



Procesos de Fabricación

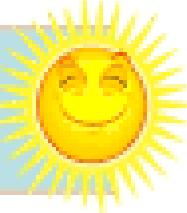
Carlos Arturo
Pacheco Arenas

Manufactura, Torno



inicio

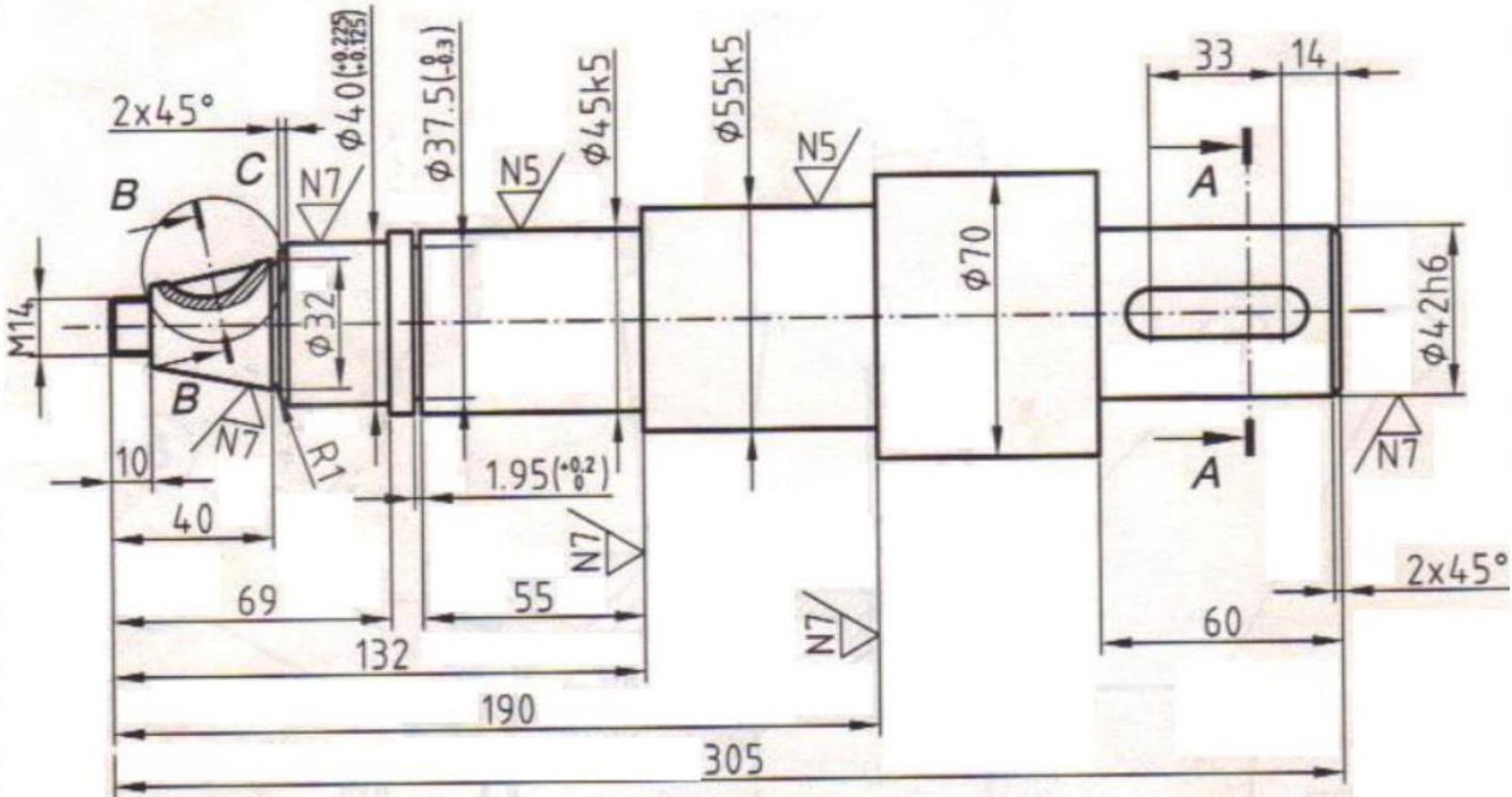
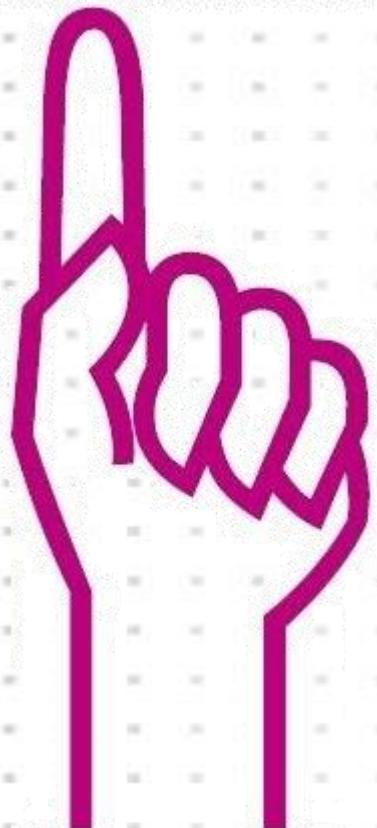
¡Buenos días!



“El fracaso es una
nueva oportunidad
para empezar de
nuevo con más
experiencia”

Dudas sobre la clase anterior

¿Qué hicimos la clase anterior?



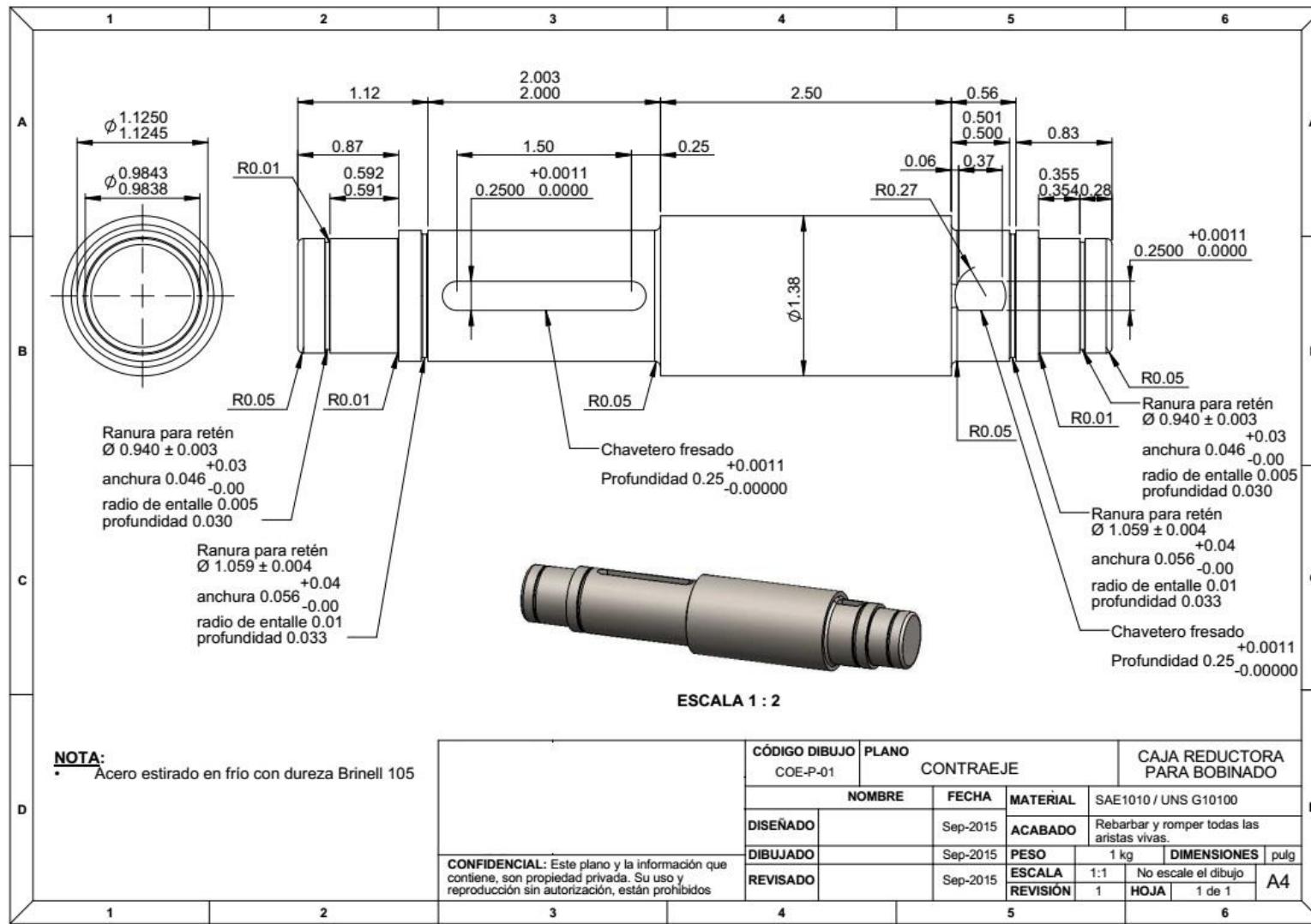
Logro del aprendizaje



Al término de la sesión, el estudiante entiende los procesos de manufactura dedicados a remoción de material con la máquina de torno y sus parámetros principales.

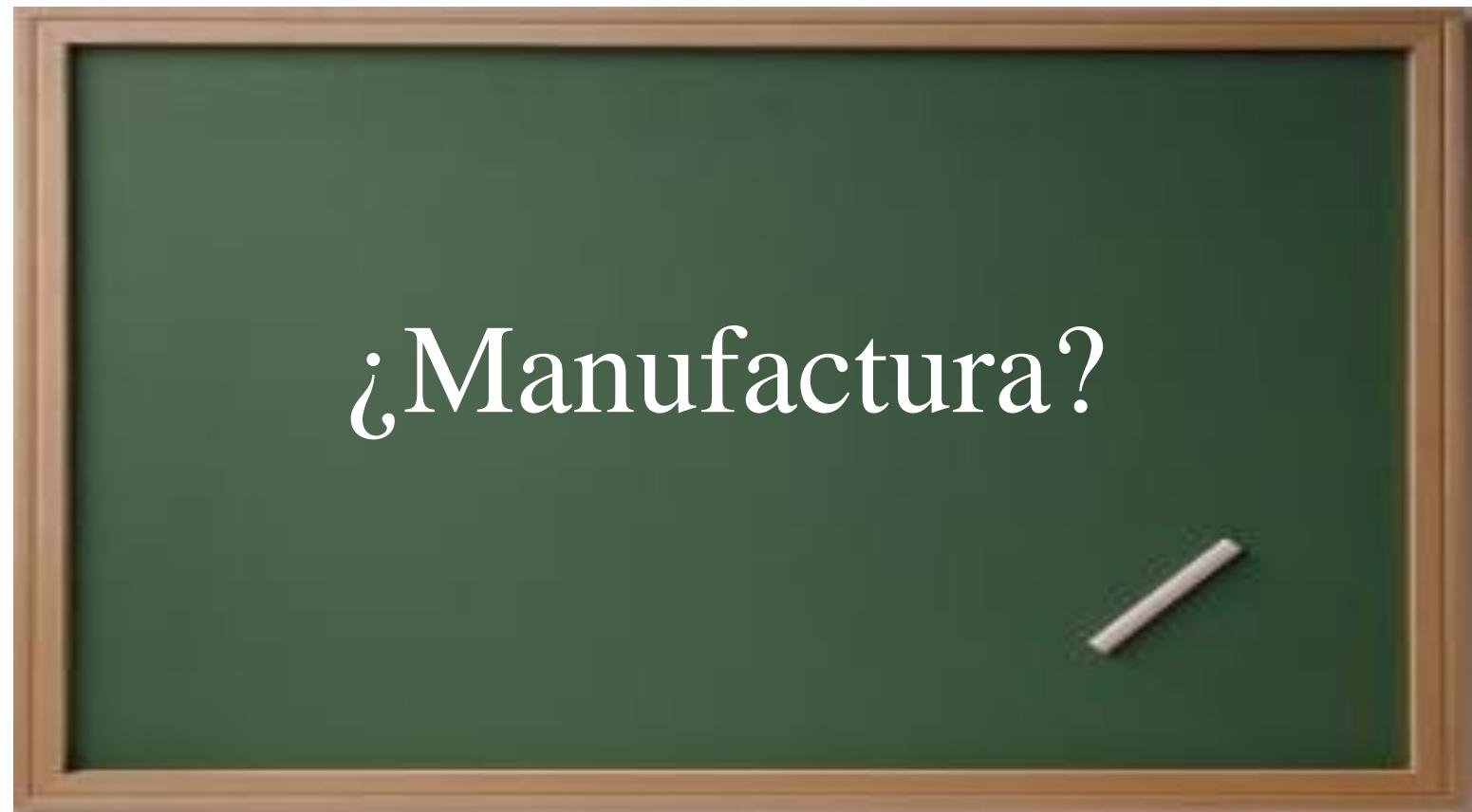
Utilidad del tema

¿Dónde lo podrías aplicar?



Conocimientos previos

¿Qué conoces del tema a desarrollar?





transfor
mación

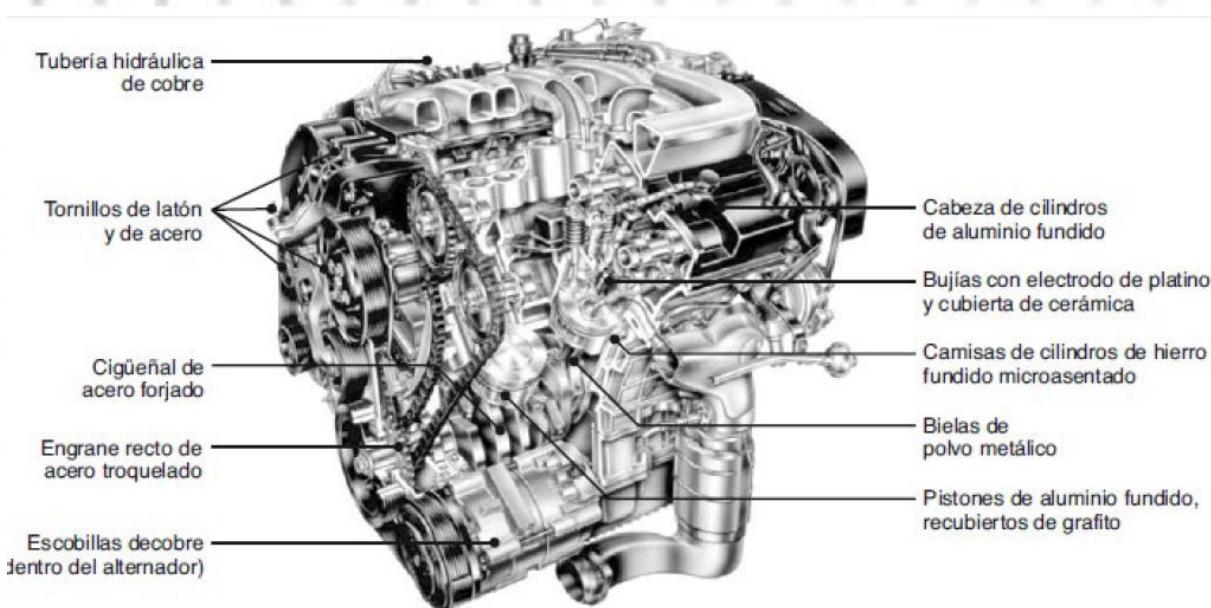
TRANSFORMACIÓN

Temario de la sesión:



- ✓ Procesos de manufactura
- ✓ Remoción de Viruta
- ✓ Práctica.
- ✓ Preguntas y conclusiones.

Introducción Manufactura



La manufactura en su sentido más amplio es el proceso de convertir la materia prima en productos. El nivel de actividad manufacturera de un país se relaciona directamente con una economía saludable. Mientras más elevado es el nivel, más alto el nivel de vida de la población.

Historia y Manufactura

Desarrollo histórico de materiales y procesos de manufactura

Periodo	Fechas	Metales y fundición	Diversos materiales y compósitos	Formado y modelado	Unión	Herramientas, maquinado y sistemas de manufactura
	Antes de 4000 a.C.	Oro, cobre, hierro meteórico	Artículos de tierra, vidriería, fibras naturales	Martillado		Herramientas de piedra, pedernal, madera, hueso, marfil, herramientas compósitas
	4000 a 3000 a.C.	Fundición de cobre, moldes de piedra y metales, proceso a la cera perdida, plata, plomo, estaño, bronce		Estampado, joyería	Soldadura de cobre (Cu-Au, Cu-Pb, Pb-Sn)	Corindón (alúmina, esmeril)
Egipto: ~3100 a.C. a ~300 a.C. Grecia: ~1100 a. C. a ~146 a. C. Imperio romano: ~500 a. C. a 476 d. C. Edad media: ~476 a 1492 Re nacimiento: siglo XIV al XVI	3000 a 2000 a.C.	Fundición y estirado de bronce y hojas de oro	Perlas de vidrio, torno de alfarero, recipientes de vidrio	Alambre mediante el corte de hojas metálicas	Remachado, soldadura de cobre	Fabricación de azadones, hachas martilladas, herramientas para herrería y carpintería
	2000 a 1000 a.C.	Hierro maleable, bronce				
	1000 a 1 a.C.	Hierro fundido, acero fundido	Prensado y soplado de vidrio	Estampado de monedas	Soldadura por forja de hierro y acero, pegado	Cinceles improvisados, sierras, limas, y tornos para madera
	1 a 1000 d.C.	Zinc, acero	Vidrio veneciano	Armaduras, acuñado, forja, espadas de acero		Grabado de armaduras
	1000 a 1500	Alto horno, tipos de metales, fundición de campanas, peltre	Cristal	Estirado de alambre, trabajos de orfebrería en oro y plata		Papel lija, sierra impulsada por molino de viento
	1500 a 1600	Cañones de hierro fundido, placa de estaño	Vidrio plano fundido, vidrio de pedernal	Potencia hidráulica para trabajo de los metales, laminación de tiras para monedas		Torno de mano para madera
	1600 a 1700	Fundición de molde permanente, latón a partir de cobre y zinc metálico	Porcelana	Laminación (plomo, oro, plata), laminado de formas (plomo)		Mandrinado, torneado, mecanizado de roscas, taladro de columna

Historia y Manufactura

Desarrollo histórico de materiales y procesos de manufactura (continuación)						
Periodo	Fechas	Metales y fundición	Diversos materiales y compósitos	Formado y modelado	Unión	Herramientas, maquinado y sistemas de manufactura
Revolución Industrial: ~1750 a 1850	1700 a 1800	Hierro fundido maleable, acero de crisol (barras y varillas de hierro)		Extrusión (tubo de plomo), embutido profundo, laminación		
	1800 a 1900	Fundición centrífuga, proceso Bessemer, aluminio electrolítico, barra de níquel, metales babbitt, acero galvanizado, metalurgia de polvos, acero de hogar abierto	Vidrio para ventana de cilindro dividido, lámpara de luz, vulcanización, procesamiento del hule, poliéster, estireno, celuloide, extrusión de hule, moldeo	Martillo de vapor, laminación de acero, tubo sin costura, laminación de rieles de acero, laminado continuo, electrodepositación		Cepillo de mesa fija, fresado, torno copiador para cajas de fusiles, torno de torreta, fresadora universal, disco vitrificado para rectificado
	1900 a 1920		Fabricación automática de botellas, baquelita, vidrio de borosilicato	Rolado de tubos, extrusión en caliente	Oxiacetileno; soldadura de arco, resistencia eléctrica y térmica	Torno engranado, rosadora automática, tallado de engranes con fresa madre, herramientas de acero de alta velocidad, óxido de aluminio y carburo de silicio (sintético)
Primera Guerra Mundial	1920 a 1940	Fundición a presión	Desarrollo de plásticos, fundición, moldeo, cloruro de polivinilo, acetato de celulosa, polietileno, fibras de vidrio	Alambre de tungsteno a partir de polvo metálico	Electrodos recubiertos	Carburo de tungsteno, producción en masa, máquinas de transferencia
	1940 a 1950	Proceso a la cera perdida para partes de ingeniería	Acrílicos, hule sintético, epóxicos, vidrio fotosensible	Extrusión (acero), estampado, metales en polvo para partes para ingeniería	Soldadura de arco sumergido	Recubrimientos de conversión de fosfato, control de calidad total
Segunda Guerra Mundial	1950 a 1960	Molde cerámico, hierro nodular, semiconductores, fundición continua	Acilonitrilo butadieno estireno, fluorocarbonos, poliuretano, vidrio flotado, vidrio templado, cerámicos vidriados	Extrusión en frío (acero), formado explosivo, procesamiento termomecánico	Soldadura de arco de metal y gas, de tungsteno y gas y de electroescoria; soldadura por explosión	Maquinado eléctrico y químico, control automático





transfor
mación

Historia y Manufactura

Desarrollo histórico de materiales y procesos de manufactura (continuación)

Periodo	Fechas	Metales y fundición	Diversos materiales y compósitos	Formado y modelado	Unión	Herramientas, maquinado y sistemas de manufactura
Era espacial	1960 a 1970	Fundición por compresión, álabes para turbina de monocristales	Acetales, policarbonato, formado en frío de plásticos, plásticos reforzados, devanado de filamentos	Hidroformado, extrusión hidrostática, electroformado	Soldadura de arco de plasma y de haz de electrones, unión por adhesivos	Carburo de titanio, diamante sintético, control numérico, microcircuito integrado
	1970 a 1990	Grafito compactado, fundición al vacío, arena aglutinada orgánicamente, automatización del moldeo y colado, solidificación rápida, compósitos de matriz metálica, trabajo de metales semisólidos, metales amorfos, aleaciones con memoria de forma (materiales inteligentes), simulación en computadoras	Adhesivos, materiales compósitos, semiconductores, fibras ópticas, cerámicos estructurales, compósitos de matriz cerámica, plásticos biodegradables, polímeros eléctricamente conductores	Forjado de precisión, forjado isotérmico, formado superplástico, matrices fabricadas mediante diseño y manufactura asistida por computadora, forjado y formado de forma neta, simulación en computadora	Rayo láser, unión por difusión (también combinada con formado superplástico), soldadura blanda con montura superficial	Nitruro de boro cúbico, herramientas recubiertas, torneado de diamante, maquinado de ultra-precisión, manufactura integrada por computadora, robots industriales, centros de maquinado y torneado, sistemas de manufactura flexible, tecnología de detectores, inspección automatizada, sistemas expertos, simulación y optimización en computadoras
Era de la información	1990 a 2000	Refundición, diseño de moldes y matrices asistido por computadora, montaje rápido de herramientas	Materiales de nanofase, espumas metálicas, recubrimientos avanzados, superconductores de alta temperatura, cerámicos maquinables, carbono como diamante	Fabricación rápida de prototipos, montaje rápido de herramientas, fluidos amigables con el medio ambiente para el trabajo de los metales	Soldadura de agitación por fricción, sueldas sin plomo, esbozos de hoja metálica (especiales) soldadas a tope con láser, adhesivos eléctricamente conductores	Micro y nanofabricación, LIGA (acrónimo alemán para un proceso que comprende litografía, electrodepositación y moldeo), ataque en seco, transmisiones de motores lineales, redes neuronales artificiales, seis sigma

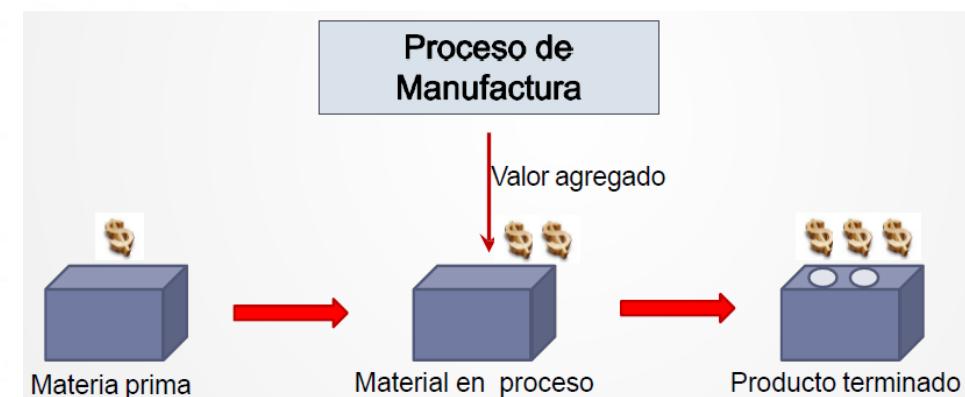
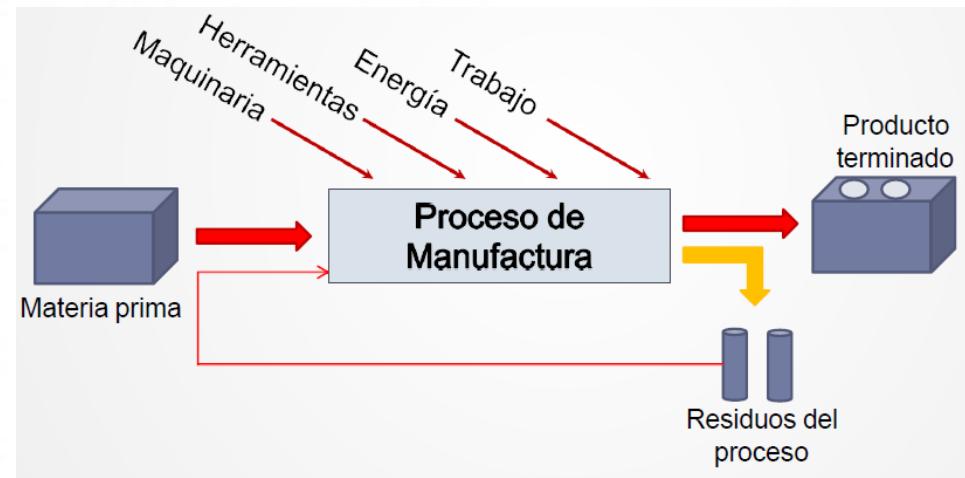
Fuente: J. A. Schey, C. S. Smith, R. F. Tylecote, T. K. Derry, T. I. Williams, S. R. Schmid y S. Kalpakjian.



Universidad Católica
San Pablo

Manufactura

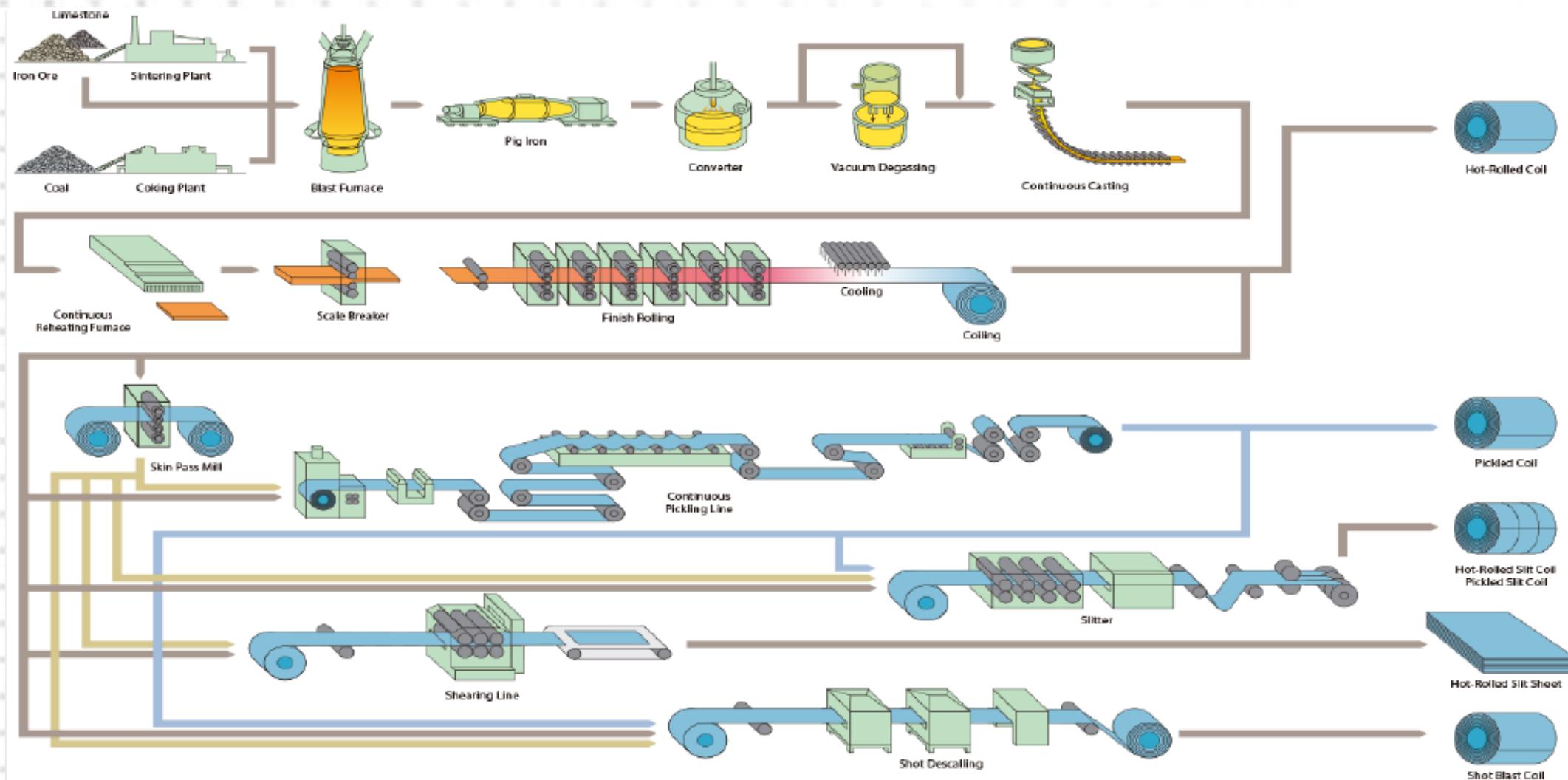
En el sentido tecnológico, la manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples para fabricar productos. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual.





transfor
mación

Manufactura



Universidad Católica
San Pablo



transfor
mación

Clasificación Manufactura

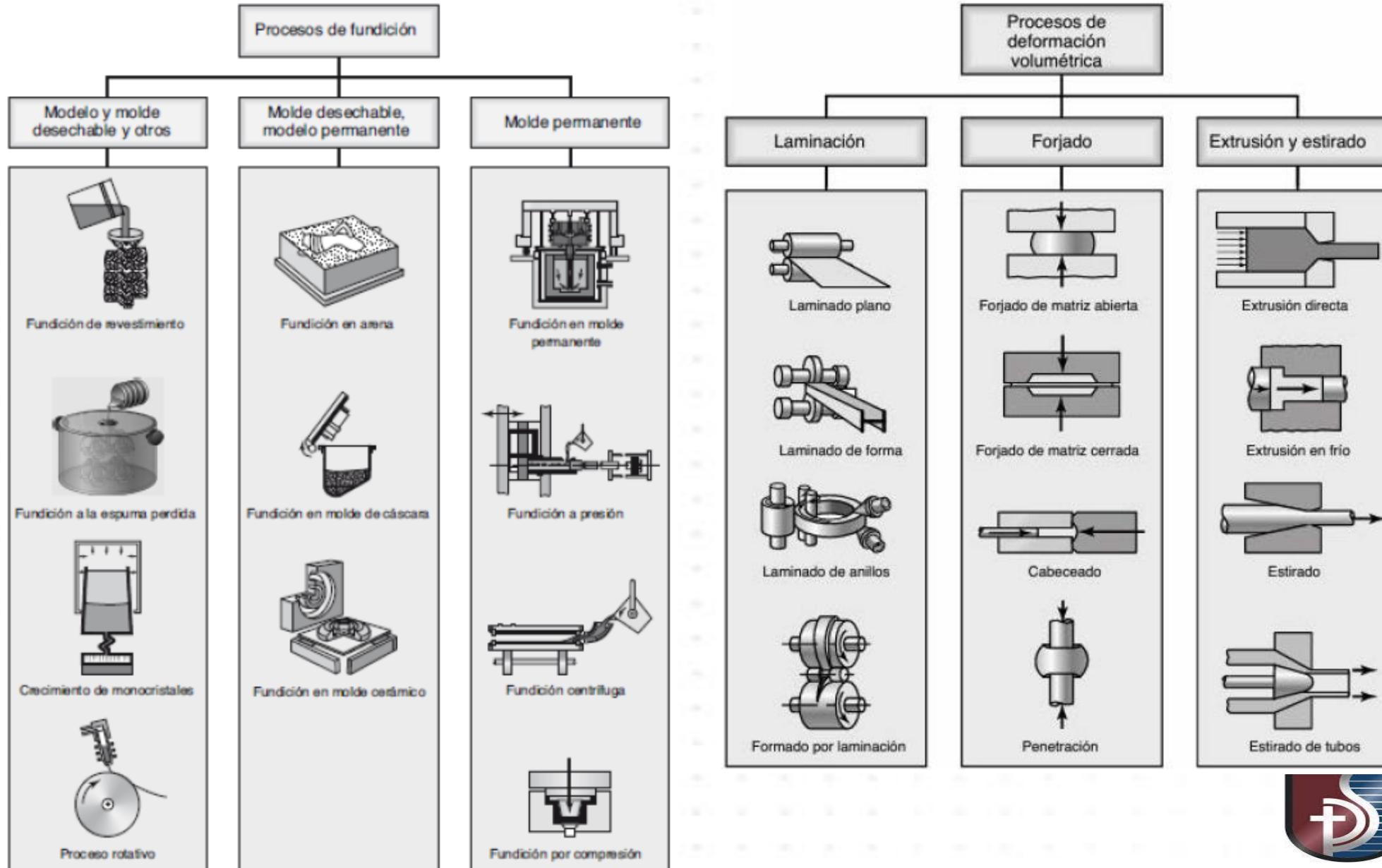


Universidad Católica
San Pablo



transfor
mación

Clasificación Manufactura

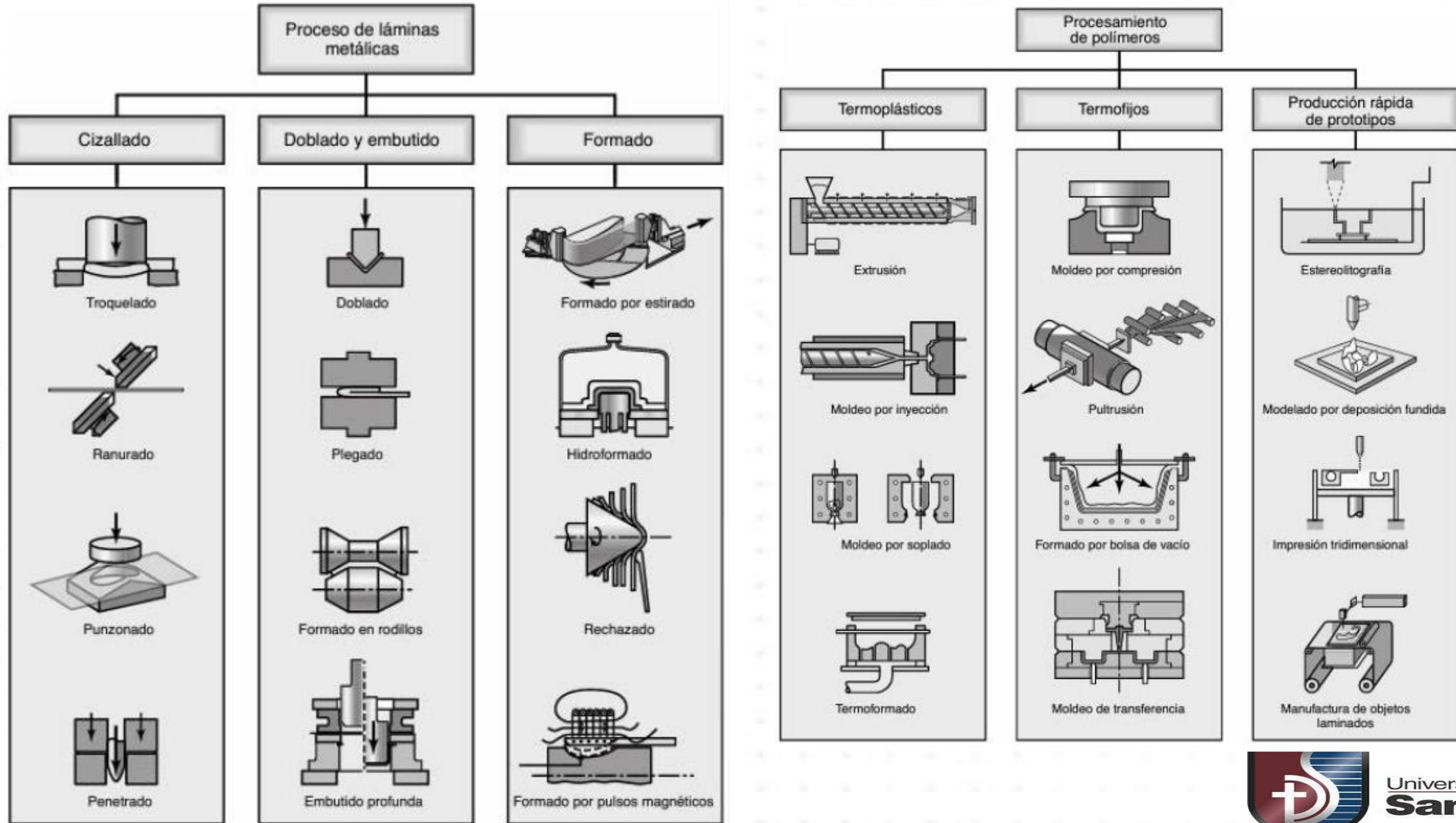


Universidad Católica
San Pablo



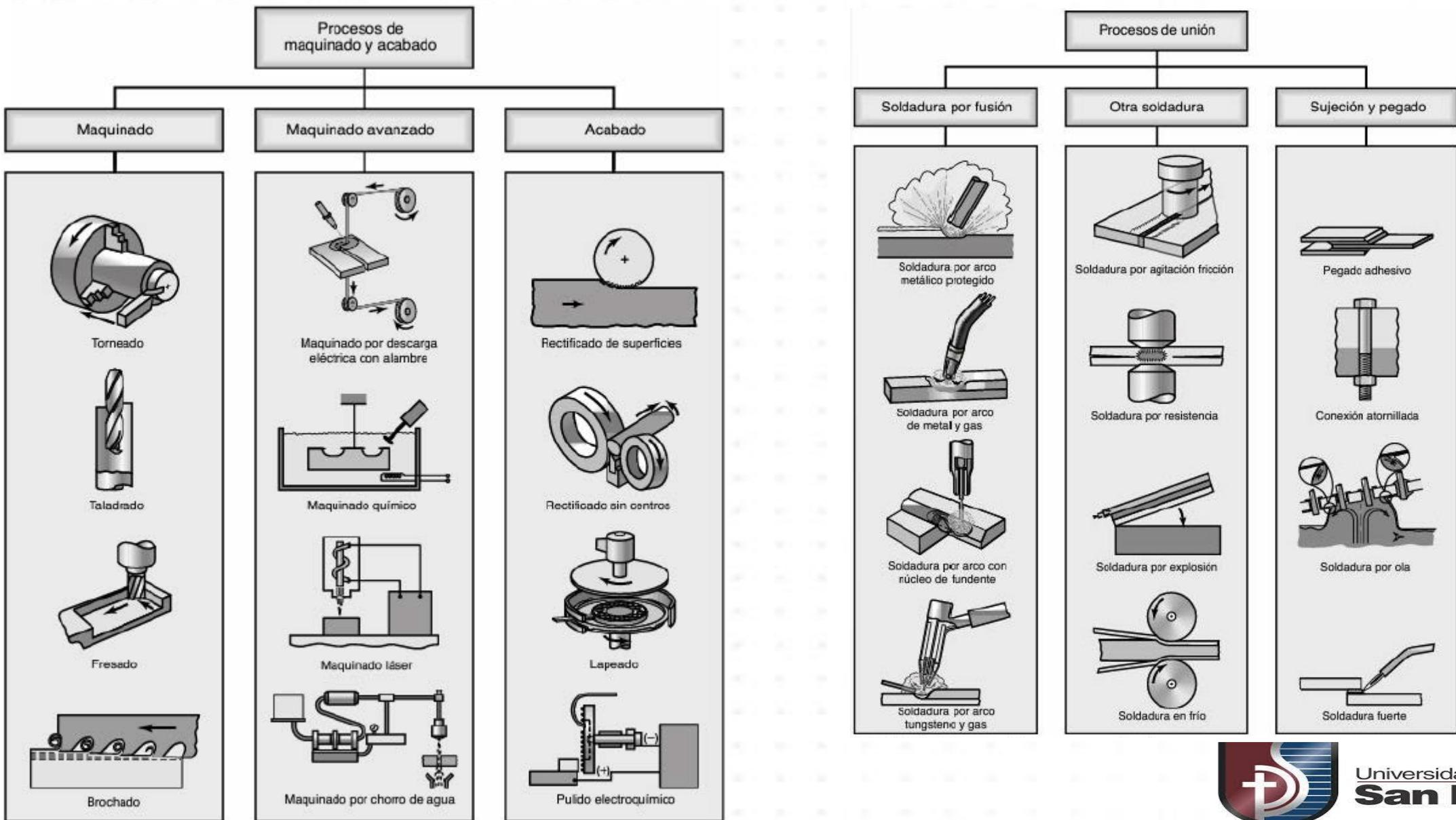
transfor
mación

Clasificación Manufactura



Universidad Católica
San Pablo

Clasificación Manufactura



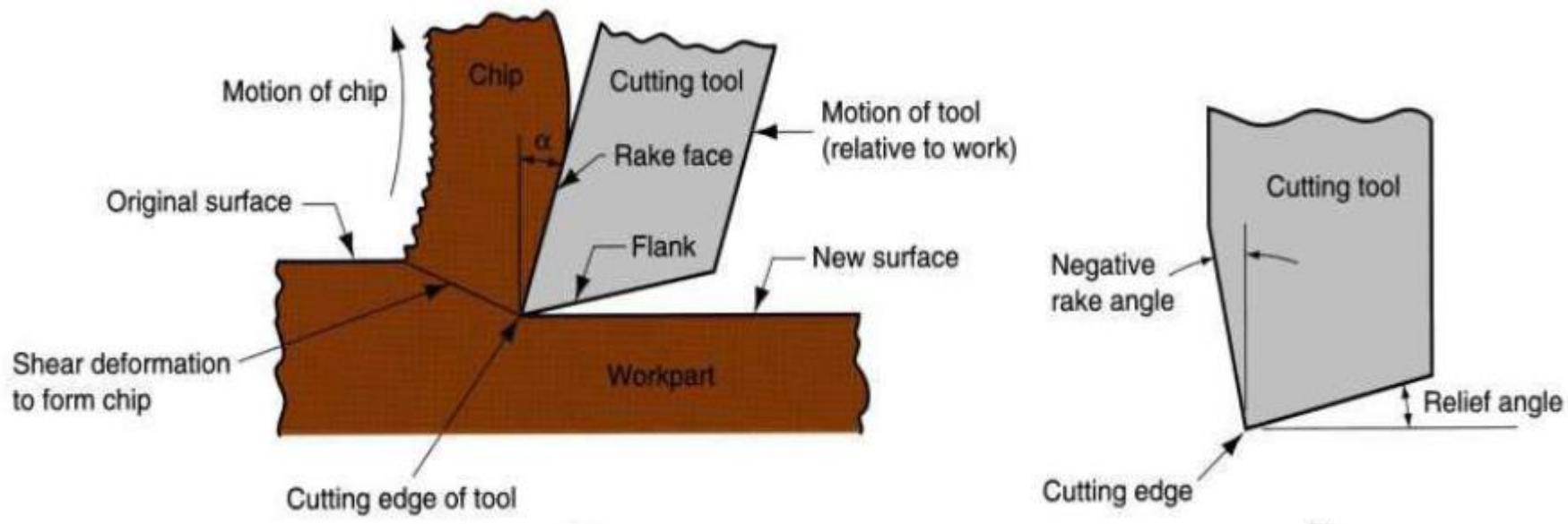
Manufactura Remoción de material

Dentro de la industria manufacturera los procesos de remoción de material o de arranque de viruta ocupan un puesto clave en la generación de productos para:
Ajuste a dimensiones finales,
Ajuste a condiciones geométricas,
Generación de componentes,
Y Eliminación de material excedente



Maquinado

El maquinado se puede aplicar a una amplia variedad de materiales de trabajo. Prácticamente todos los materiales sólidos se pueden maquinar. Utiliza herramientas de corte para remover el exceso del material



VENTAJAS DEL MAQUINADO

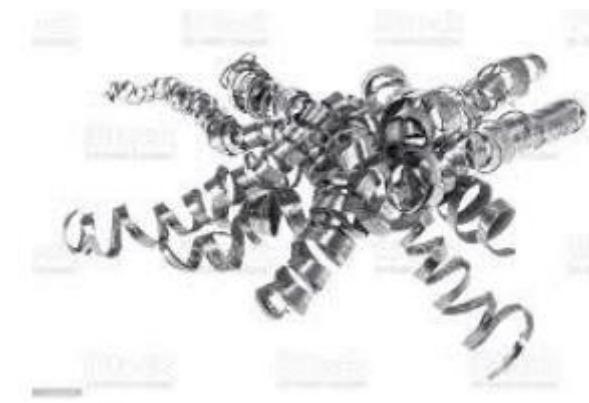
- Amplia gama de materiales de trabajo,
- Variedad de formas y características geométricas,
- Precisión dimensional de hasta 0.025 mm, y
- Acabados superficiales de calidad hasta de 4 micras
- Roscas de tornillo
- Precisos agujeros redondos 0.025 mm),
- Bordes rectos,
- Superficies con buena precisión dimensional y acabado superficial 0.4 micras)



DESVANTAJAS DEL MAQUINADO

transfor
mación

Desperdicio En el proceso de maquinado, la viruta que se genera es material de desperdicio, aunque en la actualidad, se puede reciclar, disminuyendo el desperdicio



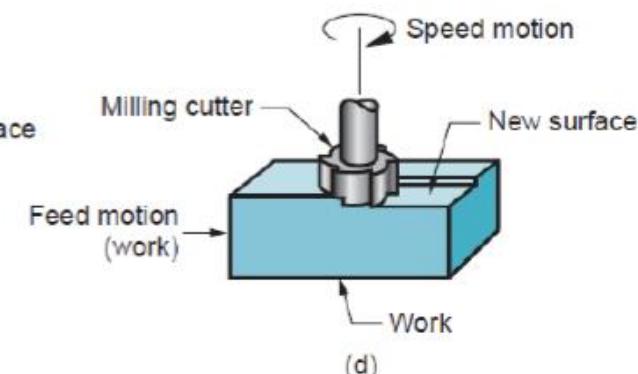
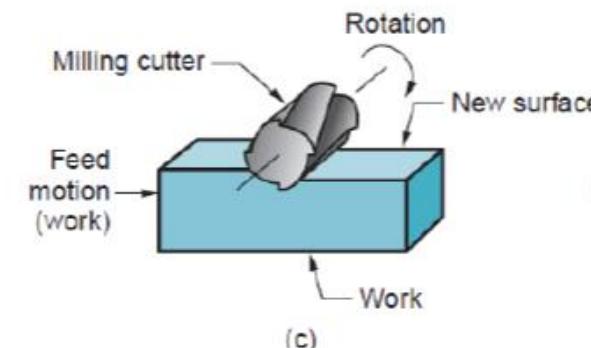
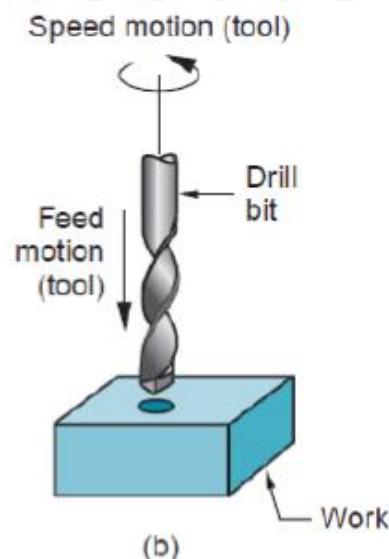
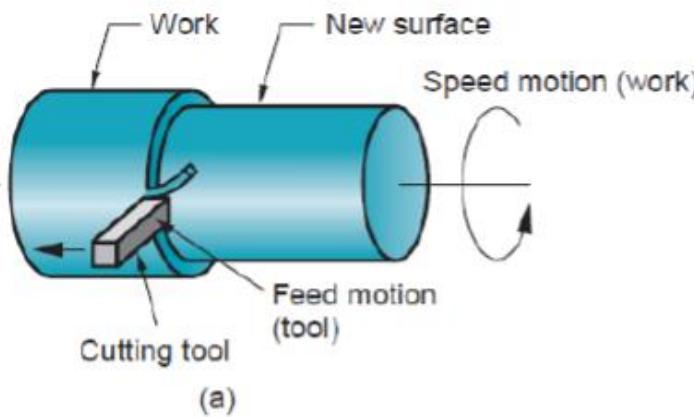
Tiempo de consumo Una operación de mecanizado generalmente lleva más tiempo para dar forma a una pieza determinada, que en los procesos alternos de conformación, tales como la fundición, metallurgia de polvo, o forjado



Universidad Católica
San Pablo

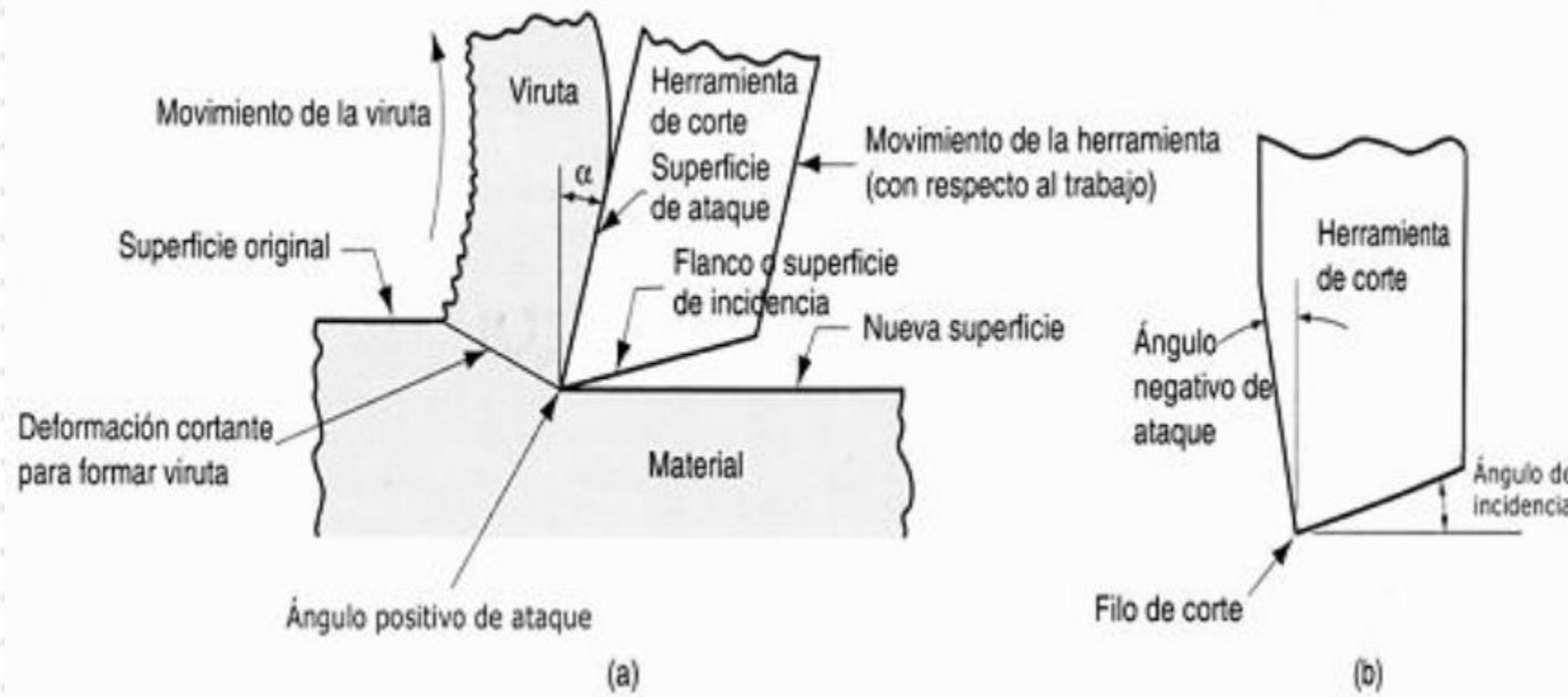
OPERACIONES DEL MAQUINADO

- Movimiento relativo entre la herramienta y la pieza
- Movimiento primario “ Velocidad de Corte”
- Movimiento secundario “Avance”



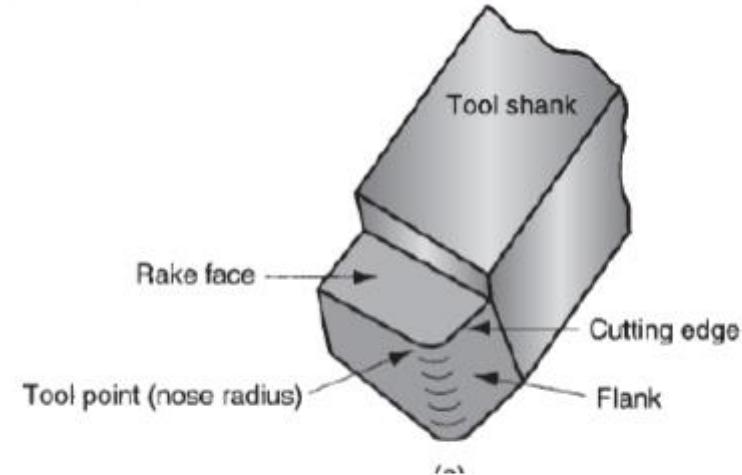
Herramienta de corte

Cara de Ataque ángulo de ataque
Flanco o Superficie de incidencia ángulo de Incidencia

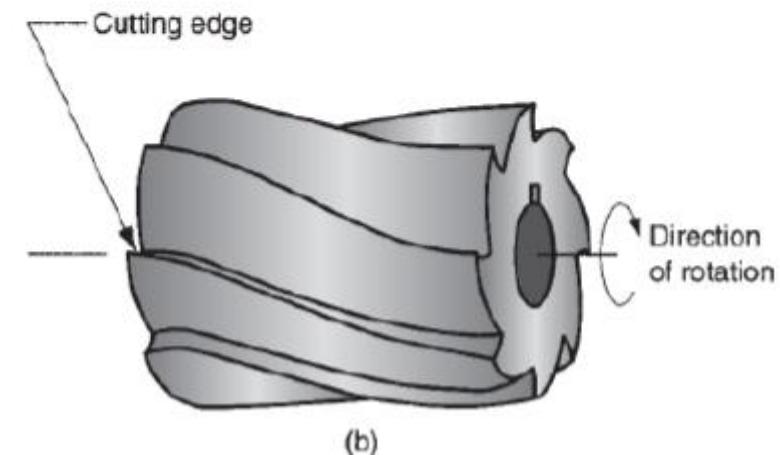


Herramienta de corte

Herramienta de una sola punta, la cual tiene un filo cortante y se utiliza para operaciones como el torneado, generalmente tiene una punta redondeada llamada radio de la nariz.



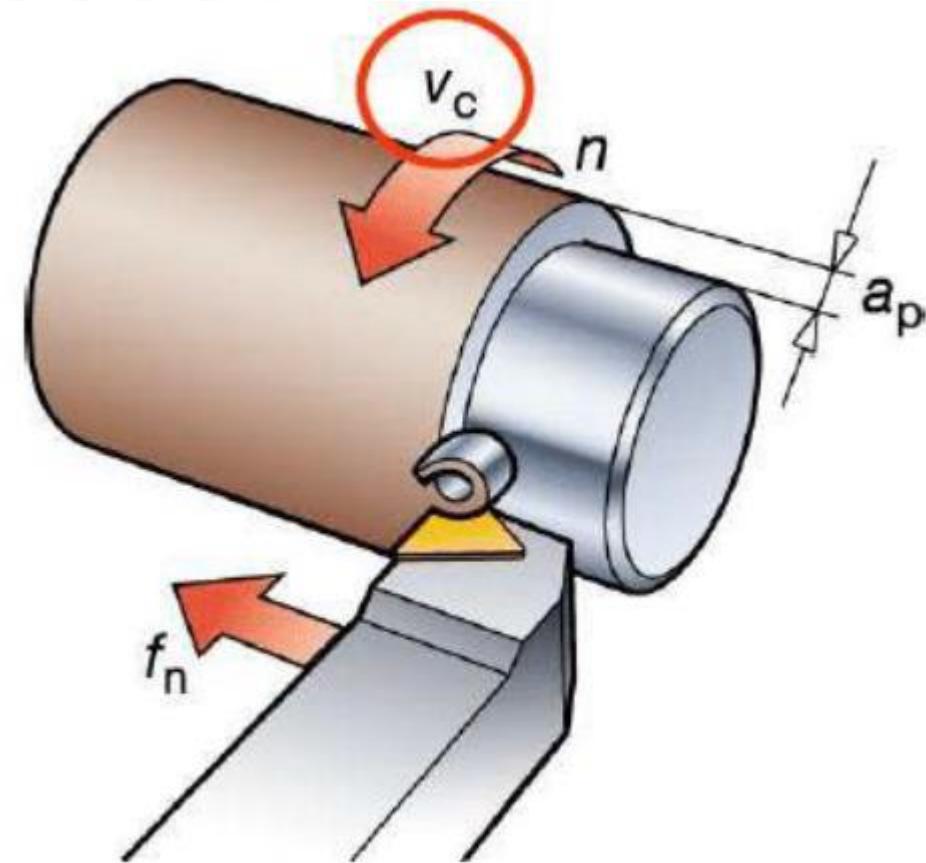
Herramienta de múltiples filos cortantes, tiene más de un borde de corte y generalmente realizan su movimiento respecto a la pieza de trabajo mediante rotación. El Taladrado y el Fresado utilizan herramientas rotatorias de múltiples filos cortantes.



Herramienta de corte

Estas son los tres parametros del proceso de maquinado

- Velocidad de corte v (V_c) movimiento primario.
- Avance f (f_n) movimiento secundario.
- Profundidad de corte d (a_p) penetración de la herramienta de corte dentro de la superficie original de trabajo.

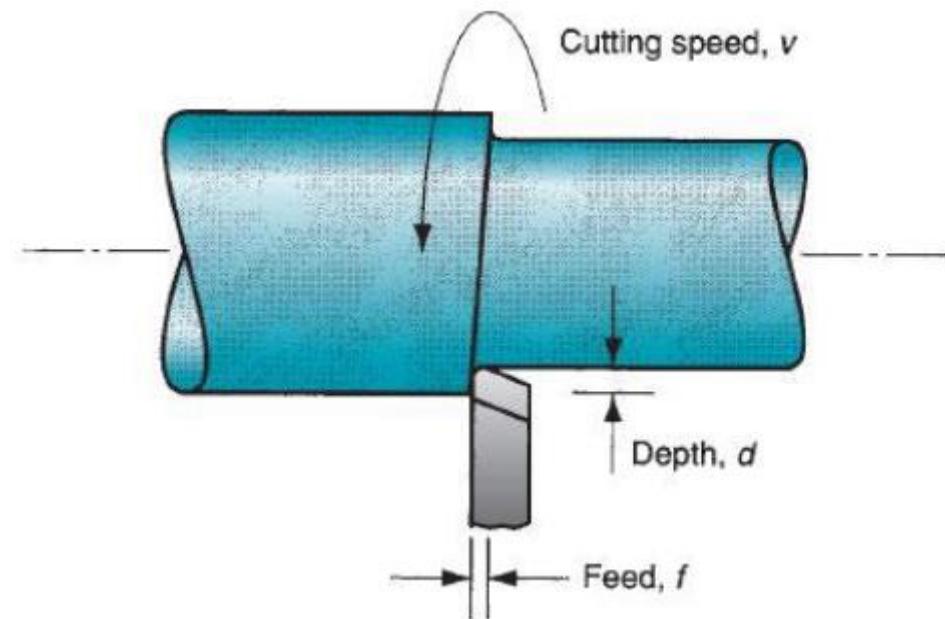


Herramienta de corte

Para dichas operaciones, la tasa de remoción de material viene dada por:

$$R_{MR} = v f d$$

- R_{MR} Tasa de remoción de material mm^3/s
 V Velocidad de corte m/s
 f Avance, mm
 d Profundidad de corte, mm

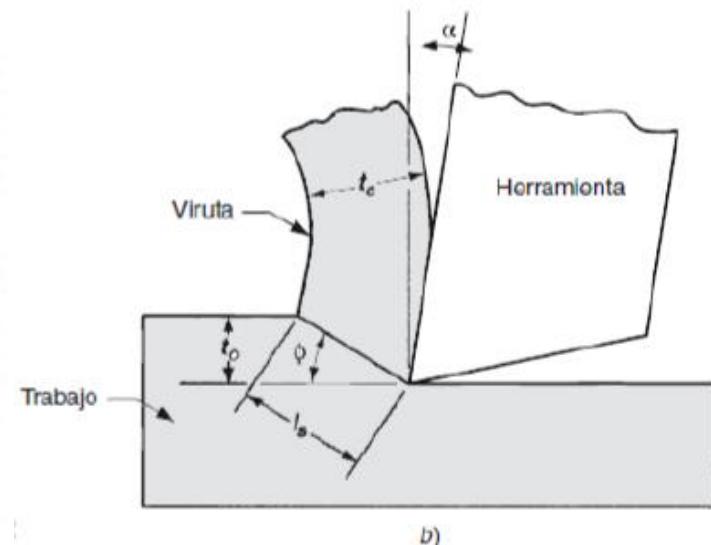
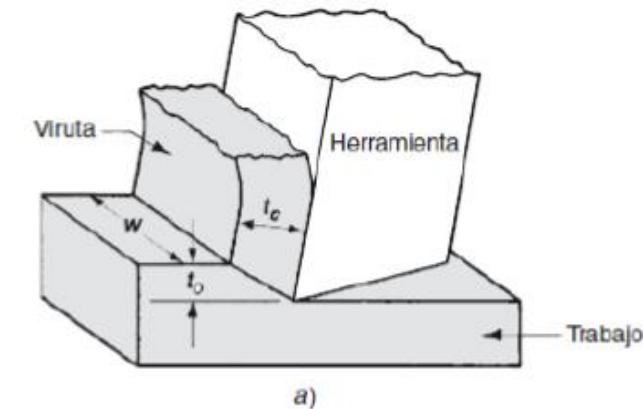


Herramienta de corte

Aunque un proceso real es tridimensional, el corte ortogonal tiene solo dos dimensiones.

Al presionar la herramienta contra el material se forma una viruta a lo largo del plano de corte.

Solamente en el borde afilado de corte ocurre la falla, es ahí donde la mayor parte de la energía de maquinado se consume.



Herramienta de corte

Durante el corte, el borde cortante de la herramienta se coloca a cierta distancia por debajo de la superficie original del trabajo. Esta corresponde al espesor de la viruta antes de su formación t_o (mm). Al formarse la viruta a lo largo del plano de corte, incrementa su espesor a t_c (mm)

Relación de Viruta (r):

$$r = \frac{t_o}{t_c}$$

t_o
 t_c

*Espesor de viruta antes de su formación
Incremento de espesor de viruta luego de su formación*

Herramienta de corte

Angulo del plano de corte: con base en los parámetros geométricos conocidos, podemos determinar el ángulo del plano de corte, donde:

L_s = longitud del plano de corte

ϕ = *ángulo del plano de corte*

$$L_s \sin \phi / L_s \cos (\phi - \alpha) = \sin \phi / \cos (\phi - \alpha)$$

α = *ángulo de inclinación de la herramienta*

Agrupando y despejando:

$$\tan \phi = \frac{r \cdot \cos \alpha}{1 - r \sin \alpha}$$

$$r = \frac{t_0}{t_c} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \alpha)}$$

Herramienta de corte

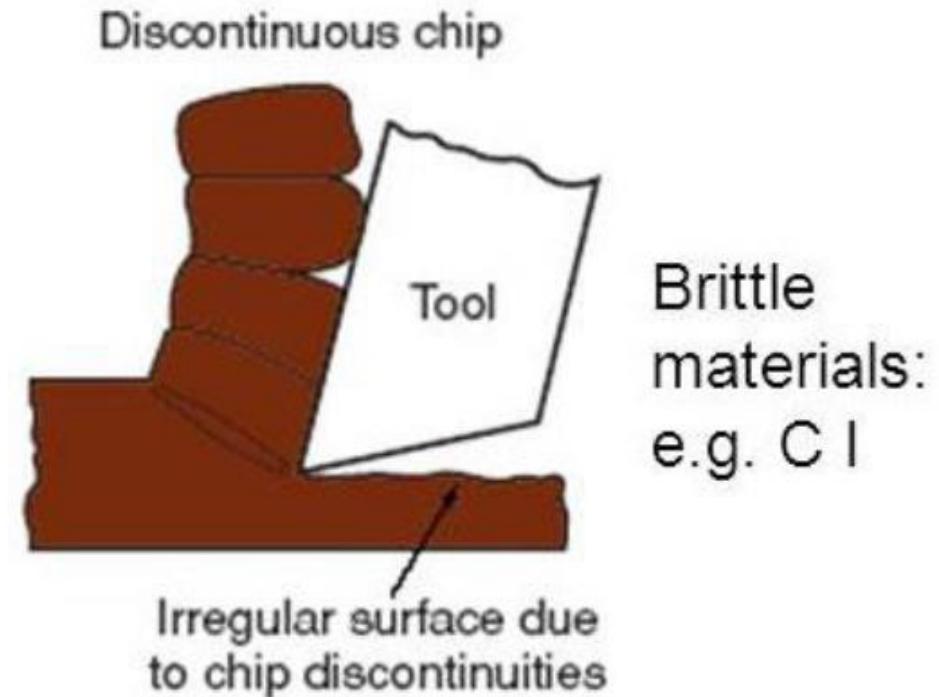
Viruta Discontinua

A bajas velocidades de corte la viruta se forma en segmentos separados

Se forma una textura irregular en la superficie maquinada

Una alta fricción herramienta viruta

Avances y profundidades grandes promueven este tipo de formación



Herramienta de corte

Viruta Continua

Materiales dúctiles.

Velocidad de corte alta.

Avances y profundidades pequeñas.

Borde cortante bien afilado.

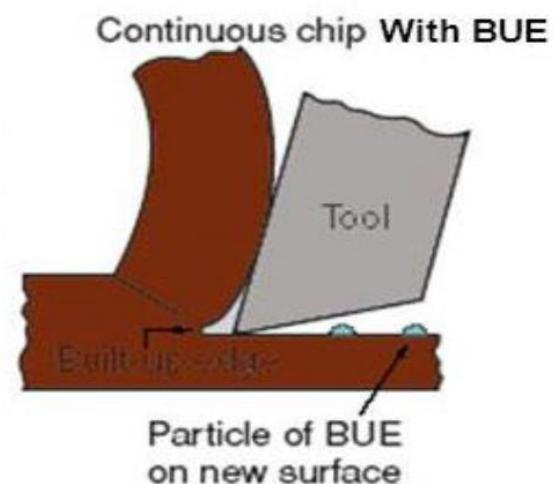
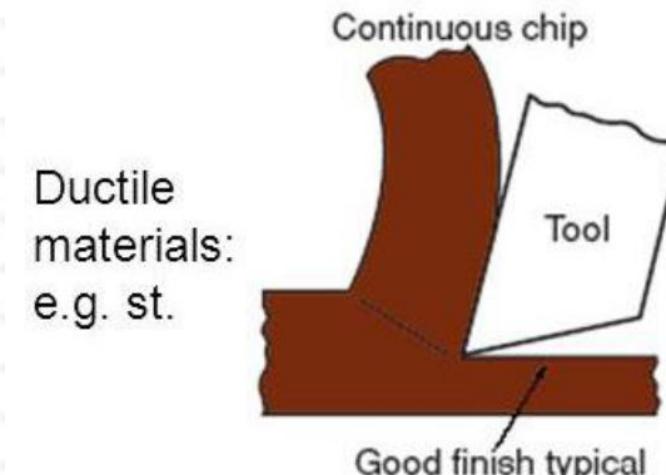
Baja fricción herramienta viruta.

Virutas continuas y largas.

Baja a media velocidad de corte

La fricción entre herramienta viruta, causa adhesión de porciones de material de trabajo

La formación de acumulación en el borde es naturaleza cíclica



Herramienta de corte

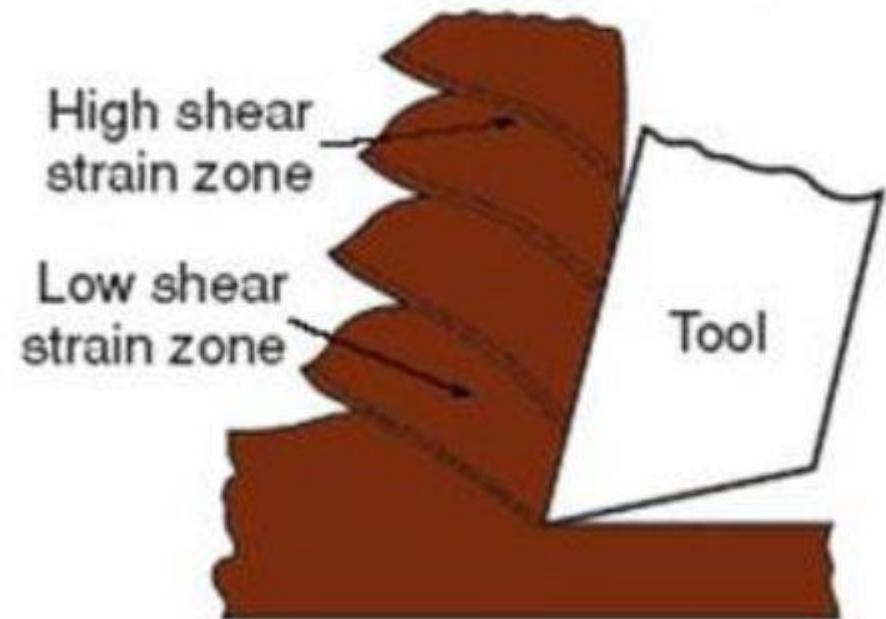
Viruta Escalonada

Virutas semicontinuas forma de diente de sierra

Formación cíclica de la viruta de alta resistencia al corte

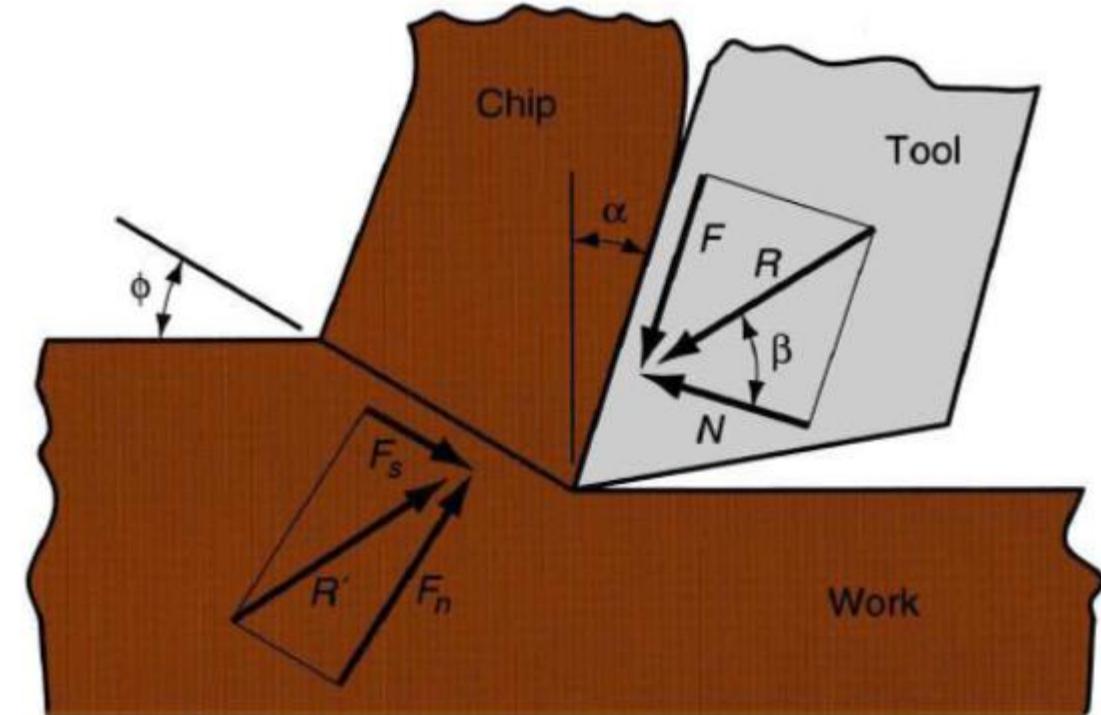
Está asociada con metales difíciles de maquinar como las aleaciones de Titanio, superaleaciones a base de níquel y aceros inoxidables austénicos

Serrated chip



Fuerzas de corte

Al producirse el corte es necesario el desprendimiento de viruta y como consecuencia de éste la rotura de parte del material este material opone una resistencia a la rotura que es necesario vencer para poder realizar el trabajo



Fuerzas de corte

Las fuerzas que actúan sobre la viruta, deben estar balanceadas:

R' debe ser igual en magnitud a R

R' debe ser opuesta en dirección a R

R' debe ser contraria a R

- Fuerza de Fricción (F)

- Fuerza Normal a la fricción (N)

Suma vectorial de F y N =
Fuerza Resultante R

- Fuerza Cortante (F_s)

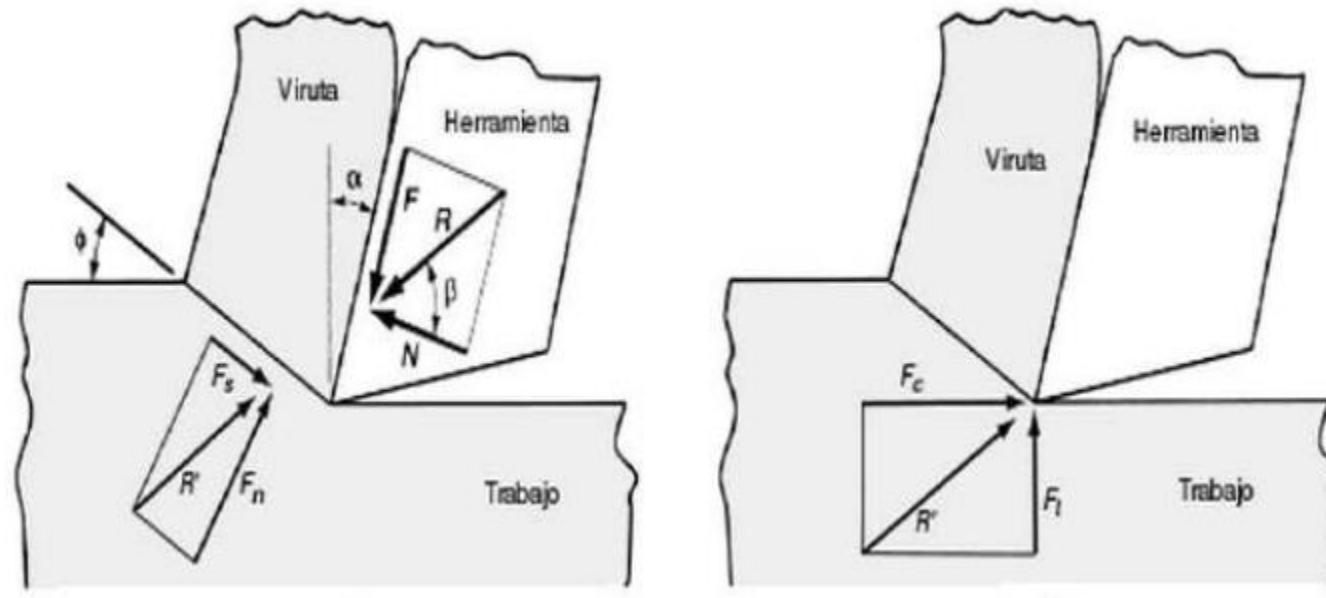
- Fuerza Normal a la cortante (F_n)

Suma vectorial de F_s y F_n =
Fuerza Resultante R'

- Fuerza de Corte (F_c)

- Fuerza de Empuje (F_t)

Suma vectorial de F_c y F_t =
Fuerza Resultante R''



Fuerzas de corte

Coeficiente de fricción entre la herramienta y la viruta

$$\mu = \frac{F}{N} = \tan \beta$$

μ = Coeficiente de fricción

F = Fuerza de fricción (N), (lb)

N = Fuerza normal a la fricción (N), (lb)

β = Ángulo de fricción (ángulo de la resultante entre F y N)

Fuerzas de corte

Esfuerzo cortante

Coeficiente de fricción entre la herramienta y la viruta:

$$\tau = \frac{F_s}{A_s}$$

$$A_s = \frac{t_0 w}{\operatorname{sen} \theta}$$

w = ancho de la operación de corte ortogonal

τ = Esfuerzo cortante en el plano de corte. [Pa] {PSI}
 F_s = Fuerza cortante. (paralela al plano de corte) [N] {lb}
 A_s = Área del plano de corte. [m^2] {in²}
 s = resistencia cortante del material de trabajo bajo las condiciones de corte. [Pa] {PSI}

$$\tau = s$$

Fuerzas de corte

Durante el maquinado, en algunos casos, es posible medir dos fuerzas: fuerza de corte F_c , (paralela a la superficie de la pieza) y la fuerza de empuje F_t (perpendicular a la superficie de la pieza). Con estas dos fuerzas se pueden calcular otras (F, N, F_s , F_n ,)que no se pueden medir directamente.

$$F = F_c \operatorname{sen} \alpha + F_t \cos \alpha$$

$$N = F_c \cos \alpha - F_t \operatorname{sen} \alpha$$

$$F_s = F_c \cos \phi - F_t \operatorname{sen} \phi$$

$$F_n = F_c \operatorname{sen} \phi + F_t \cos \phi$$

$$F = R \operatorname{sen} \beta$$

$$N = R \cos \beta$$

β = ángulo de fricción

R = Resultante de F_c y F_t

F= Fuerza de fricción. [N] {lb}

N= Fuerza normal a la fricción. [N] {lb}

F_c = Fuerza de corte. [N] {lb}

F_t = Fuerza de empuje. [N] {lb}

F_s = Fuerza cortante. [N] {lb}

F_n = Fuerza normal a la cortante. [N] {lb}

Fuerzas de corte

Ecuación de Merchant

β = ángulo de fricción

$$\tau = \frac{F_c \cos \phi - F_t \sin \phi}{(t_0 \frac{w}{\sin \phi})}$$

$$\phi = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2}$$



práctica

Espacio Práctico Autónomo

En una operación de maquinado que se aproxima al corte ortogonal, la herramienta de corte tiene un ángulo de inclinación 10° . El espesor de la viruta antes del corte $to=0.50$ mm y el espesor de la viruta después del corte $tc=1.125$ in. Calcule el plano de corte y la deformación cortante en la operación.



Universidad Católica
San Pablo



práctica

Espacio Práctico Autónomo

En el ejemplo anterior suponga que la fuerza de corte y la fuerza de empuje se miden durante una operación de corte ortogonal con valores de $F_c=1559 \text{ N}$ y $F_t=1271 \text{ N}$ El ancho de la operación de corte ortogonal es $w=3.0 \text{ mm}$ Con base en estos datos, determine la resistencia al corte del material de trabajo



Universidad Católica
San Pablo

Potencia de corte

Potencia: Es la cantidad de trabajo por unidad de tiempo. Una operación de mecanizado requiere potencia.

$$P_c = F_c \cdot V_c$$

P_c = Potencia de corte. [W o Nm/s] {ft-lb/min}

F_c = Fuerza de corte [N] {lb}

V_c = velocidad de corte. [m/s] {ft/min}

Potencia de corte en caballos de fuerza:

$$HP_c = \frac{F_c \cdot v}{33000}$$

HP_c = Potencia en caballos de fuerza. {hp}

F_c = Fuerza de corte {lb}

v = velocidad de corte. {ft/min}

Potencia de corte

La potencia bruta (P_g) requerida para operar la MH es más grande que la potencia usada en el proceso de corte, debido a las pérdidas del motor y la transmisión de la máquina. Estas pérdidas se pueden contabilizar teniendo en cuenta la eficiencia mecánica (E) de la MH:

$$P_g = \frac{P_c}{E} \quad o \quad HP_g = \frac{HP_g}{E}$$

P_g = potencia bruta del motor de la máquina herramienta en Watts.

HPg = potencia bruta del motor de la máquina herramienta en HP.

E = Eficiencia Mecánica de la Máquina Herramienta.

Potencia de corte

Potencia Unitaria

Muchas veces es útil convertir la potencia en potencia por unidad de volumen (Pu), denominándose entonces potencia unitaria:

$$P_u = \frac{P_c}{R_{MR}} \quad o \quad HP_u = \frac{HP_c}{R_{MR}}$$

P_u = Potencia unitaria. [W]

HP_u = Caballos de fuerza unitario. {hp}

R_{MR} = tasa del remoción de material. [mm^3/s], { in^3/min }

En una herramienta gastada, la potencia requerida para el corte es mayor, traduciéndose en valores mayores de potencia unitaria o energía requerida para el proceso.



transfor
mación

Temperatura de corte

La elevación de la temperatura en la interfaz herramienta viruta durante el maquinado se puede calcular según la ecuación de Cook :

$$\Delta T = \frac{0.4 * U}{\rho C} * \left[\frac{v * t_0}{K} \right]^{0.333}$$

ΔT = Incremento de la temperatura media en la interfaz herramienta-viruta
 $^{\circ}\text{C}$ ($^{\circ}\text{F}$),

U = Energía específica en la operación (N-m/mm³ o J/mm³ {in-lb/in³})

ρC = Calor específico volumétrico del material de trabajo (J/mm³ - $^{\circ}\text{C}$)
{in-lb/in³ - $^{\circ}\text{F}$ }

v = Velocidad de corte, {m/s} (in/s),

t_0 = Espesor de la viruta antes del corte,

K = Difusividad térmica del material de trabajo, {m²/s} (in²/s).

Difusividad térmica: Rapidez con que se difunde el calor a través de un material



Universidad Católica
San Pablo

Temperatura de corte

Para calcular la temperatura en la interfaz herramienta viruta, en forma experimental rigger propuso la ecuación:

$$T = K \cdot V_c^m$$

T = temperatura medida en la interfaz herramienta-viruta.

V_c = velocidad de corte.

K y m = constantes que dependen de las condiciones de corte (diferentes a v) y del material de trabajo.

Una temperatura excesiva afecta negativamente la resistencia, dureza y desgaste de la herramienta de corte.



transfor
mación

Factores que influyen

Parámetro	Influencia y relación
Velocidad de corte, profundidad de corte, avance, fluidos de corte	Fuerzas, potencia, elevación de temperatura, vida útil de la herramienta, tipo de viruta, acabado e integridad superficial.
Ángulos de la herramienta	Igual que en el párrafo anterior; influencia en la dirección de flujo de la viruta; resistencia al desgaste y astillado de la herramienta.
Viruta continua	Buen acabado superficial; fuerzas estables de corte; indeseable, en particular en la maquinaria automatizada.
Viruta de borde acumulado o recrecido	Acabado e integridad superficial deficientes; si es delgada y estable, el borde acumulado puede proteger las superficies de la herramienta.
Viruta discontinua	Deseable para facilitar la disposición de la viruta; fuerzas fluctuantes de corte; puede afectar el acabado superficial y provocar vibración y traqueteo.
Elevación de la temperatura	Influye en la vida útil de la herramienta, en particular en la craterización y en la precisión dimensional de la pieza de trabajo; puede provocar daño térmico a la superficie de la pieza de trabajo.
Desgaste de la herramienta	Influye en el acabado e integridad superficial, la precisión dimensional, la elevación de la temperatura, las fuerzas y la potencia.
Maquinabilidad	Relacionada con la vida útil de la herramienta, el acabado superficial, las fuerzas y la potencia y el tipo de viruta.



Universidad Católica
San Pablo

preguntas

¿Qué hemos aprendido en esta sesión?

✓

✓



Universidad Católica
San Pablo





cierre

Cierre de la sesión

Manufactura

Remoción de viruta

Torno



¿CUÁL ES TU CONCLUSIÓN FINAL?



Universidad Católica
San Pablo

GRACIAS

Nos vemos la siguiente clase

