2. Aparición de las primeras máquinas	09
♦ 4.2.2. Avances en los procesos	11
♦ 4.2.3. Cambios rápidos y modulares	13
♦ 4.2.4. Avances aportados por la Robótica	14
♦ 4.2.5. Avances en los materiales	16
♦ 4.2.6. La ecología mecánica	16
♦ 4.2.7. Avances en mecanizados convencionales	17
♦ 4.2.7.1. El mecanizado por ultrasonidos	17
♦ 4.2.7.2. Mecanizado con láser	20
♦ 4.2.7.3. Mañana... será normal	22

4.3. Actividades propuestas	23
------------------------------------	-----------

1. Historia de las herramientas y las máquinas herramientas

Capítulo 1

1.1. Introducción

Para hablar de herramientas hay que remontarse hasta los orígenes del hombre porque, desde siempre, lo acompañaron en su evolución. Cuando las manos del hombre ya no eran suficientes para realizar alguna tarea, necesitó algún objeto o dispositivo para ayudarse, así nacieron las herramientas.

Por eso, en una simple definición, podemos decir que “las herramientas son una prolongación de la mano del hombre”.

Si bien las herramientas fueron variando en cuanto a su forma, diseño, tamaño, calidad, hoy en día siguen siendo el principal auxilio con que cuenta el ser humano para realizar su trabajo. Miles de ellas surgieron en esa evolución, empezando por la simple palanca que, sin duda, fue una de las primeras.

Es posible enmarcar cronológicamente los distintos procesos de cambio que realizaron las herramientas desde las primeras y rudimentarias piedras talladas hasta las actuales.

1.2. Desarrollo

Al hablar de herramientas y máquinas herramientas es menester aclarar que, contando ambas con distintos orígenes, la historia se encargó de unir sus desarrollos y evolución, al punto de existir en la actualidad una dependencia directa de unas con otras, siendo ambas pertenecientes a industrias distintas.

Cronología



6000 aC

El origen de las herramientas puede situarse hace más de **50.000 años** durante la **Edad de Piedra**. Aparecen las primeras **flechas y cuñas** preparadas por nuestros antepasados.



4500 aC

El primer salto evolutivo destacable se comienza a ver hace unos **6.500 años** durante la **Edad de Bronce**. Se producen **utensilios para alfarería**. Los más antiguos hallazgos arqueológicos los datan en esa época.



1500 aC

Hace **3.400 años**, durante la **Edad de Hierro**, se desarrollan las primeras herramientas de **corte** el hombre comienza a trabajar con **corta fríos** y unos **rudimentarios taladros**.

Los conceptos de herramienta y de máquina herramienta difieren bastante. Las herramientas son pensadas en función de los materiales (tanto en su fabricación, como con el material con el que se trabajará), mientras las máquinas herramientas son pensadas en función de la operatoria a realizar por ésta (será diseñada para realizar distintas operatorias como: agujerear, cortar, pulir, torneear, fresar, etc.).

Si bien siempre unas dependieron de las otras, es interesante ver cómo una superaba a las otras y se invertían las supremacías, según el momento histórico y posibilidades de desarrollo, que las llevó a una no buscada competencia que sirvió para su extraordinario crecimiento y evolución.

1.2.1. Herramientas como prolongación de la mano del hombre

Desde nuestros orígenes, el hombre aprendió a manipular elementos simples. Posiblemente, empezó a hacerlo cuando ya no pudo realizar su trabajo con las manos.

Tanto fueran simples utensilios para uso diario, como otros elementos verdaderamente utilizados para efectuar algún trabajo determinado, en lo conceptual, podemos decir que las herramientas son la prolongación de la mano del hombre. En lo real, decimos que las herramientas son el medio que permiten al hombre realizar lo que no puede hacer con las manos.

No sabemos a ciencia cierta cuándo el hombre tomó conciencia de utilizar un adminículo que le fuera útil para lograr su objetivo.

Pasaron muchos años desde las primeras flechas y cuñas hechas por nuestros antepasados, pasando por la palanca, la rueda, el canasto, la cuerda, los recipientes, etc. Aprender a dominar el fuego, y más tarde, con ese fuego

Como aporte adicional se incluye un anecdotario que recopila comentarios y sucesos que se consideran interesantes para compartir con los alumnos. La idea es brindar información complementaria a las imágenes y los contenidos desarrollados en el documental.

ANECDOTARIO



1000 aC

Cuando el hombre ya no pudo con sus manos y herramientas manuales, comienza a desarrollar aparatos o dispositivos que, mediante algún sistema de rotación de una pieza, le permitieron trabajar la superficie de ésta, transformándola.

Unos **1.000 años antes de Cristo**, durante el Imperio persa, en el litoral situado entre los ríos Tigris y Éufrates, se localizan lo que podríamos llamar las primeras e insipientes máquinas herramientas, **los tornos alfareros** construidos en madera y accionados con el pie.

100 aC

Luego **los celtas, unos 100 años antes de Cristo**, realizan brazaletes metálicos, mecanizados en máquinas rudimentarias impulsadas por molinos de agua junto a arroyos o vertientes, que les permitían desarrollar el movimiento circulatorio.

manipular metales, no hizo más que reafirmar una mejora en sus habilidades y su intelecto. El hombre pasó por la Edad de Bronce, la Edad de Hierro, y en todas estas etapas las herramientas creadas fueron muy pocas, casi no contaron con una trascendencia tal que justificara su mención. Podríamos decir que recién hace unos 3.400 años antes de Cristo, el hombre comenzó a utilizar unos rudimentarios taladros, masones de golpe y corta fríos, todos pertenecientes a la Edad de Hierro. Se podría decir que estas fueron las primeras herramientas medianamente equiparables a las herramientas actuales, cumpliendo estas las mismas funciones que sus similares modernas. Con el tiempo, la evolución puso su parte y el desarrollo e ingenio del hombre puso la otra. El hombre creció, con él también sus necesidades, y con estas aparecieron nuevos utensilios que terminaron en herramientas, cuando de trabajo se trataba.

Hoy la herramienta es la mejor aliada del hombre cuando este emprende un trabajo, es más, resulta muy difícil hablar de un trabajo sin hablar de sus herramientas, la fuerza de esta palabra ha llegado a tal punto, que hemos llegado a su desmaterialización, incluso hoy día, solemos hablar para determinados trabajos, de herramientas intelectuales.

Todo un paradigma. Para finalizar podríamos decir, como síntesis, que desde el principio y casi toda la vida, el hombre y la herramienta han compartido sus historias.

1.2.2. Aparición de las primeras máquinas

¿Cómo hacer para determinar cuáles fueron las primeras máquinas?

Primero, tendríamos que definir qué interpretamos por máquina. Se entiende por máquina al conjunto de piezas o elementos, móviles o no móviles que por efecto de su enlace es capaz de transformar la energía que se le suministra.

Si a esta palabra le agregamos, máquina usada como herramienta, nos tendríamos que remontar al Imperio persa entre 600 y 500 aC. con los primeros telares textiles porque entonces, se utilizaban rudimentarios tornos alfareros, cuya función era la de poner en una situación giratoria a la pieza a trabajar.



1250

Pasaron muchos años hasta que en el año **1250 después de Cristo** se desarrolla, un sistema de impulsión a pedal para obtener movimientos circulatorios de torneado y taladrado, principales movimientos requeridos para los procesos de mecanizado de la época.

1400

Recién a fines del **siglo XV**, **Leonardo da Vinci**, en su “Códice Atlántico” realizó bocetos de varios tornos que no pudieron construirse por falta de medios, pero que sirvieron de gran orientación para los próximos desarrollos.

Leonardo dedicó mucho tiempo a calcular relaciones de engranajes y formas ideales de dientes. Sumado a esto, la utilización de las novedosas herramientas de **acero al carbono**, se pensó que ya existían todas las condiciones para un fuerte desarrollo. Sin embargo, hasta mediados del **siglo XVII** el desarrollo tecnológico fue prácticamente nulo.

Tecnológicamente, se diría que las primeras máquinas herramientas fueron tornos y taladros muy sencillos cuando el hombre dejó libre sus manos, pudiendo imprimir el movimiento necesario con el pie, mediante el artilugio de pedal y pértiga flexible. Esto fue -aproximadamente- en un período posterior al Imperio romano, entre los años 1000 al 1200 de nuestra era. Durante muchos años posteriores, los tremendos cambios sociales y culturales producto de las constantes luchas, guerras e invasiones mutuas entre imperios y naciones, del hasta entonces mundo conocido, no permitieron mayores desarrollos. Solo tuvieron evolución aquellos vinculados al diseño y la fabricación de armamentos. Se podría decir que fue un periodo de la historia con sociedades abocadas a sus necesidades mínimas y no a la investigación. Entre los siglos XV y XVIII comienzan a aparecer en el mundo síntomas de cambios muy profundos. Transcurren las guerras religiosas, el expansionismo europeo con los imperios marítimos, la colonización de América, las revoluciones burguesas en Holanda, Inglaterra, Norteamérica, Francia, por citar algunos ejemplos, hechos que concentraron la atención de las sociedades de la época. También, época donde surgen mentes brillantes como Voltaire, Galileo Galilei o Miguel Ángel Buonarroti que contribuyen al cambio. En lo referente a las máquinas, también aportan lo suyo, ilustres como el prodigio matemático francés Blaise Pascal, quien denuncia el principio que lleva su nombre en el “Tratado sobre el equilibrio de los líquidos” y descubre el principio de la prensa hidráulica; o como el florentino Benvenuto Cellini que construye la primera prensa de balancín o el incomparable Leonardo da Vinci.

1.2.3. Bocetos de Leonardo da Vinci

Prácticamente, es imposible pasar por esta época de la historia sin mencionar a Leonardo da Vinci, sea cual fuere el tema que se analice. Hombre de una inteligencia, inventiva y creatividad casi únicas. No es fácil hablar de Leonardo, por la admiración y respeto que provoca tan solo su nombre, toda una marca registrada. Este florentino, vegetariano, efectuó significativos aportes a la arquitectura, botánica, medicina, pintura, escultura, física y, también, a la mecánica. Como inventor dejó los planos del primer tanque de guerra y el principio del helicóptero. Pero sobre todo diseños de máquinas herramientas como: una máquina para acuñar monedas, una lamina-



1690

El francés Denis Papin, con el experimento de su famosa “marmita”, realizado en 1690, dio a conocer el principio de la máquina de vapor. Poco después, Thomas Newcomen inició la construcción de rudimentarias máquinas de vapor “máquinas de fuego” que fueron utilizadas para achicar el agua en las minas inglesas.

Pero, definitivamente, fue **James Watt** quien ideó y construyó la **máquina a vapor** para usos industriales, este gran invento dio origen a lo que se llamó la **primera Revolución Industrial**.

1751

Para 1751 el desarrollo siderúrgico permitió la fabricación de las primeras **mechas para agujerear de aceros al carbono**, que utilizan agujereadoras y taladradoras de uso industrial.

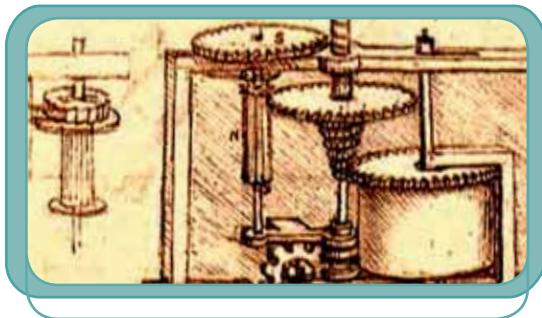
dora, una recortadora, y un sinnúmero de variantes de tornos y sus dispositivos. No pudo fabricar estas máquinas por falta de medios, pero dieron origen a la mayoría de las construidas con posterioridad por los más importantes fabricantes de máquinas herramientas.

Son seis los diseños de tornos completos hechos por Da Vinci, todos innovadores, sencillos y prácticos.

Aunque parezca increíble, el mayor aporte efectuado por Leonardo a la mecánica fueron los bocetos recopilados, luego de su muerte, por su discípulo Francesco Melzi, en su "Códice Atlántico" (Atlantico por el tamaño de los atlas o bocetos, no por el océano) en los que dedicó muchísimo tiempo al cálculo de relación entre engranajes y la forma ideal de los perfiles y ángulos de los dientes de los engranajes.

Su aporte fue tal que, hoy día, en la mayoría de las universidades del mundo en las que se estudia ingeniería se analizan los bocetos de Leonardo como introducción al estudio de engranajes. El mundo de la mecánica cimentó su desarrollo futuro gracias a los trabajos y estudios de Leonardo. Motores, transmisiones, máquinas herramientas, vehículos mecánicos, o todo tipo de maquinaria que utiliza engranajes aplican los principios de Leonardo, desde el comienzo de sus diseños hasta la fabricación, todos vigentes hasta el día de hoy.

Seguramente, el mundo de la mecánica no sería el mismo de no haber existido Leonardo da Vinci.



1.2.4. Aparición de la máquina de vapor

Un tema primordial para la época era encontrar la forma de suministrar la energía que permitiese funcionar a las máquinas herramientas. Generalmente hasta ese entonces, la energía era suministrada por molinos de agua o por sistemas de tiro.

Los molinos de agua eran operables si podían instalarse a la rivera junto a un arroyo o río cercano que permitiese, mediante el curso de agua, el movimiento de las aspas del molino que,

1765

En 1765, John Wilkinson desarrolla los primeros **taladros para construir cañones**. La mayoría de las máquinas de la época se utilizaban para la industria armamentista, siendo estos taladros los primeros con columna central, todo un adelanto.

Durante este periodo se produjo el gran desarrollo de un sinnúmero de maquinarias que permitieron un rápido crecimiento del rubro metalmeccánico en los países más desarrollados de la época. Gran cantidad de máquinas creadas para el trabajo en madera son mejoradas y reformadas para su utilización con materiales ferrosos. En ese entonces se crearon los tornos totalmente metálicos, tornos de torretas, tornos copiadores, acepilladoras, mortajadoras, taladradoras, pulidoras y fresadoras, entre otros.

al producir el movimiento giratorio, producían la energía necesaria. Siempre se dependía de las condiciones climáticas para contar con el suficiente caudal de agua en esos cursos.

En cuanto al sistema de tiro, consistía en una rueda de unos 5 a 6 metros de diámetro aprox. puesta en forma horizontal en la que se colocaban animales de tiro que, girando durante varias horas, generaba energía. Por estos condicionamientos las máquinas herramientas debían instalarse en lugares que tuvieran baldíos o terrenos próximos a los talleres para la manutención de los animales. Un francés, Denis Papin, dio a conocer en 1690 el principio fundamental de la máquina de vapor. Unos años más tarde, Thomas Newcomen en 1712 construyó unas rudimentarias máquinas de vapor que se utilizaron para achicar (extraer) el agua en las minas inglesas de carbón. Finalmente, James Watt, un joven escocés de 29 años, construyó, bajo su diseño en 1765, las primeras máquinas de vapor de uso industrial, que permitieron la independencia de las máquinas en el uso de energía. La máquina de Watt permitió más flexibilidad en la instalación de las máquinas herramientas, incluso podía aplicarse en equipos pequeños, permitiendo una pronta proliferación de industrias de todo tipo (para la época industrias muy importantes como la textil, naval, construcción, armamentística, ferroviaria, entre otras) lo que provocó el mayor espaldarazo a lo que la historia conoce como Revolución Industrial.

Lo malo de las máquinas de vapor es que eran muy ruidosas, difíciles de encender, requerían de mucho mantenimiento y, lamentablemente, resultaron muy sucias y contaminantes. Sus detractores las llamaban las máquinas de negro, en alusión a las grandes nubes de humo negro que generaban cuando estaban trabajando a pleno.

Tampoco eran muy populares entre quienes tenían que manejarlas, ya que la mayoría de sus operadores tenían un sinnúmero de cicatrices, producto de quemaduras muy frecuentes porque no contaban con las mínimas medidas de seguridad.

1.2.5. La Revolución Industrial

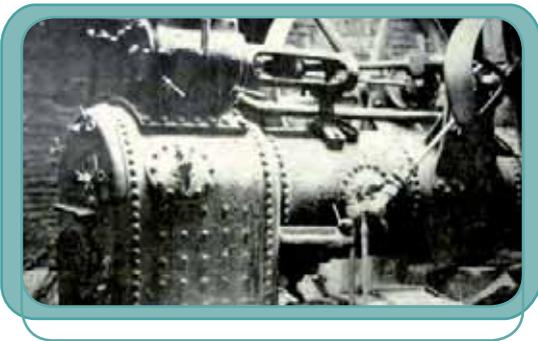
Le llevó mucho tiempo a Watt mejorar su invento. Para fines de 1780 pudo perfeccionar la máquina de vapor convirtiéndola en una verdadera aplicación práctica como proveedora de energía a las máquinas herramientas.



1850

Hasta 1850 los ingleses fueron los líderes y prácticamente los únicos fabricantes de máquinas herramientas. A partir de esa fecha se dedicaron, principalmente, al diseño y la fabricación de grandes máquinas, con el fin de dar solución al mecanizado de piezas para los ferrocarriles en cuyo desarrollo estaban comprometidos. **Fue a partir de ese momento cuando los americanos se impusieron en el ámbito mundial en la fabricación de máquinas herramientas más ligeras, universales y de producción hasta fines del siglo XIX.**

Para ese entonces, después de muchos intentos fallidos debido a que no se podían obtener tolerancias adecuadas en el mecanizado de cilindros en barrenadoras o mandrinadoras de la época para la fabricación de cañones, el industrial inglés John Wilkinson (llamado “Hierro enojado” por su mal carácter, y su terrible obsesión con el hierro fundido¹) construye, por encargo de Watt, una mandrinadora-agujereadora de diseño novedoso y técnicamente avanzado, por su mayor precisión. Con esta máquina herramienta, equipada con un ingenioso cabezal giratorio y desplazable, se consiguió un error máximo del espesor de una moneda de seis peniques en un diámetro de 72 pulgadas. Evidentemente una tolerancia muy grosera, hoy día, pero suficiente para garantizar el ajuste y hermetismo entre pistón y cilindro de la máquina de vapor de Watt. A la máquina de vapor se le suma una importante mejora en las tolerancias de fabricación, y las primeras herramientas de acero al carbono, la sumatoria de las tres novedades tecnológicas resultan los puntales de los grandes cambios y desarrollos que dieron vida a la Revolución Industrial.



Las máquinas creadas originariamente para el procesamiento de la madera fueron copiadas, pero mejoradas para su utilización con materiales ferrosos. Así, nacen máquinas herramientas como: **tornos totalmente mecánicos** (por ese entonces los bastidores y bancadas eran de maderas duras, que fueron mayormente reemplazadas por piezas de fundición); **tornos con torretas** (se usaban con un solo porta herramientas, la variante estaba en incorporar varias herramientas para distintas operatorias en una misma torreta); **tornos copiadores mejorados** (con la

particularidad de poder efectuar piezas idénticas, mecanizándolas con un dispositivo llamado copiador, que permitía copiar un diseño patrón y así hacer todas las piezas iguales); y un número importante de máquinas herramientas desarrolladas en esa época. **Las acepilladoras, mortajadoras, y taladradoras** fueron mejoradas, mientras que las **pulidoras**, también llamadas **rectificadoras**,

¹ Llegó a diseñar y fabricar ataúdes de fundición y hasta un obelisco totalmente de hierro fundido hecho en partes. Murió en 1808 y fue enterrado en uno de sus ataúdes de hierro.

1850



El inglés Joseph Whitworth, perfeccionó el **torno paralelo** de tal manera, que su diseño **monopolea** de 1850, ha tenido vigencia hasta nuestros días. Además, Whitworth fue fabricante de herramientas y **fue quien desarrolló el sistema de rosca que lleva su nombre basado en la pulgada**, rápidamente introducido en la industria. En 1861 fue adoptado por el Institute of Civil Engineers de Inglaterra, los americanos lo adoptaron en 1868. En 1890 los norteamericanos perfeccionan el torno de Whitworth incorporando la **caja de cambios Norton**, vigente hasta nuestros días.

1865

En 1865 las prestaciones de las máquinas herramientas aumentan al equiparse con las nuevas herramientas fabricadas con **aceros aleados**, descubiertos por **Robert Mushet**, lo que permitió duplicar las prestaciones productivas respecto a las herramientas de acero al carbono conocidas hasta entonces.

fueron rediseñadas para el uso de nuevos tipos de piedras. Por último, nace la -quizás- máquina de mayor desarrollo desde su creación hasta nuestros días, la **fresadora**.

Durante las guerras napoleónicas se puso de manifiesto el problema que creaba la falta de piezas intercambiables en el armamento que se usaba. Era un problema al que se le debía encontrar solución ya que los presupuestos en la reposición de armamento eran impresionantes. Había que diseñar y fabricar máquinas herramientas adecuadas, ya que no existía uniformidad en las medidas y tolerancias que se pedían, siendo hasta entonces de una fabricación casi artesanal.

El ingeniero inglés Henry Maudslay, mejorando lo que hizo Wilkinson, fue uno de los primeros en dotar a sus máquinas de mayor precisión. En 1897 construyó un torno para cilindrar que marcó una nueva era en la fabricación de máquinas herramientas, con altísima precisión, realizado en una estructura totalmente metálica y rígida. La influencia de Maudslay en la construcción de máquinas herramientas británicas perduró durante gran parte del siglo XIX, a través de sus discípulos. Los destacados Richard Roberts y Joseph Whitworth trabajaron a sus órdenes.

Durante todo el siglo XIX se construyeron una gran variedad de tipos de máquinas herramientas para dar respuesta, en cantidad y calidad, al mecanizado de todas las piezas metálicas de los nuevos productos que se iban desarrollando.



1898

En el año 1898, se produce un hecho trascendente para la industria en general y, más aún, para las herramientas y máquinas herramientas. En los Estados Unidos, **Frederick Winslow Taylor**, mundialmente conocido como “**el padre de la industrialización moderna**”, incorpora a unos aceros Mushet un porcentaje de tungsteno logrando, luego del temple, que esta herramienta no pierda su filo al ser sometida a condiciones extremas, trabajando en forma muy rápida. Por eso se los llamó **aceros rápidos**. Tal vez, éste sea el descubrimiento más importante ocurrido a fines del **siglo XIX**, en el rubro metalmeccánico a nivel mundial.

Taylor no solo los descubrió, sino que efectuó ensayos en más de 400.000 toneladas de los más variados aceros de la época, desarrollando parámetros, normas y conceptos técnicos para las herramientas de corte, que mantienen total vigencia en la actualidad.

1.2.6. El aporte de Joseph Whitworth

En el momento de mayor desarrollo de la máquina herramienta, el millonario británico Sir Joseph Whitworth² desarrolló un método de producción denominado de medidas finas, con el que se obtenían piezas con superficies planas. El sistema consistía en realizar el acabado frotando dos superficies con una mezcla de aceite y esmeril, logrando superficies planas con una exactitud maravillosa. Este polifacético hombre perfeccionó un torno paralelo al que le incorpora un dispositivo que permite realizar, en dicho torno, una rosca que lleva su nombre. En 1841 perfeccionó un sistema para roscas de tornillos ideado por él, que se transformó en el primer sistema estandarizado de rosca y que, con el tiempo, se convirtió en el “**Whitworth estándar británico**”, mundialmente conocido como rosca BSW, adoptado por el gobierno británico en 1884 y revalidado en 1956. La estandarización permitió una mejor organización y manejo de piezas a rosca en la mayor industria desarrollada por los ingleses en esa época, los ferrocarriles. Su trascendencia fue tal que, en determinado momento y a través de los ferrocarriles ingleses, esa rosca fue conocida y utilizada en casi todo el mundo. Ya para 1850, Whitworth era reconocido como el primer y mayor constructor de máquinas herramientas del mundo. También se lo conoce por introducir en las máquinas herramientas la caja Norton: una caja de velocidades que permite transmitir la velocidad en la máquina mediante el uso de engranajes reemplazando las poleas. Una variante que mantiene vigencia hasta nuestros días.

1.2.7. Las herramientas al rojo vivo de Taylor

Ya casi finalizando el siglo XIX, se produce uno de los acontecimientos más importantes del rubro metalmecánico. Exactamente en 1898, el ingeniero norteamericano **Frederick Winslow Taylor**, sin saberlo, hizo un descubrimiento que se transformaría en un hito y pondría a las herramientas de corte en una posición privilegiada. Experimentando con su colega **Maunsel White** con unos aceros Midvale N° 68, al que les había agregado altos contenidos de tungsteno y

² Durante el curso de su vida hizo una gran fortuna siendo una persona caritativa. Consecuentemente, él podía establecer becas de estudios para alumnos indigentes, o de muy bajos recursos, conocidas como las becas Whitworth, lo que le valió ser nombrado “Sir” por la reina Victoria de Inglaterra, y que el edificio principal del campus de la Universidad de Manchester lleve su nombre.

1908



Juntamente para la misma época y, cuando las fuentes de energía del siglo XIX se manifiestan insuficientes, aparecen los **motores de corriente continua** fabricados en pequeña escala reemplazando a las máquinas de vapor. Esto provoca un gran impulso en la fabricación de las herramientas y máquinas herramientas. Por ejemplo: en 1908 Henry Ford, monta una mega fábrica para la producción de su modelo “T” en Detroit, Estados Unidos, donde se perfeccionan una gran cantidad de máquinas herramientas adaptadas a las características exigidas por la moderna industria automotriz, y las revolucionarias herramientas de **acero rápido** desarrolladas por Taylor. A estos cambios se le suman las necesidades impuestas por la Primera Guerra Mundial, que aceleraron el proceso de desarrollo.

romo, comprobó -accidentalmente- que calentándolo casi hasta la temperatura de fusión para templearlo, adquiriría una nueva y desconocida propiedad que la denominó **dureza al rojo vivo** (las publicaciones de la época la denominaban **rojo cereza**). Esa propiedad consistía en conservar la dureza de temple hasta temperaturas del orden de los 600° grados centígrados, temperatura que sólo se puede generar durante el corte de metales, sobre todo sometido a la fricción de altas velocidades de corte. Justamente, los operarios de la empresa Bethlehem Iron Company, en la que Taylor trabajaba como consultor, fueron los que hablaban de un acero para trabajar muy rápido. Al poco tiempo, pasaron a denominarlos -genéricamente- como **aceros rápidos**. Gracias al descubrimiento de Taylor y White, la firma en la que se produjo el novel descubrimiento y en la que también se efectuaron ensayos posteriores, pasó a llamarse **Bethlehem Steel Company**.

HERRAMIENTAS JÓVENES: El documental se refiere a los orígenes mismos, tanto de las herramientas como de las máquinas herramientas. Sin embargo, tuvieron que pasar muchos años como para poder decir: “esta es una verdadera herramienta de corte”; lo mismo para decir esta es una “buena máquina herramienta”.

Tengamos en cuenta que hasta 1898, año en el que Frederick Winslow Taylor descubre el acero rápido, se utilizaban generalmente **aceros al carbono**, aceros similares a los que se mecanizaban pero templados. Es decir, con una limitada dureza superficial, ya que su composición no permitía que fueran más duras, condición que las transformaba en herramientas de corte muy débiles, que debían ser afiladas constantemente.

La industria metalmeccánica, al no contar con herramientas de calidad, limitaba el diseño de las máquinas herramientas. No se justificaba, para sus necesidades, fabricar maquinaria más sofisticada que la que había.

La llegada de los **aceros rápidos** de Taylor, dió origen a un cambio total en el mundo metalmeccánico. A partir de ese momento, comienza una vertiginosa carrera entre los fabricantes de herramientas y los de máquinas herramientas para obtener el liderazgo del mercado.

¿Quiénes estaban más avanzadas, las herramientas o las máquinas herramientas?

Esta carrera sigue vigente en nuestros días, fogueando la competitividad de los fabricantes de ambas alternativas.

ANÉCDOTA.01



1927

En la Feria de **Leipzig (Alemania)** en 1927 se presenta una herramienta que deslumbraría al mundo. La firma Krupp Widia Factory hace demostraciones con un nuevo material denominado “**hardmetal**” -expresión alemana de **metal duro**- bajo la marca “**Widia**”. **Herramienta que dará la vuelta al mundo con esa denominación**. La firma de la familia Krupp, pasará a ser la mano derecha de Adolf Hitler, motivo por el cual ese material fue tratado como secreto militar durante toda la Segunda Guerra Mundial. Finalizada la guerra, la empresa fue confiscada a sus dueños y devuelta recién en 1953, cuando los secretos del poder alemán ya tenían amplia difusión.

Taylor siguió perfeccionándolo y en 1906 le incorporó vanadio, mejorando su calidad. Estas herramientas revolucionaron el mundo metalmecánico ya que “no” existían máquinas herramientas que permitiesen obtener su máximo rendimiento, provocando en los fabricantes de máquinas el gran desafío de incrementar al triple las velocidades de corte de la época. Éstas podían trabajar a más de 40 metros por minuto, velocidades muy por arriba de los 10 metros por minuto que se utilizaban por entonces.

Con estas herramientas Taylor efectuó miles de ensayos para establecer las bondades que tenían mecanizando más de 400 toneladas de distintos tipos de materiales. También llamado el padre de la industrialización moderna, y artífice del movimiento empresarial denominado “Taylorismo”, estandarizó el diseño constructivo de distintas herramientas, adaptando cada diseño al material a mecanizar. Tan completo resultó su trabajo, que sus diseños aplicados con los aceros rápidos de hace más de 100 años, siguen vigentes hasta nuestros días.

1.2.8. La llegada de los motores de corriente continua

Llegando al fin de siglo, se produce un hecho que -sumado a las herramientas de Taylor- permitiría producir un vuelco trascendental en la convivencia de herramientas y máquinas herramientas. Las herramientas de acero rápido necesitaban mejoras sustanciales en las máquinas herramientas. Tal vez el cambio más importante se produce en el proveedor de energía de las máquinas, con la llegada y aplicación de los motores de **corriente continua**. Para ese entonces ya se contaba con tendidos de energía eléctrica en la mayoría de las grandes ciudades con polos industriales, y estos motores llegaron justo para el reemplazo de las rudimentarias y sucias máquinas de vapor que impulsaban la mayoría de las máquinas herramientas de la época, permitiendo eliminar una de las limitaciones que impedían el mejoramiento de las máquinas herramientas.



1945

Después de la gran contienda mundial, entre 1945 y 1955, se produjo el mayor desarrollo de las máquinas herramientas en el siglo XX, porque a su evolución natural hay que agregar la llegada de la **electrónica**. Se desarrollan tecnologías como: el control numérico “**CN**” mejorando notablemente las mediciones de tolerancias a obtener de esas máquinas y luego el control numérico computarizado “**CNC**” que se acopla a las máquinas y las herramientas; **AUTOCAD** (para el dibujo y diseño de las piezas); **CAD; CAD/CAM** y nuevos programas que en, la actualidad, permiten manejar las máquinas desde una simple computadora ubicada en una oficina.

El motor de corriente continua es una máquina de pequeñas dimensiones, que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante movimiento rotatorio.

En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que -con algunas modificaciones- ejercen tracción sobre un riel. Se los conoce como motores lineales. Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición par y velocidad la convirtieron en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Significó un gran espaldarazo a las máquinas herramientas, incluso permitió la realización de nuevos diseños más accesibles para las industrias más pequeñas.

Los motores de corriente continua y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose -únicamente- en su forma de utilización.

1.2.9. La mega fábrica de Henry Ford

Henry Ford, con la fabricación en cadena, revolucionó la industria automovilística. Realizó una apuesta muy arriesgada que solo sería viable si hallaba una demanda capaz de absorber su programada y masiva producción. Las dimensiones del mercado estadounidense ofrecían un marco propicio, y Ford evaluó correctamente la capacidad adquisitiva del hombre medio estadounidense a las puertas de la futura sociedad de consumo. La fabricación en cadena permitiría ahorrar pérdidas de tiempo de trabajo, evitaba que los obreros se desplazaran de un lugar a otro de la fábrica. Ford llevó al extremo las recomendaciones de la “organización científica del trabajo” de Frederick Winslow Taylor. Este proyecto fue entendido por los fabricantes de máquinas herramientas que debieron adecuarse a las necesidades impuestas por Ford y a las condiciones mínimas requeridas por las herramientas de Taylor.

La producción en cadena permitió romper los paradigmas más negativos del siglo pasado. Este sistema supone una combinación de cadenas de montaje, maquinaria especializada, altos salarios y un elevado número de trabajadores en plantilla. La producción resulta rentable, siempre que el producto final pueda venderse a un precio bajo. Gracias a Taylor y sus estudios, la organización de esta nueva mega fábrica era casi perfecta.

FINES DE SIGLO XX

La última parte del siglo XX, disparó los desarrollos de herramientas a niveles casi increíbles, la globalización ha hecho que la tecnología llegue a cualquier parte del mundo casi sin limitaciones. Sus desarrollos son imitados con tanta rapidez que prácticamente no existen exclusividades. Así llegaron las herramientas de **Cermet**, las **cerámicas** de primera y segunda generación, el increíble **nitruro de silicio**, herramientas de **CBN** (nitruro de boro cúbico) y de **PDC** (diamante policristalino).

SIGLO XXI

El siglo XXI, se reserva los derechos de aportarnos el futuro, ese futuro que está en las máquinas construidas a medida según la necesidad de quien las compra, utilizando las herramientas del futuro que ya existen el **láser** y el **ultrasonido**.

Este cambio de mentalidad generó grandes cambios conceptuales. Hasta ese momento, las máquinas herramientas eran lentas, robustas, muy poco ágiles, y con condiciones estructurales para la mecanización de piezas grandes y pesadas. Ford necesitaba máquinas rápidas, ágiles,



dimensionalmente preparadas para trabajar con piezas de medianas a pequeñas y de poco peso. En 1908 Henry Ford, logra poner en marcha la mega fábrica con el lanzamiento de su modelo “T”. Ya había producido desde 1903 los modelos “A”, “B”, “C”, y “N”.

Se dice que la elección de la letra T fue en agradecimiento por la colaboración que Frederick W. Taylor le brindó en la diagramación de la fábrica. Es de mencionar que Ford, impulsor del movimiento empresarial denominado “Fordismo” se contrapuso, con el tiempo, a muchos preceptos

de Taylor, a punto de modificar prácticamente casi toda la organización de fábrica. Lo único que no pudo modificar fue el uso de las herramientas hechas de acero rápido y diseñadas por Taylor.

ANÉCDOTA.02

DOS PERSONAS MÁS QUE IMPORTANTES: La historia quiso que las vidas de dos personajes importantes del mundo metalmeccánico Frederick Winslow Taylor y Henry Ford, se cruzaran a principios del siglo pasado.

Taylor, el **padre de la industrialización moderna** y artífice del movimiento denominado **Taylorismo**, estableció los principios relativos a la organización industrial. Henry Ford le pidió colaboración para el diseño, organización y montaje de su mega fábrica ubicada en Detroit, USA en el año 1904. Henry Ford fabricó varios modelos de automóviles a los que denominó con letras del alfabeto, modelos A, B, D y otros. Algunos no tuvieron el éxito esperado y se dejaron de fabricar. A modo de agradecimiento hacia Frederick Winslow Taylor, Ford denominó **modelo “T”** al automóvil fabricado en su mega fábrica. El **Ford “T”** se transformó en el modelo de autos Ford más vendido en los EEUU. Con el pasar de los años Henry Ford fue cambiando casi todos diseños de esquemas y organigramas que implementó Taylor en su fábrica, lo único que no pudo cambiar fueron las buenas herramientas de acero rápido que había creado Taylor.

Esos cambios en la organización de su fábrica con el tiempo dieron origen también a otro movimiento denominado **Fordismo**. Algunos intelectuales llaman a Henry Ford **“creador del Capitalismo moderno”**.

1.2.10. Osram y la aplicación del principio del filamento lumínico como herramienta de corte. Nace el Metal Duro

Para abastecer a toda Europa, Osram y AGD (General Electric Alemana) comienzan, en Alemania, la fabricación de lámparas lumínicas con filamento incandescente. Ese filamento estaba compuesto por tungsteno. Osram “pensó” que a mayor filamento, mayor luz. No era mala idea, pero el inconveniente se presentó cuando le entregaron el tocho fabricado con tungsteno de mayores

dimensiones, pero totalmente amorfo. Cuando pidió a su gente que se le efectuara una simple mecanizada, para que tomase una forma más cilíndrica, el tocho terminó destruyendo todas las herramientas conocidas hasta ese momento. Era un material extremadamente duro. Para poder hacerlo más grande lo carbonizaron y mezclaron con cobalto que sirvió como aglutinante. Surgió, entonces, un nuevo compuesto: un nuevo carburo muy duro. Los operarios lo llamaron **hardmetal**, en alemán **metal duro**. A Osram no le servía como filamento, entonces se lo ofrece a la empresa de la Familia Krupp, por ese entonces mano derecha de Adolf Hitler.

Krupp, que era dueño de varias minas para la extracción de metales en la península escandinava, manejaba a su gusto la comercialización de todo el mercado europeo de metales. **El metal duro** se presenta en la Feria Internacional de Leipzig -Alemania- en 1927, en un torno adaptado especialmente para mostrar sus bondades. Las publicaciones de la época lo referían como herramienta exótica del futuro, porque nunca antes se había trabajado en las condiciones en que lo hacía el metal duro. Se comercializó con la marca Widia, abreviatura de wier (en alemán como o igual) y diamant (en alemán diamante). “Widia”: igual o como el diamante, por equiparar su dureza a la del diamante. Widia se transformaría en el descubrimiento más revolucionario e importante del siglo XX en el rubro metalmecánico. En lo que a herramientas se refiere, su llegada tiró por tierra con todo lo conocido hasta entonces. El metal duro tuvo un tremendo desarrollo durante el transcurso de la Segunda Guerra Mundial. El gobierno nazi lo guardaba como secreto de Estado. Así se puede explicar la gran cantidad y calidad de armamento y mecanizados producidos por las fábricas alemanas, que desconcertaba a los otros países del conflicto.



1.2.11. Los aliados devuelven la fábrica a Krupp y estos denuncian la falta de 5.200 patentes de herramientas de metal duro

Los Krupp fueron uno de los grupos corporativos más grandes de Europa. Se relacionaron estrechamente con todos los gobernantes alemanes, desde Guillermo I hasta Konrad Adenauer (salvo durante la República de Weimar). Las armas y equipos que produjeron protagonizaron las guerras europeas desde 1866 hasta 1945, sus cañones llegaron a ser los más potentes del mundo. Las industrias del grupo Krupp AG fueron las principales aliadas del régimen nazi durante todo el transcurso de la Segunda Guerra Mundial. Además fabricar cañones, fue el principal abastecedor de herramientas y materiales de todo tipo, a las fábricas alemanas productoras de armamento, tanto en su territorio, como a las de las naciones ocupadas por el régimen nazi. Era comprensible la intervención directa de parte de los aliados al terminar la guerra sobre las industrias del grupo. Es más, se generó una gran disputa al tener que definir quién ejercería su control. Luego de un período de ocho años en manos de una comisión integrada por todos los países aliados, las fábricas del grupo -incluida la de herramientas- fue devuelta a sus originales dueños en 1953.

La primera medida adoptada por su reasumido director Alfred Krupp, fue hacer un inventario en las fábricas. El resultado en la fábrica de herramientas de Widia fue la falta de toda documentación perteneciente a unas 5.200 patentes registradas por Krupp Widia Factory de herramientas, muchas de metal duro, desarrolladas durante el período de guerra. El reclamo nunca prosperó, los aliados hicieron caso omiso al pedido de Krupp quien nunca dejó de reivindicar sus patentes. Evidentemente, el secreto alemán se puso al alcance de muchos. Desde ese momento surgió un gran número de fábricas de metal duro, tanto en los Estados Unidos como en Europa, lo que produjo un gran impulso a un mercado de herramientas de corte que ha ido creciendo año tras año. En la actualidad hay más de 150 fábricas de calidad reconocida distribuidas en el mundo. En la actualidad el grupo Krupp AG se ha fusionado con el grupo Thyssen AG, dando origen a ThyssenKrupp. La fábrica de herramientas Widia, luego de fusionarse con Valenite del Grupo Cincinnati, pasó a la órbita de Kennametal Co. de USA.

1.2.12. Diez años posteriores a la Segunda Guerra Mundial llega el primer CN, control numérico

Durante los conflictos bélicos suelen desarrollarse tecnologías militares que luego, utilizadas en forma civil, suelen aportar muchos dividendos.

El control numérico (CN) fue un desarrollo militar, pero idea de un civil.

El hombre desde hacía mucho tiempo quiso que alguno de sus inventos se manejara solo. Para el fin de la Segunda Guerra Mundial, existían diversas variantes ante la posibilidad de controlar una máquina sin manejo manual.

Varios años antes, la pianola era un buen ejemplo. Utilizaba una bobina de papel perforada con orificios que coincidían en un pentagrama musical, ese papel se desplazaba sobre un cilindro en el que se hallaban pequeños pernitos adosados, que a medida que este giraba se introducían o no en los orificios del papel perforado sobre el pentagrama. Los pernitos tenían topes que, por medio de viletas mecánicas, hacían sonar las teclas o cuerdas de la pianola emitiendo el sonido musical buscado.

Siguiendo este principio, Franco Stulen en 1946, adaptó una máquina de contabilidad de IBM para soluciones de ingeniería de diseños asociados a las láminas de un rotor de un helicóptero producido por la Parsons Corporations.

John T. Parsons introduce el invento en una máquina herramienta en 1948, con el objeto de resolver un problema de fresado de superficies complejas tridimensionales, aplicables para un proyecto aeronáutico juntamente con la Universidad de Massachusetts.

Tras años de desarrollo y algunos fracasos, en 1952 funcionaba un control experimental aplicado a una fresadora Cincinnati sin grandes resultados.

La programación utilizaba un código binario sobre una cinta perforada y la máquina herramienta ejecutaba movimientos simultáneos coordinados sobre sus tres ejes. A pesar de ser un sistema efectivo, los modelos desarrollados durante los años cincuenta y sesenta fueron poco eficaces y resultaron muy caros. Operarlos era muy difícil, había un programador, un perfoverificador de la cinta que se hacía por duplicado, una tercera persona debía colocarlo en la captadora de la máquina. Si se cometía un error en la programación original, no se podía corregir y se debía perfoverificar toda la cinta nuevamente, transformando al trabajo automatizado en una tarea sumamente engorrosa.

La cosa cambiaría con el desarrollo de la microelectrónica y la llegada de la computadora dando origen al CNC, control numérico computadorizado.

LA MÚSICA COMO INSPIRACIÓN: La idea de crear un dispositivo o aparato, que permita manejar una máquina herramienta en forma autónoma y sin la mano del hombre en los controles en forma directa, fue una utopía por muchos años. Lo increíble del caso es que la inspiración para descubrir un sistema para manejar controles de una máquina surgió a partir del principio de funcionamiento de una pianola musical.

Una pianola tiene, en su interior, un tambor giratorio con clavijas de madera, en el que se apoya un rodillo de papel que tiene impreso o escrito un pentagrama musical, donde se detalla un tema, cada una de las notas tienen una perforación importante por donde, al apoyarse el papel sobre el tambor, las clavijas se introducen en los orificios de las notas musicales.

Por un sistema interno esas clavijas están conectadas a las teclas de la pianola, que ejecutan el golpe a la tecla cada vez que estas se introducen en los orificios. La seguidilla de golpes va tomando continuidad y se logra obtener de la pianola la música del tema musical impreso en la bobina de papel.

El principio del papel perforado, dio origen a unas cintas perforadas, en estas se perforaba por medio de un sistema de órdenes alfanumérico la información necesaria como para mover controles mecánicos de las máquinas herramienta, permitiendo de esta forma su funcionamiento automatizado sin la mano del hombre en los controles.

Más adelante la electrónica simplificó el sistema en la transmisión de datos, pudiendo reemplazar los mandos mecánicos.

ANÉCOTA.03

1.2.13. Toman protagonismo las máquinas herramientas con el aporte de la computadora

En los años 50 el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), dependiente de la Universidad de Massachusetts juntamente con la firma Cincinnati ambas de los Estados Unidos, trabajaron en el desarrollo del **control numérico mecánico (CNC)** que no les aportó muchas satisfacciones. Como idea era muy buena, pero la puesta en práctica acarrea un sinnúmero de problemas de difícil solución.

La llegada de la computadora significó un cambio de 180 grados en el manejo del proyecto “control numérico”, permitiendo el desarrollo de las máquinas herramientas.

En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina a automatizar.

Hoy en día, las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, de esta forma el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria herramientas: tomos, agujereadoras, fresadoras, centros de mecanizado, rectificadoras, incluso en equipos de otros rubros como máquinas de coser, de envasar, de carga, de pintar, entre otras.

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Por ejemplo: En un torno se manejan dos ejes X y Z, mientras en una fresadora son como mínimo tres, X, Z e Y. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos,

líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales, ampliando las posibilidades de mecanizar piezas que hasta pocos años atrás eran prácticamente imposibles con máquinas convencionales. Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes, así ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el mecanizado de complejos moldes y troqueles para industria del plástico.

En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada, la máquina ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

El término "control numérico" se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de mecanizado. Dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, esta es capaz de mecanizar una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en altorrelieve o bajorrelieve, un grabado artístico, un molde de inyección de una cuchara o una botella... lo que se quiera.



Al principio hacer un programa era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer. Era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aún así, era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales cuando se hacían grandes producciones.

Actualmente, muchas de las máquinas modernas trabajan con lo que se conoce como "lenguaje conversacional" en el que el programador escoge la operación que desea y la máquina le pregunta los datos que se requieren. Cada instrucción de este lenguaje conversacional puede representar decenas de códigos numéricos. Por ejemplo, el maquinado de una cavidad completa se puede hacer con una sola instrucción que especifica el largo, alto, profundidad, posición, radios de las esquinas, etc. Algunos controles cuentan con graficación en pantalla y funciones de ayuda geométrica. Todo esto hace la programación mucho más rápida y sencilla. Las ventajas, dentro de los parámetros de producción explicados anteriormente, son:

Posibilidad de fabricación de piezas imposibles o muy difíciles: Gracias al control numérico se puede obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.

Seguridad: El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos, por la posibilidad de mecanizar a grandes velocidades.

Precisión: La máquina herramienta de control numérico tiene mayor precisión respecto de las clásicas, con tolerancias imposibles de obtener de otra forma.

Aumento de productividad de las máquinas: Disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control. Todo un cambio evo-

lutivo que llevó a las máquinas herramientas a ser las reinas de la década de los 70 y 80. Para ese entonces comenzaron a aparecer nuevas herramientas para un óptimo aprovechamiento de estas máquinas herramientas.

1.2.14. Nuevas aleaciones y el desarrollo de nuevos materiales permiten a las herramientas terminar el siglo XX a la vanguardia

En los años 80 se hablaba acerca de las reservas de tungsteno que quedaban a nivel mundial, algunos presagiaban que pronto faltaría, lo que significaba un grave problema para los fabricantes de herramientas de metal duro.

Esto llevó al desarrollo de ensayos con otros compuestos, incluso recurriendo a materiales que fueron descubiertos años atrás pero se aplicaban como herramientas de corte. Tal es el caso de las cerámicas de óxido de aluminio, descubiertas en la década del 60 pero de nefasta aparición en el mercado de las herramientas a principios de la década de los 70.

Las **cerámicas** fueron mejoradas y ensayadas durante mucho tiempo para no cometer el mismo error de años atrás. Las primeras cerámicas eran de color blanco, las de segunda generación -mejoradas con nitruro, carburo de titanio y neobio, entre otros compuestos- se introducen en el mercado de color negro para diferenciarlas de las anteriores. Funcionaron muy bien, tanto que en poco tiempo hicieron olvidar el fracaso de sus hermanas antecesoras.

Básicamente, el mercado de cerámicas se revitalizó en Japón y Alemania, ambas naciones principales productoras de herramienta cerámica a nivel mundial. Estados Unidos es el tercer productor, pero muy lejos de los anteriores.

Una de las **cerámicas** más destacadas es el **nitruro de silicio** (su origen es **arena**). Se utiliza para otras aplicaciones, por ejemplo: como material aislante (es uno de los principales aislantes utilizado en forma de baldosones, en el trasbordador espacial por la Nasa), como chips para la industria de la electrónica. Podríamos decir que, considerando su alto rendimiento y bajo costo, se trata de la cerámica más revolucionaria del siglo XX.

Estas herramientas provocaron mucho revuelo en el mercado metalmecánico, sobre todo para los mecanizados. Como en la época de Taylor, obligaron a obtener el máximo rendimiento de las máquinas herramientas del momento, ya que las condiciones de uso, eran muy superiores a las utilizadas hasta entonces con las herramientas de metal duro, sobre todo en el mecanizado de fundiciones.

También se desarrolla el ya conocido **nitruro de boro cúbico**, descubierto en 1957 por el científico Robert H. Wentorf Jr. en la firma General Electric Company, llamado **Borazon**. Se descubrió cuando se realizaba un experimento para obtener un diamante artificial. El **Borazon** resultó un material muy noble, de dureza apenas un punto menor al del diamante. En la actualidad, se utiliza como herramienta de corte por las industrias automotriz, aeronáutica y siderurgia. Tiene un costo de fabricación muy alto, pero bien utilizado se pueden obtener altísimos rendimientos, si se cuenta con la máquina herramienta adecuada para trabajar.

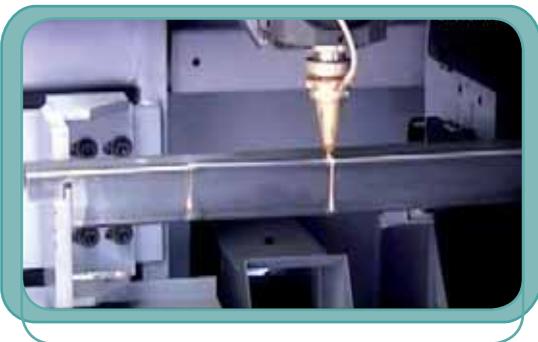
Por último, mencionamos **las herramientas de diamante policristalino** desarrolladas en forma estándar en la década del noventa. Son ideales para todo tipo de mecanizados para materiales no ferrosos, no metálicos, y compuestos como: PVC, nylon, fibra de vidrio y otros, todos ellos

de difícil mecanización poco tiempo atrás.

A esto podemos agregar que las sospechas de los años 80 en cuanto a las reservas de tungsteno para producir metal duro, eran infundadas ya que en la actualidad la producción mundial de metal duro goza de muy buena salud y sigue en ascenso, siendo en la actualidad el 65% de las herramientas de corte que se consumen en el mundo.

1.2.15. Las herramientas y máquinas herramientas entran en una nueva era, el futuro se hace presente. Llegan el láser T y el ultrasonido

Llegamos al siglo XXI. El desarrollo ha sido mucho y continuo. La técnica y la ciencia no se detienen, las industrias cuentan con una gran variedad tanto de herramientas como de máquinas para su mejor explotación. En los pocos años que van de este siglo, se presentaron muchas alternativas nuevas.



Surgen las herramientas de **CERMET** (abreviatura de cerámica metalizada). El Cermet es un nuevo compuesto de carburo y nitruro de titanio que compite abiertamente con el metal duro. Tiene mejores propiedades que la mayoría de los aceros, es 30% más liviano. Aún resulta caro, pero a medida que se incremente su producción disminuirá el costo. Ya se fabrican calidades revestidas, con propiedades muy similares propiedades y más barato.

El desarrollo de nuevos procesos de fabricación del propio metal duro ha mejorado sus calidades por medio del uso de molienda por ultrasonido, naciendo el **micro gránulo**. El **micro gránulo** permite una mejor obtención de los prensados de los materiales mejorando la calidad del material y su utilización al contar con un compuesto más homogéneo, que hasta permite contar con ángulos de corte antes inexistentes.

También se ha mejorado en los procesos de mecanizados. Se desarrollaron los novedosos **MAV (mecanizado de alta velocidad)** y los **MAA (mecanizados de altos avances)** con herramientas nuevas utilizadas para tal fin, para trabajar a altas velocidades, o altos avances. A estas herramientas se suma software apropiado, revolucionando los mecanizados de este siglo. Con la llegada de nuevos materiales, por ejemplo: fibra de carbono, también surgen nuevas máquinas herramientas que deben adaptarse a las variantes impuestas por el manejo de esos materiales y las nuevas necesidades productivas.

El avance de la tecnología es arrollador. Un ejemplo se ve en el desarrollo de las nuevas máquinas de **fresado por LÁSER**. Al fresado convencional se le acopla un dispositivo que efectúa el proceso de terminación por medio de un haz de luz láser que desintegra la superficie mecanizada, obteniendo una rugosidad (terminación) increíble. La fresadora cuenta con un dispositivo que somete a la herramienta que gira a una frecuencia de ultrasonido. El término “ultrasonido” se debe a que la vibración emitida se produce a una frecuencia próxima a los

20kHz (vibra unas 20.000 veces por segundo), frecuencia que está en el rango de los ultrasonidos. El filo de la herramienta destruye la superficie, que mecaniza al mismo tiempo, logrando rendimientos imposibles de obtener con las herramientas convencionales.

Como se podrá ver, la unión herramienta - máquina herramienta cada vez es mayor. Quizás en algunos años, ambas sean una sola.

1.3. Actividades propuestas

1.- El listado de preguntas que se desarrolla refiere los contenidos del Capítulo 1 de la Serie: Máquinas y Máquinas Herramientas. Se sugiere, después de ver el capítulo, se trate de responder a esas preguntas mediante una puesta conjunta entre alumnos y profesores.

- 1) ¿Cuáles fueron las primeras herramientas?
- 2) ¿Cuáles fueron consideradas las primeras máquinas herramientas?
- 3) ¿Cuál fue el aporte realizado por Leonardo da Vinci a las máquinas herramientas?
- 4) ¿Qué importante principio estudiado en física dio origen a las prensas hidráulicas?
- 5) ¿Qué aporte importantísimo dio la máquina de vapor, a las máquinas herramientas?
- 6) Antes de las máquinas de vapor, ¿cuáles eran las fuentes de energía utilizadas?
- 7) ¿Por qué se decía que las máquinas de vapor eran muy peligrosas?
- 8) ¿Cuál fue el gran descubrimiento de Frederick Winslow Taylor?
- 9) ¿Qué solución técnica -que dio la vuelta al mundo- desarrolló Joseph Whitworth?
- 10) ¿Qué nueva fuente de energía desplaza las máquinas de vapor en el siglo XX?
- 11) ¿Qué aporte técnico y social ofreció la primera mega fábrica de autos?
- 12) ¿Bajo qué rótulo los alemanes guardaron el HARDMETAL o METAL DURO?
- 13) ¿Qué solución brindaron las computadoras a las máquinas herramientas?
- 14) ¿Cuál es el motivo técnico que provoca el estancamiento para el desarrollo de las actuales máquinas herramientas?

2.- Algunas de las preguntas del cuestionario se prestan a obtener un mayor desarrollo. Se propone realizar los siguientes trabajos de investigación por parte de los alumnos.

- 3) Investigar quién fue y cuáles fueron las máquinas herramientas estudiadas, diseñadas y construidas por Leonardo da Vinci.
- 7) El principio de funcionamiento de la máquina de vapor es muy sencillo. Sería interesante que uno o un grupo de alumnos estudiaran y explicaran ¿cómo funciona y cuáles son sus defectos?
- 9) Joseph Whitworth fue uno de los hombres que más influyó en el desarrollo técnico durante la Revolución Industrial, investigar quién fue, cuántos trabajos desarrolló y, en qué consistieron esos trabajos.
- 13) Las computadoras utilizadas en los inicios no eran como las actuales. ¿Cómo eran las primeras computadoras que se usaron? ¿De dónde surgió la idea de usarlas en las máquinas herramientas?

2. Diseño y uso de Máquinas Herramientas

2.1. Desarrollo

Capítulo 2

2.1.1. ¿Qué es una máquina herramienta?

Se denomina *máquinas herramientas* a las herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano, aunque también puedan ser movidas por personas cuando no hay otra fuente de energía. Los historiadores de la tecnología consideran que las máquinas herramientas nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma o troquelar los distintos tipos de herramientas. Por ejemplo, se considera que el primer torno que puede considerarse máquina herramienta fue el inventado alrededor de 1751 por Jacques de Vaucanson, porque fue el primero que incorporó el instrumento de corte en una cabeza ajustable mecánicamente, quitándolo de las manos del operario.

Las máquinas herramientas pueden utilizar una gran variedad de fuentes de energía. Tanto la energía humana como la animal son opciones posibles, como lo es la energía obtenida a través del uso de ruedas hidráulicas. Sin embargo, el desarrollo real de las máquinas herramientas comenzó tras la invención de la máquina de vapor, que llevó a la Revolución Industrial. Hoy en día, la mayor parte de ellas funcionan con energía eléctrica.

La industrialización del mundo moderno está cimentada en la variedad y el crecimiento de las máquinas herramientas. Difícilmente, se encuentre un rubro de productos tangibles que no cuente en su cadena de investigación, de desarrollo, productiva o complementaria, con la utilización de algún tipo simple o especial de máquina herramienta. A través de una mejora constante, producto de la aplicación de la hidráulica, neumática, fluídica y dispositivos electrónicos

-como el control numérico computarizado-, durante los últimos ciento cincuenta años, las máquinas herramientas modernas se volvieron más precisas y eficientes. Estas máquinas herramientas básicas o convencionales fueron evolucionando hasta llegar a los actuales centros de mecanizado, que permiten aventurar un futuro muy provechoso para todos los procesos de mecanizado a realizar con las máquinas actuales.



Conocer los rubros, las industrias, los procesos, tipos, diseños, variantes y características más destacadas de estas maquinarias, nos permitirá elaborar y dar forma al argumento de este segundo capítulo sobre las Máquinas Herramientas.

2.1.2. Rubros más destacados en el uso de máquinas herramientas

Las máquinas herramientas en sus orígenes eran máquinas muy simples, compuestas básicamente por un cuadro base o estructura central, a la que se le adosaban distintos tipos de dispositivos que funcionaban con movimientos sencillos. Estos movimientos cíclicos, pendulares o circulares, presentaban opciones para dar forma a una pieza.

En todos los casos, las máquinas herramientas aportaron la variante operacional del trabajo de mecanizado, ya que el trabajo de dar forma siempre fue realizado por una herramienta, por ejemplo: en el caso de una prensa o balancín: el molde; o en un torno paralelo: la herramienta de corte. Los responsables de dar forma a la pieza, ya sea por deformación o arranque de viruta, son los moldes o las herramientas de corte que realizan el trabajo real y definitivo sobre la pieza en cuestión.

A través de los últimos años, fueron ampliando sus capacidades productivas, se fueron sofisticando sus procesos de aplicación en diversos rubros. Su uso creció en forma desmesurada, a medida que se incrementaban los programas de producción en los rubros que hacían uso de ellas.

Las primeras y más recordadas, fueron las utilizadas por los rubros que trabajaban originalmente la madera (máquinas cepilladoras, tomos madereros y sierras) y los textiles que fabricaban telas (telares, hilanderas). La Revolución Industrial dio un impulso muy importante para que se produjeran los cambios que llegan a nuestros días.

Si bien en la actualidad, el espectro de las máquinas herramientas es muy amplio, es posible establecer dentro de unas industrias mundialmente globalizadas, unos porcentajes aproximados de cuáles son los rubros con mayor utilización de dichas máquinas herramientas.

RUBRO	PORCENTAJE
Metalmecánico	59
Plástico	11
Textil	9
Maderero	8
Gráfico	2
Otros	11

Como se puede ver, el rubro metalmecánico es el que más utiliza las máquinas herramientas.

Convengamos que la utilización, manipulación y consumo de materiales ferrosos, compuestos metálicos y todo tipo de derivados de estos, han abarcado, históricamente, un importante abanico de industrias que los utilizan en los últimos ciento cincuenta años, posibilitando un crecimiento y desarrollo que permite al rubro metalmecánico sobresalir sobre los otros.

Un capítulo aparte se merece el rubro del plástico (que utiliza máquinas inyectoras, extrusoras y mezcladoras, entre otras) porque el segundo lugar es producto de un desarrollo de tan solo cincuenta años.

Al citar otros, quedan comprendidos varios rubros donde la utilización de máquinas herramientas no es tan relevante como el caso de la metalmecánica. Entre ellos se mencionan: equipos de soldadura, maquinaria para el movimiento de materiales (zorras, elevadores, porta pallets, etc.), o máquinas para pintado.

Con la actual globalización y con el transcurso del siglo XXI, se producirán cambios más que importantes sobre estos rubros. La llegada de nuevos materiales, la cibemética, robótica y distintos procesos de fabricación, seguramente plantearán el desarrollo y creación de tipos y diseños de nuevas máquinas herramientas. No sabemos si serán mejores o peores, pero sí que serán distintas.

2.1.3. Industrias del rubro metalmecánico que utilizan máquinas herramientas

La Revolución Industrial iniciada a fines del siglo XVIII y principios del XIX dio el gran espaldarazo para el surgimiento de las máquinas herramientas, pero la gran consolidación y desarrollo de las mismas sucedió en el siglo XX.

Las industrias que contribuyeron a este desarrollo fueron muchas. En el capítulo 1 se hizo mención a la mega fábrica de Henry Ford, que impulsó la **Industria Automotriz**, industria que mantiene una evolución paralela a las máquinas herramientas. Es imposible imaginar una industria

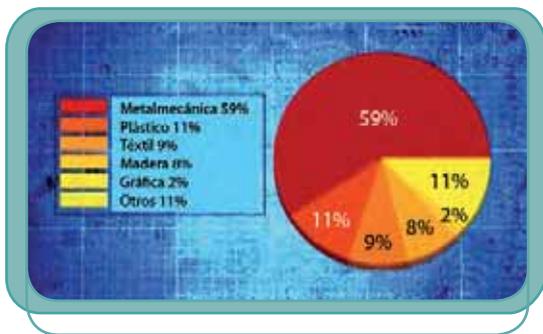
automotriz sin máquinas herramientas, ya sea por utilización propia de parte de las mismas fábricas de automóviles o por sus proveedores **autopartistas**, que cuentan con gigantescas redes productivas de productos para las líneas de montajes de las terminales, como para la producción de accesorios y repuestos.

A las máquinas herramientas convencionales utilizadas desde un primer momento, hoy se le suman las máquinas más modernas de alta

productividad: equipos con CNC (máquinas herramientas con controles numéricos computadorizados), la robótica (que agiliza las líneas de montajes o las líneas de estampados, de pintura, de movimiento de materiales y muchas otras en las terminales automotrices).

Otra gran industria que utiliza muchas máquinas herramientas es la **Petrolífera**. Es prácticamente imposible pensar en un barreno de exploración petrolífera fabricado a mano. Está compuesto por caños con cuplas, acoples, prolongaciones, equipos de perforación, bombas y válvulas que tienen que ser fabricadas con máquinas herramientas, mayoritariamente con arranque de viruta. En esta industria tienen gran predominio los tornos de todo tipo convencionales y CNC.

Por historia y antigüedad, la industria **Ferroviaria** tiene otra gran relación con las máquinas herramientas. Pero tanto esta industria, como la **Naval** y la **Minera** utilizan equipos de gran porte, esto



las hace más bien exclusivas. Generalmente, se tratan de máquinas para el mecanizado de grandes piezas, pesadas y mayoritariamente voluminosas que requieren de máquinas de diseños especiales reforzados y que son sometidas generalmente a tratos bruscos.



La industria **Armamentística** utilizó máquinas herramientas desde sus inicios, prácticamente fue la que las obligó a evolucionar constantemente. Ya Napoleón exigió a sus armeros crear las condiciones más propicias para estandarizar los repuestos y piezas de los fusiles y cañones que utilizarían sus ejércitos. La forma más criteriosa fue fabricarlas por medio de máquinas herramientas que permitían producir piezas iguales. La Gran Guerra y la Segunda Guerra Mundial fueron terribles caldos de cultivo para el desarrollo de nuevas ideas aplicables a las máquinas herramientas, ya sea para sus diseños, como para la mejora en las producciones de armamento, maquinarias (blindados, tanques, barcos, submarinos y aviones) y motorizaciones de todo tipo.

La misma industria que fabrica las **Máquinas Herramientas** se transformó en una gran usuaria de ellas. En el mundo actual podemos encontrar gran cantidad de fábricas de primer nivel que cuentan, sin lugar a dudas, con las máquinas herramientas más sofisticadas y modernas de la actualidad. Las industrias **Metalurgia y Electromecánica** están compuestas por empresas y pymes que utilizan pequeños a medianos equipamientos. Trabajan con un parque de máquinas herramientas para nada despreciable, generalmente aplicado a pequeños talleres, matricerías, fábricas de repuestos, talleres de mantenimiento y establecimientos con pequeñas producciones.

QUIERO REPUESTOS IGUALES: Una de las primeras industrias que más contribuyeron al desarrollo de las máquinas herramientas en el pasado, ha sido la industria armamentista, aunque parezca increíble.



Bien, uno se podría imaginar el gran desarrollo durante la Primera y la Segunda Guerra Mundial, sin embargo en el siglo XVIII, fue Napoleón Bonaparte quien dijo “quiero repuestos iguales”. Asignó una partida muy importante de dinero a sus técnicos para que desarrollaran alguna máquina o sistema que le permitiese contar con trabucos o carabinas fabricadas con piezas similares. Con este fin, fue necesario diseñar máquinas herramientas que permitiesen fabricar piezas

iguales, que en caso de algún inconveniente el arma cuente con alternativas de repuesto para seguir funcionando.

En Francia, y por ese entonces, estas fueron las primeras máquinas herramientas que se desarrollaron en gran escala. Luego se aplicaron a la fabricación de cañones.

ANÉCDOTA.02

Por último, queda nombrar algunas industrias que utilizan máquinas herramientas, son las industrias para la fabricación de **Máquinas Agrícolas y la Siderurgia**. La primera es una industria de gran consolidación en los últimos años, requiriendo año tras año nuevas máquinas herramientas para satisfacer los requerimientos de los novedosos diseños, de las sorprendentes y modernas máquinas agrícolas. La siderurgia, se caracteriza por el uso de máquinas herramientas para el mecanizado de grandes rodillos o cilindros de trenes de laminación etc. Equipos de igual o mayor envergadura que los utilizados por las industrias ferroviaria, naval o minera.

AHORA SON TODOS IGUALES: La otra gran industria que fue pionera en el desarrollo de las máquinas herramientas fue la ferroviaria, industria que tomó un vuelo inesperado cuando Joseph Whitworth, con su invento de la rosca a 55° llamada rosca BSW, incorpora el tornillo patrón en el torno paralelo. Luego, años más tarde, instala en sus máquinas la caja Norton. La industria ferroviaria utilizaba tornillos muy particulares porque cada uno era único. Se fabricaba una tuerca cuadrada que se calentaba y se le hacía un filo interno, se enfriaba en agua para que este filo sea un poco más duro. Luego se elegía un bulón, también de cabeza cuadrada, desde donde se lo tomaba para introducir el vástago en una fragua y calentarlo hasta que este se pusiera al rojo, se sacaba de la fragua y se lo introducía en la tuerca con el filete girando el bulón de forma que el filete se marque en el vástago lo suficiente. Antes que este se enfríe se lo retiraba desenroscando el vástago de la tuerca para dejarlo enfriar a temperatura ambiente. De esta forma, se hacían bulones y tuercas de a uno. Con lo inventado por Whitworth, mecanizando los bulones en un torno, todos los bulones fueron iguales.

2.1.4. Procesos productivos más utilizados

Haciendo un repaso más exhaustivo por las industrias mencionadas, podemos establecer los procesos productivos, cuáles y qué tipo de máquinas son las empleadas.

En otros se incluyen procesos como: **mezclado, pintado, horneado, impresión** y algunos más cuyos porcentuales son minoritarios.

Llama la atención la tremenda diferencia que existe entre los procesos de mecanizado y los demás. Sin embargo, esto tiene lógica, porque desde que terminó la Segunda Guerra Mundial, la gran mayoría de las empresas abocadas a la fabricación de armamentos y equipamientos para los ejércitos durante las décadas del treinta y del cuarenta, volcaron sus experiencias y producciones al mercado civil. Finalmente,

la globalización consolida los procesos productivos en un gran mundo de intercambios y cooperación, donde el mecanizado termina por coronarse, de mediados a fines del siglo XX, en el proceso más utilizado. También hay que destacar que tanto **soldadura y corte** como **inyectado** son los procesos de mayor evolución en los primeros años del siglo XXI. Las aplicaciones

RUBRO	PORCENTAJE
Mecanizado	63
Soldadura y corte	10
Inyectado (plástico y metal)	8
Hidráulica	4
Neumática	3
Otros	12

de sistemas de controles CNC, más nuevos software de CAD-CAM en las máquinas herramientas de soldaduras y corte e inyección, les han aportado un nuevo impulso, optimizando sus volúmenes de producción y mejorando sustancialmente sus niveles de calidad y seguridad.

2.1.5. Proceso de mecanizado sin arranque de viruta

Se puede definir como mecanizado, al proceso de transformación que se produce en una pieza, al llevarla de una forma o material en bruto, a su dimensión ideal o próxima, por medio del trabajo de una herramienta o molde. Este proceso cuenta con dos variantes bien definidas: mecanizado sin arranque de viruta o mecanizado con arranque de viruta, ambos procesos son realizados por máquinas herramientas desarrolladas para tal fin. Estos procesos cuentan con consumos dispares:

PROCESO DE MECANIZADO	PORCENTAJE
Con arranque de viruta	30
Sin arranque de viruta	70

El primero, sin arranque de viruta, es un proceso de mecanizado que se realiza con máquinas herramientas consideradas de un segundo nivel, ya que la mayoría de esas máquinas establecen un tipo de mecanizado primario simple, son pocas las máquinas que efectúan operatorias de pieza terminada. Generalmente, es un proceso que produce materiales o piezas que luego cuentan con una segunda etapa de mecanizado posterior o de terminación. Se los denomina sin arranque de viruta porque los procesos como: **laminado, forja, estampado, prensado, trefilado, extrusión, doblado, embutido, etc.** son procesos que buscan obtener la deformación de la pieza original, llevándola a un determinado formato o tamaño, mediante distintos procesos físicos, que pueden ser realizados en caliente o en frío, según el diseño y el material. El **laminado, estampado, prensado y doblado** pueden hacerse tanto en frío como en caliente, según la necesidad. En cambio, **forja, trefilado, extrusión y embutido** deben realizarse siempre en caliente. En estos casos se procesa la materia prima en un estado y forma, para transformarla en otra o llevarla al diseño de una pieza.

2.1.6. Algunos procesos con arranque de viruta

En general, el proceso con arranque de viruta es el más utilizado, también es el que más desarrollo tuvo a lo largo de los años. Se realiza en máquinas cuyo trabajo consiste en llevar una pieza o materia prima al formato o diseño definido previamente, mediante el trabajo de una o varias herramientas de corte, mediante las operatorias que permita la máquina (rotación, translación, otras).

Los procesos más utilizados son: **torneado, fresado, perforado, taladrado, mandrinado, cepillado, esariado, aserrado, rectificad, bruñido, tronzado, alesado, electroerosionado.** Para cada caso, existe una máquina herramienta diseñada para llevar adelante el proceso o modalidad de arranque de viruta correspondiente. Todas estas máquinas tienen como característica principal el sacar viruta de la pieza que se está mecanizando. Para ello existen varias tareas alternativas, que son posibles de realizar de acuerdo a las características y dispositivos de la máquina herramienta.

Las máquinas herramientas cuentan con dos tipos de movimientos importantes, con los que se que podrán determinar **cómo** y **quién** efectuará los movimientos. Para determinar cómo, se usarán movimientos de translación o rotación; para determinar quién se verá si se mueve la pieza o la herramienta. Por ejemplo: un caso de translación de la pieza, sería un **cepillo** mecánico, donde la pieza sujeta a una base es la que se mueve y la herramienta está fija. En cambio, si fuese translación de la herramienta, el caso sería una **limadora o serrucho** mecánico se movería y la pieza estaría fija.



El caso de máquinas con rotación de la pieza, sería un **torno** o **tronzadora**, donde la pieza está sujeta a un plato giratorio que gira a distintas velocidades, mientras la herramienta se encuentra en una torreta fija y solo se mueve en forma transversal o paralela al eje de la pieza.

Los casos más comunes de rotación de la herramienta son la **fresadora, taladradora o alisadora**. Tienen la pieza sujeta a una mesada que se moverá en cruz, mientras la herramienta está sujeta a un husillo que gira, efectuando su trabajo respondiendo a los movimientos en cruz, los mismos ejes del movimiento de la pieza.

2.1.7. Máquinas herramientas convencionales torno y fresadora

Las máquinas herramientas más conocidas son las que podríamos llamar convencionales. Generalmente, están compuestas por una estructura básica y un proceso de funcionamiento simple. Las más conocidas son: **tornos, fresadoras, perforadoras o agujereadoras, serruchos y rectificadoras**.

- Tornos convencionales

El torno, máquina más antigua, versátil y de mayor uso a nivel mundial, es una máquina herramienta que hace girar la pieza y, por medio de una herramienta, busca dar a la pieza una forma cilíndrica.

Los tornos modernos operan a partir del mismo principio básico. La pieza a trabajar se sostiene en un plato y gira sobre su eje, mientras una herramienta de corte avanza sobre las líneas del corte deseado.

Con los aditamentos y herramientas de corte adecuadas, en un torno se pueden realizar muchas operaciones de torneado, hacer conos, formados varios, cortar, tronzar, refrentear, taladrar, mandrinar, esmerilar, pulir, roscar y muchas más. Las partes principales de un torno se componen de un bastidor robusto, generalmente de acero fundido de longitudes varias. El tamaño del torno se determina en función del diámetro y longitud de la pieza a mecanizar.

En la mayoría de los casos se suele instalar empotrado o atornillado al piso para evitar las posibles vibraciones y aumentar la rigidez del torno.

El torno cuenta en su parte superior con unas guías paralelas ahuecadas al medio, llamada bancada. Además, a lo largo de toda la longitud de trabajo, el torno tiene una estructura más elevada y cerrada a la izquierda de las guías, llamada cabezal, capaz de contener la transmisión de cambios que originariamente era a poleas. En la actualidad, los tornos modernos utilizan una caja de cambios de engranajes.

En la parte superior de la caja de cambios sale un eje cilíndrico y hueco del husillo, elemento que transmite la potencia de la máquina y al que se le colocará un plato mordaza para sujetar la pieza a mecanizar. En la parte inferior del mismo sector se instala el motor que proveerá la potencia suficiente como para que el torno funcione.



Sobre las guías paralelas del torno, en el extremo derecho, se ubica un dispositivo tope, casi siempre fabricado de fundición, con una contrapunta regulable y trasladable, de ser necesario, a lo largo de las guías. Mientras que en el centro mismo del torno y sobre las guías de la bancada se ubica un

carro móvil con reglajes varios para su control, montado sobre estas guías, que podrá efectuar un movimiento de traslación a lo largo de las guías y paralelo al eje de la pieza. Cuenta también con un segundo carro más pequeño llamado charriot con un movimiento transversal, controlado mediante unas manivelas frente al plato que sujeta la pieza. En la parte superior de los tornos paralelos, este carro cuenta con una torreta donde se alojará la o las herramientas de corte, que efectuarán el trabajo de arranque de viruta en la pieza.

Estos tornos convencionales son construidos de muy variadas dimensiones físicas, antiguamente eran máquinas muy robustas, volumétricas, con un gran diámetro de volteo (se refiere a piezas de grandes diámetros), con motores de pocas vueltas (RPM), pero esos motores contaban con mucha potencia.

En la actualidad, los tornos son de dimensiones menores y tan resistentes como los otros, con mayor o menor equipamiento según las necesidades del caso y se fabrican con mayor o menor rango de potencia, según las necesidades en su grupo generador, pero con motores que generan más vueltas (RPM).

A estos tornos paralelos se les suele adosar un dispositivo al carro central, ubicado del lado opuesto a la zona de operabilidad del tornero, donde se coloca una herramienta de diseño especial para efectuar un mecanizado de copiado. Este torno se denomina torno copiador, también se puede usar como torno paralelo.

En otros tornos con estructura de torno paralelo, se suele cambiar la torreta que el torno

normal monta sobre el carro, reemplazándola por una torreta múltiple que puede portar de entre 6 u 8 herramientas de corte. Así, al mejorar las variantes de equipamiento, se mejora su versatilidad. Ese torno se llama torno a revólver.

En nuestros días, el torno sigue siendo la máquina herramienta más usada y más vendida, se aplica a un sin fin de rubros e industrias. Su modernización incorpora variantes en sus controles para una mayor precisión en su funcionamiento, y dispositivos para una mayor automatización. Su actualización permite que esta máquina herramienta siga respondiendo a los requisitos y necesidades de la industria moderna.

Existen otros tornos menos populares o difundidos: los tornos automáticos, tornos verticales, de bancadas planas, de gran volteo y variantes de mini tornos.

- Fresadoras convencionales

Las máquinas fresadoras son máquinas herramientas que se utilizan para producir con precisión una o más superficies mecanizadas sobre una pieza. Su versatilidad convierte a las fresadoras en la segunda máquina herramienta de mecanizado de mayor consumo y utilización en el mundo entero.

El principio de funcionamiento es una mesa donde se coloca la pieza o dispositivo que sujeta firmemente la pieza a mecanizar (mesa que cuenta sólo con dos movimientos horizontales de translación) y un puente o brazo superior que sujeta un árbol mecánico que toma el movimiento del husillo, donde se coloca la herramienta de corte giratoria llamada fresa, que efectuará el trabajo de arranque de viruta sobre la pieza.

Los componentes de una fresadora guardan similitud con los de un torno, una bancada con guías sobre una estructura generalmente de fundición, que están dispuestas en forma vertical y no horizontal como en los tornos. Tiene una caja de velocidades para poder controlar las vueltas usadas (RPM) que está ubicada en la mitad de la estructura en el interior, por debajo del eje del husillo, que transmite el movimiento de rotación para la fresa. La fresa es la herramienta de corte a utilizar. En el extremo superior de la estructura se encuentra el contra soporte o brazo superior que se desplaza por las guías superiores de la bancada para sustentar y transmitir el movimiento giratorio del husillo por medio de soportes al porta útil de la fresa.



Este tipo de máquina cuenta con una consola, que suele ser una gran estructura de fundición con forma de caja alta, provista de guías verticales y horizontales. Por medio de las guías verticales está unida a la bancada y se desplaza por ellas en forma ascendente y descendente para trabajar. Por las guías horizontales se desplaza el carro. La consola se sujeta a las guías con sujetadores

especiales y es el dispositivo básico y principal, que mancomuna todos los demás conjuntos y movimientos de avances longitudinales, transversales y verticales. Por último, la consola se sostiene con un soporte provisto de un tornillo telescópico para su elevación y descenso.

La fresadora también tiene una mesa donde se sujetan las piezas a mecanizar que va montada sobre las guías de un carro y se desplaza por las guías en sentido longitudinal. El carro es el eslabón intermedio entre la consola y la mesa de fresadora. Por las guías superiores del carro, la mesa se desplaza en dirección longitudinal, y la parte inferior del carro junto con la mesa, se desplaza con un movimiento en sentido transversal por las guías superiores de la consola.

A diferencia de los tornos convencionales que permiten trabajar sobre dos ejes, las fresadoras que se citan nos permiten trabajar sobre tres ejes, y en algunos casos en forma constante, solo las fresadoras con CNC permiten incorporar otro eje.

El husillo de las fresadoras sirve para transmitir las vueltas (RPM) por medio del eje o árbol de sujeción de la herramienta de corte, rotación que regula la caja de velocidades. De la precisión del giro del husillo (RPM), de su rigidez y de su resistencia a las vibraciones, sumada a la correcta utilización de las herramientas de corte correspondientes, depende en sumo grado, la precisión y calidad del fresado que se logre en la pieza mecanizada.

Siguiendo con las máquinas convencionales, las **fresadoras** se pueden clasificar en tres tipos básicos:

- Las máquinas fresadoras horizontales simples.
- Las máquinas fresadoras horizontales universales.
- Las máquinas fresadoras verticales.

La única diferencia que existe entre las máquinas fresadoras horizontales universales y las fresadoras horizontales simples, es la adición en estas últimas de un bastidor (como mesa giratoria) que se instala ente la mesa y la consola. Este bastidor permite que la mesa gire 45° en cualquier dirección de un plano horizontal para operaciones como fresado de ranuras helicoidales en brocas, fresas y engranajes.

Con las máquinas herramientas fresadoras también se pueden efectuar trabajos simples de mandrilado y alisado. A pesar de que existen máquinas diseñadas para esos trabajos específicos, como máquinas mandrinadoras o máquinas alisadoras, las fresadoras pueden, con la incorporación de algunos dispositivos para el caso, realizar esas tareas.

2.1.8. Otras máquinas convencionales

Además de las máquinas mencionadas, existen otras máquinas herramientas que completan el grupo de las más utilizadas para efectuar mecanizados en fábricas y talleres: las perforadoras o agujereadoras, los serruchos mecánicos y los equipos de rectificado.

Las perforadoras o agujereadoras constan, básicamente, de un eje que gira la broca y puede avanzar hacia la pieza, ya sea en forma automática o manualmente, y una mesa de trabajo que sostiene rígidamente la pieza en la posición adecuada para la perforación. Una perforadora o agujereadora se utiliza para hacer perforaciones de los más variados diámetros en cualquier tipo de



pieza y material. Estas máquinas también están preparadas para realizar tareas como: perforado, roscado y mandrinado, cambiando las herramientas de corte para cada caso.

El perforado o agujereado -también llamado taladrado- puede definirse como la operación que produce la eliminación de material de una masa sólida, utilizando una herramienta de corte llamada broca o mecha (esta puede ser espiral o helicoidal). Hay una gran variedad de perforadoras disponibles: taladros sensibles de uso manual, automáticos y de control numérico. El tamaño solo depende de las necesidades que la empresa tenga en el perforado de piezas. Algunas toman como referencia la distancia desde el centro del husillo hasta la columna de la máquina. Otros el diámetro máximo de la pieza a mecanizarse en el centro de la máquina.



El roscado, en cambio, es la operación de cortar roscas internas en una perforación con una

herramienta de corte llamada macho roscador. Sería una operación complementaria al perforado, que por las características de una perforadora se puede realizar muy bien.

El mandrinado o mecanizado interior es la operación de emparejar y ensanchar una perforación por medio de una herramienta de corte de un solo filo, generalmente sostenida por una barra de mandrilado. Esta operatoria se puede realizar siempre que la apertura del mandril de sujeción lo permita, si no se utiliza un adaptador.

Los serruchos mecánicos son máquinas que se emplean al comienzo de todo proceso a desrollar. Su tarea consiste en cortar el metal o materia prima, que será utilizada en otras máquinas herramientas para su mecanizado. Generalmente, son de estructura simple, compuestas por un cuerpo central o base y un brazo de corte por donde circula una hoja de sierra que puede ser simple o una hoja sin fin.

Los serruchos que usan hojas de sierra simple, utilizan un movimiento de ida y vuelta dado por una rueda con un punto de sujeción, que al girar mueve un balancín que efectúa el movimiento de ida y vuelta de la hoja de sierra. Los que usan hojas de sierra sin fin tienen un motor que impulsa una rueda en el brazo, donde circula interiormente la sierra de corte sin fin. Estas hojas

están fabricadas con aceros para alta velocidad al tungsteno y al molibdeno, son hojas flexibles que tienen solo los dientes endurecidos.

Queda describir una sierra mecánica más. Es la sierra de corte circular, que emplea una hoja de sierra redonda similar a la que se utiliza en una sierra de mesa para el corte de madera. Por lo general, la hoja que se utiliza esta fabricada de acero vanadio, pero en algunas aplicaciones se utiliza hojas con dientes de carburo o metal duro.

Por último, existen las máquinas rectificadoras, que mediante la utilización de una piedra o esmeril que gira desde un husillo y trabaja sobre superficie de la pieza a mecanizar, provocan la erosión de la superficie que contacta, mejorando la rugosidad de la pieza. Existen varias alternativas en este tipo de máquinas: las rectificadoras simples, las orbitales, entre centros, digitales y sensitivas. El uso de una u otra lo determina el formato y dimensiones de las piezas, todas cumplen el mismo trabajo de mejora superficial. La mejora en la calidad de superficie buscada está dada por el tipo de piedra que se utilice durante el proceso de rectificado. Existe variedad de tipos de piedras o esmeriles a utilizar, según sea necesario.

2.1.9. Máquinas herramientas con CNC

Ninguna otra invención hecha por el hombre, desde la Revolución Industrial, ha tenido un impacto semejante en la sociedad como la computadora. Hoy en día, las actuales computadoras pueden, por ejemplo: guiar y dirigir naves espaciales a la Luna, y hacer que regresen con absoluta seguridad a la Tierra, dirigir llamadas telefónicas de largas distancias, programar y controlar operaciones de trenes y aviones, pronosticar el clima, efectuar análisis clínicos y producir informes instantáneos de un saldo bancario. En una cadena de supermercados, la

caja (conectada a una computadora central) totaliza las facturas, contabiliza las ventas, y actualiza el inventario en cada operación. Y esas, son solo unas de las pocas aplicaciones de la computadora en nuestra sociedad.

Durante las últimas dos décadas, se aplicaron computadoras simples al programa y control de las operaciones de las máquinas herramientas, CNC (control numérico computarizado). Estos dispositivos han ido mejorando poco a poco de manera continua. Hoy

son unidades altamente complejas capaces de controlar completamente la programación, mantenimiento, solución de problemas y la operación de una sola máquina, de un grupo de máquinas y pronto, incluso, de una planta manufacturera entera.

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 permiten a la industria producir de manera consistente componentes y piezas con precisiones imposibles de imaginar hace solo unos cuantos años. Si el programa CNC ha sido apropiadamente preparado, y la máquina ha sido puesta a punto correctamente, utilizando bien la herramienta de corte adecuada se puede producir la misma pieza con el mismo grado de precisión cualquier cantidad de veces. Los comandos operacionales que controlan la máquina herramienta mediante el CNC son ejecutados automáticamente con una velocidad, eficiencia, precisión y capacidad de repetición, realmente asombrosas.

El control numérico CN se puede definir como un método de controlar con precisión la operación de una máquina herramienta, mediante una serie de instrucciones codificadas, formadas por números, letras del alfabeto, símbolos que la unidad de control de la máquina MCU puede comprender. Estas instrucciones se convierten en pulsos eléctricos de corriente, que los motores y controles de la máquina siguen para llevar a cabo las operaciones de mecanizado sobre una pieza. Los números, letras y símbolos son instrucciones codificadas que se refieren a distancias, posiciones, funciones o movimientos específicos que la máquina herramienta, puede comprender para mecanizar la pieza. Los dispositivos de medición y de registro incorporados en las máquinas herramientas de control numérico por computadora aseguran que la pieza que se está manufacturando será exacta. Las máquinas herramientas con CNC, bien usadas, con la herramienta de corte apropiada también bien usada, minimizan el error humano.

2.1.10. Centros de mecanizados

En los años 70, existía mucha intervención del operador de una máquina herramienta durante el proceso de mecanizado. El operador tenía que vigilar el desempeño de las herramientas de corte y cambiar las velocidades y avances del husillo para adecuarlos a la operación y a la máquina. Frecuentemente cambiaba los cortadores porque se desafilaban y siempre estaba ajustando las profundidades de corte de los desbastes y terminaciones, sin contar las posibles roturas en los filos de las herramientas. Todo esto planteaba muchos problemas que afortunadamente fueron tomados en cuenta por los fabricantes de máquinas herramientas.



A fines de la década de los 70 y principios de los 80, se empezaron a diseñar máquinas que pudieran ejecutar con la misma calidad varias operaciones, tratando de que estas pudieran realizar aproximadamente el 90% del mecanizado en una sola máquina.

El resultado más destacado de estas investigaciones fue la puesta en marcha de los novedosos centros de mecanizado, derivados de las fresadoras con CNC de la época. Posteriormente en el transcurso de los años 90, llegaría la versión más elaborada de estas máquinas herra-

mientas conocida como centros de procesado.

Se trata de máquinas que pueden ejecutar muy eficientemente las operaciones de taladrado, fresado, mandrilado, aplanado y perfilado de precisión en un mismo equipo con increíble calidad y una repetitividad acorde a las necesidades.

Todas estas máquinas cuentan con controles CNC con versiones modernas muy sofisticadas. Incluso cuentan con gráficos en tres dimensiones en las pantallas de los simuladores de las máquinas, permitiendo al operador tener una visión más real del trabajo a realizar en la pieza que se mecaniza.

Los centros de mecanizado más conocidos son tres, de diseños bien definidos:

- Centro de mecanizado horizontal.
- Centro de mecanizado vertical.
- Centro de mecanizado universal.

Los centros de mecanizado horizontales cuentan con dos variantes: de **columna móvil** y de **columna fija**. En la primera, las máquinas cuentan con dos mesas para la sujeción de la pieza a mecanizar. Con este tipo de máquinas, la columna y la herramienta de corte giratoria se mueven hacia la pieza, y mientras se está mecanizando la pieza en una mesa, el operador está cambiando la



pieza en la otra mesa. La segunda alternativa, la de columna fija, está equipada con una mesa de transferencia de pallets. Los pallets son como unas mesas desmontables donde se fija la pieza a trabajar. En este tipo de máquinas, una vez mecanizada la pieza, el pallet y la pieza se mueven fuera del receptor hacia la mesa de transferencia. Esta última se gira, poniendo en posición un nuevo pallet y el pallet con la pieza terminada, en posición para ser descargada.

Generalmente, los centros de mecanizado verticales son construidos en forma de silla de montar, con bancadas deslizantes en lugar de movimiento del husillo. Este tipo de centro de mecanizado se utiliza para mecanizar piezas planas, sujetas a una prensa o dispositivo de sujeción. Estas máquinas herramientas cuentan con controles CNC, cuyo equipamiento le permite trabajar en un cuarto eje, utilizando en su mayoría herramientas de corte giratorio.

Por último, los centros de mecanizado universales, también con controles CNC, combinan las características de los centros de mecanizado horizontal y vertical. Esto permite contar con una máquina capaz de efectuar el mecanizado de todos los costados de una pieza en una sola puesta a punto, donde normalmente suelen requerirse el trabajo de dos máquinas para realizar y terminar la pieza. Los centros de mecanizado universal con CNC, son de especial utilidad para piezas en lotes pequeños y medianos como son moldes, repuestos o componentes complicados.

Los centros de mecanizado modernos cuentan con varios accesorios que permiten incremen-

tar su capacidad productiva y de manufactura, son los que mejoran su eficiencia operacional, como los sistemas de servo freno, aplicables en los cambios bruscos de velocidad, o los carretes porta herramientas, con cambiadores automáticos de las herramientas de corte, que agilizan el trabajo enormemente.

En la actualidad, muchos centros de mecanizado utilizados en las industrias están equipados para el cambio automático controlado numéricamente de las herramientas de corte, lo que es más rápido y confiable que el cambio manual de las mismas.

ANÉCDOTA.03

LA DE MAYOR EVOLUCIÓN: No caben dudas que la máquina herramienta más difundida, utilizada y vendida históricamente en todo el mundo es el torno.

Ahora, la máquina fresadora, que inicialmente contaba con ciertas limitaciones en su funcionamiento, tuvo a partir de la década de los 70 del siglo pasado un cambio total. Primero, la llegada del CN, control numérico y luego del CNC, control numérico asistido por computadora, dieron un impulso inesperado a esta máquina.

Las fresadoras de segunda generación permitían trabajar sobre el patrón de tres ejes, la evolución, cambios y desarrollos tecnológicos actuales, brindaban la posibilidad de trabajar con cinco, seis o siete ejes en máquinas que ya perdieron su nombre original por el de centros de mecanizados, sin lugar a dudas la máquina de mayor evolución y desarrollo tecnológico en el mundo.

2.2. Actividades propuestas

1.- Preguntas para efectuar una consulta interactiva con los alumnos, luego de ver el Capítulo 2.

- 1) ¿Qué industrias son las que más usan máquinas herramientas?
- 2) ¿Para qué se utilizan las máquinas herramientas en la industria automotriz?
- 3) Ídem en la industria petrolífera.
- 4) Ídem en la industria ferroviaria.
- 5) Ídem en la industria armamentista.
- 6) Ídem en la industria metalúrgica y electromecánica.
- 7) Ídem en la industria agrícola.
- 8) Ídem en la industria siderúrgica.
- 9) Ídem en la industria de las máquinas herramientas.
- 10) ¿Qué es el mecanizado por conformado, qué variantes tiene?
- 11) ¿Qué es el mecanizado por arranque de viruta, qué variantes tiene?
- 12) ¿Cómo es el funcionamiento de un torno?
- 13) ¿Cómo es el funcionamiento de una fresadora?
- 14) ¿Cómo es el funcionamiento de un taladro vertical?
- 15) ¿Cómo es el funcionamiento de un serrucho mecánico?
- 16) ¿Cómo es el funcionamiento de una rectificadora?
- 17) ¿Qué es un CNC?

En particular, este capítulo permite un gran desarrollo de temarios complementarios, y será muy importante el aporte del docente y su conocimiento sobre las maquinarias.

Desde la segunda y hasta la novena pregunta sería interesante consultar a los alumnos y que estos desarrollen su imaginación para evaluar todo lo que se puede hacer con máquinas herramienta en cada una de las industrias.

Mientras desde la duodécima y hasta la decimosexta sería importante establecer el funcionamiento y para qué tipo de trabajos o piezas están diseñadas.

3. Diseño y uso de Herramientas de corte

3.1. Herramientas de corte

Capítulo 3

3.1.1. Los orígenes

El hombre nunca se dio cuenta del momento en que inventó las herramientas, simplemente surgieron por mera necesidad, como un hecho casi natural.

Cuando no pudo hacer con sus manos un determinado trabajo, recurrió a una serie de implementos que usó como utensilios. Para hacer lo que quería, sin saberlo, comenzó a elaborar desde la palanca o la rueda, dispositivos auxiliares que le permitieron cumplir sus objetivos, dando origen a unas primitivas herramientas.

Desde la época de las cavernas, nuestros antepasados fueron evolucionando utilizando herramientas. Claro, no eran las herramientas como las conocemos hoy. El hombre primitivo usó útiles muy simples como: masones, hachas, piedras filosas. Esas mismas herramientas, aunque con diseños más modernos, siguen teniendo vigencia hasta nuestros días.

Así como el hombre ha evolucionado, también su medio ambiente y sus necesidades fueron cambiando y, con éstas, sus habilidades. Aprendió a crear, diseñar, fabricar y manejar un sinnúmero de herramientas que lo ayudaron en esa evolución. Con el tiempo una nueva idea generó herramientas nuevas para llevarla a cabo, con esas nuevas herramientas surgían nuevas ideas, que daban origen a nuevas herramientas y así, sucesivamente, se retroalimentaron a través de los años, las ideas del hombre y sus herramientas.

Al hablar de herramientas, las primeras imágenes que nos vienen a la mente son aquellas que generalmente se conocen en un hogar, las de mayor acceso y que puede utilizar cualquier persona. Estas son las herramientas manuales: martillo, pinza, destornillador, tenaza, llaves de tuercas fijas o móviles, un serrucho, etc.

Algunos recordarán a su abuelo o su padre trabajando en la casa, seguramente con algunas herramientas como: limas, escofinas, cepillos o formones. Tal vez usando alguna de las más comunes máquinas herramientas manuales como la agujereadora de pecho, que perforaba utilizando brocas de acero rápido, una morsa de sujeción de banco o alguna guillotina de corte con palanca. Equipamientos simples que también tuvieron su evolución. Se fueron perfeccionando con el tiempo, gracias a la evolución de la tecnología, que le permitió llegar hasta las actuales perforadoras eléctricas manuales o de columna (de uso industrial), lijadoras eléctricas, prensas, serruchos mecánicos, amoladoras, cortadoras eléctricas, etc. Todo un potencial de versátiles máquinas herramientas y herramientas de todo tipo que permiten la máxima comodidad y seguridad para afrontar cualquier trabajo manual que quiera realizar el hombre moderno.

3.1.2. Arranque de viruta

Si bien las herramientas que hemos visto son algunas de las más populares desde sus orígenes, en la actualidad, la variedad tanto de herramientas y máquinas herramientas existentes es muy amplia, con los más variados diseños y aplicables en todo tipo de usos.

Por poner una época de referencia, podemos decir que finalizada la Segunda Guerra Mundial se empiezan a difundir una gran variedad de herramientas y máquinas herramientas, ampliando el espectro de las herramientas, que siguió creciendo hasta nuestros días. Más allá de las herramientas caseras, **son las industrias** las que comienzan a utilizar máquinas herramientas más modernas. El gran auge industrial está dado por el desarrollo de los procesos productivos más utilizados hasta la actualidad. Los procesos de mecanizado han sido, y son, los más aplicados por la mayoría de las industrias.

Dentro de esa gran variedad de herramientas se destacan las utilizadas por las máquinas herramientas industriales para los procesos de mecanizado, denominadas **herramientas de corte**. Son un tipo de herramientas no muy difundidas. Respecto a las más difundidas, la mayoría de las herramientas conocidas son diseñadas y construidas para que tengan una vida prolongada, mientras que las herramientas de corte cuentan con un periodo de vida útil menor y luego se descartan.

Al hablar de herramientas de corte, nos referimos a **las herramientas de mayor consumo industrial en el mundo, en la actualidad, y en los últimos cuarenta años**. Estas herramientas, utilizadas mayoritariamente en máquinas herramientas, son aquellas que realizan el principal trabajo en todo tipo de mecanizado. La operación que realizan se llama **arranque de viruta** y permite obtener la mayor cantidad de viruta de la pieza a mecanizar. El joven y vertiginoso desarrollo de las herramientas de corte se produjo a lo largo del siglo XX, transformándose en una verdadera vedette para quienes realizan mecanizados de altas producciones del rubro metalmeccánico. **Los distintos tipos de materiales que las componen, sus diseños, formatos y medidas, más las alternativas de operabilidad y características de uso, las distinguen de cualquier otra herramienta conocida.**

Desde su creación, las herramientas se caracterizaron por ser las principales auxiliares al momento de trabajar, las manuales fueron las primeras y las que equiparon a las máquinas herramientas llegaron posteriormente.



Herramienta monofilo



Herramienta multifilo

Las herramientas de corte cuentan con una división elemental. A principios del siglo XX, el ingeniero estadounidense Frederick Winslow Taylor, con sus trabajos de normalización, las definió como: herramientas monofilas y multifilas. En una segunda división aparecen las estáticas (herramientas fijas) y las giratorias. Más allá de sus divisiones, todas cumplen la misma función: el arranque de viruta.

Como su nombre lo dice, las herramientas de corte **monofilas** son herramientas de un solo filo, básicamente aplicadas en tornos, acepilladoras o alisadoras. Las herramientas de corte **multifilas** tienen más de un filo (desde 2 hasta 100) y se utilizan en máquinas fresadoras, centros de mecanizado, o perforadoras.

Las herramientas **estáticas** son las que se ubican en forma estática en la máquina herramienta, para realizar su trabajo dependen de la rotación de la pieza. Las herramientas **giratorias** son instaladas en las máquinas

herramientas en el husillo giratorio que posee la máquina, realizando su trabajo en forma giratoria sobre la pieza que se mantiene estática a la base de la misma máquina.

Ambos tipos son utilizadas por igual en todas las industrias. La diferencia radica en la operabilidad, ya que su uso se aplica a máquinas distintas, conceptualmente son fabricadas de forma distinta y con procesos de mecanizados distintos.

3.1.3. Herramientas de acero

Frederick Winslow Taylor fue el primero en establecer una norma de estandarización y categorización de las primeras herramientas de corte, basándose exclusivamente en el tipo de material descubierto por él.

Taylor, secundado por otro ingeniero M.J. White, ensayaba con un acero **Midvale N° 68**, un típico acero de la época, un acero aleado al que siderúrgicamente agregó un 5% de tungsteno. Una vez fabricado, comprobó que calentándolo casi hasta la temperatura de fusión para templearlo, adquiriría una nueva y desconocida propiedad que la denominó **dureza al rojo** (en realidad lo llamó rojo cereza). Tal propiedad consistía en una conservación de la dureza del temple hasta temperaturas del orden de los 600 grados centígrados, y estas temperaturas solo pueden generarse durante el corte, por el calor friccional de las altas velocidades de



Herramienta estática gira la pieza



Herramienta giratoria

corte. De aquí en más, los aceros que admitían el tratamiento de Taylor fueron denominados aceros de corte rápidos. Los operarios las llamaban **herramientas rápidas**, finalmente se las terminó llamando **aceros rápidos**.

Los trabajos que realizaron sobre diseños y ángulos de filos realizados con unas 400.000 toneladas de los más variados materiales, en especial aceros y fundiciones, fueron tan brillantes que tienen vigencia como un patrón de fabricación de herramientas en casi todo el mundo.

Las **herramientas positivas** tienen un ángulo de corte más agudo, especialmente desarrolladas para materiales de difícil mecanizado, como son los materiales muy pastosos (acero SAE 1010), con mucho contenido de plomo, o inoxidable serie SAE304/306, latón y aluminio. Estas herramientas positivas trabajan al corte. Se usan cuando se cuenta con poca potencia o mucha inestabilidad en la máquina herramienta utilizada.



Fresa disco



Fresa cilíndrica

Las **herramientas neutras** en la práctica también son positivas, pero sus ángulos de corte no son tan agudos, resguardando más el filo de corte. Suelen utilizarse con materiales más estables para su mecanizado como lo son los aceros SAE 1045, 8620, 4140 ó 5160. También se utilizan en cobre, bronce y titanio. Se usan para mecanizados generales, o donde haya golpes, durezas e imperfecciones. Como las positivas, también trabajan al corte.

Las **herramientas negativas** tienen ángulos de corte recto. Solo se usan para el mecanizado de fundiciones de acero de cualquier tipo, o materiales duros o templados. No trabajan al corte, sino con la deformación plástica del material que se mecanice. Para este tipo de herramientas se tiene que contar con máquinas de más potencia que para las positivas.



Hojas de sierra

El mismo Taylor entregó los resultados de sus numerosas investigaciones sobre los nuevos mecanizados con herramientas de corte de acero rápido, a la Sociedad Americana de Ingenieros de Fabricación. Al mismo tiempo, entregó un manifiesto -o fórmula de Taylor- que aún hoy tiene vigencia.

Taylor mejora la fabricación de sus herramientas en 1906, agregándoles un porcentual no determinado de “vanadio” y logrando una sensible mejora en su rendimiento general, sin efectuar cambios en su nombre. Durante los veinte años siguientes, la mayoría de fabricantes de aceros para herramientas continuaron haciendo ensayos con resultados muy dispares. Hasta que en 1925, en



Fresas cilíndricas de 3 cortes

una pequeña acería de Filadelfia, unos ingenieros siderúrgicos lograron con la aplicación de un mayor porcentual de cobalto (con un valor del orden del 12% como máximo) una muy importante mejora de su rendimiento. En los Estados Unidos se los comienza a conocer como **aceros súper rápidos**, luego mundialmente como **aceros HSS**, siempre respetando lo hecho por Taylor.



Fresas cilíndricas de 4 cortes

Además del manifiesto de Taylor, básicamente dedicado a herramientas de corte para ser utilizadas en tornos (la máquina herramienta utilizada por excelencia) se comienzan a ver las primeras herramientas hechas de acero rápido y súper rápido para ser utilizadas en: fresadoras (la segunda máquina más elegida para realizar los mecanizados), fresas cilíndricas helicoidales de distintos pasos, con cortantes normales o de alto rendimiento, fresas disco de varios cortes, fresas frontales, normales de alto rendimiento y para materiales blandos, fresas de acanaladuras,

chaveteras, y una importante variedad de fresas normales y especiales o de forma que plantearon un cambio en los principios de los mecanizados de la época, mostrando a las herramientas de fresado como una alternativa válida, para incorporarlas a los procesos de grandes producciones.

En la actualidad, se siguen usando en pequeños talleres algunas de las fresas nombradas o fresas para filetear creadores, fresas de rosca y algunas fresas limas, dejando un párrafo aparte para las hojas sierras de acero súper rápido, que seguramente serán las de mayor consumo a nivel mundial. De éstas existen las hojas de corte manual, sierras sin fin, o también las sierras disco, simples o bimetálicas, con distintos tipos de temple para lograr mayor dureza en el diente de corte y flexibilidad en el cuerpo central de la hoja.

En la actualidad, el mayor consumo está dado en las herramientas fresas cilíndricas de 2, 3 y 4 cortes de pequeños diámetros, machos para roscado y creadores, junto a las nombradas las hojas de sierra sin fin.

3.1.4. El hardmetal

Bajo la licencia de General Electric, la firma Alemana Osram comienza a fabricar lámparas incan-

descendientes para consumo propio y para toda Europa. Sin que se conozca la fecha exacta de este hecho, en los laboratorios de Osram se obtiene un filamento o tocho de un material compuesto de carburo de tungsteno y cobalto, algunos historiadores también lo citan como volframio al tungsteno. La primera mención al volframio se remonta a 1574, cuando los mineros de estaño en Cornualles (Inglaterra) encontraron un material al que llamaron “el lobo” (*wolf*). El nombre describía cómo el material “comía” el estaño como un lobo come a un carnero (*ram*), de ahí la denominación “*wolfram*”. Unos doscientos años después, se descubre el mismo metal en Suecia, donde se lo llamó “*tungsten*” (piedra pesada en sueco) por su elevada densidad. Ahora, se usa el término carburo de tungsteno, pero existen ambos nombres. Este es el compuesto de los filamentos de las lámparas incandescentes. Al comprobar que no se podía mecanizar con ninguna de las herramientas conocidas hasta el momento, fue una sorpresa conocer un material muy pero muy duro, por eso se lo llamó **hardmetal** (en alemán metal duro).

En 1925 se ofrece este nuevo producto a la firma Krupp (empresa dueña de la mayoría de minas de metales y comercializadora de ellos en toda Europa) porque no tenía aplicación práctica como filamento para lámparas. Ese mismo año, la firma de la familia Krupp adquiere de la empresa Osram la división “Tungsten Carbide”. En esa división se fabricó el tocho de *hardmetal*, que a partir de entonces pasó a llamarse **Krupp Widia Factory** con sede en Essen, Alemania. La marca **WIDIA** (en alemán “*wier*” -igual o como- y “*diamant*” -diamante- la abreviatura originó **WIDIA**) fue registrada con patente oficial en Alemania y casi toda Europa en el año 1927, año de su presentación en la Exposición Internacional de Leipzig Spring Fair de Alemania (**patente oficial N° 351828/1927**).

Este descubrimiento es el hecho más importante del siglo pasado para las herramientas de corte y en el rubro metalmecánico, por los efectos y consecuencias positivas que aportó a la industria en general a lo largo de todo el siglo XX.

MARCA REGISTRADA: Uno de los descubrimientos más importantes del siglo XX en el rubro metalmecánico, el **METAL DURO**, no fue mundialmente conocido como **hardmetal** como lo llamaban los alemanes, sus descubridores al fin.

La empresa Krupp, quien heredó la División Carbide de Osram, realizó un estudio en el año 1925 para establecer un nombre a un producto de reciente invención. Para 1927, el metal duro era un metal con una dureza que era la más próxima al diamante, así era presentado en la Feria Mundial de Leipzig, Alemania, siendo denominadas por los especialistas como, unas **herramientas exóticas** para el futuro.

En alemán *WIER*, significa igual o como, y *DIAMANT*, significa diamante. Las abreviaturas de *WIER* (**WI**) y de *DIAMANT* (**DIA**) la unión de ambas dieron origen a **WIDIA**, marca registrada por la firma Krupp.

Es común hoy día, escuchar a mucha gente mal llamar a los insertos de metal duro, como herramientas de **WIDIA**.

Las primeras herramientas de **metal duro** tuvieron que competir con las **barritas de acero rápidos** que se utilizaban para hacer herramientas, a pesar de tener un rendimiento muy superior. Por ese entonces, una barrita de acero rápido permitía realizar el mecanizado de 3

piezas con un filo, en un tiempo de 65 segundos por pieza, y había que afilarla nuevamente. Con la herramienta de metal duro se podía mecanizar 15 piezas por filo en 18 segundos por pieza, y recién se tenía que afilar la herramienta.

Otra diferencia era que las máquinas que utilizaban acero rápido trabajaban a una velocidad de corte de 15/16 metros por minuto, mientras que las que utilizaban metal duro trabajaban a 42 metros por minuto. No era fácil contar con esas máquinas porque el precio era alto y además había que contar con máquinas específicas para usarlas.

En toda herramienta de corte, el punto crucial pasa por las condiciones del mecanizado.

Todas las fuerzas de corte que se generan en el corte de una herramienta se concentran en un determinado punto de contacto, liberando toda la energía generada para ese corte en calor, a condiciones de mecanizado más severas (más velocidad de corte, más avance o profundidad de corte) y mayor temperatura. El metal duro soportaba temperaturas del orden de los 1.000/1.100° centígrados, mientras que los aceros súper rápidos (los mejores) soportaban hasta 580/600° centígrados.

A pesar de sus virtudes, el **metal duro** solo era accesible para aquellas compañías que podían darse el lujo de adquirir ese excelente producto a un costo muy alto. A otros ingenieros alemanes se les ocurrió una alternativa. Tomando las tablas y normalizaciones de F. W. Taylor, observaron que en la mayoría de las herramientas que había diseñado, solo se utilizaba un extremo al que se le afilaban todos ángulos de corte de la herramienta. Una vez desafilados, se volvían a afilar las veces que fueran necesarias, siempre con el mismo diseño. Estos ingenieros cortaron las barritas de metal duro en pequeños trozos, que luego soldaban a un mango o barra de acero más económico y ofrecieron al mercado una herramienta de corte con diseño, casi al mismo precio y con el triple de rendimiento que los aceros rápidos.

Esto provocó un vertiginoso crecimiento en el consumo de metal duro hasta entrada la Segunda Guerra Mundial, cuando el metal duro y sus fábricas pasaron a ser secreto de Estado para el gobierno de Hitler. Mucho se ha fantaseado con el metal duro en manos de los alemanes durante la gran contienda mundial, acerca de cómo podían producir la cantidad y calidad de su armamento y equipamiento, tanto en buques como blindados y balística, todos con una muy importante cuota de mecanizado en su construcción.

3.1.5. Insertos en Metal Duro

Terminada la guerra, los secretos alemanes tuvieron muy amplia difusión, sobre todo en los países que formaron parte del grupo de los aliados, donde se dio la mayor aparición de nuevas fábricas de metal duro.

Las herramientas de metal duro se transformaron en un buen negocio durante la posguerra, esos diseños de herramientas soldadas comenzaron a utilizarse masivamente.

En una de esas nuevas firmas, ubicada en Latrobe (Estados Unidos), uno de sus fundadores M. W. McKenna patentó un diseño de herramienta que permitía utilizar el metal duro sin soldarlo al mango. El sistema consistía en un trozo de metal duro con dos o cuatro de sus caras ya afiladas y rectificadas, que se alojaba en el extremo de un mango que contaba con una cavidad ya preparada para alojar ese trozo de metal duro.



Insertos

Ese trozo de metal duro iba insertado en la cavidad y sujeto al mango con una brida en su parte superior, que no le permitía moverse. Una vez gastado el filo utilizado, sólo se aflojaba la brida de sujeción, se giraba hasta otro filo y se volvía a sujetar con la brida, sin necesidad de tener que afilar el filo gastado. Esto supuso muchos beneficios a las altas producciones. Este sistema fue patentado bajo el nombre de **Kendex** por la firma Kennametal de USA. Se podría decir que así nace lo que pasó a llamarse un **inserto** de metal duro, que fue insertado en un **porta-inserto** (su mango de acero). Los insertos de metal duro comenzaron a utilizarse en los más variados diseños, formatos y tamaños, hasta entrados los años 60 cuando la incipiente Unión Europea, encomienda a la empresa suiza **ISO** (especialistas en normalizaciones, ISO en griego antiguo significa igual) establecer una normalización de los insertos de metal duro y demás accesorios (porta insertos, cartuchos, etc.).

TODOS IGUALES: Muy poca gente sabe el por qué del nombre de la firma ISO, un establecimiento abocado a la normalización y estandarizaciones industriales con sede en Ginebra, Suiza. El término **ISO** corresponde a una palabra que en griego antiguo significa **IGUAL**. Un término apropiado, si entendemos que la idea de las normalizaciones entre distintos países es exactamente buscar la igualdad entre normas y limitaciones.

ANÉCDOTA.02

Bajo las normas ISO, el metal duro ha tenido una proliferación sin precedentes, ya que en los últimos 40 años se transformó en la herramienta de corte más vendida en el mundo entero. Como ejemplo cabe mencionar que **en el año 2006 se consumieron en el mundo aproximadamente unos 6.130 millones de insertos de metal duro.**

Estas herramientas de diseños positivos, negativos y neutros, tienen vigencia hasta nuestros días con un gran desarrollo, con una importante variedad de formatos, ángulos y variantes de aplicabilidad sobre todo tipo de materiales a mecanizar.

Así como hablamos de herramientas monofilos o multifilos, estáticas y giratorias en los diseños de Taylor en acero rápido, las mismas pautas son vigentes para las herramientas de metal duro, que cubren la mayoría de las necesidades sobre torneado, fresado, tronzado o cualquier tipo de mecanizado, ya que existen herramientas de corte para mecanizado de todo tipo.

Los fabricantes de metal duro siempre soñaron con la herramienta ideal, una herramienta de corte que fuese dura, tenaz y aplicable a todos los procesos de mecanizado y todo

tipo de materiales. Dura, para que permitiese tener un filo que dure lo máximo posible. Tenaz, para que soportara los mecanizados más exigentes con golpes e imperfecciones y que al mismo tiempo sirviese para mecanizar cualquier tipo de material, aceros, fundiciones, cobre, aluminio, titanio, etc.

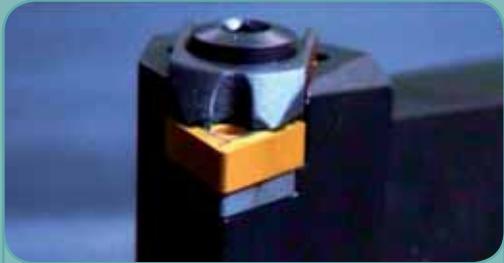
El proceso de corte de materiales en un mecanizado realizado en una máquina herramienta es un acto violento e invasivo, producto de querer quitar material a una pieza que ofrece resistencia. Para que esto ocurra, en esta operatoria actúan diferentes tipos de fuerzas (de compresión, de resistencia, de corte, etc.) sobre el filo de la herramienta de corte, volcando sobre éstas toda la energía que la máquina herramienta desarrolla, dentro de los parámetros establecidos previamente al preparar el trabajo a realizar.

Esa energía de la que hablamos, se transforma en calor. Ese calor se incrementa cuando las condiciones de mecanizado también se incrementan, es decir, cuando existe una mayor **(Vc)** velocidad de corte, **(F)** avance, **(ap)** pro-

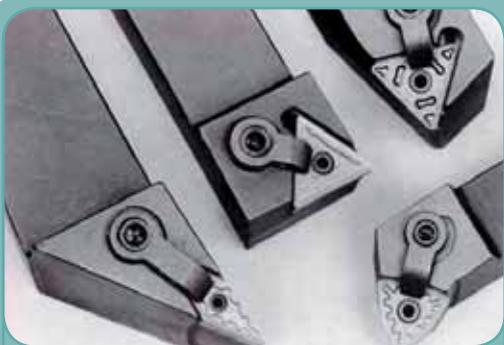
fundidad de pasada y **(K)** ángulo de posicionamiento de la herramienta con respecto a la pieza, todos valores que si se incrementan, hacen que suba la temperatura de mecanizado.

Esa temperatura es la que deben soportar los filos de las herramientas de corte, por lo que adquiere mucha importancia el material o compuesto con el que esté fabricada la herramienta. En el caso de los aceros súper rápidos llegan a no más de 600/650° centígrados, desafilándose rápidamente a partir de esta temperatura. En cuanto a las herramientas de metal duro llegan a 1.000/1.100° centígrados. Las herramientas con revestimientos, las herramientas de Cermet y cerámicas de primera y segunda generación y de nitruro de silicio llegan a 1.200/1.300° centígrados. Las herramientas de CBN a unos 200° más. **La herramienta ideal tendría que estar en 1.700/1.900° centígrados como máximo,** pero esto dependerá de las demás condiciones de mecanizado que se utilicen y con qué material se cuenta para mecanizar.

Al mismo tiempo se quiere que la herramienta tenga la mayor dureza de filo posible, es decir, que no se desfile constantemente y permita tener el filo la mayor cantidad de tiempo posible en contacto con la pieza a mecanizar.



Inserto y porta inserto



Sistema Kindex de fijación de insertos

También es importante que esa herramienta de corte tenga una tenacidad capaz de soportar los golpes, imperfecciones o durezas, que se suelen presentar en determinados trozos de materias primas, o bien que permita efectuar un mecanizado de una pieza cuadrada y la termine redonda sin que su filo sufra anomalías.

Esa misma herramienta tiene que permitir que se puedan realizar operatorias de desbaste (quitar la mayor cantidad de material en una pasada o varias) **o terminaciones** (se entienden por terminaciones a los trabajos que permitan llevar a la herramienta a la última pasada de su mecanizado, terminando la pieza). En estas operatorias se trabaja con poco material pero se incrementan notablemente las velocidades de corte, generando las máximas temperaturas en las partes de los filos en contacto con la pieza.

Que estos trabajos se puedan realizar en todos los materiales (aceros al carbono, fundiciones, cobre, bronce, aluminio, aceros inoxidables, etc.) con todas las variantes que aportan cada una de las alternativas de cada material (unos blandos, otros duros, con poros, macizos, unos de viruta corta, otros de viruta larga, etc.).

Todos estos materiales se tendrían que mecanizar en seco, es decir sin ningún tipo de refrigerante (la mayoría de los refrigerantes son altamente contaminantes, perdurables y en algunos casos cancerígenos). En la actualidad, hay materiales que con las herramientas actuales son imposibles de mecanizar en seco, como el acero al carbono SAE1010, SAE 1020, SAE 304 (inox), Titanio, entre otros; y operatorias como perforado en ciego (sin agujero de salida) o tronzado, que se deben refrigerar.

Además, otra condición ideal para una herramienta sería que **tenga una durabilidad que justifique su uso, y que cuente con la mayor cantidad de filos posibles en su diseño.**

Y por último que, de ser posible, cuente con el mejor precio del mercado.

Cabe aclarar que esa herramienta ideal no existe, sí existe una para cada caso en particular pero no una que cumpla con todos los requisitos y todos los materiales.

3.1.6. Los revestimientos

Una gran mejora se produce con la llegada de las **herramientas recubiertas** en los años 70. Se trata de las herramientas originales a las que se les efectúa un recubrimiento de unos 3 ó 4 micrones de espesor (como referencia, el cabello de un hombre tiene un espesor promedio entre 80/90 micrones), que con las técnicas actuales le permiten a los insertos, según sea el caso, incrementar su dureza de filo o desarrollar un inserto con mayor tenacidad. Son recubrimientos con procesos químicos o físicos, que permiten efectuar la adición de materiales cerámicos como TiN (nitruro de titanio, que es de color dorado) TiC (carburo de titanio de color gris), Al_2O_3 (óxido de aluminio, de color negro) y otras combinaciones; pero en su gran mayoría intercalando estos compuestos.

3.1.7. Torneado y fresado

Las herramientas de corte tradicionales siempre han sido las de torneado, el torno es la máquina herramienta de mayor difusión en el mundo, por ende las herramientas de corte de torno siempre dispusieron de cierto privilegio para su desarrollo. Siempre fueron las de mayor variedad, aunque en la actualidad hay una tendencia a desarrollar las de fresado. Han contado con ciertas libertades que les permiten las normas ISO, ya que estas no han evolucionado a la par de las herramientas.

Las normas ISO (se refieren al establecimiento de estandarizaciones y normativas) con sede en Ginebra Suiza, fueron establecidas por pedido de la incipiente Unión Europea en la década de los 70, ISO en griego antiguo significa “igual”, de aquí su nombre. La gente de ISO estableció una normalización de calidades para el metal duro, que hoy sirven de referencia en forma orientativa a los Cermets, Cerámicas, y CBN.

Luego se establecieron las normas dimensionales, que básicamente tomaron como patrón las anteriormente diseñadas por F. W. Taylor, volcadas en su manifiesto presentada a la Sociedad de Ingenieros Americana, a principios del siglo pasado. Estas normas establecen diseño, forma, tolerancia, sistema de sujeción, dimensiones y aplicabilidades. En todos los casos se cuenta con una codificación alfanumérica, en algún caso cuenta con excepciones, que permiten el aporte personal del fabricante, cuando su diseño no queda encuadrado en un todo con la norma. Las que encuadran a las herramientas de torneado son las más completas, en cambio las de fresado, son normas que desde el momento que se crearon no han tenido mayores cambios, como sí las tuvieron las de torneado, permitiendo a los fabricantes de herramientas de fresado ciertas libertades que han sido explotadas por algunos de ellos.

Entre las herramientas de torneado encontramos las que son para desbaste, operatorias de un mecanizado medio y, lógicamente, las que son utilizadas para terminación. La mayoría son insertos que cuentan con diseños de rompe virutas apropiados para cada eventualidad, mayoritariamente encuadrados bajo las normas ISO de fabricación.

Es importante aclarar que en líneas generales los conceptos delineados a comienzos del siglo XX por Taylor se mantienen vigentes hasta el último inserto diseñado para torneado.

En los últimos 30 años surgió una línea de insertos que no estaba entre los originarios, ya que dicha operatoria es medianamente joven, se trata del tronzado. Operatoria que permite realizar tronzado y rasurado de las piezas mientras giran. Una especialidad que se utiliza también en los tornos, cuyas herramientas de corte han aportado nuevas e interesantes soluciones.

También el roscado se ha sumado como una alternativa positiva, cuando de insertos se trata, hoy existe gran variedad de insertos que permiten desarrollar trabajos de prácticamente cualquier tipo de rosca existente. Los insertos de roscado son un gran aporte a las modernas soluciones de mecanizados.

Distinto es el caso de las herramientas de corte para fresado, estas contaban con serias limitaciones en los años 60 y 70, pero la llegada de los centros de mecanizado con corte axial a CNC, que son una derivación de las tradicionales fresadoras universales, las han revitalizado a niveles que francamente deslumbran.

Antiguamente, los procesos de fresado no superaban un 10% de los totales de mecanizado en cualquier parte del mundo. En la actualidad, ya casi un treinta por ciento de los mecanizados que se realizan corresponden a operatorias de fresado. En general, la mayor utilización de las nuevas fresadoras o centros de mecanizado se da en las matricerías. En estos casos, las herramientas de corte se han multiplicado en forma increíble. Aquí encontraremos fresas para planear, fresas de escuadrar, fresas disco, fresas con variantes de corte que van de 1 a 50 insertos de corte. La oferta es muy amplia.

Los nuevos procesos de sinterización permitieron la llegada de los nuevos compuestos de metal duro con granulometrías muy finas (1 a 2 micrones como máximo), denominadas fresas integrales de metal duro de “micro grano”. Son fresas de diseños similares a las de acero rápido, mayoritariamente helicoidales, pero hechas totalmente de metal duro, que permiten diseños específicos para efectuar mecanizados que en otras épocas serían prácticamente imposibles.

También se han caracterizado las fresas desarrolladas fuera de las normas ISO, que en su gran mayoría están diseñadas para efectuar trabajos de matricería, con formatos muy positivos, o redondos, algunos para mecanizados en profundidad, y también para efectuar perforaciones con interpolación, una operatoria a realizar por las máquinas fresadoras o centros de mecanizado con CNC, que consiste en efectuar un agujero y luego ampliarlo desde su periferia, girando en torno al mismo.

El panorama actual es muy amplio y las perspectivas son muy alentadoras para las fresas, ya que comercialmente tiene algunos privilegios con respecto a las herramientas de torneado. En una herramienta de torno se usa normalmente un inserto, mientras en una fresa se suelen utilizar 2 o más insertos.

3.1.8. Las cerámicas

En la década de los 80 del siglo pasado, los mayores fabricantes de herramientas estaban preocupados por el agotamiento de las reservas de shelitta (tierra buscada en las minas de Estados Unidos, Suecia, Mongolia y Sudáfrica, que suele contener -además de otros componentes- tungsteno, aproximadamente entre 15 al 30%). Después de la caída del muro de Berlín, la apertura de la economía china y la consolidación de Japón como tercero en discordia en cuanto a las herramientas de corte de metal duro, el mercado volvió a su normalidad. Durante ese periodo de incertidumbre, muchas empresas efectuaron pruebas y desarrollos de los más variados materiales con el fin de conseguir un reemplazante del metal duro.

Justamente, Japón como líder y Alemania secundándolo tomaron las riendas del tema. En ambos países las investigaciones y desarrollos sobre nuevos compuestos para herramientas de corte llegaron a resultados muy similares, complementándose perfectamente.

En Alemania nacieron las primeras herramientas de corte de cerámicas, llamadas de primera generación. Se trataba de herramientas de color blanco construidas con Óxido de Aluminio (alúmina) prensadas en frío, (se denomina prensadas en frío cuando se realiza su prensado a una temperatura por debajo de los 600°, si fuese por sobre esta temperatura se denomina prensado en caliente). Fueron diseñadas para hacer trabajos de terminación. Construidas bajo normas ISO, de gran volumen, necesitaban ciertas condiciones de estabilidad y rigidez difíciles de cumplir en una máquina herramienta como un torno.

Estas primeras herramientas de corte de cerámicas, a pesar de ser lanzadas al mercado con mucho bombo, fueron un rotundo fracaso técnico y comercial. Al poco tiempo, todos las probaron y vieron que era muy difícil obtener las condiciones ideales para su utilización. Eran herramientas muy duras, por ende extremadamente frágiles, y necesitaban que se las utilizara en dispositivos de sujeción extremadamente rígidos (los que existían eran tremendamente voluminosos, poco prácticos y muy caros) para ser empleadas en máquinas de pudiesen desarrollar regímenes de vueltas muy elevados (más de 5.000 a 7.000 rpm), máquinas herramientas que no tuviesen prácticamente vibraciones. Por ese entonces, las máquinas herramientas no estaban preparadas para ser utilizadas en esas condiciones, por ende las herramientas de corte de cerámica blanca se rompían con mucha facilidad.

Poco tiempo después, en Japón, se presentan las primeras herramientas de corte construidas por CERMET. Se trata de unas cerámicas metalizadas (la abreviatura de ambas palabras dio origen al Cermet). Su composición es la sinterización de unos polvos de carburo y nitruro de titanio, teniendo como aglutinante de los polvos, según el fabricante, cromo o níquel. Estas herramientas no tienen nada que ver con el metal duro, pero permiten utilizar sus mismos diseños y geometrías, como también los porta insertos; pero mejora ampliamente sus prestaciones de mecanizado, sobre todo en lo que respecta a terminación, con mucha más velocidad.

Al mismo tiempo también en Japón, se continuó con el desarrollo e investigación de la cerámica de óxido de aluminio. Tras muchos ensayos se presenta, a principios de los años 80, una cerámica mejorada de óxido de aluminio, con carburo y nitruro de titanio, entre otros componentes, que se la denomina mixta. Se trata de una cerámica de segunda generación, teñida de color negro (el óxido de aluminio es incoloro, pero para diferenciarla del fracaso de la anterior que era blanca, se la tiñó de color negro). Esta cerámica tiene mucha vigencia, utilizada para el mecanizado de aceros, más todos aquellos materiales muy duros o que superen los 50 HRC (Rockwell C, una escala para medición de dureza).

Una tercera alternativa viene dada por un compuesto utilizado para la fabricación de herramientas de corte. **Sería una cerámica de tercera generación, nitruro de silicio.** Durante varios años, la Nasa en los Estados Unidos, buscó durante las décadas de los 60 y 70, un compuesto aislante que permitiese llevar adelante un proyecto del trasbordador espacial. Se buscaba un aislante exterior para la nave. Entre las alternativas probadas el compuesto más idóneo resultó ser el nitruro y carburo de silicio (silicio o simplemente arena, el carburo y nitruro de silicio también es muy utilizado en la electrónica, chips y transistores son construidos en estos materiales). El proveedor de estos compuestos era una empresa japonesa, que entrados los años 80 presenta

al mercado mundial de herramientas los primeros insertos de nitruro de silicio.

Por ser un óptimo conductor de temperatura se transformó rápidamente en una de las herramientas más elegidas para los mecanizados de fundiciones, siendo, en la actualidad, el mejor compuesto existente para el mecanizado de esos materiales en condiciones extremas. Se dice que las condiciones son extremas cuando la materia prima se presenta con una cascarilla cuando sale de los moldes muy abrasiva, que deteriora mucho los filos de las herramientas, o piezas cuyas formas son difíciles de mecanizar porque tienen golpe, o algún impedimento para un mecanizado simple.

3.1.9. Herramientas de CBN

En la década de los 50, en la empresa estadounidense General Electric Company, un grupo de investigadores norteamericanos obtuvo un producto de dureza extrema como resultado de una serie de experimentos, cuyo fin era obtener algún material que se aproximara a las virtudes del diamante.

Se descubrió que tras un proceso de horneado y sometido a extremas presiones, el nitruro de boro cúbico (CBN) puede tomar una dureza tan solo un punto por debajo del diamante natural. Sin embargo, durante varios años no se encontró aplicación específica para este hallazgo. Recién a mediados de la década de los 60 se propone utilizarlo como herramienta de corte y se lo comercializa con la marca Borazon (marca registrada por General Electric y comercializada por Carboloy).

Es un material cuya particularidad principal pasa por su extrema dureza, que le permite ser utilizado con materiales muy duros o endurecidos, como aceros templados o nitrurados con valores de durezas del orden de 50/55 HRC (Rockwell C). Así su campo de aplicación abarca prácticamente cualquier material, transformándose en una herramienta de corte muy versátil que se aplica a casi cualquier mecanizado.

Dureza: Resistencia de un material a ser penetrado o deformado permanentemente y que cesa cuando desaparece la fuerza ejercida sobre este. La dureza se puede medir con diversas escalas o tipos de medición. Los más conocidos son las escalas en **Brinell, Rockwell, Shore y Vickers**. Las más usadas en la metalmecánica son las escalas en **Brinell o Rockwell**.

Brinell: Dureza que expresa la relación entre carga de prueba y superficie de la huella de impresión, cuando se presiona durante 10 segundos, bajo la acción de una carga de 29.420 N (Newton) con una bola de diámetro fijo de 10 mm, sobre una probeta o pieza de prueba.

Rockwell: Un tipo de dureza que se calcula midiendo la profundidad de la deformación permanente producida por un cono de diamante (escala C) o por una bola de acero (escala B), lleva el nombre de su inventor, en la metalmecánica la más utilizada es la **escala C**.

Cuando se descubre el CBN se creía que su dureza era similar a la del diamante, que es el elemento natural de mayor dureza, por eso lo llamaban el primer diamante artificial. Hoy se sabe que su dureza está un poco por debajo de la del diamante. En el mundo existen pocos fabricantes de CBN en el mundo, hoy en día no son más de diez, que lo fabrican para su propio uso y para la gran mayoría de fabricantes de herramientas de corte. Se lo fabrica bajo normas ISO, preferentemente como placa o inserto estándar, o en diseños de herramientas especiales (en muchos casos se ofrece equivocadamente como una herramienta de diamante industrial).

ANÉCDOTA.03

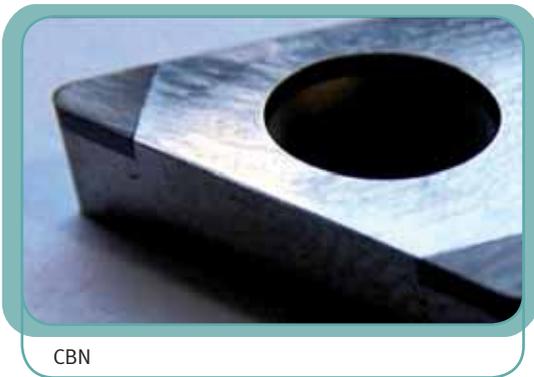
BUSCANDO DIAMANTES: En los años 50 del siglo pasado, en los EE.UU, la firma General Electric Company logra, con un grupo de ingenieros, el desarrollo de una máquina con la que se pensaba obtener diamante industrial.

Esa máquina, teóricamente, lograba la temperatura y la presión adecuadas para obtener un diamante, pero faltaba algo: el añejamiento que le da la naturaleza al diamante, que no pudo lograr la máquina.

Ese fue el punto de partida para la experimentación con distintos tipos de compuestos. Entre ellos, una de las fórmulas utilizada fue **NITRURO DE BORO CÚBICO**, identificado con las siglas CBN. Un compuesto, que procesado con la misma máquina, obtiene una dureza tal que es un punto por debajo del diamante. Mayoritariamente se lo suele **mal denominar** diamante industrial. Igualmente, el CBN es muy utilizado para el mecanizado de metales duros, mecanizados difíciles y otros tipos de aplicaciones.

La firma General Electric Company lo patentó con el nombre **BORAZON**.

El principal inconveniente para utilizar herramientas de CBN, es su precio (realmente es una de las herramientas de corte más caras que existen, producto de sus muy altos costos de fabricación). Por eso se buscaron variantes en su construcción que permitiesen una mejor oferta del producto. En lugar de fabricar el inserto completo de CBN, una alternativa es comercializarlo



CBN

en pequeños trozos soldados en los extremos o puntas de insertos de metal duro, buscando no restar capacidad de uso de la herramienta de corte, pero sí disminuir su valor de venta. Aún así su costo sigue siendo de un valor muy importante.

Durante muchos años el CBN fue utilizado por la industria maderera reemplazando las herramientas de acero rápido y de metal duro porque es uno de los pocos materiales para herramientas que soportan perfectamente la abrasión destructiva que

las resinas de la madera provocan a los filos de las herramientas de corte. En la actualidad, y desde hace unos años, lo utiliza con mucho éxito un gran número de industrias metalmeccánicas. Particularmente, las que trabajan como empresas autopartistas o las que disponen de



Herramientas insertas de CBN

grandes partidas de producción, que requieren procesos con mucho arranque de viruta. También se lo utiliza para reemplazar, en determinadas operatorias, el rectificado en algunas piezas, por la muy buena terminación superficial que deja luego del mecanizado.

3.1.10. Conclusiones

Desde la época de Taylor, con sus primeras herramientas de acero rápido, y hasta las actuales herramientas de corte de CBN, siempre se mantuvo una línea de diseño y creación tradicional de dichas herramientas de corte. Siempre se buscó conseguir un material o compuesto que permitiese al hombre realizar el trabajo de la forma más sencilla posible, lo mejor posible y en el menor tiempo que se pueda.

Al poner los esfuerzos en encontrar el material para la mejora en el rendimiento de las herramientas de corte, que de una forma u otra han mantenido sus diseños por más de 100 años, poco es lo que se ha evolucionado en cuanto a su aplicabilidad operativa en los procesos de corte propiamente dichos. Los distintos materiales que fueron mejorando los rendimientos de las herramientas de corte a lo largo del siglo XX permitieron aumentar velocidades y disminuir los tiempos de mecanizados; pero siempre dentro de las mismas operatorias: torneado, fresado, perforado, etc. Si bien los costos de los mecanizados se redujeron notablemente, aplicando el criterio de la evaluación final al rendimiento de las herramientas actuales, las inversiones iniciales para obtenerlos siguen siendo muy altas.

En la actualidad, y desde hace un tiempo, se realizan grandes inversiones para el desarrollo de nuevas herramientas de corte tradicionales. En algunos casos en combinación o colaboración con fabricantes de máquinas herramientas que buscan mantener vigentes las actuales características de las herramientas de corte.

A las puertas del siglo XXI, surge un novedoso y revolucionario descubrimiento: el **LÁSER** y el **ULTRASONIDO** como las futuras herramientas de corte.

Sí, el LÁSER y el ULTRASONIDO pero esa es otra historia.

3.2. Actividades propuestas

1.- Preguntas para efectuar una consulta interactiva con los alumnos después de ver el tercer documental Capítulo 3.

- 1) ¿A qué se refiere el término mecanizado?
- 2) ¿Cuál es la vida útil de una herramienta de corte?
- 3) ¿Cómo se clasifican las herramientas de corte?
- 4) ¿Dónde se aplicarían las herramientas monofilas?
- 5) ¿En qué máquinas se utilizarían las herramientas multifila?
- 6) Según su ángulo de corte, ¿cuántos tipos de herramientas de corte hay?
- 7) ¿Qué son las herramientas llamadas HSS?
- 8) ¿Cómo se compone el hardmetal?
- 9) ¿A qué se les llama insertos intercambiables?
- 10) ¿Cuál fue el pedido de la UE (Unión Europea) a la firma ISO?
- 11) ¿Dónde surgieron las cerámicas?
- 12) ¿Por qué se tiñeron de negro las cerámicas de segunda generación?
- 13) ¿Qué tuvo que ver la NASA con las herramientas?
- 14) ¿Qué es el CBN o Borazon?
- 15) Por lo visto en el documental, ¿existe la herramienta de corte ideal?

2.- Sobre algunas de las preguntas del cuestionario, se podrían realizar trabajos de investigación por parte de los alumnos. Algunas sugerencias:

- 3) y 5) Investigar los diseños y tamaños de las herramientas de corte monofilas y multifila que más se usan. Compartir los resultados de la investigación con el resto del curso.
- 7) Las herramientas de acero HSS, cuentan con un abanico de alternativas. ¿Cuáles son las utilizadas más comúnmente?
- 8) Investigar los diseños y formatos normalizados de las herramientas de corte soldadas con placas de metal duro. Compartir los resultados de la investigación con el curso.
- 9) Hoy en el mundo metalmecánico el 80% de las herramientas de corte que se utilizan son de metal duro. ¿Cuáles son esas herramientas tan utilizadas? Investigar y comparar los resultados con el resto del curso.

4. Nuevos paradigmas en el mundo de las máquinas herramientas y herramientas de corte

Capítulo 4

4.1. Introducción

Aunque la historia de las herramientas de corte y de las máquinas herramientas se remonta a más de dos millones de años, recién en el siglo XX han tenido verdaderas mejoras y nuevos desarrollos. Ingresan al siglo XXI con un sinnúmero de alternativas y variantes que prometen ser más interesantes que las vividas en Inglaterra durante la primera Revolución Industrial.

Las máquinas herramientas y las herramientas de corte han jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo, tanto que se puede decir que su tasa de desarrollo gobierna directamente la tasa del desarrollo industrial.

En general, en los últimos treinta años las máquinas más comunes en la industria son las convencionales como: tornos, fresadoras, perforadoras, rectificadoras o serruchos mecánicos, algunas con sus controles y dispositivos a control numérico (CN) y otras con controles numéricos computarizados (CNC). También se pueden encontrar herramientas de corte de acero rápido o HSS, o herramientas soldadas de metal duro, o algunos insertos de metal duro revestido con rudimentarias capas de recubrimiento, mecanizando generalmente aceros al carbono, aceros inoxidable o algunos tipos de fundiciones de aceros o aluminio.

Actualmente, un nuevo paradigma tecnoeconómico exige a las empresas industriales mejoras de calidad a menores costos, tiempos de desarrollo cada vez más cortos, atención a los requerimientos de la demanda, entre otros. Entonces, son necesarias nuevas pautas de producción y de gestión para funcionar eficazmente. Las empresas se encuentran frente a la urgencia de una evolución técnica y tecnológica que les permita estar a la altura de las exigencias de un mercado cada día más globalizado. Así, para lograr los niveles de producción flexible que el mercado exige, se requiere la incorporación y actualización de tecnologías de producción flexible como: tecnologías de la información, máquinas con CNC (control numérico por computadora), autómatas programables, robots, CAD, CAD/CAM, centros de mecanizado, corte láser y ultrasonido para trabajar con nuevos materiales.

El diseño de sistemas de producción flexible involucra una serie de decisiones relacionadas, entre otras, con la ubicación de los distintos sectores en las fábricas (layout), el tipo de equipamiento necesario, los volúmenes de materias primas y de productos terminados para almacén y la capacitación del personal necesario.

El capítulo 4 de esta serie plantea las tecnologías presentes en

materia de herramientas y máquinas herramientas y cuáles son y serán sus avances futuros.

4.2. Desarrollo

4.2.1. Avances en aplicaciones de la electrónica CAD/CAM/CIM

Si para la mecanización total de un número de piezas determinada, fuera necesario realizar operaciones de fresado, mandrinado y perforado, es lógico pensar que se alcanzaría mayor eficacia, si este grupo de máquinas herramientas estuvieran agrupadas. Ahora bien, se lograría una eficacia aún mayor, si todas estas operaciones se realizaran en una misma máquina. Esta necesidad, sumada a numerosos y nuevos requerimientos, forzó la utilización de nuevas técnicas que reemplazarían al operador humano. Ya se manejaban máquinas con CN (control numérico) mecánicos; pero con la llegada de la electrónica se introdujo el control numérico computarizado (CNC) en los procesos de fabricación.

El control numérico computarizado se impuso por varias necesidades:

- Fabricar productos en cantidad y calidad suficientes, imposible sin recurrir a una automatización del proceso de fabricación.
- Obtener productos hasta entonces imposibles o muy difíciles de fabricar, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.
- Fabricar productos a precios razonablemente bajos.

El factor predominante que condicionó todo automatismo en las máquinas herramientas fue el aumento de productividad. Posteriormente, debido a las nuevas necesidades de la industria aparecieron otros factores no menos importantes a tener en cuenta como la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

A la aplicabilidad de los equipos CNC, hay que sumarle los procesos CAD/CAM, procesos en los que se utilizan computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Estos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática.

Con los sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) se hacen modelos de un determinado producto, que representan sus atributos o características, como tamaño, contorno y formas de cada componente, que son almacenadas en la computadora de forma bi o tridimensional. Una vez que estos datos se introdujeron y se almacenaron en el sistema informático, el diseñador CAD puede manipularlos o modificarlos con facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, estas ideas y diseños se pueden integrar, compartir y transmitir a través de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí, pueden trabajar en equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de una pieza o producto.



Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación, también controlados por computadoras, conforman un sistema integrado CAD/CAM.

La manufactura asistida por computadora (CAM) ofrece significativas ventajas con respecto a controlar la fabricación con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM implican la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra. Además, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. El control numérico por computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza con un software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM. Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a sus necesidades específicas.



Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear rápidamente un primer prototipo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá emplee el sistema porque es el único modo de poder fabricar con precisión un componente muy complejo. La gama de prestaciones que se ofrece a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión, incluso obviando el tipo máquina herramienta que se use. Otro ejemplo: los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automática sobre la tela para reducir al máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un láser CNC.

Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la base de datos informáticos y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo. Una tecnología que aprovecha al máximo el potencial del CAD/CAM, y que en la actualidad constituye una opción estratégica que están siguiendo las industrias, es la integración de todas las áreas de producción de la empresa a fin de incrementar su productividad y competitividad. Este proceso de integración se basa en el modelo de Manufactura Integrada por Computadora (CIM), una tecnología que se centra en la informática y las telecomunicaciones y busca la integración y el control por computadora de todas las actividades



que intervienen en el proceso de producción. Se trata más que de un concepto, de una filosofía de trabajo. Todas las partes que intervienen para el desarrollo de un producto están enfocadas en la meta de una organización, al combinar una amplia gama de actividades, que pueden incluir el control de existencias, el cálculo de costos de materiales y el control total de cada proceso de producción. Contenidos en estos sistemas se encuentran los módulos de software que planean y organizan las operaciones de manufactura, permiten explorar mejores alternativas para la producción y los insumos, monitorean si las operaciones se ajustan al plan previo y permiten proyectar resultados. Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a la empresa responder con mayor agilidad a las demandas del mercado y al desarrollo de nuevos productos.

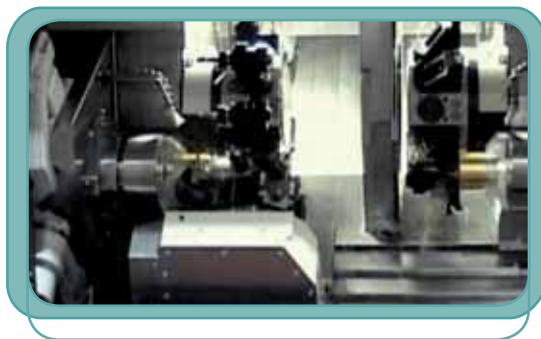
Los últimos avances en estas tecnologías incluyen una mayor integración de sistemas de realidad virtual, que permite a los diseñadores **interactuar con prototipos virtuales** de los productos mediante la computadora, en lugar de tener que construir costosos modelos o simuladores para comprobar su viabilidad.

También el área de **prototipos rápidos** es una evolución de las técnicas de CAD/CAM, en la que las imágenes informatizadas tridimensionales se convierten en modelos reales empleando novedosos equipos de fabricación especializados, como por ejemplo un sistema de estereolitografía.

4.2.2. Avances en los procesos

Durante los últimos años del siglo XX, se planteó un gran problema a los fabricantes de máquinas herramientas: la limitación de producir máquinas herramientas en cuyos husillos no se puedan desarrollar más de 42.000 RPM (revoluciones por minuto) por un lado, y contar con una potencia razonable que no supere los 50 KW (kilowatts), con todos los inconvenientes que acarrear los altos consumos de potencia. Estas limitaciones llevaron a los fabricantes a buscar nuevas alternativas para lograr el óptimo aprovechamiento de las operatorías de mecanizado.

También los fabricantes de herramientas de corte se vieron en la obligación de efectuar replanteos de nuevos diseños de herramientas, para nuevas operatorías de mecanizado nunca antes imaginadas. Así nacieron los **procesos de Mecanizado de Alta Velocidad (MAV)**, el **novedoso proceso de Mecanizado de Altos Avances (MAA)**, o los extraordinarios **sistemas de acabado Wiper** de perfilado de los filos de los insertos en los radios.



El MAV es una tecnología de corte con bases sólidas que abre las puertas del mecanizado de materiales y figuras que antes no se podían mecanizar convencionalmente, como por ejemplo: materiales con una dureza superior a 50 HRC (Rockwell - unidad de medida de la dureza de un material) o paredes delgadas de 0.2 mm, etc.

¿Qué es el mecanizado de alta velocidad?

Hay varias definiciones de MAV. Vamos a decir que se trata del mecanizado en el que se combinan altas velocidades de rotación y de avance. Esto puede suponer mecanizar a velocidades de corte entre 5 y 10 veces superiores a las que se utilizan de manera convencional, según sean las características de cada material. **Se dice del MAV, que es un paso hacia el mecanizado óptimo.** Se utiliza para mecanizar aleaciones ligeras con alto índice de arranque de viruta, matrices y materiales templados, permite el desbaste y terminación de piezas pequeñas y la terminación en piezas de todos los tamaños, reduce la fuerza de corte, así como el calor transmitido a la pieza. Requiere elevada rapidez y precisión, siendo habituales velocidades de 100 m/min (metros por minuto) y aceleraciones de 1g (gravedad).

La aplicación de MAV tiene notables ventajas en lo productivo y económico, pero tiene algunas limitaciones o condicionamientos para su implementación.

Las condiciones del proceso (velocidad de corte, avance, profundidades de corte radial y axial, etc.) dependerán del material a mecanizar, así también de las herramientas de corte especialmente diseñadas y fabricadas para esas velocidades de corte, y de las máquinas y herramientas disponibles para efectuar el trabajo con cortos tiempos de aceleración-desaceleración del husillo, breves tiempos de cambios de herramientas, estabilidad térmica, amortiguación de vibraciones, más un CNC diseñado especialmente para controlar altas velocidades y aceleraciones de los ejes con gran nivel de precisión, y además adecuadas estrategias de mecanizado generadas por el sistema CAM.

Cada material y aleación que pretendamos mecanizar posee sus propias características estructurales, que provocan variantes en el mecanizado, lo que nos marcará los límites operativos del proceso. Por ejemplo, no es lo mismo mecanizar:

- Materiales blandos (aluminio, cobre, magnesio) donde se podrá efectuar un quite de material sin problemas, que materiales duros (aceros templados, titanio, níquel) donde, por su dureza, cuesta más quitar material.
- Materiales de fácil mecanizado (aluminio, magnesio) donde la viruta que se obtenga será de simple extracción, pero muy problemático su corte, que de difícil mecanizado (titanio, aleaciones níquel-cromo, acero para herramientas) donde cuesta obtener la viruta, pero será más fácil su corte.

Así, el triángulo que conforman material-herramienta-máquina establecerá los correspondientes parámetros de corte, estrategias de mecanizado, volumen de material extraído por unidad de tiempo, etc. La velocidad de corte y las condiciones de proceso en general, dependerán del material a mecanizar, estado de la máquina herramienta, sistemas de sujeción, tipo de herramienta a utilizar y programas de CAD/CAM y CNC acorde a un mecanizado de MAV.



Otra variante es el **mecanizado de altos avances: MAA**. Este proceso de mecanizado se suele utilizar como complemento al **MAV**, ya que mantiene sus principios, pero aplicados a los avances de las máquinas herramientas, utilizando fresas de aplanado con ángulos de posicionamientos pequeños de 10 hasta 15 grados, permitiendo avances de hasta 4 mm/v (milímetros por vuelta). Hoy en día un mecanizado de fresado normal se hace a 90 grados, con un avance de 0,1 hasta 0,3 mm/v, pudiéndose apreciar el gran incremento del avance entre el sistema convencional y el MAA. Es un proceso muy reciente, pero que día a día gana adeptos sobre todo, en las matricerías que necesitan efectuar mecanizados de desbaste para grandes matrices. Otros avances importantes se han dado en torno a los insertos, entre ellos el sistema de insertos Wiper, nacido hace muy pocos años, es ofrecido por la gran mayoría de los fabricantes de herramientas de corte, como una alternativa válida para mecanizados de terminación. Logran combinaciones de avances elevados y acabado de superficie mejorado. Al permitir que se duplique el régimen de avance, los **insertos Wiper** pueden reducir los tiempos de mecanizado a la mitad y mejorar tanto el acabado de superficie como el control de virutas. Consiste en un perfilado lateral sobre los ángulos de incidencia, a la altura de los radios de punta de los insertos intercambiables. El sistema Wiper permite obtener con radios convencionales, (0,4; 0,8 mm) mejores terminaciones con un mismo avance, o lograr la misma terminación, aplicando el doble avance ($f=2$ avances), reduciendo los tiempos a la mitad. Con ambas variantes, avance simple o doble avance se logran mejoras sustanciales. Bien utilizado, permite suprimir los rectificadores simples, simplemente agregando una última pasada de terminación con los **insertos Wiper** en un torno tanto CNC como convencional.

SISTEMA WIPER: Se trata de un sistema muy original, realizado sobre el diseño y estructura de los insertos actuales más usados, hay un refrán que dice, que, inteligente no es aquel



que habla mucho de cosas nuevas que no conoce, si no, el que sabe sacarle el mejor provecho de las cosas que conoce. Pues bien, las herramientas comúnmente llamadas insertos intercambiables de metal duro, sufrían hace un tiempo, un estancamiento en su desarrollo y ya muchos, consideraron su reemplazo por otro tipo de herramienta para mejorar su rendimiento.

La llegada de los sistemas WIPER a las herramientas, provoca un resurgimiento de los

insertos intercambiables de metal duro, ampliando su futuro y mejorando ampliamente su desarrollo a niveles impensados hace pocos años atrás.

ANÉCDOTA.01

4.2.3. Cambios rápidos y modulares

Gracias a extensos trabajos de investigación y desarrollo, se han logrado increíbles mejoras en los procesos de mecanizado, una de esas mejoras se refiere a la **reducción de los tiempos**.

Así, mecanizados que a principios del siglo pasado llevaban poco más de una hora de trabajo, hoy, gracias a las nuevas herramientas y máquinas herramientas, mecanizar el mismo material demora unos pocos segundos.

Otro avance en los procesos de mecanizado fue en el **aprovechamiento de los tiempos muertos**. Se entiende por tiempos muertos, el tiempo en que la herramienta de corte no está en contacto con la pieza, como en los tiempos perdidos cuando la máquina herramienta se detiene para efectuar el cambio de la pieza o herramienta de corte o rotación de la misma por su desgaste, el tiempo de medición, reparación o mantenimiento, etc. Dado que esos tiempos muertos eran extensos, los estudios se encaminaron a la búsqueda de soluciones para implementar algún sistema que los redujera lo máximo posible.



A fines del siglo pasado, ya se manejaban sistemas denominados **modulares** que permiten efectuar el cambio de una herramienta por otra similar en un mismo anclaje de la torre del torno o fresadora, con un sistema de sujeción práctico y simple, permitiendo una mayor versatilidad y reducción de los tiempos muertos en la máquina herramienta que cuenta con dicho dispositivo de sujeción.

Luego el desarrollo se centralizó en tratar de ver cómo se podían agilizar esos cambios modulares y nacieron los sistemas **modulares de cambio rápido**, que sumados a los anteriores, establecieron un replanteo en los talleres e industrias que fueron adoptando este sistema. El cambio rápido consiste, en un sistema de anclaje sencillo y seguro, por medio de un encastre en una posición del carro de la máquina, que permite efectuar el cambio de una herramienta en uso por otra, con rapidez con solo girar un dispositivo de sujeción que establece los toques máximos admisibles tanto para tomar las herramientas de corte, como en el dispositivo de sujeción. Otro avance fueron los **sistemas de anclaje por inducción magnética** para los portaherramientas de máquinas herramientas como fresas o centros de mecanizados con CNC.

Todos estos novedosos sistemas han cambiado el dinamismo en el trabajo de las máquinas herramientas, sobre todo las dotadas con CNC, permitiendo una rápida, ágil y sencilla antesa a la global automatización de los centros de mecanizado, tornos y fresadoras.

4.2.4. Avances aportados por la Robótica

La industria automovilística ha sido gran impulsora de la robótica industrial, empleando la mayor parte de los robots instalados hoy en día. La tarea más frecuente robotizada dentro de la fabricación de automóviles ha sido la soldadura de carrocerías. En este proceso, llamado **soldadura por puntos**, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes. Se podría decir que fue en el primer lugar que se utilizaron robots con entes autónomos. La gran demanda de robots para la tarea de soldadura por puntos, ha originado que los fabricantes desarrollen robots especiales, para esta aplicación que integran en su

sistema de programación, el control de la pinza de soldadura que portan en su extremo. Además de las alternativas de robots para soldaduras, la misma industria automovilística incorporó **máquinas para los procesos de pintado de las unidades**. En estos procedimientos se cubre una superficie de forma tridimensional, en general complicada, con una mezcla de aire y material pulverizada mediante una pistola en el extremo del robot. Esta tarea requiere de una perfecta homogeneidad en el reparto de la pintura, realizándose para ello un control de la viscosidad, de la distancia entre piezas y la pistola, la velocidad de movimiento de ésta, el número de pasadas. Todos estos parámetros eran tradicionalmente controlados por el operario. Dado que el ambiente en el que se realizaban los trabajos de pintura era muy peligroso, ya que se trataba de un espacio reducido, una atmósfera tóxica, con alto nivel de ruido y riesgo de incendio, se justificó ampliamente la utilización de la robótica. Con el empleo del robot se eliminan los inconvenientes ambientales y se gana en homogeneidad y en la calidad del acabado, ahorro de pintura y productividad. Normalmente, los robots de pintura son específicos para este fin.



Las mejoras obtenidas con los robots han sido sustanciales y plantearon las bases para implementar sistemas autónomos y más ágiles, al incorporarlos a las actuales máquinas herramientas. Ya hace un tiempo que la robótica ha desembarcado junto a las máquinas herramientas para mecanizados, siendo de gran utilidad y practicidad y tiene, aún, mejores perspectivas en el futuro. Hace un tiempo atrás, hablar de robótica se interpretaba como un robot o máquina o dispositivo diseñado como un complemento secundario, extra máquina herramienta, para la manipulación de piezas, para la carga y descarga de las máquinas, y no como un componente más de la máquina herramienta en sí.

En la actualidad, la robótica ha pasado a formar parte de las máquinas herramientas, además de la carga y descarga de pieza, la manipulación interna de las piezas, también se efectúa el manejo de cambio de las herramientas de corte e instrumental de medición que utilice dicha máquina. Si a los sistemas modulares de cambio rápido y a los sistemas de anclaje por inducción magnética le sumamos la robótica, estamos en presencia de una automatización casi total de las máquinas herramientas utilizadas para el arranque de viruta.

Los grandes desarrollos alcanzados por disciplinas como la neumática e hidráulica, sumados al aporte de la electrónica como comando de todos estos elementos, por medio de los nuevos CNC han permitido que la robótica actual trabaje dentro de la misma máquina. Por ejemplo, puede efectuar el cambio de las herramientas de corte en tiempos casi imperceptibles según las necesidades que plantee el software del programa impuesto en el control numérico, desde donde se lo controla.

Las necesidades del mercado, han llevado a la implementación de trabajos repetitivos y de altas producciones, que requieren trabajos complejos. La robótica simplifica estos trabajos,

está totalmente integrada a la máquina herramienta moderna, siendo ya un elemento más de la misma, permitiendo que las actuales máquinas herramientas actúen como máquinas automatizadas (también se las llama robotizadas).

En las maquinarias de corte, antiguamente la robótica era utilizada solo para el movimiento de los materiales que se introducían en las plataformas de corte de los equipos de oxicorte con movimientos mecánicos por levás. Hoy aporta los movimientos sobre todos los ejes imaginarios que presente el programa, para efectuar el traslado del adminículo cortante (soplete o haz de láser) sobre las chapas a ser cortadas, todo controlado por un CNC.

4.2.5. Avances en los materiales

Durante el siglo XX, hemos visto reinar al acero, sus aleaciones y sus combinaciones como los materiales más utilizados en la industria en general, en la metalmecánica en particular, como los materiales más utilizados para los mecanizados en todo el mundo. Según estudios recientes, esa tendencia cambiará rápidamente en el transcurso de los próximos años, donde nuevos materiales compuestos y aleaciones de nuevos materiales, harán que el panorama de los mecanizados cambie rotundamente.

Materiales como el **titanio**, **manganeso**, **aleaciones de aluminio o platino** y sus combinaciones y derivados, por citar algunos, irrumpen en los mercados, entremezclándose con los materiales ya utilizados para los mecanizados convencionales.

Los fabricantes de herramientas están introduciendo herramientas de corte realizadas con nuevos compuestos como: microgránulo, cerámicas compuestas, nuevos recubrimientos y sistemas de recubrimientos, que han llevado a diseños de herramientas de corte realmente novedosas. El microgránulo es un nuevo tipo de metal duro más fino y refinado que el que hasta ahora se conocía. Se trata de metal duro con molienda por ultrasonido, que permite lograr una óptima granulometría y desarrollar diseños y geometrías de herramientas de corte impensadas. Un caso destacado son las pequeñas brocas y fresas para la aplicación en la nanoingeniería. Están diseñadas y fabricadas de forma tal, que permiten trabajar con diámetros de hasta 0,02 mm, medidas impensadas hace cinco años atrás.

4.2.6. La ecología mecánica

En la actualidad, es muy importante el cuidado del medioambiente. No siempre se atendió la mirada ecológica y, como sabemos, el hombre, a lo largo de su historia, ha causado constantes daños a la naturaleza. El mundo metalmecánico no está al margen de ese mal comportamiento. Las máquinas herramientas han sido ruidosas, sucias, han utilizado durante años líquidos y fluidos refrigerantes y lubricantes que en su gran mayoría son contaminantes, tóxicos y en algunos casos cancerígenos. Las herramientas de corte, por medio de sus reafilados (sobre todo aquellas herramientas con metal duro, que contienen cobalto) provocaban en los operadores problemas de piel, soriasis,

infecciones; y con su ingesta o aspiración problemas pulmonares, estomacales y hasta cáncer.

Las alternativas actuales pretenden revertir tal situación, con desarrollos y propuestas acordes con la preservación del medio ambiente y del hombre que utiliza esas máquinas y esas herramientas.

Una de las variantes novedosas, digna de ser mencionada por lo original, es utilizar para los mecanizados en las máquinas herramientas **el aire como refrigerante**. Propuestas más sofisticadas plantean utilizar aire frío, enfriando el aire con un dispositivo a una temperatura del orden de los 4 a 6 grados centígrados, y soplarlo sobre la superficie a mecanizar. Los fabricantes de herramientas ya desarrollan herramientas de corte que, por sus recubrimientos, podrán trabajar bajo estas nuevas condiciones.

Lo importante es que se tomó conciencia de no seguir contaminando. En este siglo, veremos máquinas herramientas y herramientas que respetan el cuidado del medio ambiente.

CONTAMINAN Y OJO CON EL CÁNCER: Los mecanizados con herramientas de corte y sus refrigerantes, siempre han sido motivos de discusión en las fábricas por mucho tiempo, las oficinas de seguridad e higiene industrial, nunca se han puesto de acuerdo en las medidas a tomar sobre el tema.

Hoy, surcando el siglo XXI, ya no quedan dudas, y mundialmente es otro el criterio que se tiene en cuenta, está totalmente demostrado que todos los compuestos líquidos utilizados para la refrigeración de los mecanizados en las máquinas herramientas actuales, son altamente contaminantes, y es menester que sean tomados los recaudos correspondientes, para prevenir en primera instancia al operario que maneje la máquina herramienta, y en segundo lugar, a las demás personas cercanas a la máquina de la fábrica, taller o sector de trabajo.

Es importante aclarar que esos líquidos al quemarse y perdurar en el ambiente en estado gaseoso permite su fácil inhalación, pudiendo ocasionar problemas bronquiales, de respiración, de contaminación o envenenamiento y por su abuso en el tiempo hasta se puede llegar al cáncer de pulmón.

Por último, es también importante el establecer qué hacer con los desechos de esos líquidos refrigerantes, cuando estos hayan cumplido su vida útil y se tengan que tirar.

Una alternativa que cuenta con mucha aceptación últimamente, es la posibilidad de efectuar los mecanizados con refrigeración hecha con aire frío a presión, cuando se utilizan herramientas de metal duro con triple recubrimiento superficial.

ANÉCDOTA.02

4.2.7. Avances en mecanizados convencionales

4.2.7.1. El mecanizado por ultrasonidos

La introducción de **materiales avanzados** en sectores como la medicina, óptica, aeroespacial y automovilística, está suponiendo un obligado desarrollo de procesos de fabricación alternativos, para dar respuesta a nuevas necesidades. El costo considerablemente superior de estas técnicas, limita su uso exclusivamente a los casos en los que no se puedan emplear

los métodos tradicionales. Los procesos no convencionales de mecanizado utilizan diversas fuentes de energía para la eliminación de material. Hoy se puede hablar de un proceso mecánico novedoso como es el caso del **mecanizado de piezas por ultrasonidos**.

El mecanizado por ultrasonidos se efectúa con herramientas rotativas y se presenta en el mercado ante el reto de mecanizar los materiales duros y frágiles, difíciles de mecanizar con los procesos convencionales. El creciente desarrollo de los materiales avanzados con propiedades superiores como alta dureza, gran resistencia mecánica al desgaste, baja densidad y



resistencia a la abrasión a altas temperaturas, como es el caso de las cerámicas técnicas, ha introducido la necesidad de su procesado. Sin embargo, el alto costo de mecanizado ha frenado claramente su expansión comercial.

En el mercado hay una máquina fresadora que realiza el mecanizado de terminación por ultrasonido y que incorpora la tecnología **RUM (mecanizado por ultrasonido rotativo)** para el mecanizado de materiales duros y frágiles.

El proceso de mecanizado RUM (*Rotary Ultrasonic Machining*) es un avance tecnológico

que mejora el clásico mecanizado por ultrasonidos de laboratorio (*Ultrasonic Machining - USM*). Se basa en la eliminación de material mediante la combinación de giro y vibración en dirección axial de una herramienta de corte, generalmente de diamante o una herramienta revestida en diamante (PDN - recubrimiento con diamante policristalino) que, a su vez, se alimenta con una corriente interna-externa de fluido de corte.

El término **ultrasonidos** se debe a que la vibración se produce a una frecuencia próxima a los 20kHz (vibra unas 20.000 veces por segundo) frecuencia que está en el rango de los ultrasonidos. Se emplean regímenes de giro de entre 1.000 y 6.000 rpm, y la vibración axial tiene unas pocas μm (micras) de amplitud (1-35 μm).

La máquina de fresado que incluye esta tecnología consta de los elementos básicos de toda máquina herramienta (control CNC, cabezal, ejes, mesa, filtros), pero además incorpora un elemento característico de este tipo de tecnologías, llamado **transductor**. El transductor, acoplado al cabezal, contiene una serie de piezoeléctricos que transforman la energía eléctrica de alta frecuencia en vibración mecánica a esa misma frecuencia. Esta vibración se transfiere desde el transductor hasta la herramienta (también conocida como Horn). Asimismo, a la herramienta fresadora se le puede incorporar una serie de algoritmos de control que mejoran aún más la efectividad del proceso preservando la integridad de la herramienta de corte y de la pieza. El ámbito de aplicación del ultrasonido giratorio está dirigido fundamentalmente al mecanizado de materiales duros y frágiles como las cerámicas técnicas, los vidrios, metales endurecidos, silicio, piedras preciosas, etc.

Algunas de las aplicaciones de este proceso son:

- Industria del automóvil: discos de freno, toberas de inyección, insertos de moldes de inyección, en materiales como nitruro de silicio, alúmina, metal duro, acero templado (55HRC).

- Industria de los semiconductores: plaquitas (Wafer), elementos de refrigeración, en materiales como silicio, cuarzo hialino.
- Industria óptica: lentes cóncavas y convexas, espejos en materiales como zafiro, silicio, zerodur y vidrios varios.
- Industria médica: articulaciones, coronas dentales en materiales cerámicos varios como zirconia, alúmina.
- Varios: guías antidesgaste, pirometría, boquillas de soldadura, aisladores térmicos, también en materiales cerámicos.

Todas las aplicaciones mencionadas tienen un elemento en común: propiedades de muy alta dureza, resistencia mecánica al desgaste, baja densidad, resistencia a la abrasión a altas temperaturas, capacidades ópticas, etc.

Mediante el ultrasonido se pueden mecanizar geometrías que difícilmente podrían conseguirse con otros procesos de fabricación como por ejemplo: agujeros de un diámetro de 0,5 y 10 mm de profundidad en silicio, roscado de interior en metal duro cualquiera sea su calidad, etc. Antiguamente, estos materiales se mecanizaban con procesos abrasivos como el rectificado. La utilización del ultrasonido supone una importante serie de avances.

Estos son algunos de los beneficios que aporta:

- La superposición de movimientos de rotación y de giro hace que se obtengan mayores tasas de arranque de viruta que con procesos convencionales, como el rectificado (hasta 5 veces mayores).
- Se logra un gran acabado superficial debido a las menores fuerzas del proceso, pudiéndose obtener superficies con rugosidades menores que $0,2 \mu\text{m Ra}$ (rango de medición de rugosidad superficial) incluso hasta suprimir el pulido final (se le llama pulido final a las piezas que se dejan terminadas).
- El movimiento ultrasónico junto con el refrigerante que se usa en forma interna y externa hace que la herramienta de corte experimente un proceso de auto limpieza, evitando así el fenómeno de embotamiento (fenómeno de acumulación de partículas o virutas que se le quitan a la pieza durante el mecanizado) y facilitando el regenerado de la misma.
- El proceso produce una capa superficial de tensiones residuales de compresión sobre la herramienta de corte.
- También se pueden tratar materiales duros y frágiles llevando a cabo pequeñas operaciones de corte, desde 0,5 mm, así como diversas operaciones en una sola máquina: taladrado, fresado, agujeros de gran profundidad, contorneados, ranurados, planeados o el mecanizado de superficies complejas.

Por todo ello, es que el mecanizado por ultrasonidos rotatorio aparece como una clara solución para el procesado óptimo de materiales avanzados como cerámicas, metales endurecidos, vidrios, etc.

4.2.7.2. Mecanizado con láser

Para poder satisfacer las exigencias y necesidades de fabricación en los diferentes sectores industriales, día a día se están estudiando y aplicando nuevas tecnologías y procesos.

Una de las tecnologías en constante evolución, y considerada como uno de los mayores y no-



vedosos exponentes en la fabricación avanzada es el proceso de **mecanizado por láser** que permite el mecanizado de formas complejas y de pequeño tamaño en todo tipo de materiales. Incluso en el caso de los problemas concretos que suelen presentar piezas de geometría compleja y de reducido tamaño, el uso de un proceso mixto **fresado/láser** abre posibilidades completamente nuevas en el mecanizado.

El fresado aporta un mecanizado con elevado volumen de material eliminado, mientras

el láser permite crear geometrías complejas, de reducido tamaño y en zonas poco accesibles. La necesidad que presentan los mercados de crear productos cada vez más precisos, y con un amplio rango de utilización de todo tipo de materiales exige nuevas técnicas de mecanizados, más allá de las actuales técnicas aplicadas en los procesados con arranque de viruta. Con el objetivo de alcanzar este reto, se ha desarrollado una máquina fresadora-láser, que además de ser una fresadora de alta velocidad con un husillo que puede alcanzar las 18.000 rpm dispone de un cabezal láser de 100 Wattios, permitiendo desarrollar el novedoso proceso de **mecanizado por láser**. Este centro de mecanizado incluye nuevas posibilidades en el mecanizado completo de las piezas más diversas. La innovadora combinación de las modernas herramientas de corte de fresado y láser permite mecanizar en una sola sujeción, tanto desbastes de intenso arranque de viruta, como acabados y terminaciones de filigrana. La moderna tecnología mixta fresado/láser permite obtener la pieza mecanizada y terminada directamente del plano 3D, convirtiéndose en un proceso casi automático, que en comparación con la fabricación convencional por electroerosión, reduce ampliamente los tiempos de mecanizado.

La tecnología del mecanizado por láser permite obtener esquinas en ángulos vivos y agujeros de pequeño diámetro, es decir, formas geométricas que no son posibles o son muy costosas obtener mediante procesos convencionales. Permite el procesado de casi todo tipo de materiales, independientemente de su dureza o condiciones para ser mecanizado. Los resultados obtenidos varían de un material a otro debido a sus propiedades físicas del material, pero en principio no se encuentra el obstáculo de la dureza. Se pueden obtener piezas a partir de fotografías, es decir, partiendo de una imagen. Es posible realizar texturizaciones en piezas de tamaño reducido, y obtener formas complejas de piezas que son mecanizados reales y no grabados.

La alta densidad de energía que se obtiene en el punto de enfoque del haz láser permite llevar a cabo el proceso de ablación, es decir, el material es vaporizado directamente. Por otra parte, al ser una fuente de energía la que incide sobre el material, no se producen desgastes, roturas, ni colisiones de la herramienta de corte, lo que supone una gran ventaja al proceso de arranque de viruta tradicional. El valor del diámetro de haz que se enfoca en el punto de

corte puede ser de 40 micras o hasta de 100 micras. **El láser** es una fuente de luz coherente de alta energía cuyo significado es Amplificación de luz por Emisión de Radiación Estimulada, que en inglés forman las siglas LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*). El sistema láser principalmente consta de tres componentes:

- Un medio activo, en nuestro caso un cristal.
- Un medio de excitación, en nuestro caso una lámpara.
- La óptica del resonador.

En la máquina que combina fresado/láser, el sistema láser consta de una lámpara de 6.000 Watts que irradia una luz cuyas propiedades son: divergencia, multicolor e incoherencia. Dicha luz excita el medio activo (cristal de Nd:YAG, un tipo de cristal utilizado para láser únicamente) produciendo un haz láser que, en comparación con la bombilla incandescente, tiene propiedades direccionales, monocromáticas y coherentes, siendo su longitud de onda $\lambda=1,064$ micras y una potencia media de 100 Watts.

Este haz láser es reflejado al 100% por un espejo, y solo parcialmente por otro espejo enfrentado. El haz láser que no es reflejado es el que se utiliza para procesar el material. El haz láser esencialmente paralelo es fácil de transportar a largas distancias para llevarlo al sitio donde se necesita. En el área de procesado, el haz láser enfocado en un punto pequeño está provisto de la energía necesaria para calentar, fundir o hasta evaporar metales. El equipo cuenta con un dispositivo que permite aumentar la potencia del haz, siendo la frecuencia de trabajo entre 5 y 50 Khz. Al cerrar el switch, se interrumpe la trayectoria del rayo en el resonador, no formándose ninguna onda estacionaria, por lo que no se genera ningún rayo láser. Ello implica que no se retira ninguna energía de la barra YAG, por lo que se acumula energía, obteniéndose picos de potencia de hasta 20kW.

La obtención de los programas de mecanizado en el CNC es semejante al mecanizado por arranque de viruta. La máquina permite mecanizar complejas figuras en 3D, siempre mecanizando capa a capa. La utilización de la tecnología láser implica el control de múltiples parámetros de proceso, cuyo ajuste correcto es imprescindible a la hora de obtener buenas calidades de acabado y mecanizados precisos.

Antes de empezar a mecanizar una pieza es necesario realizar una búsqueda de tecnología, lo que implica definir los parámetros adecuados para mecanizar ese material concreto. Se ajustan los parámetros de frecuencia de apertura del switch y el porcentaje de intensidad que se quiere tenga el haz. Ello implica que en estos momentos, es necesaria una búsqueda de tecnología continua, cada vez que se vaya a mecanizar un material nuevo o que cambien las condiciones de mecanizado. El ajuste de dichos parámetros permite obtener una pieza en menor tiempo pero con peor acabado, o viceversa, obtener un buen acabado a costa del tiempo de mecanizado.

Con todo ello, hay que concluir remarcando que el mecanizado mixto fresado láser aparece como una clara solución para el procesado óptimo de piezas precisas de pequeño tamaño, como son los moldes de inyección de plástico.

Ambas tecnologías, la del **láser o ultrasonido**, son muy incipientes, pero han llegado para transformarse en pocos años en las tecnologías del siglo XXI, en el que curiosamente unirán sus caminos las herramientas de corte y las máquinas herramientas.

ANÉCDOTA.03

UN PROBLEMA DE LENTES: Sin lugar a dudas el ultrasonido y el láser dentro de algunos años serán las más frecuentes herramientas de corte.

Pero veamos, todavía estos son equipos muy caros, el láser por ejemplo, es una herramienta con la que no se han efectuado los ensayos suficientes, como para hablar de una óptima aplicación en prestaciones aplicadas en mecanizados en general.

En un mundo donde la fórmula costo-beneficio, predomina con amplitud en los cálculos para presupuestos de cualquier trabajo o proyecto, el láser sigue siendo muy caro.

Como todo sistema de rayo láser con haz de luz, cuenta con un dispositivo cuya utilización es controlada por un juego de cristales, que permiten con su reflejo su administración, junto a los parámetros que se establezcan de su intensidad.

Pues bien, mientras no aparezcan nuevos materiales que en su composición química nos permitan trabajar con el haz de luz láser sin el actual riesgo que este tiene y que provoca grandes desgastes en los actuales cristales, pasará algún tiempo. Si bien mucha gente está invirtiendo en su desarrollo, este sin esos nuevos materiales se verá limitado, diría mi abuelo, en definitiva el láser tiene un problema de lentes.

4.2.7.3. Mañana... será normal

Que los fabricantes de herramientas ya no tendrán límites en cuanto diseño y fabricación de herramientas de corte, que adaptadas a las necesidades de los clientes tendrán nuevos diseños y formatos más sofisticados.

Que el láser dominará el mercado. Hoy ya existen electroerosionadoras y fresadoras a rayo láser que, a pesar de que aún son diseños muy incipientes, no quedan dudas que con el tiempo dominarán el arranque de viruta.

Que otro proceso novedoso como el ultrasonido será de suma importancia para los mecanizados de materiales especiales que hoy son de difícil mecanización.

Que los fabricantes de máquinas herramientas ya tienen definido que no existirán máquinas estándar con diseños fijos como los actuales, en los que solo suelen variar simplemente las dimensiones y potencia o gabinete de la máquina. Veremos a los fabricantes diseñando y fabricando las nuevas máquinas a la medida y necesidades de fabricación o producción que tenga el cliente.

Que los futuros programas y software que utilizarán las máquinas serán más simples y prácticos, menos riesgosos y más didácticos que los actuales, e incluso permitirán la interrelación entre máquina y operador.

Que podremos ver cómo se mecanizarán la fibra de carbono, metal duro, keblar, berilios, epoxy, alúmina y muchos otros nuevos materiales o aleaciones, que en la actualidad son de difícil o casi imposible mecanizado.

Que el mundo será otro y en ese nuevo mundo las máquinas herramientas y herramientas de corte se fusionarán por medio del láser y el ultrasonido, los futuros reyes de la industria metalmecánica del siglo XXI.

4.3. Actividades propuestas

1.- Preguntas para efectuar una consulta interactiva con los alumnos después de ver el cuarto documental.

- 1) ¿Qué aporte importante dio el transistor a las máquinas herramientas?
- 2) ¿Qué se entiende por la denominación CNC?
- 3) ¿Qué representa el CAD y el CAM y juntos como CAD/CAM?
- 4) ¿A qué se debe la utilización del CIM?
- 5) ¿Para qué sirve una máquina de estereolitografía?
- 6) ¿Por qué surgieron los nuevos procesos llamados MAV y MAA?
- 7) ¿Cómo son cada uno de ellos?
- 8) ¿Qué tipo de herramientas son las WIPER?
- 9) ¿A qué se denominan tiempos muertos de mecanizado?
- 10) ¿Qué son los sistemas de cambio rápido?
- 11) ¿Qué aporte brindó a las máquinas herramientas la llegada de la robótica?
- 12) ¿Qué aporte puede brindar la optimización de los mecanizados en las máquinas herramientas para el mejoramiento ambiental?
- 13) ¿Cómo definiría los llamados mecanizados no convencionales?
- 14) ¿Qué aportan el láser y el ultrasonido?

2.- Sobre algunas de las preguntas del cuestionario, se podrían realizar trabajos de investigación por parte de los alumnos.

- 2,3 y 4) Son denominaciones de sistemas productivos que permiten diseñar, realizar y mejorar procesos de automatización con un sinnúmero de variantes. Sería interesante investigar estas alternativas y desarrollar un ejemplo en clase.
- 9) Estas impresoras en 3D son equipos revolucionarios en el tema, la alternativa de desarrollar prototipos y concretarlos con este sistema es fascinante, bien se podría buscar información para conocerlas mejor y elaborar algún proyecto en equipo.
- 10) Sobre este tema hay muchos fabricantes que aportan una muy variada información, sería interesante estudiar en grupo el tema y volcarlo al curso.
- 11) La robótica es otro tema muy interesante para desarrollar en grupos e investigar aplicaciones de todo tipo, que van más allá de los mecanizados.
- 12) Por último, el tema de la contaminación ambiental y las soluciones que se están implementando para su mejoramiento en las fábricas, donde se efectúan mecanizados con productos tóxicos. Esos desechos tóxicos son otro tema para investigar.