

Aplicación para la docencia en ingeniería:

Cálculo de costes de mecanizado.

MECACOST 1.0

T. Boronat, D. García-Sanoguera, O. Fenollar, R. Balart, L. Sánchez-Nácher

Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales

Universidad Politécnica de Valencia (UPV)

RESUMEN (ABSTRACT)

El cálculo del coste de operaciones de mecanizado convencional sin una herramienta de apoyo, que permita a los estudiantes la comprobación y comparación de los resultados bajo varias hipótesis, puede llegar a consumir una importante cantidad de tiempo que empeore el aprendizaje de los alumnos.

Los programas disponibles de cálculo no son útiles debido a que no están creados para la educación ya que se caracterizan por su alto coste y una elevada complejidad.

Se ha desarrollado en Visual Basic el programa Mecacost 1.0 de cálculo de costes de operaciones de mecanizado convencional, es decir fresado y torneado. La aplicación de diferentes teorías para el cálculo de la velocidad de corte, vida de la herramienta, junto con la posibilidad de calcular los parámetros de corte para criterios de máxima producción o máxima economía y unido a una completa ayuda, convierten a este programa en una herramienta útil, versátil y sencilla para su uso por parte de estudiantes de ingeniería.

Palabras clave

Mecanizado, fresado, torneado, software educativo, multimedia, docencia

1 INTRODUCCIÓN.

Los programas de cálculo son una herramienta que han apoyado al profesorado universitario en su labor docente. En concreto, en las titulaciones de Ingeniería Industrial en su especialidad Mecánica, ya sea en el nivel técnico o superior se imparte alguna asignatura donde se desarrollan los conceptos de economía de corte en procesos de mecanizado convencional.

El problema a la hora de incorporar estas herramientas para su uso docente es el coste de inversión necesario para la compra y mantenimiento de las mismas, redundando en una incompleta formación de los estudiantes.

2. DESARROLLO DE LA CUESTIÓN PLANTEADA

Por las razones anteriormente expuestas el Departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA) se planteó la creación algunos programas de cálculo para las asignaturas relacionadas con las tecnologías de fabricación. El principal objetivo buscado con la realización de estos programas es el de facilitar a los alumnos matriculados en estas asignaturas unas herramientas útiles que permitieran el cálculo de sistemas complejos una vez se conoce el funcionamiento teórico del método de cálculo, sin que el tiempo destinado a resolver manualmente los problemas sea una limitación en la fase de aprendizaje. El estudiante, por tanto, sin la distracción de la resolución de complejas ecuaciones, puede concentrar su atención en comparar los resultados obtenidos con los deseados.

Un objetivo cumplido también con la programación de este software ha sido conseguir una herramienta con un coste económico asumible, que no fuera prohibitivo como las herramientas de los gabinetes técnicos, y que además fuera intuitiva de modo que favorezca el aprendizaje.

En este artículo se expone el funcionamiento de la herramienta creada en Visual Basic y denominada por el autor como 'Mecacost 1.0'. Como se observará, se ha elegido el entorno Windows para conseguir un entorno de trabajo más conocido, agradable, y que permitiera el trabajo de varios programas al mismo tiempo. Dentro del Departamento de Ingeniería Mecánica de la EPSA Se están llevando a cabo otros proyectos similares cuyo objetivo es la creación de programas que facilitan el aprendizaje y cálculo de las distintas tecnologías de fabricación

2.1 Estructura interna del programa.

El programa se ha dividido en cinco etapas, los cuatro primeros son necesarias para poder completar los cálculos, y el último es la presentación de resultados para la extracción de conclusiones y toma de decisiones. Los cuatro primeros pasos no son necesarios completarlos de forma consecutiva, es decir se puede completar desordenadamente ya que no necesita los resultados de la etapa anterior.

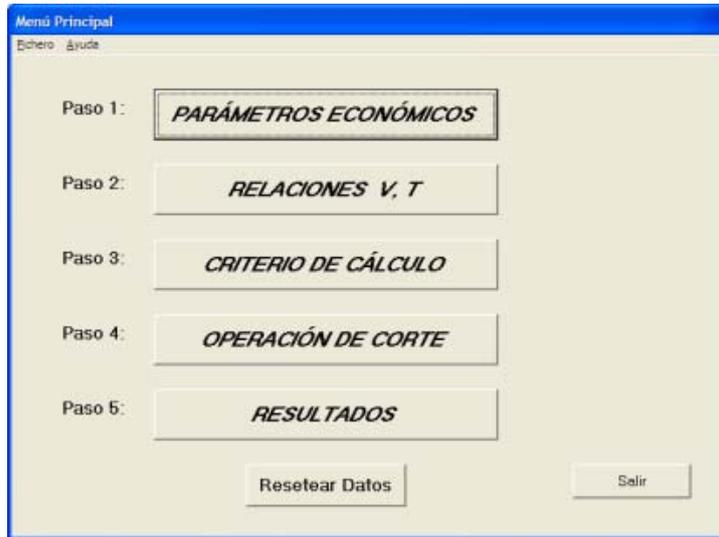


Figura 1 Secciones del programa

2.2 Parámetros económicos.

La primera etapa de que consta el programa son los parámetros económicos.

Como parámetros económicos nos referimos a los costes de operario, los costes de máquina y el coste económico de las herramientas utilizadas en el mecanizado.

El coste del operario se cuantifica en unidades monetarias por hora, este coste se desglosa en dos componentes, por un lado el salario en sí mismo y por otro lado se agrupan el resto de costes como seguridad social y complementos.

La máquina herramienta que se utiliza en el mecanizado también se debe incluir en los cálculos, para incluirla se tiene en cuenta el coste de la máquina y el período de amortización. Junto con el coste de la máquina hay que tener en cuenta los gastos generales de la máquina, es decir los costes de mantenimiento y el consumo energético.

Figura 2 Costes de operario y de máquina

Finalmente hay que incluir los costes de las herramientas utilizadas en el mecanizado. Para las herramientas se puede elegir el tipo de herramienta utilizada, es decir

herramienta con cortes intercambiables o herramientas de una sola pieza. En las herramientas de cortes intercambiables también hay que tener en cuenta el por herramientas. Para ambos tipos de herramientas hay que definir los parámetros necesarios para el cálculo de la vida de las herramientas utilizadas.

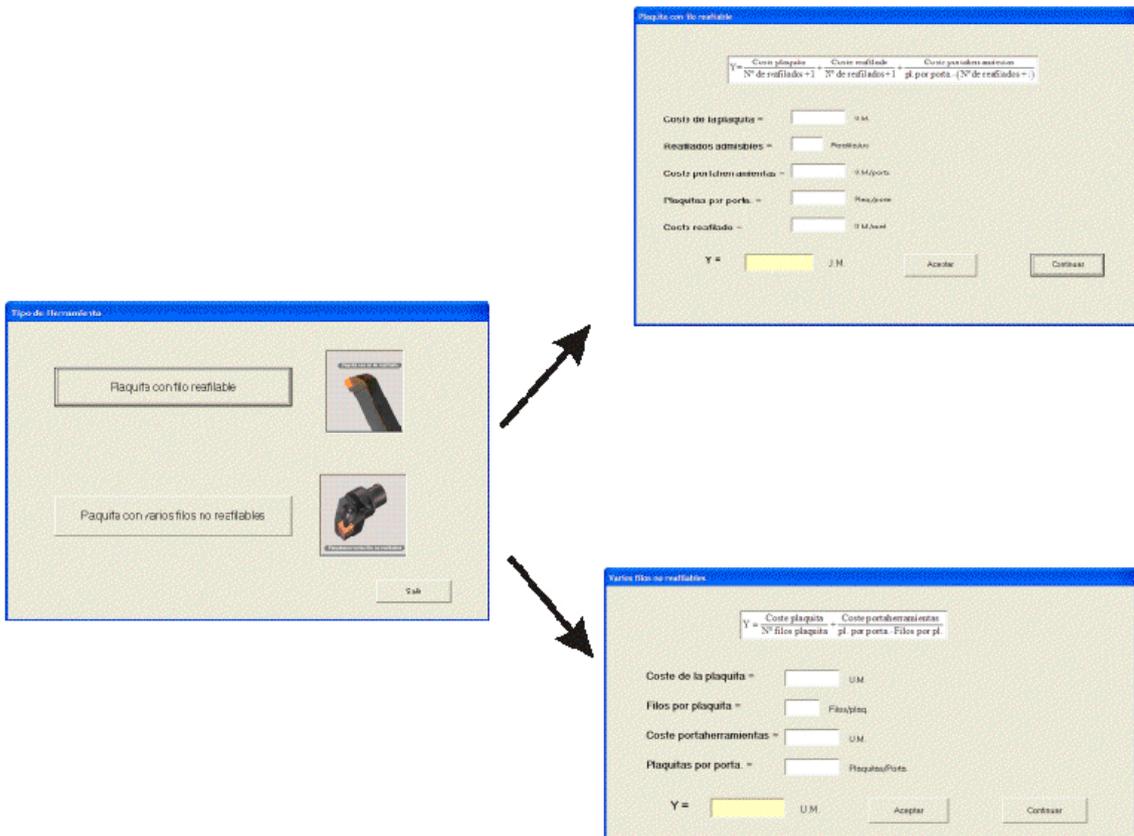


Figura 3 Coste de herramienta

2.3 Relación, V, T.

A este segundo paso se puede acceder ya sea desde el menú principal o bien desde el primer paso de parámetros económicos. En esta etapa debemos elegir una teoría que relaciona la vida de la herramienta (T) y la velocidad de corte (V).

La aplicación presenta diversas teorías de cálculo, cada teoría tiene en cuenta distintos parámetros. Partiendo de la teoría general de Taylor que únicamente tiene en cuenta la relación de la duración de la herramienta, el tiempo de mecanizado y el grado de acabado superficial. Después pasamos a teorías más complejas que añaden otros factores como el desgaste de la cara de incidencia, el espesor de viruta o la amplitud de corte. En la Figura 4 se muestra la pantalla de selección, así como las pantallas para llenar para cada una de las teorías.

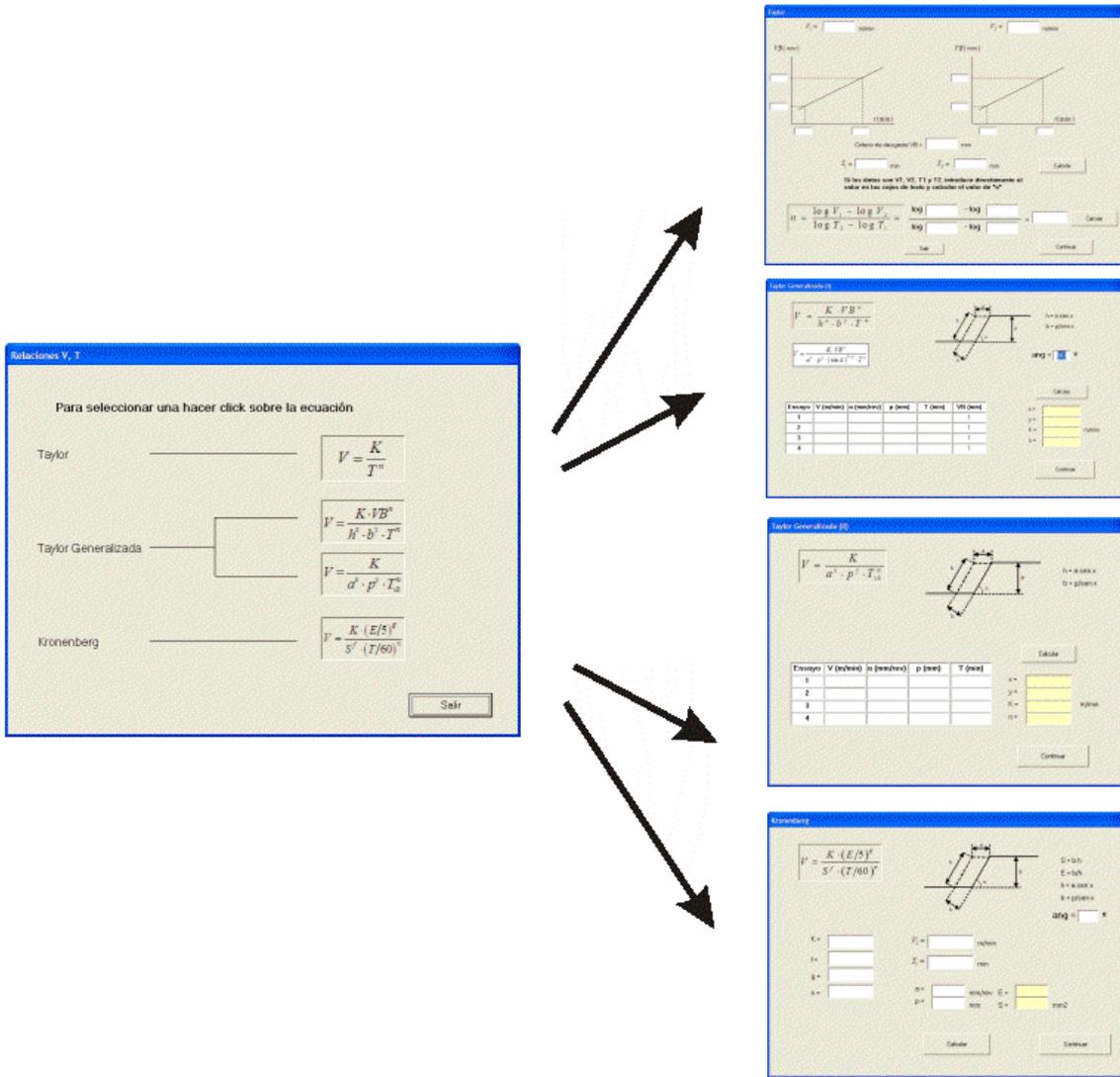


Figura 4 Teorías de corte

2.4 Criterio de cálculo.

Una vez se ha elegido la teoría de cálculo, el sistema nos presenta una pantalla para elegir el criterio de cálculo. La aplicación nos permite elegir entre los dos criterios de producción más habituales es decir, selección de condiciones de corte para máxima producción y para máxima economía.

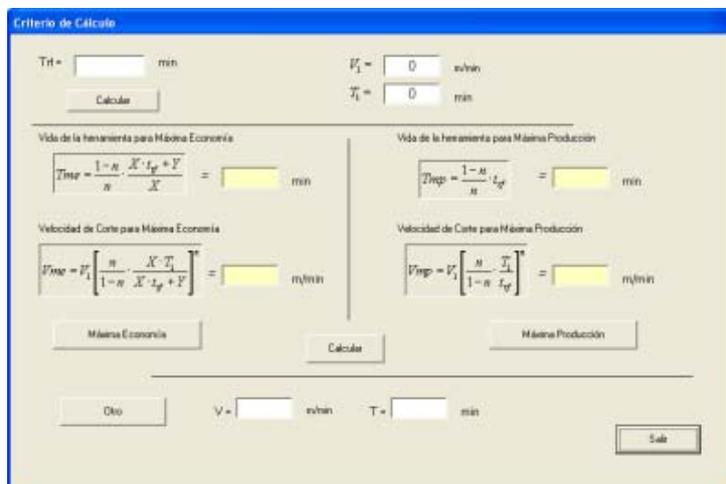


Figura 5 Criterio de cálculo

2.5 Operación de corte

El tipo de proceso de mecanizado que se realiza influye en el cálculo del coste, por ejemplo hay que diferenciar entre torneado y fresado. Además dentro de cada proceso podemos diferenciar distintas operaciones como el refrentado y cilindrado en el torneado y en el fresado el tangencial y el frontal.

The figure shows four software interfaces for calculating machining operations:

- Cilindrado:** Formula $t_c = \frac{L}{a \cdot n} = \frac{L \cdot \pi \cdot D}{a \cdot 1000 \cdot V}$. Inputs: L (mm), D (mm), a (mm/rev), t_c (min).
- Refrentado:** Formula $t_c = \frac{r_2 - r_1}{a \cdot n_s}$, $n_s = \frac{10^3 \cdot V}{z \cdot \pi \cdot r_2} \left[\frac{1 + n}{n} \frac{1 - e_r}{1 - e_r^n} \right]^m$, $e_r = \frac{r_1}{r_2}$. Inputs: r_1 (mm), r_2 (mm), a (mm/rev), t_c (min).
- Fresado Frontal:** Formula $t_c = \frac{L + D/2}{v_c}$, $v_c = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2}$, $v_c = a_s \cdot z \cdot n = a_s \cdot z \cdot \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$. Inputs: L (mm), D (mm), b (mm), a_s (mm/diente), z (dientes), t_c (min).
- Fresado Tangencial:** Formula $t_c = \frac{L + l}{v_c}$, $v_c = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D - p}{2}\right)^2}$, $v_c = a_s \cdot z \cdot n = a_s \cdot z \cdot \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$. Inputs: L (mm), D (mm), p (mm), a_s (mm/diente), z (dientes), t_c (min).

Figura 6 Operaciones de mecanizado

2.6 Resultados

Una vez hemos todos los datos y hemos calculado en los apartados anteriores podemos obtener los resultados finales del cálculo.

Estos resultados tienen en cuenta todos los cálculos y restricciones que se hayan hecho anteriormente, es decir, si se ha seleccionado una u otra operación, que criterio de cálculo se ha elegido.

Para poder conseguir los resultados hace falta introducir dos datos más como son el tiempo no productivo, el tiempo que la máquina no está trabajando bien porque el operario no está en su puesto de trabajo o por que se está realizando operaciones de mantenimiento, ajuste o colocación de las piezas en máquina.

También necesita el número de piezas por lote, para realizar los cálculos económicos.

Resultados

Piezas por lote: $N =$ piezas/lote

Tiempo no prod. $t_{np} =$ min.

Piezas por filo: $n_p = \frac{T}{t_c} =$ piezas/filo

Filos por lote: $N_{ak} = \frac{N}{n_p} =$ filos/lote

$t_p = t_{np} + t_c + \frac{N_{ak} \cdot t_f}{N}$ min/pieza

$C_p = X \cdot t_{np} + X \cdot t_c + \frac{N_{ak}}{N} \cdot (X \cdot t_f + Y)$ U.M./pieza

$t_N = N \cdot t_{np} + N \cdot t_c + N_{ak} \cdot t_f$ min/lote Horas/lote

$C_N = X \cdot (N \cdot t_{np} + N \cdot t_c + N_{ak} \cdot t_f) + N_{ak} \cdot Y$ U.M./lote

Figura 7 Resultados

3.- CONCLUSIONES.

En este trabajo se presenta un software educativo creado para el cálculo de costes de mecanizado. El programa desarrollado es capaz de resolver los problemas de los procesos de mecanizado más habituales como son el torneado y el fresado, así como de sus principales operaciones. Por otra parte, en cuanto al contenido teórico, el programa satisface todas las necesidades fundamentales para el aprendizaje, desde matemáticas para la obtención de expresiones que resuelvan problemas a los que se enfrenta el alumno, hasta un conjunto de galerías de imágenes, que ayudan a entender los cálculos realizados.

Se puede concluir que el software desarrollado se ha convertido en una valiosa herramienta de ayuda en el aprendizaje de la economía de corte por parte de alumnos de Ingeniería Industrial e Ingeniería Técnica Mecánica, ya que permite abordar su estudio tanto desde el punto de vista teórico como práctico, a la vez que ofrece valiosas herramientas multimedia que faciliten la comprensión de su funcionamiento de forma global.

4.- REFERENCIAS.

- 1.- Groover M., Fundamentals of modern manufacturing : materials, processes and systems. , John Wiley & Sons, New York (2002).
- 2.- Kalpakjian S., Manufacturing engineering and technology, Prentice-Hall, New York (2001).
- 3.- Coca P., Rosique J., Tecnología mecánica y metrotécnica, Pirámide, Madrid (1999).
- 4.- Gutiérrez, J.D. Microsoft Visual Basic 6. Anaya Multimedia. Madrid, 2002