



MÓDULO III: MECANIZADO POR ARRANQUE DE VIRUTA

TEMA 10: Fresado

TECNOLOGÍA MECÁNICA

DPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA

Universidad del País Vasco – Euskal Herriko Unibertsitatea



1. Introducción

- Características del proceso de fresado y tipos de piezas
- Descripción del proceso de fresado

2. Operaciones y herramientas más comunes

3. Herramientas de fresado

- Partes de una herramienta de fresado
- Ángulos de los filos de una fresa
- Acción de cada diente en la pieza

4. Parámetros de fresado

- Parámetros básicos de una operación de fresado
- Avance por diente y espesor de viruta
- Sección de viruta
- Fuerza de corte
- Potencia de corte

5. Fresadoras: Descripción y algunas arquitecturas

6. Cuestionario tutorizado

7. Oportunidades laborales: empresas y productos



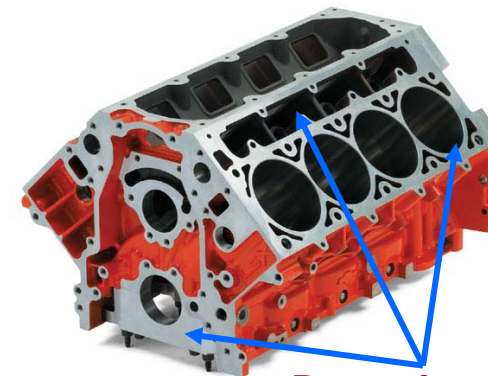
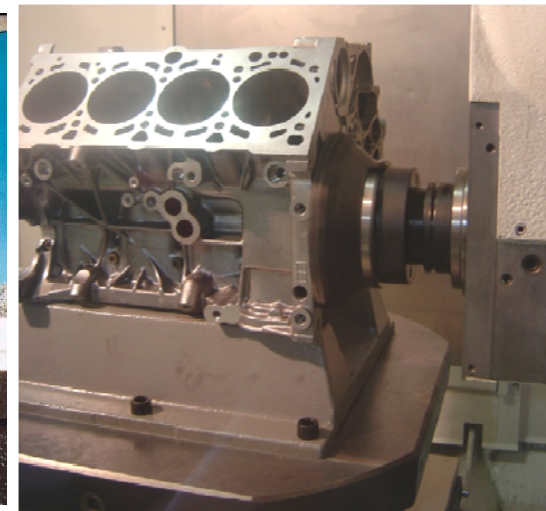
1. Introducción



CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE FRESADO Y TIPOS DE PIEZAS:

- Operaciones de mecanizado para piezas de geometría diversa: piezas prismáticas, complejas, superficies inclinadas, ...
- VENTAJAS DEL PROCESO
 - Cualquier geometría.
 - Buena precisión y acabado superficial comparado con fundición/forja.
 - Flexibilidad: desde piezas unitarias hasta largas series.
 - Diferentes materiales (limitación en materiales muy duros).
- LIMITACIONES DEL PROCESO
 - Proceso caro.
 - Limitado en algunos materiales muy difíciles de trabajar.

Superficies planas y acabado de zonas de piezas fundidas/forjadas



Partes fresadas



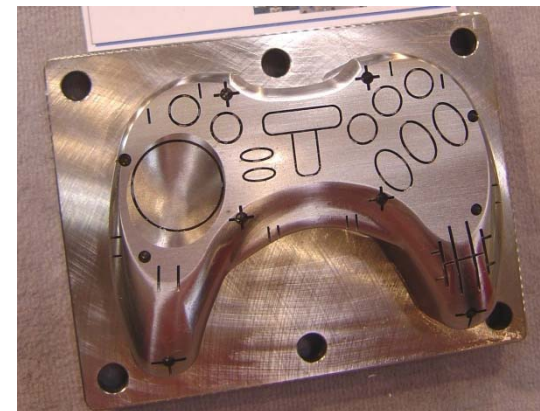
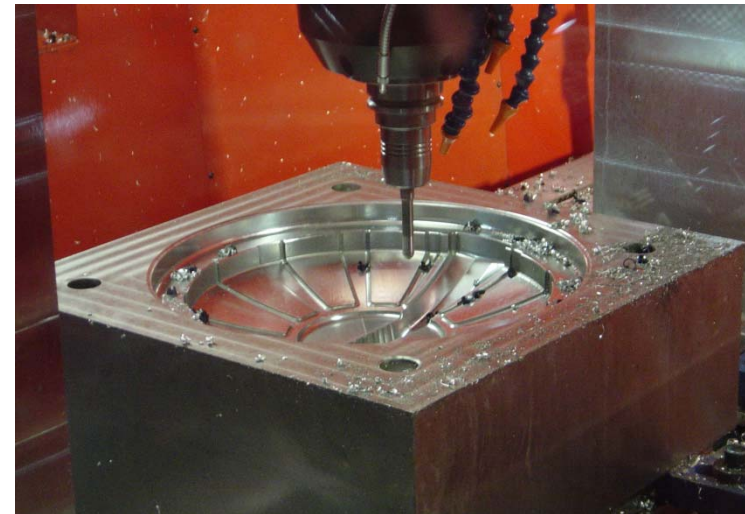
1. Introducción



CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE FRESADO Y TIPOS DE PIEZAS:

- Operaciones de mecanizado para piezas de geometría diversa: piezas prismáticas, complejas, superficies inclinadas, ...
- VENTAJAS DEL PROCESO
 - Cualquier geometría.
 - Buena precisión y acabado superficial comparado con fundición/forja.
 - Flexibilidad: desde piezas unitarias hasta largas series.
 - Diferentes materiales (limitación en materiales muy duros).
- LIMITACIONES DEL PROCESO
 - Proceso caro.
 - Limitado en algunos materiales muy difíciles de trabajar.

Piezas de geometría compleja: moldes, matrices, alabes, piezas aeronáuticas,...





1. Introducción



CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE FRESADO Y TIPOS DE PIEZAS:

- Operaciones de mecanizado para piezas de geometría diversa: piezas prismáticas, complejas, superficies inclinadas, ...
- VENTAJAS DEL PROCESO
 - Cualquier geometría.
 - Buena precisión y acabado superficial comparado con fundición/forja.
 - Flexibilidad: desde piezas unitarias hasta largas series.
 - Diferentes materiales (limitación en materiales muy duros).
- LIMITACIONES DEL PROCESO
 - Proceso caro.
 - Limitado en algunos materiales muy difíciles de trabajar.

Piezas de geometría compleja: moldes, matrices, alabes, piezas aeronáuticas,...





1. Introducción

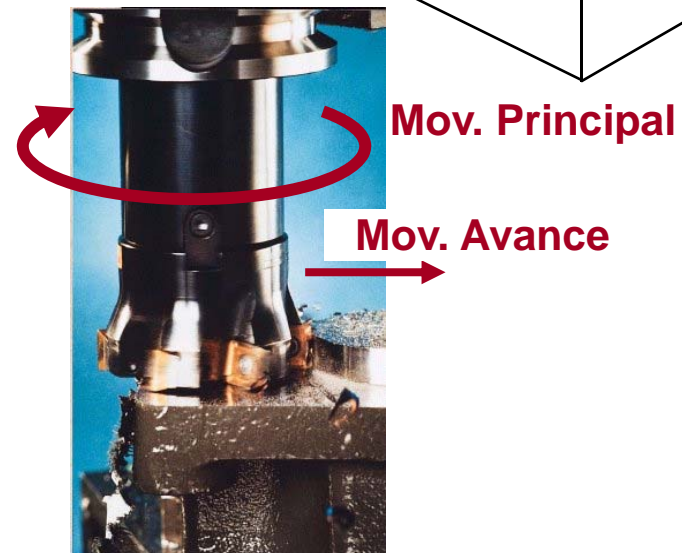
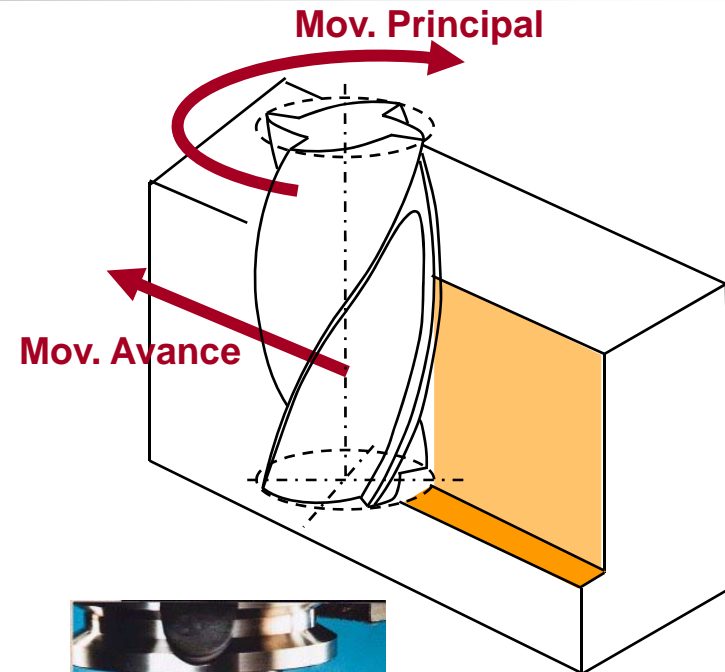


DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FRESADO

- **APLICACIONES**
Mecanizado de piezas sin simetría de revolución.
- **COMBINACIÓN DE DOS MOVIMIENTOS DIFERENTES:**
El movimiento principal o de corte
El movimiento de avance
- **MOVIMIENTO PRINCIPAL**
Giro de la herramienta
Consumo de Potencia y Velocidad mayor que el movimiento de avance.
- **MOVIMIENTO DE AVANCE**
Lo más común es disponer de una fresadora de 3 grados de libertad (XYZ).



Para dar una idea: En una operación de fresado como la de la derecha, por cada giro la fresa solo avanza 0.1~0.2 mm.



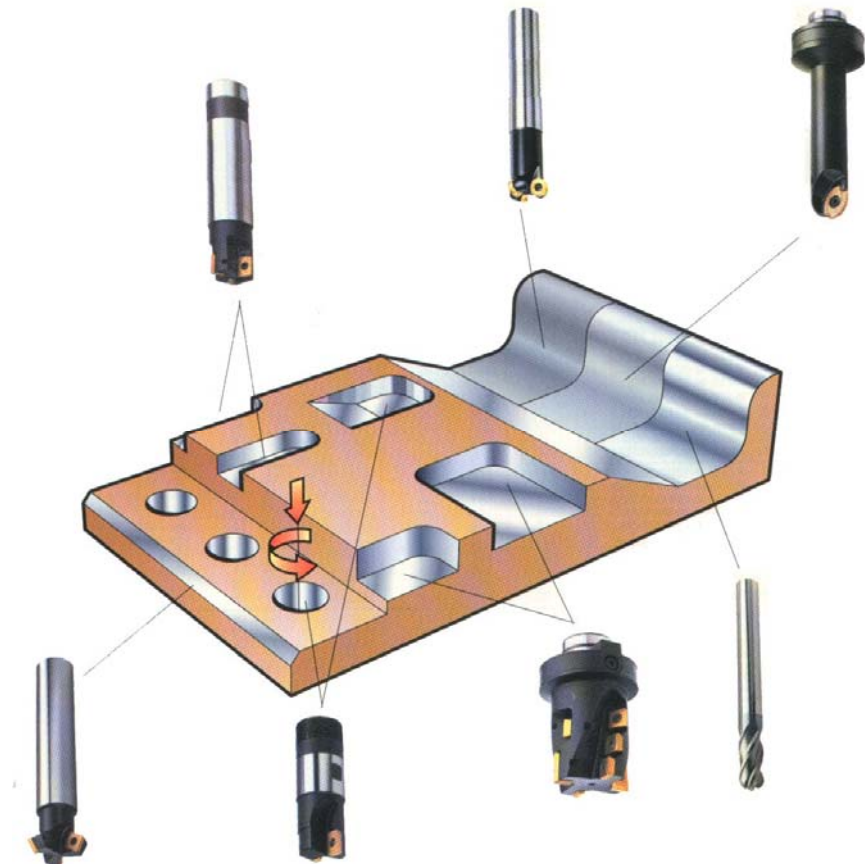
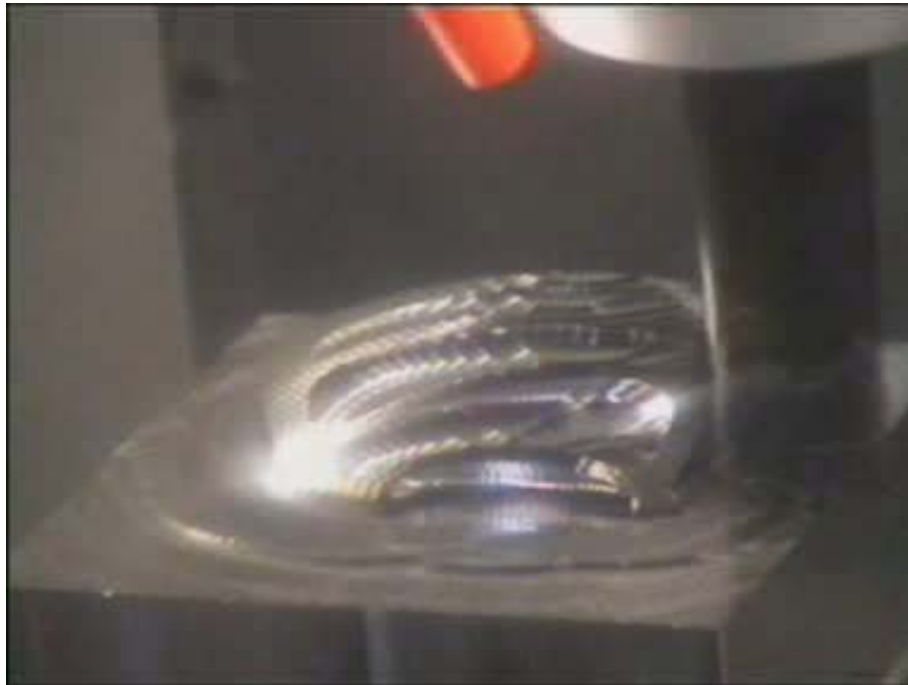


1. Introducción



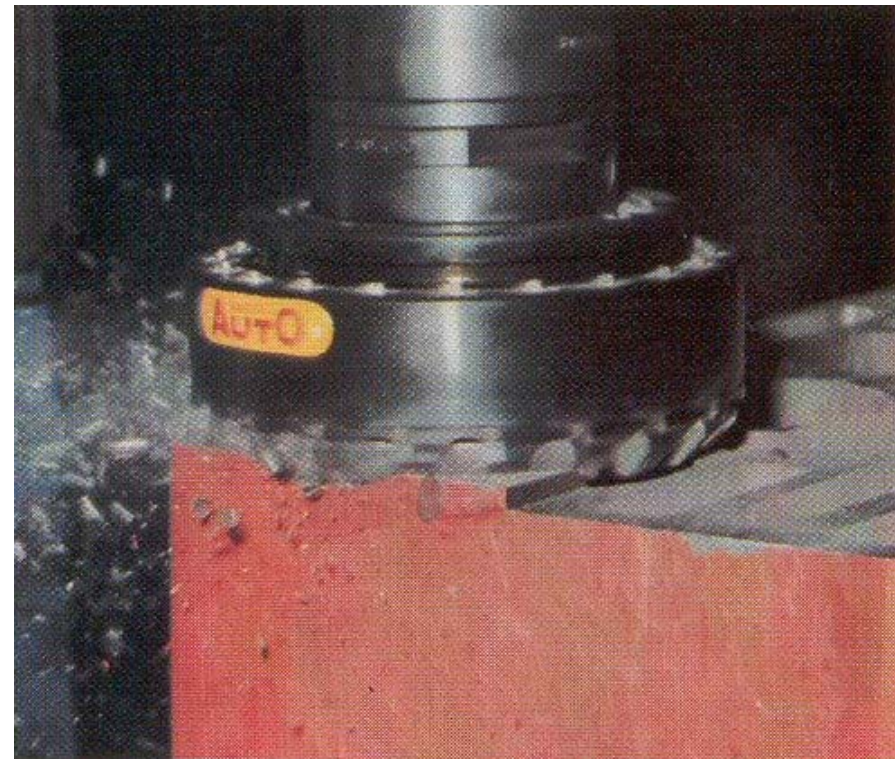
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FRESADO

- **PROCESO MUY VERSÁTIL POR DOS MOTIVOS**
 - Posibilidad de variar la dirección del movimiento de avance.
 - Posibilidad de cambiar la geometría de la fresa.



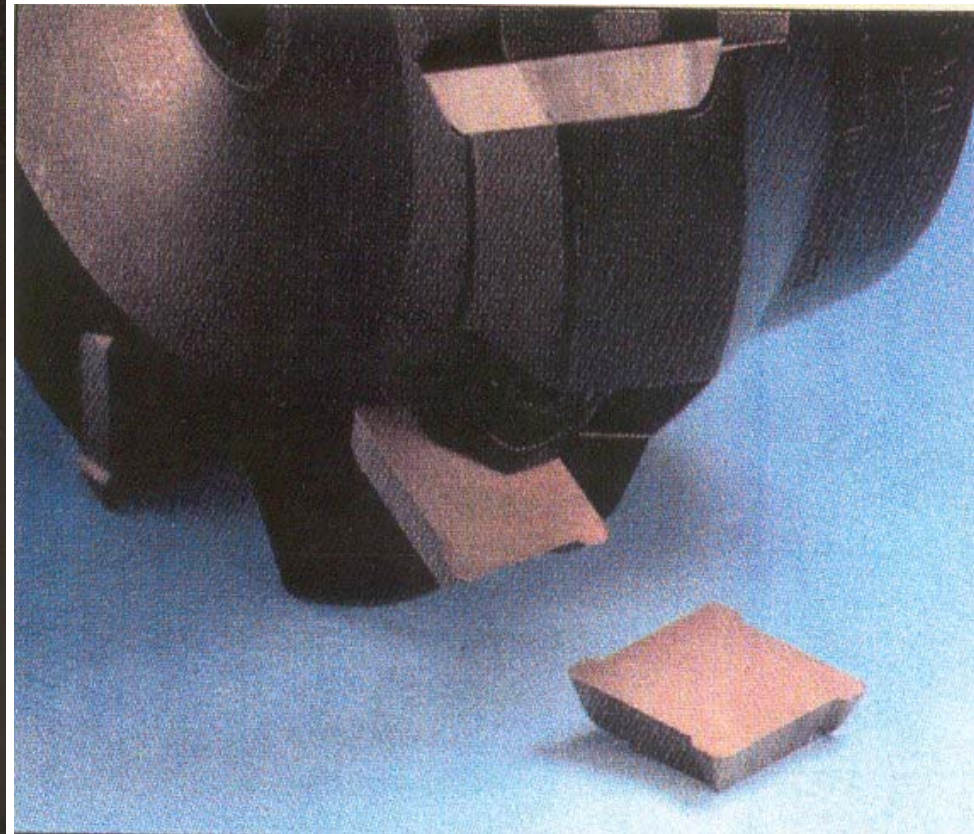


Planeado



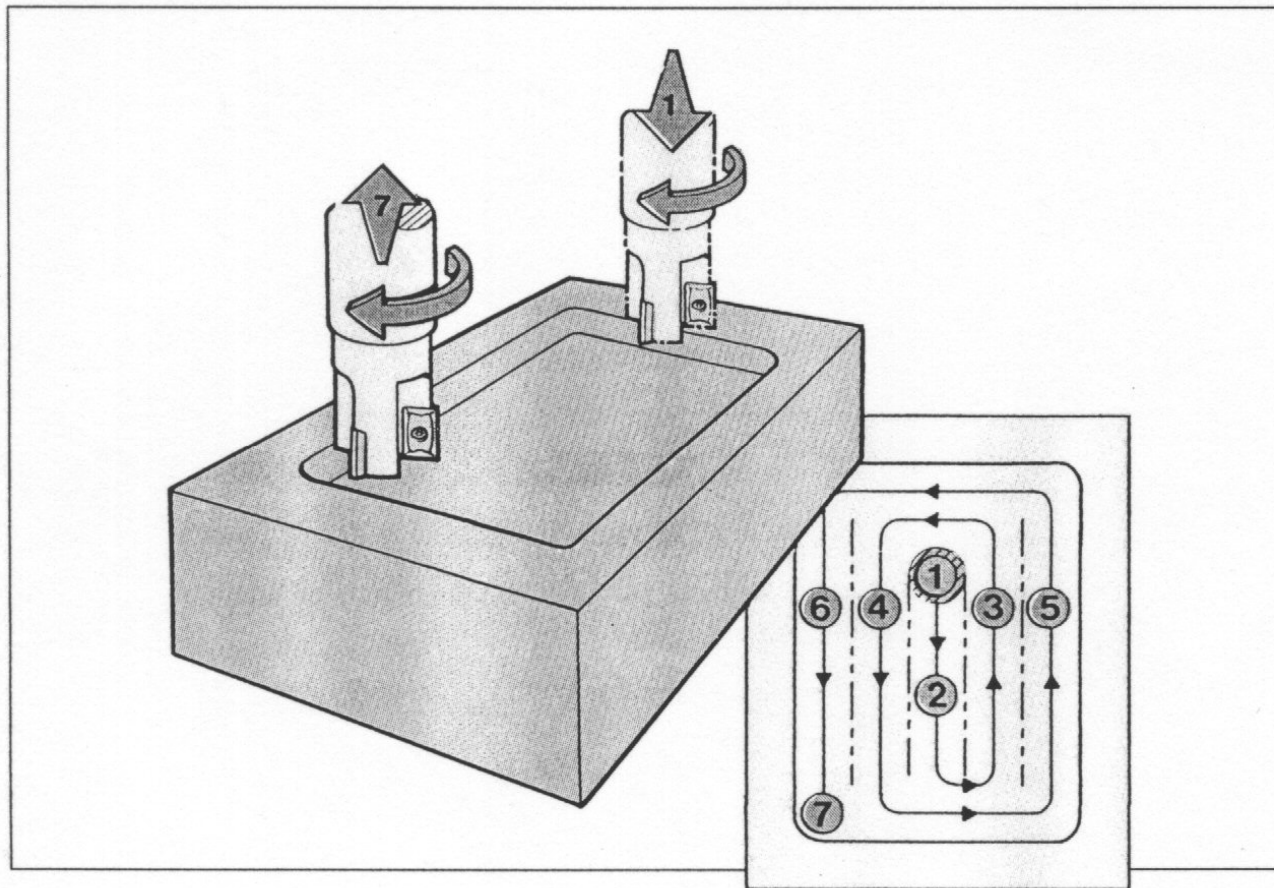


Escuadrado





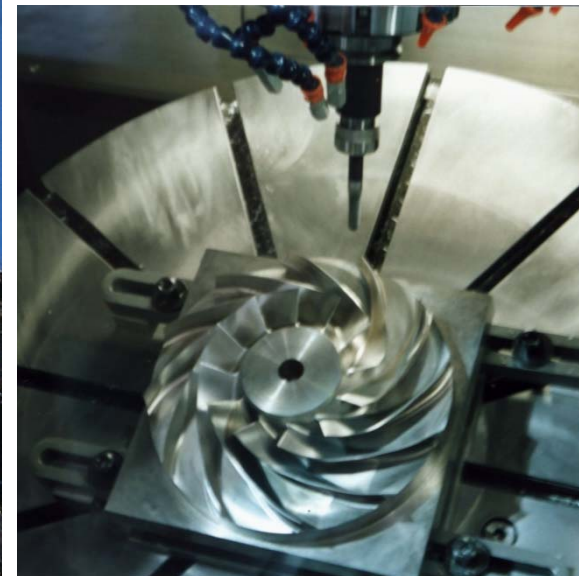
Mecanizado de cajas



Fresas con filo al centro



Mecanizado de superficies complejas



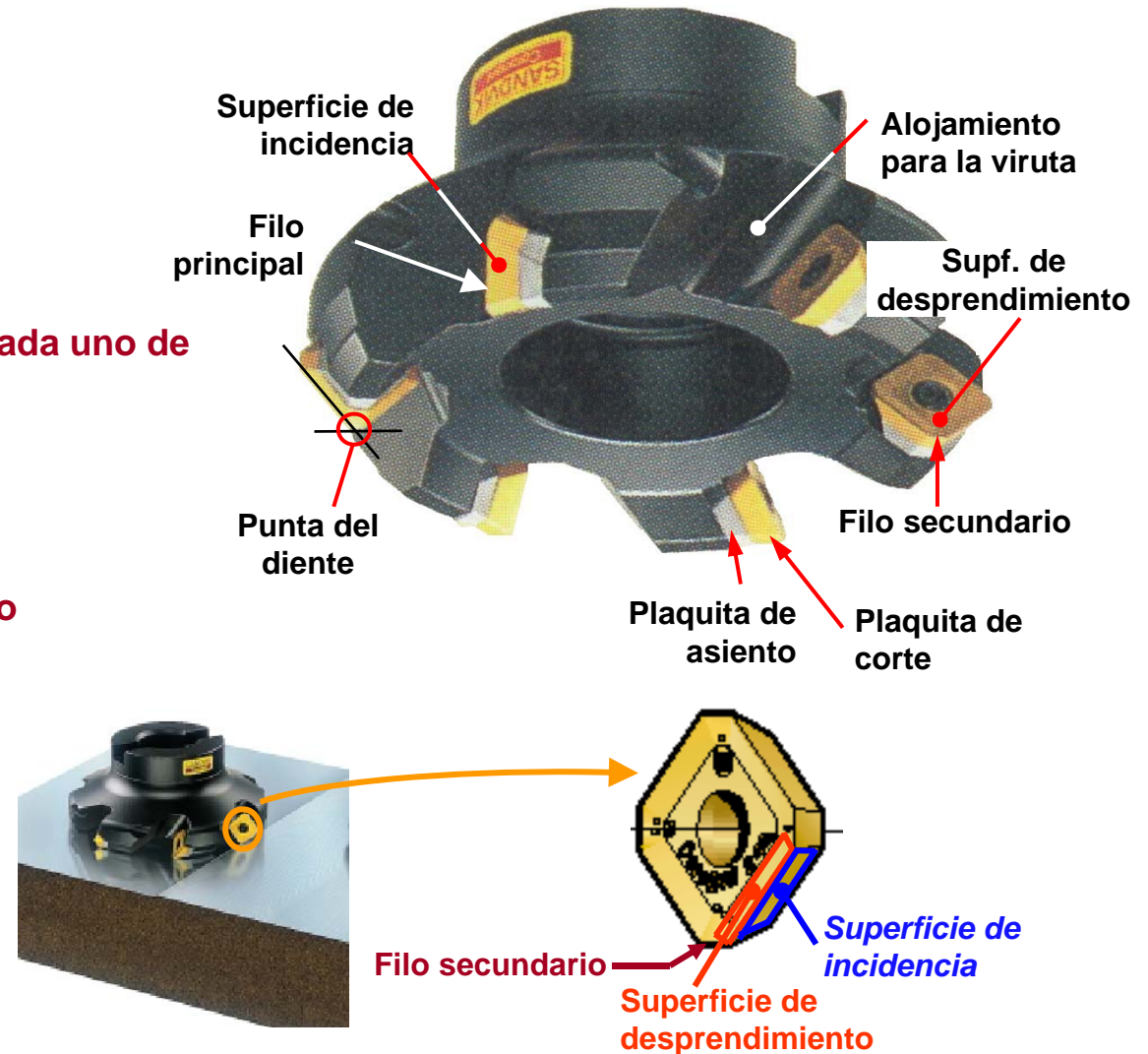


3. Herramientas de Fresado



PARTES DE UNA HERRAMIENTA DE FRESADO:

- SE DIVIDE EN:
 - Mango
 - Parte Cortante
- EN LA PARTE CORTANTE:
Suele disponer de varios filos. En cada uno de ellos:
 - Filo Principal
 - Filo Secundario
 - Superficie de incidencia
 - Superficie de desprendimiento
 - Punta del diente



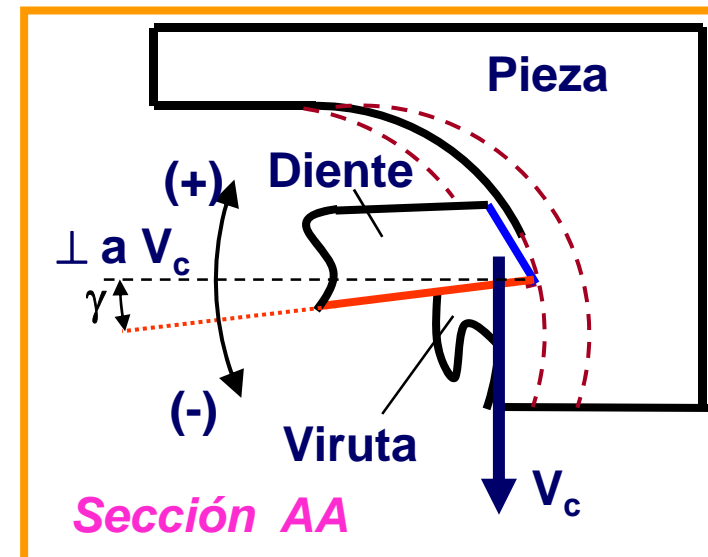
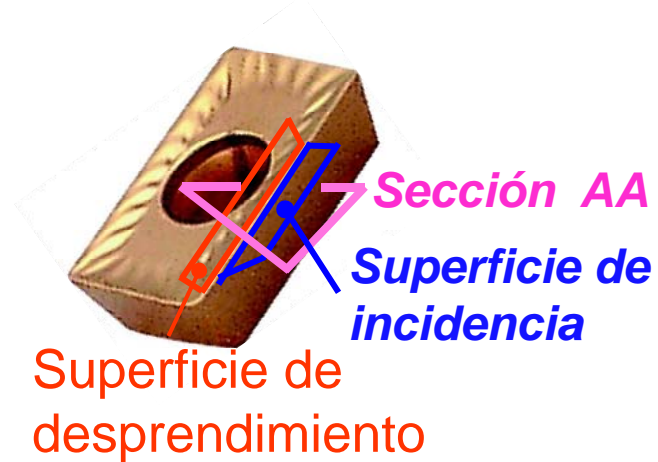
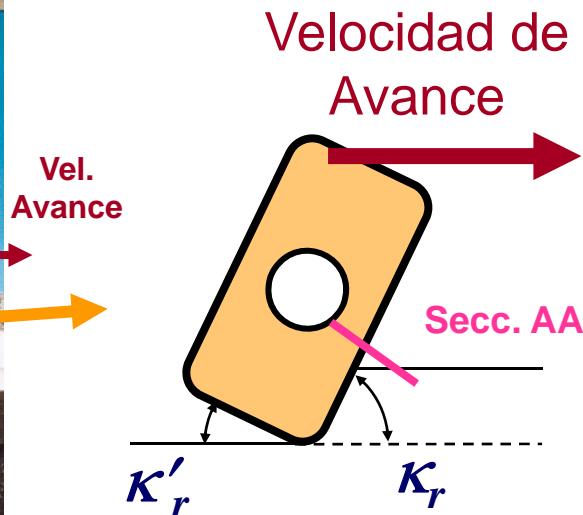
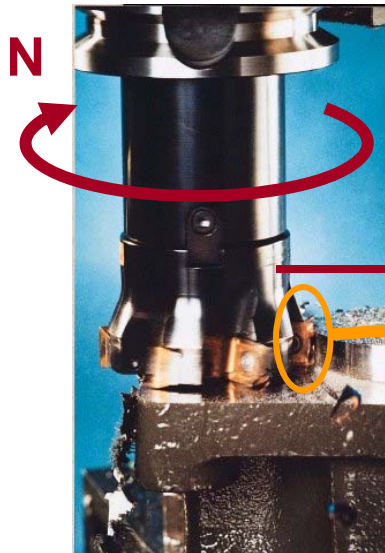


3. Herramientas de Fresado



ÁNGULOS DE LOS FILOS DE UNA FRESA

- SE PUEDEN DEFINIR:
 - Ángulo de posición de filo principal (κ_r)
 - Ángulo de posición de filo secundario (κ'_r)
 - Ángulo de desprendimiento (γ)
 - Ángulo de incidencia (α)





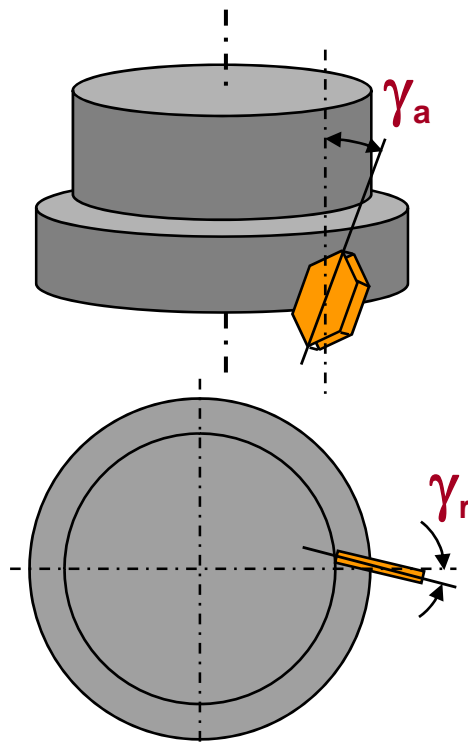
3. Herramientas de Fresado



ÁNGULOS DE LOS FILOS DE UNA FRESA

• SE PUEDEN DEFINIR:

- Ángulo de posición de filo principal (κ_r)
 - Ángulo de posición de filo secundario (κ'_r)
 - Ángulo de desprendimiento (γ)
 - Ángulo de incidencia (α)
- } Ángulo de desprendimiento axial (γ_a)
- } Ángulo de desprendimiento radial (γ_r)



<u>Doblemente negativa</u>	<u>Positiva - negativa</u>	<u>Doblemente positiva</u>
<p>← Mayor Robustez del filo</p> <p>Mejor flujo de la viruta →</p>		

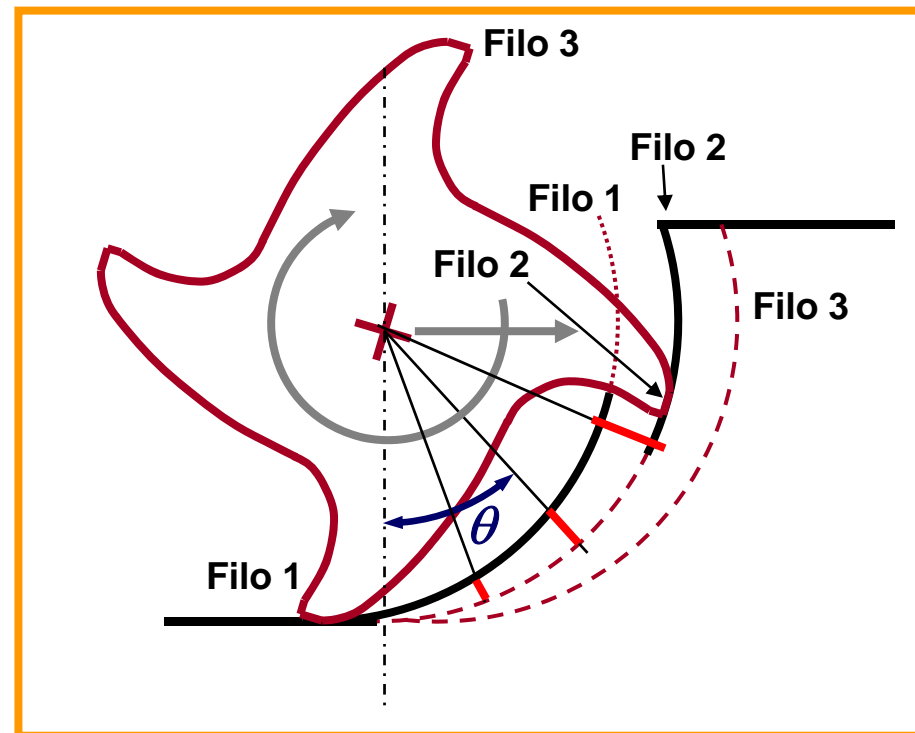
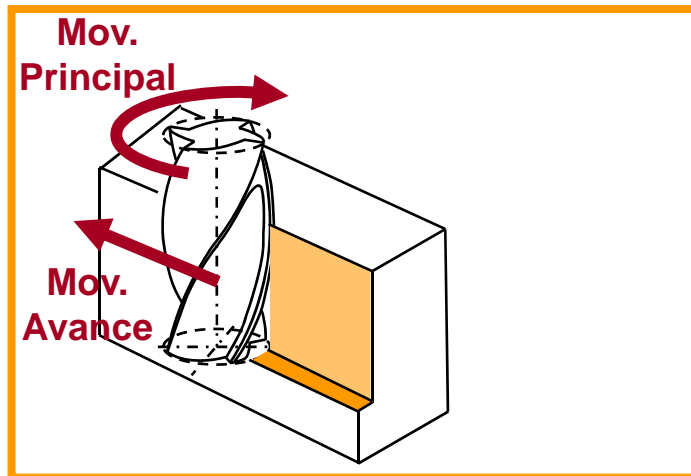


3. Herramientas de Fresado



ACCIÓN DE CADA DIENTE EN LA PIEZA

- **LOS FILOS DE UNA FRESA GIRAN Y SE TRASLADAN SIMULTANEAMENTE:**
 - Se genera un corte intermitente: El filo entra y sale de la pieza.
 - La cantidad de material que arranca varía según la posición.





4. Parámetros de Fresado



PARÁMETROS BÁSICOS DE UNA OPERACIÓN DE FRESADO

- **Velocidad de Corte (m/min):**

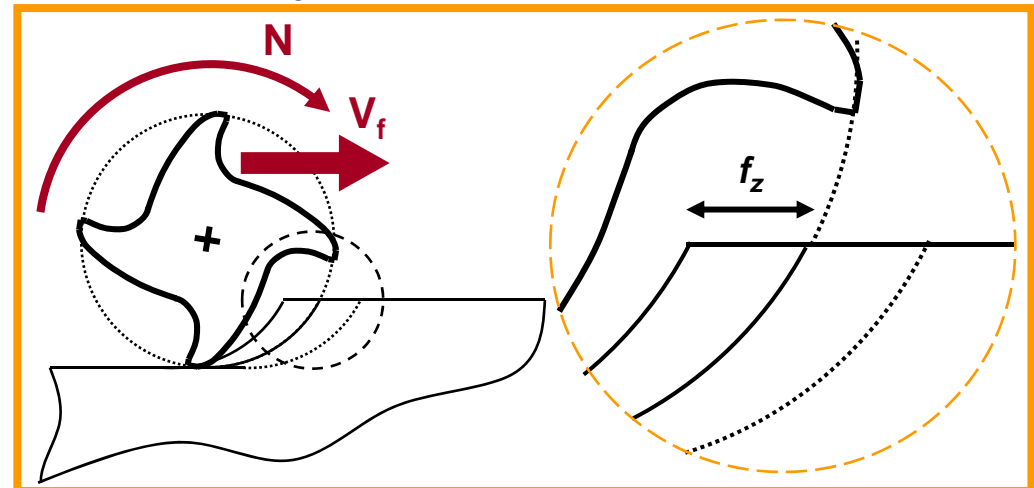
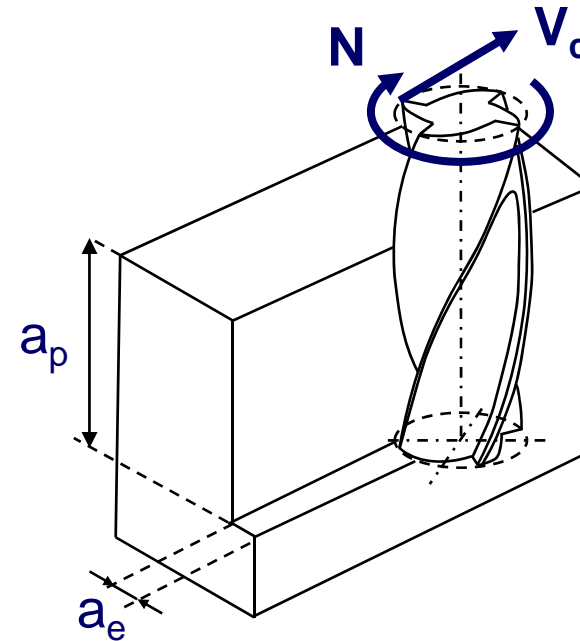
$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000} \begin{cases} V_c: \text{Velocidad de corte (m/min)} \\ D: \text{Diámetro de la fresa en mm} \\ N: \text{Veloc. de rotación (rpm)} \end{cases}$$

- **Profundidad de Pasada radial (a_e) y axial (a_p)**
 a_e y a_p (mm)

- **Velocidad de Avance (mm/min):**
 V_f (mm/min)

- **Avance por filo (mm)**

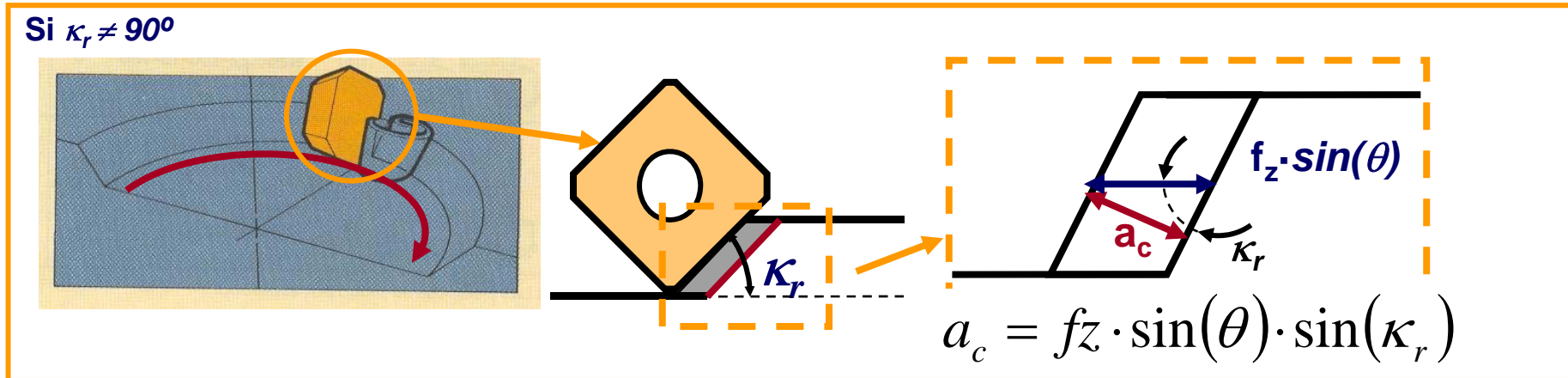
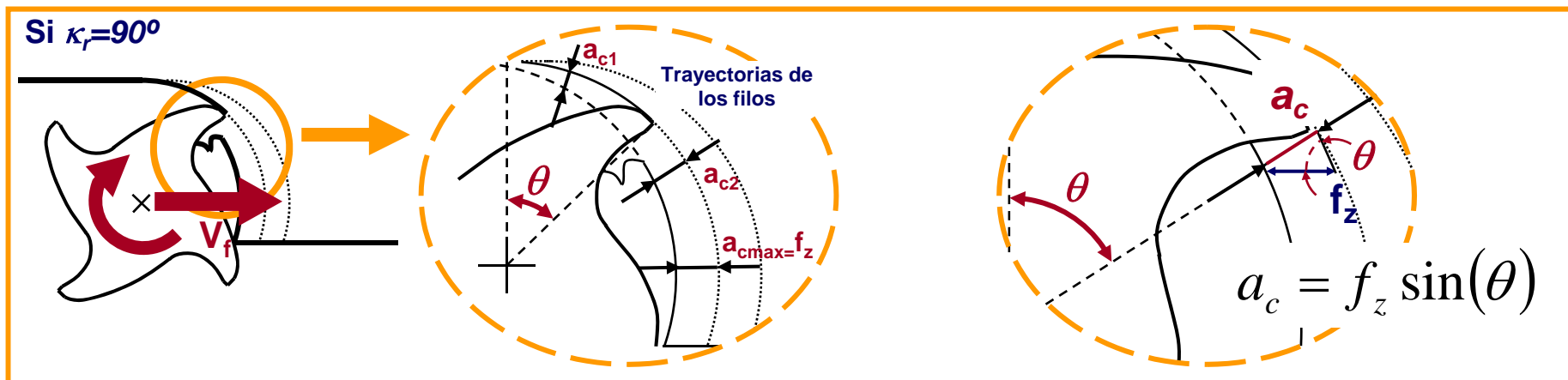
$$f_z = \frac{V_f}{N \cdot z} \begin{cases} f_z: \text{Avance por filo (mm/filo)} \\ V_f: \text{Velocidad de avance (mm/min)} \\ N: \text{Veloc. de rotación (rpm)} \\ z: \text{Número de filos de la fresa} \end{cases}$$



4. Parámetros de Fresado

AVANCE POR DIENTE Y ESPESOR DE VIRUTA

- El espesor de viruta (a_c) varía a lo largo del recorrido del diente.
El espesor de viruta depende de la posición radial del diente,
definida por el ángulo θ .



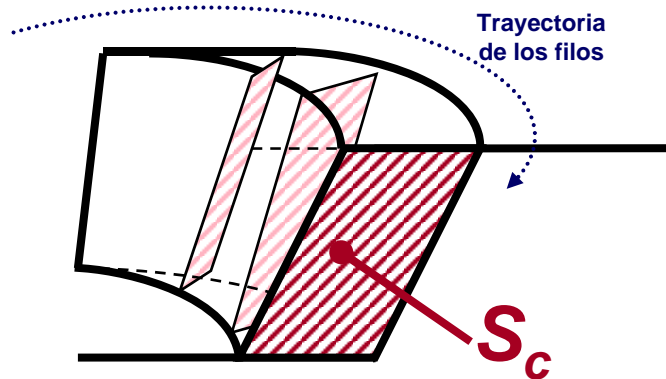
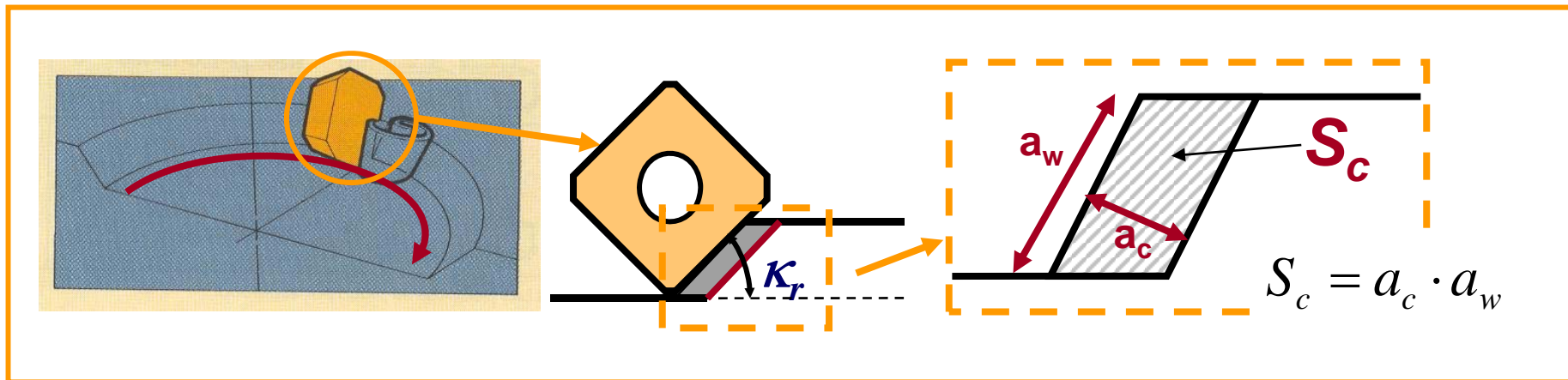


4. Parámetros de Fresado



SECCIÓN DE VIRUTA

- La sección de viruta (S_c), representa la sección de material que está siendo arrancada por un diente, y se obtiene multiplicando el espesor de corte por la anchura de corte.



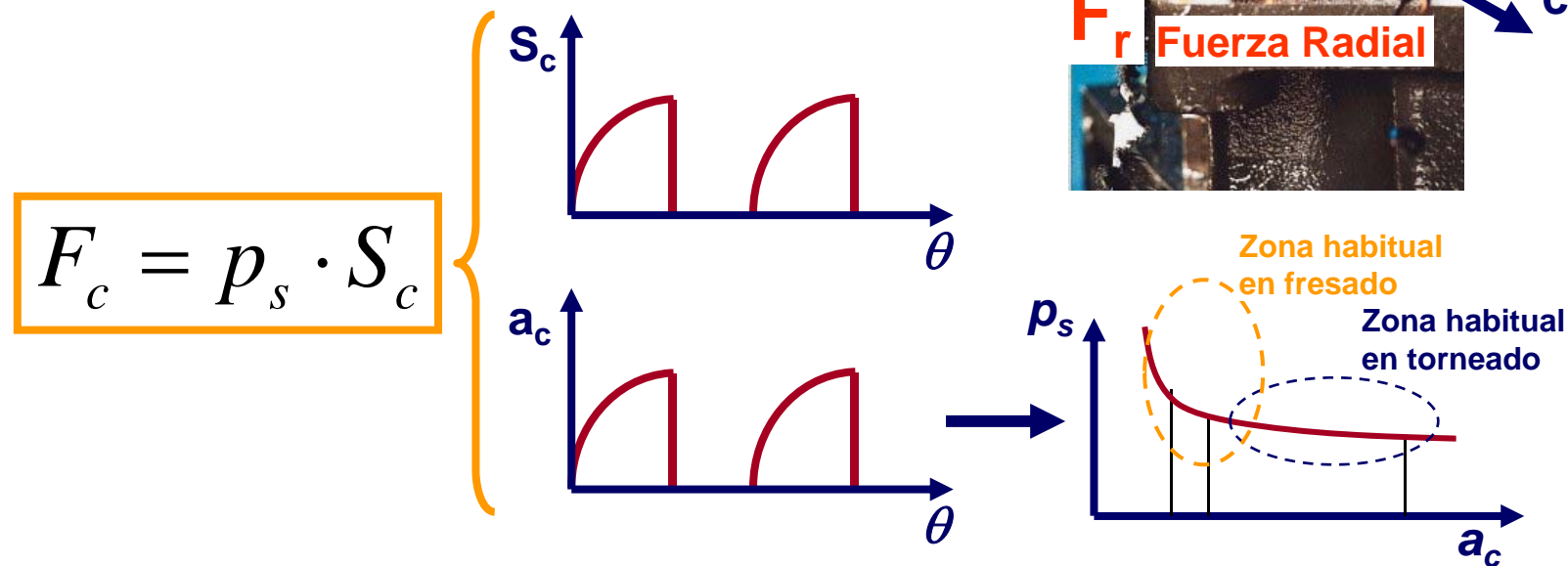
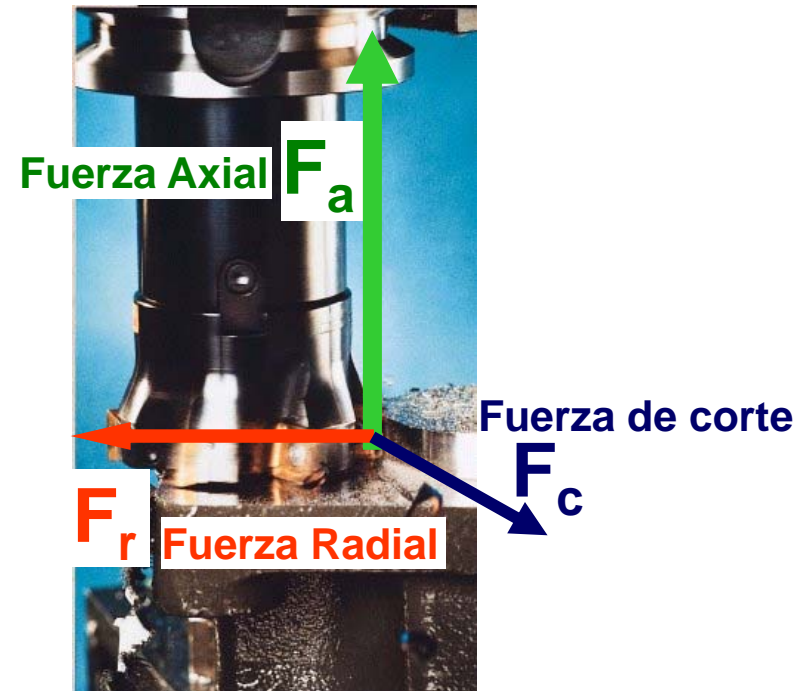


4. Parámetros de Fresado



FUERZA DE CORTE

- Es la fuerza originada en el proceso de fresado.
- Al igual que en el caso de torneado, depende del material y de los parámetros de corte.
- La fuerza de corte en fresado es variable por dos motivos: S_c es variable y p_s es función de a_c que también es variable.



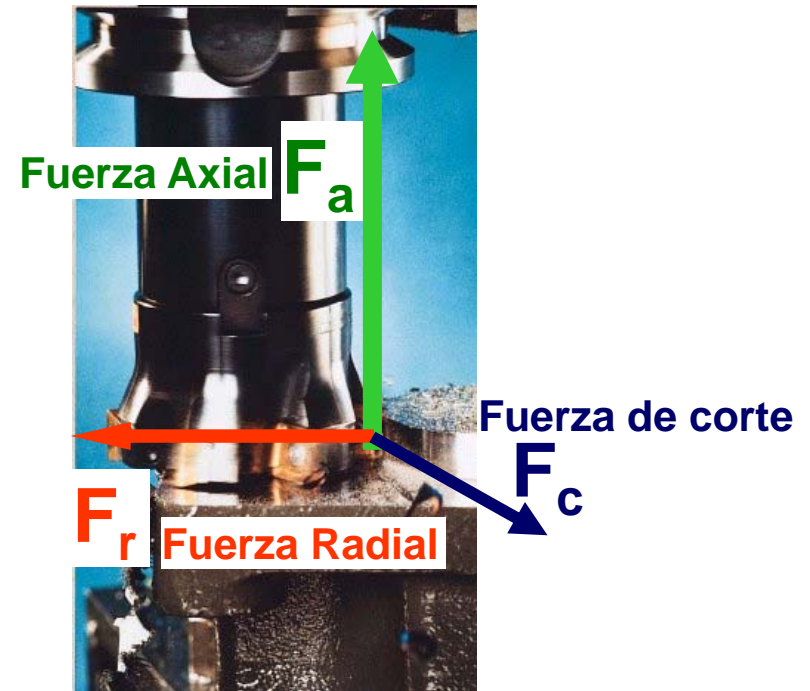
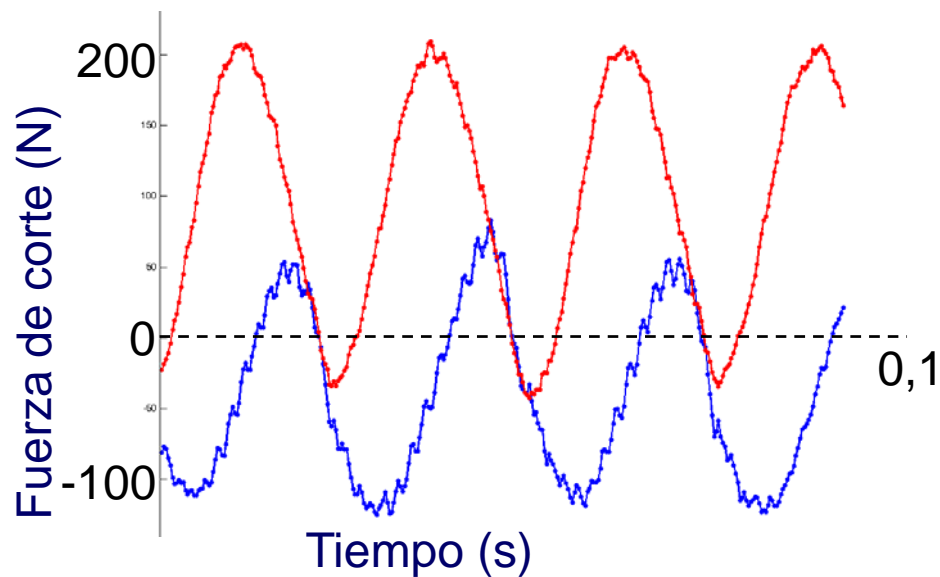


4. Parámetros de Fresado



FUERZA DE CORTE

- Es la fuerza originada en el proceso de fresado.
- Al igual que en el caso de torneado, depende del material y de los parámetros de corte.
- La fuerza de corte en fresado es variable por dos motivos: S_c es variable y p_s es función de a_c que también es variable.



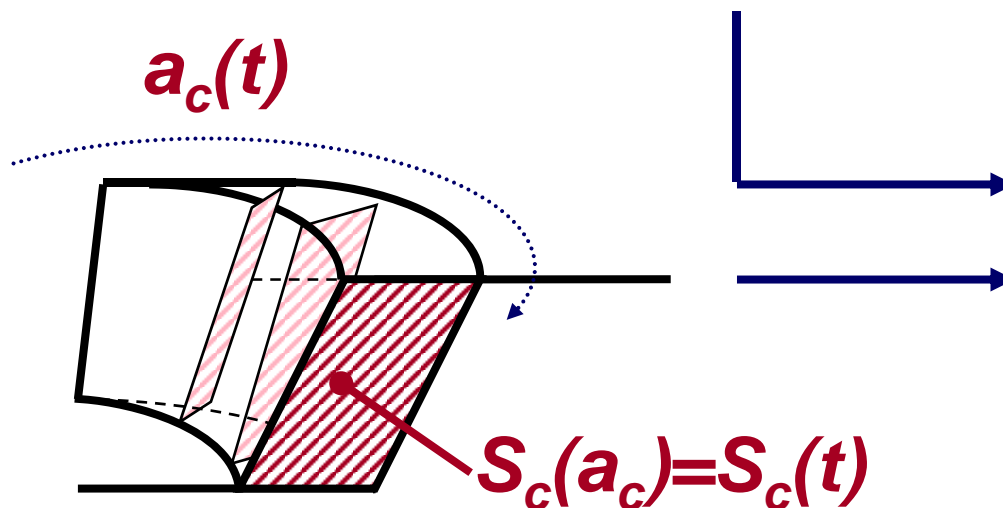
4. Parámetros de Fresado

POTENCIA DE CORTE

- Como la fuerza de corte F_c es variable con el tiempo y en un cierto instante puede haber varios dientes en corte, no es posible un cálculo simple de la potencia.
- Por ello, se obtiene un valor promediado a partir del valor medio del espesor de viruta.

$$P_c = F_c(t) \cdot V_c = S_c(t) \cdot p_s(a_c) \cdot V_c = a_c(t) \cdot a_w \cdot p_s(a_c(t)) \cdot V_c$$

¡¡Cálculo complicado!!



Se obtiene un valor medio de la potencia consumida P_m multiplicando un valor medio de la energía específica de corte p_s^* por el volumen total de viruta mecanizado por unidad de tiempo:

$$P_m = p_s^*(\bar{a}_c) \cdot V_f \cdot a_p \cdot a_e$$

El valor medio de la energía específica de corte se obtiene de tablas a partir del valor medio del espesor de corte (a_c)

$$\bar{a}_c = \frac{1}{\Theta} \int_0^\theta a_c d\theta = \frac{2 \cdot a_e \cdot f_z \cdot \text{sen}(\kappa_r)}{\Theta \cdot D}$$

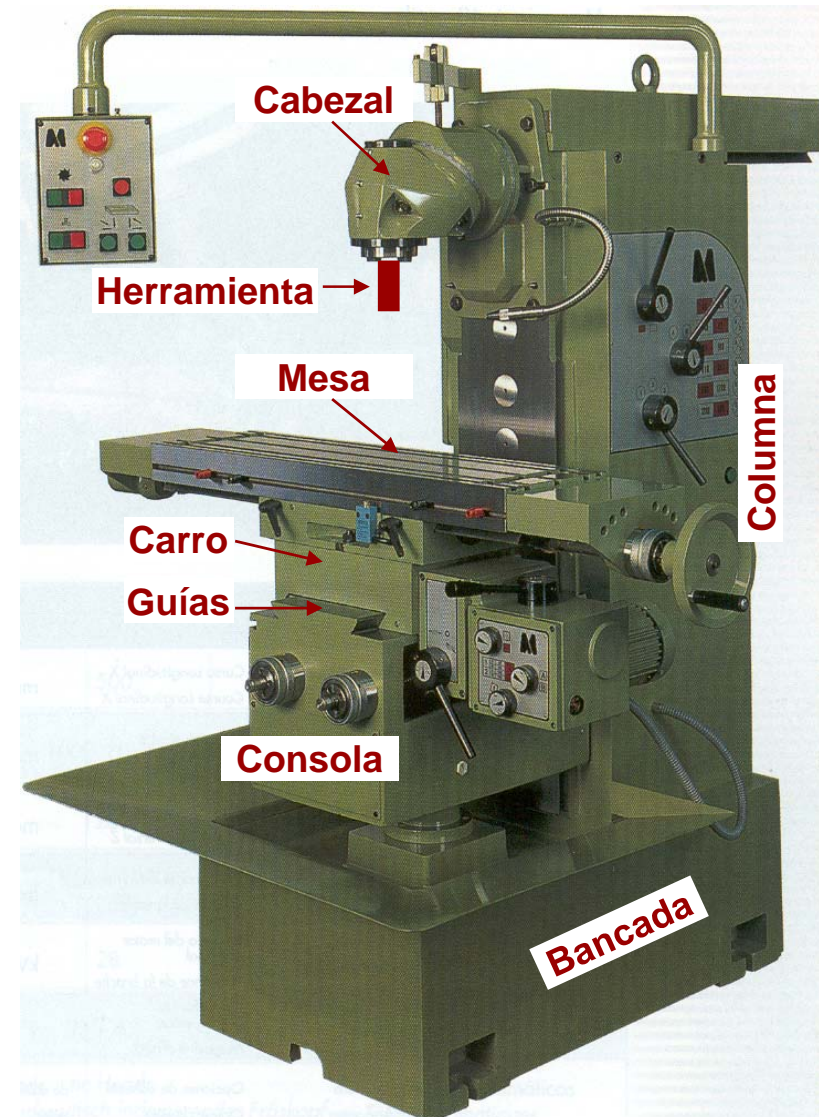


5. Fresadoras: Descripción y algunas arquitecturas



PARTES DE UNA FRESADORA:

- La fresadora es la máquina-herramienta que se utiliza para llevar a cabo el proceso de fresado.
- LA FRESADORA DEBE APORTAR LOS SIGUIENTES MOVIMIENTOS
 - Giro de la fresa a diferentes velocidades y con la potencia suficiente.
 - Movimiento de avance relativo entre la herramienta y la pieza en cualquier dirección de avance.
- ADEMÁS ...
 - Los movimientos deben ser precisos.
 - Se debe sujetar la pieza y las herramientas con la fuerza suficiente.





5. Fresadoras: Descripción y algunas arquitecturas



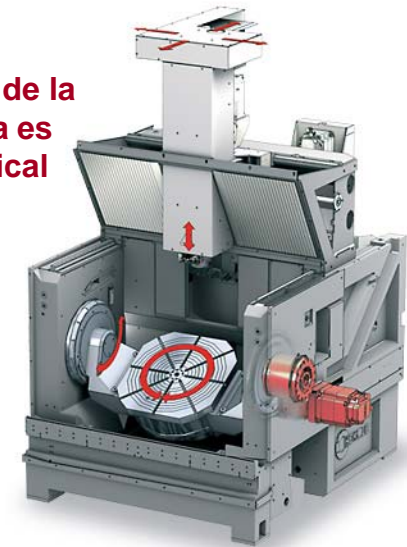
TIPOS DE FRESADORAS:

- Al contrario que otras máquinas-herramientas, existen muchos tipos de fresadoras en función del tipo y tamaño de pieza que se desea mecanizar.
- Fresadoras manuales, los movimientos de avance se consiguen mediante sistemas mecánicos que se accionan a mano.
- Fresadoras de CN: los movimientos de avance son accionados por servomotores, que ejecuta un programa.

Foto de www.hermle.de



El eje de la fresa es vertical



El eje de la fresa es horizontal

Foto de www.haas.com

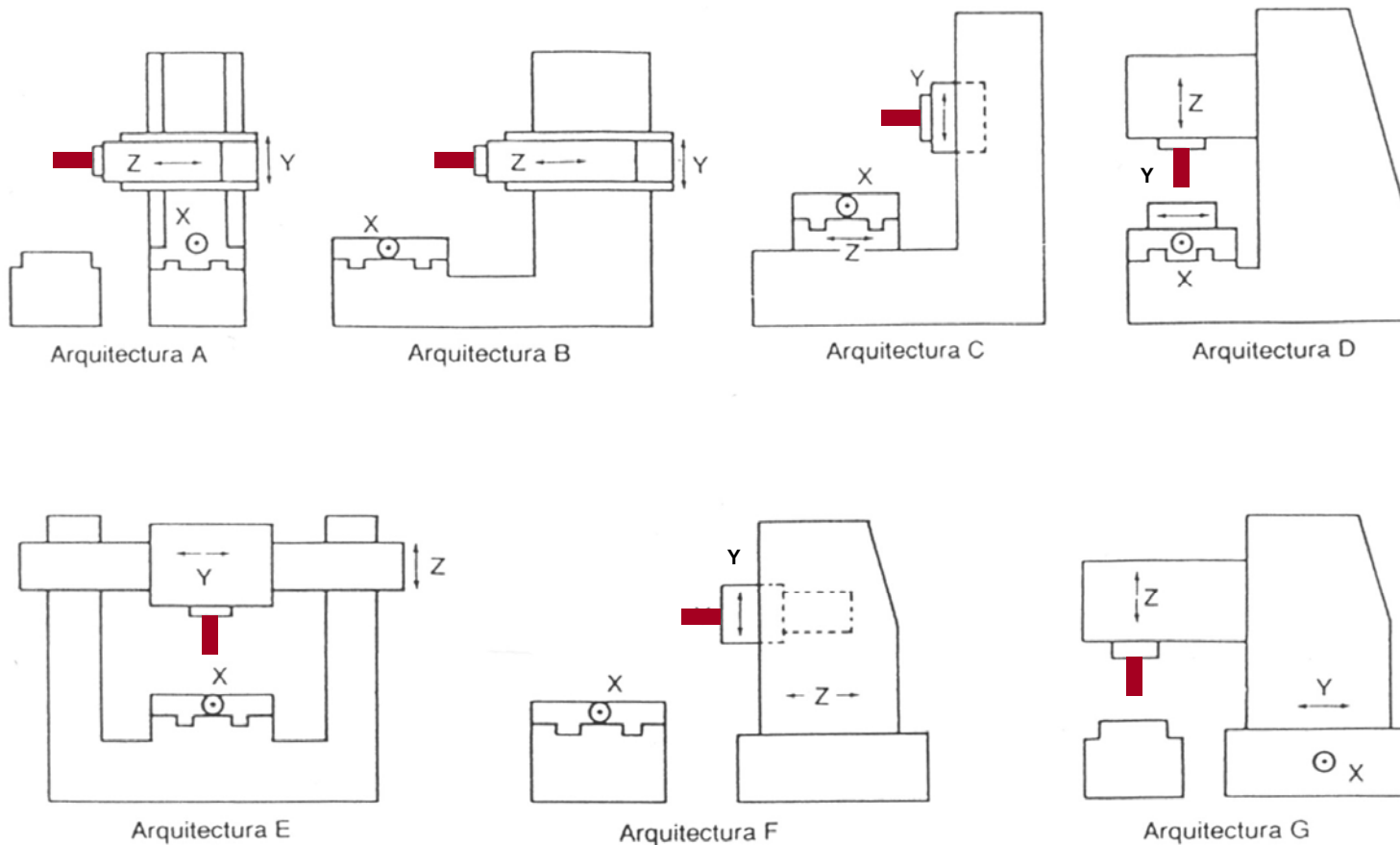


5. Fresadoras: Descripción y algunas arquitecturas



ALGUNAS ARQUITECTURAS:

- En la figura se muestran 7 tipos de arquitecturas de fresadoras de 3 ejes.





6. Cuestionario tutorizado



1. A pesar de que el proceso de fresado sea muy versátil, piensa en geometrías de pieza que sean muy difíciles/imposibles de realizar mediante fresado.
2. ¿Cual es el número máximo de ejes que suelen incorporar las fresadoras? ¿Qué ventajas puede tener incorporarlos? ¿Y qué desventajas?
3. En las operaciones de torneado, la viruta puede enredarse entre la herramienta y la pieza lo que genera grandes problemas para poder retirarla de la zona de trabajo, sin embargo en fresado esto no es ningún problema. ¿Podrías explicar por qué?
4. Dibuja una secuencia de golpeo de varios filos sobre una pieza. ¿A partir de este dibujo podrías obtener una relación entre los parámetros de fresado y la rugosidad superficial resultante? ¿Qué parámetro es el más influyente?
5. Además de la fuerza de corte hay otras dos componentes: Radial y tangencial ¿Puedes explicar cómo influye cada una de estas componentes en el proceso de fresado?



6. Cuestionario tutorizado



6. ¿Qué ventajas puede tener utilizar una fresadora horizontal frente a una vertical?
7. ¿Qué ventaja puede tener utilizar una fresadora donde el movimiento de los ejes sea transmitido directamente a la herramienta, mientras que la mesa donde se coloca la pieza permanece inmóvil?



7. Algunas empresas y productos...



Troquelaría BATZ S. Coop.

Fresado de grandes matrices de estampación.

Localización: Igorre (Bizkaia)

www.batz.com

MASA: Mecanizaciones Aeronáuticas S.A.

*Fresado de piezas aeronáuticas para fuselajes de
aeronaves.*

Localización: Agoncillo (La Rioja)

www.masa.aero

Talleres de precisión GAI

Fresado de piezas de precisión.

Localización: Zaldibar (Bizkaia)

www.sikulan.com

Talleres Aratz S.A.

*Fabricante de piezas de alta complejidad: Turbinas y elementos de rodetes para
sector hidroeléctrico, piezas para satélites, prototipos,...*

Localización: Vitoria (Álava)

www.sea.es/aratz

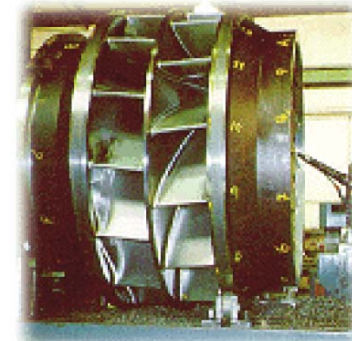
Matrici S. Coop.

Fabricante de troqueles y utillajes de estampación

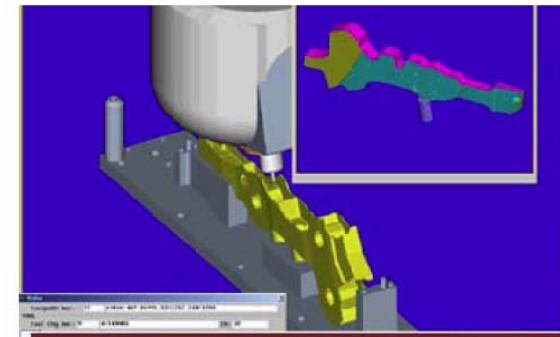
Localización: Zamudio (Bizkaia)

www.matrici.com

*Dada la versatilidad del fresado, existen muchas
empresas que realizan operaciones de fresado para
acabar determinadas zonas. Además, existen muchos
fabricantes de fresadoras en la CAV (Ver temas 15 y 16)*



**Rodete de turbina fabricado por
Talleres Aratz S.A.**



**Simulación del fresado de una pieza del
fuselaje de una aeronave en MASA.**