



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD METALURGIA-ELECTROMECAÁNICA

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: Software para el cálculo de los parámetros de trabajo en Máquinas Herramienta Tornos convencionales.

Autor: Erlis Gonzáles Navarro.

Tutor(es): Msc. Tomás Fernández Culumbié

Ing. Roilber Lambert Sánchez.

Ing. Dayanis Alcántara Borges

Msc. Isnel Rodrigues González

Msc. Rafael Castillo Díaz

Moa- 2009

“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución.”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD:

Yo: Erlis Gonzalez Navarro

Autor de este Trabajo de Diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Msc. Tomás Fernández Culumbié.

Ing. Roilber Lambert Sánchez.

Ing. Dayanis Alcántara Borges

Msc. Isnel Rodrigues González

Msc. Rafael Castillo Díaz



Agradecimientos:

A Dios, por crear mi linda familia y permitirme ser parte de ella y por guiarme siempre por el buen camino

A mi Madre, que ha puesto todo su amor y dedicación para ayudarme y apoyarme a alcanzar metas difíciles en la vida. Gracias por aconsejarme cada día y guardar para mi el mejor de los caminos a seguir y demostrarme que solo una madre apoyará cuando nadie lo haga, te amo con el alma gracias a toda mi familia que de una forma otra lucharon tanto por mi amo mucho, sin ustedes nada tendría sentido para mi. Los amo, los quiero y los respeto cada día más, donde quiera que se encuentren, no siempre los llevare en mi corazón, los quiero a todos.

A mi abuelita Inocencia Nápoles, que aunque ya no este, siempre la recuerdo con amor, a esa gran mujer que junto a mi madre me enseñó a dar los primeros pasos en la vida, estés donde estés, nunca te olvidare.

A mi querida Vilma Lafita Ortiz, porque ya esta en mi corazón como el sol en el día, nunca imaginé que Dios pusiese en mi camino a alguien que con solo mirarle a los ojos despertase en mi tanto amor, delicadeza, cariño, y el deseo de siempre estar a su lado para darle lo mejor de mi, alguien que me ha mostrado que existo dentro su corazón.

A mi hermano Yunion Ortiz, somos los Yetis, te quiero hermano.

A mis tutores, M.Sc. Tomás Fernández Columbié, Ing. Roilber Lambert Sánchez., Ing. Dayanis Alcántara Borges M.Sc. Isnel Rodríguez González y M.Sc. Rafael Castillo Díaz, los cuales han depositado su plena

confianza en mí para la realización de este trabajo, Siempre les estaré agradecido.

A todos mis profesores del Departamento de Ingeniería Mecánica, que me educaron y me enseñaron con mucha dedicación durante mi transcurso por la universidad lo cual ha sido una gran herramienta para formarme como profesional.

A mis amigos, compañeros de aula, que de una forma u otra encontré en ellos mucho apoyo, a la Revolución Cubana, que nos ha dado la oportunidad de formarnos como profesionales que ayudarán que este proceso revolucionario no se detenga.

A todos Muchas gracias.

Dedicatoria:

Dedico este trabajo a mis padres, a mi familia, a todas esas personas que tuvieron fe desde el principio, en que triunfo sería alcanzado.

A mi madre que es la mujer que más quiero en esta vida, nunca olvides que todo lo que soy te lo debo a ti.

A mis tutores, personas que supieron confiar en mi y ayudarme con mucha dedicación y entrega en el largo camino hacia el éxito.

A mi querido bebe que esta por nacer el cual será otra mi razón por vivir al cual le daré el más puro y sincero amor que existe en el mundo.

A todas aquellas personas que siempre han estado pendientes de mí y han contribuido a mi educación como persona, a mis profesores por enseñarme cada día con cariño y dedicación.



Resumen

En el presente trabajo de diploma se desarrolló un software para la determinación de los parámetros de trabajo en máquinas herramienta Tornos convencionales a partir de del algoritmo de cálculo desarrollado. Para ello se utilizó el Software Delphi 7, el cual es una potente herramienta, este permite obtener estos parámetros de trabajo con mayor exactitud y rapidez que utilizando calculadora. El programa se incluye tornos tales como: Torno 16K20, Torno 165 y Torno 1M63 atendiendo a las diferentes características de trabajo de los mismos.

En el trabajo se muestran información acerca del surgimiento y desarrollo de las máquinas herramienta convencionales, generalidades de la programación, algoritmo de cálculo utilizado para ejecutar el programa y como usar el mismo. Además se exponen el análisis de los resultados, valoración económica relacionada con el consumo de tiempo y energía eléctrica para efectuar los cálculos con y sin el programa, y los efectos negativos que pueden tener estas máquinas herramienta sobre el medio ambiente.

Summary

Presently work was developed software for the determination of the working parameters in machines tool conventional Lathes starting from of the algorithm of developed calculation. For it was used it the Software Delphi 7, which is a potent tool, this he allows to obtain these working parameters with bigger accuracy and speed that using calculator. The program is included such lathes as: Lathe 16K20, Lathe 165 and Lathe 1M63 assisting to the different ones characteristic working of the same ones.

In the work they are shown information about the emergence and development of the conventional machines tool, generalities of the programming, algorithm of utilized calculation to execute the program and as using the same one. The analysis of the results, economic valuation related with the consumption of time and electric power are also exposed to make the calculations with and without the program, and the negative goods that you/they can have these machines tool on the environment

Contenido	Págs.
Introducción	1
Capítulo I Marco teórico- metodológico de la investigación	4
1.1 Introducción	4
1.2 Estado del arte	4
1.3 Generalidades de la programación	8
1.3.1 Programación de alto nivel y de bajo nivel	11
1.3.2 Elegir el lenguaje adecuado y aprender a usarlo	13
1.3.3 Los algoritmos.	14
1.4 Programación en Maquinas Herramienta	15
1.5 Los Software	16
1.5.1 Sistema operativo	16
1.5.2 Software de Aplicación	17
1.5.3 Calcificación del Software	17
1.6 Conclusiones del Capítulo I	18
Capítulo II Materiales y Métodos	19
2.1 Introducción	19
2.3 Algoritmo de cálculo del programa.	26
2.10 Conclusiones del Capítulo II	36
Capítulo III Análisis de los Resultados	37
3.1 Introducción	37
3.2 Software empleado para realizar el programa.	37
3.3 Como utilizar el programa de cálculo.	38
3.4 Valoración económica	43
3.5 Impacto ambiental	45
3.7 Conclusiones del Capítulo III	47
Conclusiones	48
Recomendaciones	49
Bibliografía.	50
Anexos.	



Introducción.

En el mundo actual en se vivie, el desarrollo de todo tipo de industria es de vital importancia para el crecimiento económico de cada país. Para ello, se llevan a cabo una serie de inversiones y continuas investigaciones. El desarrollo de las máquinas herramienta, como una de las ramas principales de la industria, que produce en sus empresas fundamentalmente piezas dentro su proceso de producción, es la base material del progreso técnico. El nivel de desarrollo, el volumen, los ritmos, la estructura de fabricación influyen de modo considerables en los índices de la producción social.

Es notable la presencia de las maquinas herramienta convencionales en las industrias del mundo actual las cuales se han ido modernizando al pasar de los años debido las necesidades de realizar producciones con mayor calidad y precisión en un menor tiempo de trabajo hasta llegar a las maquinas herramienta por CNC . En cuba su evolución comienza a partir del triunfo revolucionario en 1959 cuando se promovió la creación de las diferentes industrias a lo largo de todo el país con el propósito de lograr un desarrollo industrial y económico del mismo.

Con este trabajo se pretende computarizar el calculo de los principales parámetros de trabajo para Maquinas herramienta Tornos convencionales y las diferentes operaciones de maquinado, relacionados con el material a elaborar, diámetro y longitud de la pieza elaborar, actividades que llevan a cabo los estudiantes de tercer año de la especialidad de mecánica del ISMM, para esto se tuvieron en cuenta los tornos 16k20, 165 y 1M63 debido a las diferentes características de trabajo que presentan los mismos. El empleo de estas maquinas le permiten al operario obtener diferentes productos finales a partir de los diferentes procesos de maquinado empleado en dependencia de la complejidad. Este trabajo permitirá promover y favorecer la integración de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el conocimiento de los trabajadores y estudiantes de la especialidad de mecánica, así como la posibilidad de introducirse en los mecanismos de aprendizaje de la asignatura maquinas herramientas a través del uso practico de la metodología de cálculo para determinar los parámetros de trabajo para Maquinas herramienta Tornos convencionales, de manera automatizada.



El Instituto Superior Minero Metalúrgico, es la principal entidad académica del país en la rama Geólogo, Minera y Metalúrgica, se encuentra en el municipio de Moa; único en Latinoamérica fue fundado el 1 de noviembre de 1976. Su origen se enmarca en la Escuela de Minas y Geología de la Universidad de Oriente, y fue creado en el municipio debido al desarrollo industrial de la provincia Holguín, rica en recursos minerales. El centro se ha erigido como un importante exponente en el desarrollo de la Industria Cubana del Níquel.

La **Situación Problemática** lo constituye:

Las metodologías para determinar los parámetros de trabajo para las operaciones de maquinado son muy extensas y engorrosas, en la mayoría de los casos determinados por coeficientes empíricos por lo requieren de gran precisión y experiencia para su correcta selección. En los talleres de maquinado se realizan producciones variadas por lo que es necesario realizar estos cálculos en más de una ocasión.

Estos cálculos se realizan a mano con un mayor empleo de tiempo y por consiguiente un incremento de los costos de producción, por lo que se hace necesario elaborar un software para la automatización del cálculo, de esta forma se gana en tiempo y se humaniza más el trabajo. Existen software de cálculo para determinar los parámetros de trabajo para máquinas herramienta CNC pero, para máquinas herramienta convencionales carecemos de los mismos, además estos son caros.

El **Problema Científico** a investigar lo constituye:

Inexistencia de un software de cálculo en el ISMM que permita determinar de manera sencilla los parámetros de trabajo de las Máquinas de herramienta Tornos convencionales.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**:

Con la elaboración de un Software de cálculo se podrá obtener de manera rápida y sencilla los parámetros de trabajo para Máquinas herramientas Tornos convencionales que le permitan al profesional solucionar problemas relacionados con esta temática.



A partir de lo planteado, se definen como **Objetivos del trabajo:**

- Desarrollar la metodología para el cálculo de los parámetros de trabajo en máquinas herramienta convencionales con ayuda de una computadora digital.
- Elaborar un software para la automatización del cálculo de los parámetros de trabajo en máquinas herramienta Tornos convencionales.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos propuestos, se plantean las siguientes **tareas de trabajo:**

1. Búsqueda de información bibliográfica.
2. Elaboración del algoritmo de trabajo.
3. Desarrollar el software siguiendo el algoritmo elaborado.
4. Valoración de resultados.
5. Valoración económica.



Capítulo I. Marco Teórico

1.1 Introducción

El surgimiento del trabajo, fue el principal paso impulsor en la evolución de la especie humana. Con cada invento o innovación se buscaba humanizar aun más cada trabajo que se llevaba a cabo. Con ello, surgieron las maquinas herramientas convencionales las cuales son muy utilizadas industria mecánica, estas maquinas han ido evolucionando según las necesidades del hombre al pasar de los años con el fin de explotar al máximo sus capacidades de trabajo.

Existen una gran variedad de maquinas herramientas convencionales destinadas a realizar diversas operaciones de maquinado tales como: torneado, cilindrado, refrentado, fresado, taladrado y retaladrado. Dentro de las maquinas herramienta convencionales se encuentran son los tornos, tornos CNC (Computer Number Control), fresadoras, cortadoras, taladradoras, entra otras.

Este capitulo tiene como **Objetivo** realizar un análisis bibliográfico que permita dar una información detallada acerca del surgimiento de las maquinas herramientas y su evolución dentro del proceso industrial.

1.2 Estado del Arte

Desde la prehistoria, la evolución tecnológica de las máquinas herramienta se ha basado en el binomio herramienta - máquina. Durante los siglos, la herramienta fue la prolongación de la mano del hombre hasta la aparición de las primeras máquinas rudimentarias que ayudaron en su utilización. Aunque en la antigüedad no existieron máquinas-herramienta propiamente dichas; sin embargo, aparecieron dos esbozos de máquinas para realizar operaciones de torneado y taladrado.

En ambos casos, utilizando una de las manos, era necesario crear un movimiento de rotación de la pieza en el torneado y de la herramienta en el taladrado. Debido a esta necesidad nació el llamado "*arco de violín*", instrumento de accionamiento giratorio alternativo compuesto de un arco y una cuerda, utilizado desde hace miles de años hasta la actualidad en que todavía se utiliza de forma residual en algunos países. Hacia 1250 nació el torno de pedal y *pértiga flexible* accionado con el pie, representando un



gran avance sobre al accionado con arco de violín puesto que permitía tener las manos libres para el manejo de la herramienta de torneado. Hasta finales del siglo XV no se producen nuevos avances. Leonardo da Vinci, en su "*Códice a Atlántico*", realizó un boceto de varios tornos que no pudieron construirse por falta de medios, pero que sirvieron de orientación para próximos desarrollos. Se trataba de un torno de roscar de giro alternativo, otro de giro continuo a pedal y un tercero para roscado con husillo patrón y ruedas intercambiables. Para principios del siglo XVI Leonardo da Vinci había diseñado las tres principales máquinas para el acuñado de monedas: la laminadora, la recortadora y la prensa de balancín. Según parece, estos diseños sirvieron a Cellini para construir una rudimentaria prensa de balancín en 1530, pero la puesta en práctica generalizada se atribuye a Nicolás Briot en 1626.

El francés Blaise Pascal, niño prodigio en matemáticas, enuncia el principio que lleva su nombre en el "*Tratado del equilibrio de los líquidos*" en 1650. Descubrió el principio de la prensa hidráulica, pero a nadie se le había ocurrido su aplicación para usos industriales hasta que Bramach patenta en Londres su invención de una prensa hidráulica en 1770. Pero parece que fueron los franceses hermanos Perier, entre 1796 a 1812, quienes desarrollaron prensas hidráulicas para el acuñado de moneda.

El inglés Henry Maudslay, uno de los principales fabricantes de máquinas-herramienta, fue el primero que admitió la necesidad de dotar de mayor precisión a todas las máquinas diseñadas para construir otras máquinas. En 1897 construyó un torno para cilindrar que marcó una nueva era en la en la fabricación de máquinas-herramienta. Introdujo tres mejoras que permitieron aumentar notablemente su precisión: la construcción de la estructura totalmente metálica, la inclusión de guías planas de gran precisión para el deslizamiento del carro porta-herramientas y la incorporación de husillos roscados-tuerca de precisión para el accionamiento de los avances. Elementos mecánicos que siguen siendo esenciales en la actualidad.

La influencia de Maudslay en la construcción de máquinas-herramienta británicas perduró durante gran parte del siglo XIX a través de sus discípulos. Los tres más importantes fabricantes de la siguiente generación: Richard Roberts y Joseph Whitworth habían trabajado a sus órdenes y James Nasmyth fue su ayudante personal. Durante



todo el siglo XIX se construyeron una gran variedad de tipos de máquinas-herramienta para dar respuesta, en cantidad y calidad, al mecanizado de todas las piezas metálicas de los nuevos productos que se iban desarrollando. Algunos años después, en 1850, Whitworth fabricó el primer taladro de columna accionado por transmisión a correa y giro del eje porta brocas, a través de un juego de engranajes cónicos. En 1860 se produce un acontecimiento muy importante para el taladrado, al inventar el suizo Martignon la broca helicoidal. El uso de estas brocas se generalizó rápidamente, puesto que representaba un gran avance en producción y duración de la herramienta con relación a las brocas punta de lanza utilizada hasta la citada fecha.

En 1943 se estaba desarrollando un nuevo procedimiento de trabajo revolucionario. El matrimonio de científicos rusos Lazarenko, anuncia su descubrimiento y pone en marcha los primeros dispositivos que permitieron posteriormente el mecanizado por electroerosión. Hacia 1950 aparecieron las primeras máquinas, en las que básicamente se utilizaban elementos de otras convencionales a las que se incorporaba un generador, un tanque para el dieléctrico, electrodo con la forma del molde a mecanizar. En 1955 aparecen en Estados Unidos las primeras máquinas de electroerosión concebidas como tales para realizar mecanizados por penetración; revolucionando el difícil y costoso sistema de fabricación de moldes y estampas. Muchos años más tarde, apoyándose en el control numérico, se desarrolla la electroerosión por hilo, que permite el corte de perfiles complicados y precisos mediante un electrodo constituido por un alambre muy delgado y una trayectoria de pieza controlada por control numérico.

En 1952 funcionaba un control experimental, aplicado a una fresadora Cincinnati. La programación utilizaba un código binario sobre cinta perforada, y la máquina ejecutaba movimientos simultáneos coordinados sobre tres ejes. En 1955 se presentan unas pocas máquinas en la Feria de Chicago, gobernadas por tarjetas y cintas perforadas

Fue a partir de los años setenta, con el desarrollo de la microelectrónica, cuando el CN pasa a ser control numérico por computadora (CNC) por la integración de una computadora en el sistema. Pero definitivamente fue durante los años ochenta cuando se produce la aplicación generalizada del CNC, debido al desarrollo de la electrónica y la informática, provocando una revolución dentro de la cual todavía estamos inmersos.



Además de su incorporación a las fresadoras, la aplicación del control numérico se extendió a mandrinadoras, tornos y taladros. Pero rápidamente se comprobó que existía un potencial de automatización superior al que podía obtenerse sobre máquinas clásicas y surgió un nuevo concepto de máquina: el llamado *centro de mecanizado*. Nace así una máquina-herramienta capaz de fresar, taladrar, roscar, mandrinar, que incluye un almacén de herramientas y un sistema de cambio automático de las mismas, de forma que el control numérico ordena las posiciones y trayectorias de las piezas y herramientas, velocidades de avance, giro de herramientas y selección de las mismas.

El avance tecnológico del CN ha constituido el aspecto dominante, afectando a todas las máquinas-herramienta, incluso a las universales. En cierto aspecto, las máquinas se han convertido en más simples, porque ciertas funciones han sido transferidas del sistema mecánico al electrónico. Se ha logrado el control simultáneo de varios ejes, como es el caso de los centros de mecanizado, de los tornos, lo cual no era posible hasta la aplicación del CNC.

De la denominación de máquina-herramienta se ha pasado al término de *máquina-herramienta avanzada*, que se refiere a la máquina con mando numérico, concibiéndose buen número de ellas según criterios modulares que permiten la intercambiabilidad y la complementariedad, pudiéndose integrar en células o sistemas de fabricación flexible posibilitando una automatización a la vez integrada y flexible

Desde hace varios años hay que destacar la creciente demanda para equipar las máquinas avanzadas con sistemas de carga y descarga automática con manipuladores, robots articulados, pórticos, convirtiendo la máquina individual en una pequeña célula flexible. Esto se debe a la exigencia de la industria transformadora, principalmente de la automoción, que ha puesto en práctica procesos de fabricación discontinua, noción que cubre la fabricación en series pequeñas y grandes.

Para ello ha sido necesario integrar tecnologías basadas en la mecánica y la electrónica - *mecatrónica* - lo que ha supuesto entrar en una nueva cultura industrial condicionada por un enfoque global y pluridisciplinario de los problemas de producción.

El alto grado de automatización no ha corregido suficientemente el grado de utilización; poniéndose de manifiesto deficiencias existentes en cuanto a disponibilidad de



máquinas y sistemas, y por lo tanto una insuficiente productividad con relación a su elevado coste. En la mayoría de los casos, cuando se inicia el proceso de mecanizado de piezas en una máquina solamente el 40% del tiempo total disponible están siendo mecanizadas, y el 60% restante se consume en cambio de utillaje, carga y descarga de pieza, posicionado, averías, rotura y afilado de herramientas. Según (Fernández, 2004).

1.3 Generalidades sobre la Programación.

El mundo de la programación es muy amplio hoy en día y utilizado en muchas áreas de la ciencia y la tecnología. La ciencia informática es la ciencia del soporte lógico o *software*, y el *software* es la cosa más extraña del mundo. Aún no lo entendemos muy bien, como tampoco tenemos claros los límites y métodos de esta ciencia. La lectura atenta es importante en la ciencia informática porque los autores de algunos de los trabajos más trascendentales seguían dándoles vueltas en la cabeza a muchas cuestiones fundamentales del tema cuando los escribieron. En una lectura superficial. los textos dicen una cosa; entre líneas, abordan cuestiones básicas que aún están por resolver. Entre las más básicas de dichas cuestiones está la relación entre el *software* y las matemáticas, Desde la invención, en 1957, del primer lenguaje de programación de amplio uso, muchos científicos informáticos han sospechado que el software se parece mucho a las matemáticas, o incluso que es matemática. Algunos especialistas creen que escribir un programa y elaborar una demostración matemática son actividades equivalentes e intercambiables.

El Algol 60 es el lenguaje de programación más importante que jamás se ha inventado, y podría decirse que el informe revisado sobre el Algol 60, publicado en 1963, es, por varias razones, el texto más importante de la ciencia informática. El propio Algol 60 tiene una importancia decisiva por sí mismo, pero, además, el informe está considerado por muchos expertos como una obra maestra de escritura lúcida. Utiliza inglés llano y simple para explicar lo que significa el Algol 60 y qué es lo que hace. Quien quiera explicar un lenguaje de programación en inglés, y no mediante ecuaciones matemáticas, lo va a tener difícil para hacerlo mejor que este informe. Y precisamente por esto, la escuela «matemática» insiste en que el informe sobre el Algol 60 es *ambiguo e incompleto en algunos aspectos*. «Ahí lo tienen», dicen. En este texto



clásico, el idioma inglés echó el resto y se quedó corto. El camino matemático es el buen camino. *Quod erat demonstrandum*. Casi todos los lenguajes están definidos en inglés. Aunque estas descripciones son, con frecuencia, obras maestras de aparente claridad, resultan muchas veces inconsistentes e incompletas». Según (P. Nauer, ed, 1963)

Cuanto más lo pensamos, más claro vemos que este análisis de los «puntos problemáticos» es un testimonio de la soberbia claridad, no de la insuficiencia, del informe sobre el Algol 60 y sus definiciones en idioma inglés. El informe presentaba un instrumento complejo, sin precedentes y totalmente original. Ya es admirable que lo consiguiera con tan pocos fallos como demuestra el artículo sobre los «puntos problemáticos» Según (D. E. Knuth, 1967)

En 1971, Niklaus Wirth publicó la primera descripción de su lenguaje Pascal, que en unos pocos años se iba a convertir en uno de los, factores dominantes del panorama informático. En la actualidad, el Pascal ya no se utiliza tanto como en otros tiempos para la creación de software, pero sigue siendo uno de los lenguajes más enseñados y un hito histórico de primera clase. Y Wirth es un auténtico héroe en nuestro campo.

En 1975, Wirth publicó una valoración del notable éxito del Proyecto Pascal (4). Para los lectores atentos, el artículo resulta intrigante, no tanto por lo que dice acerca de la ciencia y la ingeniería como por lo que dice (entre líneas) sobre el modo de trabajar en la ciencia y la ingeniería. Visto superficialmente, el artículo es una sobria valoración del proyecto, pero entre líneas descubrimos las actas de un extraño y espectacular proceso, en el que Wirth se defiende de los que le acusan de una serie de delitos de nuevo cuño.

Los programas son estructuras complicadas en los casos extremos, probablemente las más complicadas que la humanidad conoce, y resulta muy difícil conseguir que funcionen a la perfección. Para convencer a la gente de que un programa funciona bien, es preciso someter el producto acabado a una serie de complicadas y laboriosas pruebas. A principios de los años 70, surgió una nueva escuela de pensamiento que sostenía que, puesto que los programas son matemáticos, debería ser posible demostrar matemáticamente que un programa funciona. No haría ninguna falta poner



en funcionamiento el programa; bastaría con examinarlo cuidadosamente y elaborar una prueba. La prueba no dejaría lugar a dudas: el programa saldría de la caja con garantía de perfección. A este enfoque se lo llamó «verificación de programas». Cuando Wirth diseñó el Pascal, la verificación de programas estaba aún calentando motores. Cuando volvió la mirada varios años más tarde, era ya una tendencia arrolladora. En su mayor parte, las quejas retrospectivas de Wirth acerca de su obra no se refieren a experiencias reales de los usuarios del Pascal, sino que parecen dirigirse principalmente a la verificación de programas. Según (Gelernter, 2002)

Un ordenador sin programas no es capaz de hacer casi nada; es el programa el que da vida al ordenador y lo deja preparado para realizar una tarea específica, como puede ser el cálculo de una nómina o llevar la contabilidad de una empresa. En ocasiones los ordenadores se compran y quedan arrinconados por falta de programas que los hagan realmente útiles. Por desgracia, para lograr un programa de cierta calidad es necesario conocer a fondo un lenguaje de programación de alto nivel y tener una idea muy clara tanto de lo que se quiere realizar como de la forma de llevarlo a cabo.

Un lenguaje de programación es como un intermediario entre el mundo de las personas y el mundo binario del ordenador. Permite indicar al ordenador lo que se desea que haga, pero eso sí, siempre que se sigan de forma estricta las normas impuestas por el lenguaje de programación y que la solución que se ha pensado para resolver el problema sea válida. Puede parecer en principio que la necesidad de un lenguaje para indicar al ordenador lo que se quiere que haga es un engorro pero en realidad esto supone una ventaja ya que el lenguaje implica un cierto grado de normalización.

De esta forma no es necesario readaptarse demasiado al ordenador cuando se cambia de máquina. Una solución al problema de la programación y a la necesidad de programar se encuentra en convertirse en usuario final, es decir, ver la oferta del mercado y adquirir el programa que más se adapte a las necesidades de cada uno o incluso encargar un programa hecho a medida. Dada la gran oferta del mercado, es muy probable que la mayoría de los usuarios opten por esta elección teniendo en



cuenta además que, en muchos casos, la calidad de la oferta supera con creces las posibilidades de programación de la mayoría de los usuarios.

Hay que tener en cuenta que en muchos casos las aplicaciones que se ofrecen son fruto del trabajo de un equipo formado por muchas personas, las cuales han dedicado mucho tiempo a la realización de la parte del programa que les correspondía. A este factor de tiempo se le denomina horas/ hombre. Este factor indica en muchos casos que si se dedicase a la realización del trabajo un solo hombre, probablemente tardaría miles de horas en acabarlo, aparte del hecho de no tener en cuenta los conocimientos individuales de cada uno de los programadores que suelen estar especializados en algún área específica de la programación.

Con esto se quiere decir que no se debe ser ambicioso a la hora de realizar programas por uno mismo (sobre todo si se es novato) y realizar pequeños programas que además de suponer un buen entretenimiento, permitan conocer un poco más la forma en la que se programa y en la que funciona el ordenador. En algunas ocasiones la impaciencia y el desconocimiento se han convertido en desesperación y el usuario ha acabado arrinconando el ordenador. Hay que ser consciente de las limitaciones de cada uno y no pensar nunca en que el problema queda resuelto comprando el mejor ordenador, ya que si queremos darle un uso serio será necesario disponer de un programa de cierta calidad y que funcione sin problemas.

1.3.1 Programación de alto nivel y de bajo nivel

Lenguaje de programación, en informática, cualquier lenguaje artificial que puede utilizarse para definir una secuencia de instrucciones para su procesamiento por un ordenador o computadora. Es complicado definir qué es y qué no es un lenguaje de programación. Se asume generalmente que la traducción de las instrucciones a un código que comprende la computadora debe ser completamente sistemática. Normalmente es la computadora la que realiza la traducción.

Dependiendo de lo cercano que se encuentre al operador humano el lenguaje utilizado para la programación, se puede establecer la clasificación de los lenguajes entre lenguajes de alto nivel (los más cercanos al hombre) y los de bajo nivel, que son los menos cercanos al hombre y a la vez los más cercanos al código máquina.



Los lenguajes de alto nivel suelen proporcionar muchas facilidades a la hora de programar y suelen necesitar de un menor conocimiento de las interioridades de la máquina para lograr realizar programas satisfactorios. Las instrucciones aparentemente simples de los lenguajes de alto nivel se convierten en complicados fragmentos con muchas instrucciones de código máquina cuando se compilan o se interpretan. Dependiendo de la calidad del compilador que se esté utilizando se logrará un código máquina más compacto y rápido de ejecutar para un determinado lenguaje de programación

Los lenguajes de bajo nivel como el ensamblador siguen siendo una herramienta de trabajo potente, pero requieren un conocimiento muy profundo del hardware y suelen ser útiles para la realización de pequeños fragmentos de código que requieren una rápida ejecución.

Cuanto más se desciende hacia los lenguajes de bajo nivel suele ser más difícil la programación y la depuración de los programas. Además, la resolución de problemas que aparentemente son triviales con los lenguajes de alto nivel, como el borrado de la pantalla o de un fichero, puede complicarse bastante con los lenguajes de bajo nivel puesto que hacerlo requiere un buen número de líneas de código. Cuanto menor nivel tenga el lenguaje utilizado, más problemas habrá que resolver para lograr un efecto determinado. En contrapartida, con los lenguajes de bajo nivel se suele lograr un código bastante compacto, rápido y eficaz. Las instrucciones de los lenguajes de bajo nivel, como el ensamblador, se identifican muy directamente con las instrucciones del código máquina.

Los lenguajes de bajo nivel permiten crear programas muy rápidos, pero que son a menudo difíciles de aprender. Más importante es el hecho de que los programas escritos en un bajo nivel son prácticamente específicos para cada procesador. Si se quiere ejecutar el programa en otra máquina con otra tecnología, será necesario reescribir el programa desde el principio. Los lenguajes de bajo nivel como el ensamblador siguen siendo una herramienta de trabajo potente, pero requieren un conocimiento muy profundo del hardware y suelen ser útiles para la realización de pequeños fragmentos de código que requieren una rápida ejecución. Cuanto más se



desciende hacia los lenguajes de bajo nivel suele ser más difícil la programación y la depuración de los programas.

1.3.2 Elegir el lenguaje adecuado y aprender a usarlo

Una vez realizado el análisis de un programa, se puede intuir de alguna manera lo que tendrá que ofrecer un lenguaje de programación para que se pueda realizar su programación sin problemas. La elección del lenguaje de programación depende de muchos factores. Dos de los primeros condicionantes y frecuentemente factores determinantes son la experiencia y el conocimiento del lenguaje por parte del programador.

Cuanto más versátil es el programa más complejo puede llegar a ser y por lo tanto más conocimientos exigirán al encargado de realizarlo. La elección adecuada del lenguaje a utilizar implica el conocimiento de las posibilidades de los distintos lenguajes existentes, pero este problema se puede obviar acostumbrándose a programar desde un principio con un lenguaje que tenga la flexibilidad suficiente para adaptarse a la mayoría de los problemas.

Aunque parezca imposible este tipo de lenguajes existen y concretamente se recomienda la utilización del PASCAL o del C como lenguajes de programación de alto nivel y de propósito general. Resulta muy aconsejable para los principiantes el PASCAL, ya que es un lenguaje muy orientado al aprendizaje y que no presenta demasiados problemas a la hora de realizar las aplicaciones más dispares. Es probable que después de elegir un lenguaje flexible y potente, el duelo entre el hombre y la máquina se haga más patente que nunca, ya que el ordenador será tan inteligente como la persona que lo programa y los resultados quedarán a la vista de todos.

En la programación, como en otros tantos aspectos de la vida, no todo está inventado. De todas formas y sin lugar a dudas la mejor manera de aprender a utilizar un lenguaje es practicar con él. Sobre todo consultar bibliografía sobre el tema y aprender de nuestros propios errores, con lo que avanzaremos en su estudio.



1.3.3 Los algoritmos.

Uno de los aspectos que hay que tener más claro antes de comenzar con un programa es conocer qué se pretende solucionar con él. A partir de este momento, conviene dividir el programa en fragmentos que realicen una función determinada y concreta. Un programa no es un todo homogéneo que sólo desempeña la función para la que ha sido creado. Al contrario para conseguir eso mismo necesita solucionar diversos problemas muy diferentes como, por ejemplo, mostrar información en pantalla, controlar la pulsación de una tecla o realizar un cálculo determinado. Incluso si uno de estos fragmentos se puede subdividir es recomendable hacerlo para que posteriormente sea más sencillo enfrentarse a él separándolo del resto.

Además esta atomización tiene la ventaja de que se pueden observar trozos con la misma función utilizados en diferentes puntos del programa, con lo que se puede anticipar un ahorro en la programación, evitando esas partes redundantes. Una vez que el programa está dividido es el momento de enfrentarse a cada una de sus partes y comenzar la codificación, ya sea en el propio ordenador o sobre un papel. Cada una de estas soluciones de los fragmentos recibe el nombre de algoritmo: por ejemplo, la parte que controla las teclas que se pulsán o la visualización de datos en la pantalla o la resolución de una compleja fórmula son algoritmos, aunque realmente este término se utiliza para referirse a los procesos más complejos que componen el programa.

Un programa que calcule la potencia de un número tecleado se puede dividir en tres fragmentos: la entrada del número, el cálculo y la visualización del resultado. De estas tres partes, sólo la del cálculo es la principal y a la vez la más compleja. y. por tanto cada vez que se hable del algoritmo del programa nos referiremos al cálculo de la potencia.

Anteriormente se ha mencionado que la creación de los diferentes algoritmos que componen el programa se puede solucionar con el ordenador o sobre el papel. Es decir, no importa el lenguaje de programación, incluso es habitual utilizar el lenguaje natural con el vocabulario propio del informático: multiplicar el número tecleado por sí mismo y asignarlo al resultado. Lo importante es encontrar la solución y una vez que se tiene



escrita, la conversión a cualquier lenguaje de programación es bastante más simple. Según:

<http://www.lenguajes-de-programacion.com/lenguajes-de-programacion.shtml>

1.4 Programación en Máquinas Herramienta

Las máquinas herramienta con control numérico son las que han tenido mayor difusión en el mundo actual y su utilización se ha extendido tanto a grandes usuarios como a medianas y pequeñas empresas metalmeccánicas. Su difusión en el período posterior a 1981 sugiere que no se trata de un fenómeno efímero. Dicha difusión se ve favorecida por la producción local de tornos con control numérico y por el hecho de que, a diferencia de los países industrializados, la sustitución de trabajo por capital no haya sido la razón principal que motivó a las empresas usuarias. La producción de máquinas herramientas con control numérico está adquiriendo mayor importancia y se está recurriendo al uso de licencias para modernizar los equipos producidos en el mundo desarrollado.

La difusión de CAD/CAM en la actualidad está concentrada en firmas consultoras de ingeniería y en algunas empresas metalmeccánicas de gran envergadura. Aun cuando su utilización ha sido provechosa en las empresas entrevistadas, el alto costo de los equipos limita su difusión a grandes usuarios y existe poca experiencia en cuanto a programación de máquinas herramientas con control numérico, el área de utilización con mayor potencial. Los robots han sido incorporados por firmas automotrices por razones ligadas al tipo de vehículo que se está introduciendo en muchos países a pesar de que no se prevén exportaciones y que el volumen de producción y el nivel de salarios no hacen rentable su utilización en estos países.

Existen numerosos Software vinculados a las máquinas herramienta como son: Software para taladradora, cortadora de metales por flujo de agua, torno CNC, Fresadora, para la verificación de las máquinas herramienta así como el cálculo de coste de vida útil de las máquinas herramienta entre otros. Según

http://www.delorenzo.com.mx/esp/prods/mecatronica/cnc/control_pc.htm



1.5 Los Software

Software, programas de computadoras. Son las instrucciones responsables de que el hardware (la máquina) realice su tarea. Como concepto general, el software puede dividirse en varias categorías basadas en el tipo de trabajo realizado. Las dos categorías primarias de software son los sistemas operativos (software del sistema), que controlan los trabajos del ordenador o computadora, y el software de aplicación, que dirige las distintas tareas para las que se utilizan las computadoras. Por lo tanto, el software del sistema procesa tareas tan esenciales, aunque a menudo invisibles, como el mantenimiento de los archivos del disco y la administración de la pantalla, mientras que el software de aplicación lleva a cabo tareas de tratamiento de textos, gestión de bases de datos y similares. Constituyen dos categorías separadas el software de red, que permite comunicarse a grupos de usuarios, y el software de lenguaje utilizado para escribir programas

1.5.1 Sistema operativo

Sistema operativo, software básico que controla una computadora. El sistema operativo tiene tres grandes funciones: coordina y manipula el hardware del ordenador o computadora, como la memoria, las impresoras, las unidades de disco, el teclado o el mouse; organiza los archivos en diversos dispositivos de almacenamiento, como discos flexibles, discos duros, discos compactos o cintas magnéticas, y gestiona los errores de hardware y la pérdida de datos. Los sistemas operativos controlan diferentes procesos de la computadora. Un proceso importante es la interpretación de los comandos que permiten al usuario comunicarse con el ordenador. Algunos intérpretes de instrucciones están basados en texto y exigen que las instrucciones sean tecleadas. Otros están basados en gráficos, y permiten al usuario comunicarse señalando y haciendo clic en un icono. Por lo general, los intérpretes basados en gráficos son más sencillos de utilizar.

Los sistemas operativos pueden ser de tarea única o multitarea. Los sistemas operativos de tarea única, más primitivos, sólo pueden manejar un proceso en cada momento. Por ejemplo, cuando la computadora está imprimiendo un documento, no



puede iniciar otro proceso ni responder a nuevas instrucciones hasta que se termine la impresión.

Todos los sistemas operativos modernos son multitarea y pueden ejecutar varios procesos simultáneamente. En la mayoría de los ordenadores sólo hay una UCP; un sistema operativo multitarea crea la ilusión de que varios procesos se ejecutan simultáneamente en la UCP. El mecanismo que se emplea más a menudo para lograr esta ilusión es la multitarea por segmentación de tiempos, en la que cada proceso se ejecuta individualmente durante un periodo de tiempo determinado. Si el proceso no finaliza en el tiempo asignado, se suspende y se ejecuta otro proceso. Este intercambio de procesos se denomina conmutación de contexto. El sistema operativo se encarga de controlar el estado de los procesos suspendidos. También cuenta con un mecanismo llamado planificador que determina el siguiente proceso que debe ejecutarse. El planificador ejecuta los procesos basándose en su prioridad para minimizar el retraso percibido por el usuario. Los procesos parecen efectuarse simultáneamente por la alta velocidad del cambio de contexto.

1.5.2 Software de Aplicación

Programa informático diseñado para facilitar al usuario la realización de un determinado tipo de trabajo. Posee ciertas características que le diferencia de un sistema operativo (que hace funcionar al ordenador), de una utilidad (que realiza tareas de mantenimiento o de uso general) y de un lenguaje (con el cual se crean los programas informáticos). Suele resultar una solución informática para la automatización de ciertas tareas complicadas como puede ser la contabilidad o la gestión de un almacén. Ciertas aplicaciones desarrolladas 'a medida' suelen ofrecer una gran potencia ya que están exclusivamente diseñadas para resolver un problema específico. Otros, llamados paquetes integrados de software, ofrecen menos potencia pero a cambio incluyen varias aplicaciones, como un programa procesador de textos, de hoja de cálculo y de base de datos

1.5.3 Calcificación del Software

Además de estas categorías basadas en tareas, varios tipos de software se describen basándose en su método de distribución. Entre estos se encuentran los así llamados



programas enlatados, el software desarrollado por compañías y vendido principalmente por distribuidores, el freeware y software de dominio público, que se ofrece sin costo alguno, el shareware, que es similar al freeware, pero suele conllevar una pequeña tasa a pagar por los usuarios que lo utilicen profesionalmente y, por último, el infame vapourware, que es software que no llega a presentarse o que aparece mucho después de lo prometido.

1.5 Conclusiones del Capítulo

- ❖ Durante el desarrollo del capítulo se hizo referencia de manera detallada al surgimiento y evolución de las máquinas herramienta.
- ❖ Se definieron generalidades de la programación, tipos de lenguajes de programación y como elegirlo para su uso así como esta allegado hasta las máquinas herramienta actuales



Capítulo II. Materiales y Métodos

2.1 Introducción

El desarrollo de las máquinas-herramienta, como una de las ramas principales de la industria, que produce en sus empresas las fundamentales piezas del proceso de producción, es la base material del progreso técnico. El nivel de desarrollo, el volumen, los ritmos, la estructura de fabricación influyen de modo considerable en los índices de la producción social.

Existe una gran diferencia entre mecánico de taller y el ingeniero mecánico, el primero es el encargado de la elaboración de piezas en las diferentes máquinas herramienta, el segundo es el encargado de la elaboración de los procesos tecnológicos que se han de elaborar posteriormente en estas máquinas. Los procesos ingenieriles son a veces más complicados, no obstante, se hace necesario enfatizar sobre ellos y aunque existen tablas y manuales con regímenes de corte recomendado, es obvio que el propio ingeniero mecánico sepa determinar el empleo adecuado de una máquina o de herramienta de trabajo determinada.

Este capítulo tiene como **Objetivo** el establecimiento de la metodología de cálculo para la determinación de los parámetros de trabajo para las máquinas herramientas convencionales, la cual será utilizada como base del programa.

2.2 Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo en máquinas herramienta tornos convencionales.

Se seleccionará la herramienta para la ejecución del trabajo. Teniendo en cuenta que para determinar los regímenes de cortes en ocasiones se nos ofrecen datos relacionados con la frecuencia de rotación del husillo (n) o con la velocidad de corte (V_c), pero en caso que no tengamos ninguno de estos parámetros debemos calcularlos, los cálculos se realizan con el empleo de las formulas empíricas de la "Teoría del corte de los metales", según la formula de (Ferrer, 1983).

2.2.1. Determinación de la velocidad del husillo.

$$V_h = \frac{C_v}{T^m \cdot S^{y_v} \cdot f^{x_v}} \cdot K_v$$

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{ev} \cdot K_{sv} \cdot K_{cv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi_1 v} \cdot K_{rv} \cdot K_{\gamma v} \cdot K_{hfv}$$



Donde:

Vh = Velocidad del husillo.

Cv = Factor cuya magnitud depende de el material a elaborar y de las condiciones fijas del proceso de corte. Anexo1 (Tabla 2.1).

T = Durabilidad de la herramienta en minutos.

t = Profundidad de corte.

S = Avance en mm/rev

m = Exponente de durabilidad relativa. Anexo1 (Tabla 2.1).

Xv y Yv – Exponente de grado que determinan como influye la t y S en la velocidad.

Kv: Coeficiente de corrección que rectifica las condiciones cambiadas del proceso. Representa el producto de unos cuantos coeficientes particulares.

Kmv: coeficiente de corrección para las propiedades del metal en elaboración .Anexo (Tabla 2.2)

Kev: coeficiente de corrección para el estado del material a elaborar .Anexo 1(Tabla 2.3)

Ksv: coeficiente de corrección para el estado superficial del metal a elaborar .Anexo1 (Tabla 2.4)

Kcv: coeficiente de corrección en dependencia del material de la herramienta. Anexo1 (Tabla 2.5)

K ϕ v: coeficiente de corrección para el ángulo principal de posición. Anexo1 (Tabla 2.6)

K ϕ_1 v: coeficiente de corrección para el ángulo secundario de posición. Anexo1 (Tabla 2.7)

Krv: coeficiente de corrección para el radio de la punta de la herramienta. Anexo1 (Tabla 2.8)

K γ v: coeficiente de corrección para el ángulo de ataque. Anexo1 (Tabla 2.9)

Khfv: coeficiente de corrección para el desgaste permisible en la superficie de incidencia. Anexo1 (Tabla 2.10)

2.2.1.1 Avance

Se entiende por avance al movimiento de la herramienta respecto a la pieza o de esta ultima respecto a la herramienta en un periodo de tiempo determinado. El avance se designa generalmente por la letra "S" y se mide en milímetros por una revolución del eje del cabezal o porta-herramienta, y en algunos casos en milímetros por minuto. Ver Anexo2 Tabla (2.19)

2.2.1.2 Profundidad de corte

Se denomina a la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta. Generalmente se designa con la letra "t" y se mide en milímetros en sentido perpendicular.

$$t = \frac{D - d}{2}; mm \quad (2.1)$$

Donde:

D: Diámetro del semiproducto

d: Diámetro de la pieza

2.2.2 Frecuencia de rotación del husillo

Se entiende como el número de vueltas que realiza el husillo de la máquina para ejecutar el proceso de maquinado.

$$n = \frac{1000.Vh}{\pi.D}; rev / min \quad (2.2)$$

Donde:

1000: Factor de conversión

2.2.2.1 Velocidad de corte real

Es la distancia que recorre el filo de corte de la herramienta al pasar en dirección del movimiento principal (movimiento de corte) respecto a la superficie que se trabaja. El movimiento que se origina, la velocidad de corte puede ser rotativo o alternativo; en el primer caso, la velocidad de corte o velocidad lineal relativa entre pieza y herramienta corresponde a la velocidad tangencial en la zona donde se está efectuando el desprendimiento de viruta, es decir donde entran en contacto herramienta y pieza. En el segundo caso, la velocidad relativa en un instante dado es la misma en cualquier punto de la pieza o la herramienta.

$$V_{cr} = \frac{\pi.D.n}{1000}; m / min \quad (2.3)$$

2.2.2.2 Potencia consumida para el corte.

Es la potencia necesaria para que la máquina-herramienta pueda vencer las fuerzas que se oponen en las operaciones a realizar.



$$NC = \frac{P_z \cdot V_{cr}}{6120}; kW \quad (2.4)$$

Donde:

6120 : Factor de conversión

Pz: fuerza de corte en kgf.

$$P_z = C_{fz} \cdot t^{x_{fz}} \cdot S^{y_{fz}} \cdot k_{fz}$$

Cfz: factor que depende de las propiedades mecánicas del metal que se elabora.

t: profundidad de corte. Ver. Anexo (Tabla 2.11)

S: avance

Xf y Yf: exponente del grado de t y S Ver. Anexo (Tabla 2.11)

$$k_{fz} = K_{mfz} \cdot K_{vfz} \cdot K_{\phi fz} \cdot K_{\gamma fz} \cdot K_{hfz} \cdot K_{rfz} \cdot K_{lfz}$$

Donde:

Kmfz: coeficiente de corrección que depende del metal elaborado. Anexo2 (tabla 2.12)

Kvfz: coeficiente de corrección que depende de la velocidad de corte. Anexo2 (tabla 2.18)

K ϕ fz: coeficiente de corrección que depende del ángulo principal de Posición. Anexo (tabla 2.13)

K γ fz: coeficiente de corrección que depende del ángulo de ataque. Anexo 2 (tabla 2.14).

Khfz: coeficiente de corrección que depende del desgaste en la superficie de incidencia. Anexo 2 (Tabla 2.16)

Krfz: coeficiente de corrección que depende del radio de la punta de la herramienta. Anexo 2 (tabla 5.15)

Klfz: coeficiente de corrección que depende del líquido lubricante o refrigerante. Anexo 2 (Tabla 2.17)

2.2.2.3 Determinar si es posible el maquinado.

Para ello, es preciso que la potencia del husillo deba ser mayor que la potencia de corte. Alcántara (2004). Esta desigualdad se refleja en la siguiente ecuación:

$$N_h \geq N_c \quad (2.5)$$

$$N_h = N_{mot.} \cdot \eta; kW \quad (2.6)$$

Donde:



η : Rendimiento.

N_{mot} : Potencia del motor.

Determinamos el tiempo de maquinado.

Es el tiempo invertido en la ejecución de una operación.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{min} \quad (\text{Cilindrado no pasante}) \quad (2.7)$$

Donde:

L : Longitud de la barra.

i : Número de pasadas.

n : Frecuencia de rotación.

S : Avance.

Nota: Si realiza después del retaladrado con el objetivo de eliminar de la pieza la huella dejada por la punta de broca utilizada entonces:

$$L = 0.61 * t + l \quad (2.8)$$

Donde

L : Longitud del agujero dejado por la punta de broca; mm

t : Profundidad de corte; mm

$l = 1- 3$ para profundidad de corte de 2 – 25 mm

$l = 3- 5$ para profundidad de corte de 25 – 75 mm

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{min} \quad (\text{Cilindrado pasante}) \quad (2.9)$$

$$L = l + y + \Delta \quad (2.10)$$

Donde:

$l = 1$ 258 mm. Longitud de la barra.

$i = 1$. Número de pasadas.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{mm} \quad (\text{Refrentado}) \quad (2.11)$$



$$L = \frac{D}{2} + y + \Delta; mm \quad (2.12)$$

Para todos los casos:

$$y = t \cdot \cot \varphi; mm \quad (2.13)$$

Donde:

D = Diámetro de la pieza; mm.

y : Longitud de entrada de la cuchilla.

$\Delta = 1...3$

$\cot 45^\circ = 1$ $\cot 60^\circ = 0.57$

En el roscado la selección de la herramienta depende del tipo de rosca (60° ó 55°), así como el ángulo a tener en cuenta para roscas cuadradas, redondas etc.

.La VC se disminuirá entre un 20% - 25% de la empleada en el torneado.

.Se mantienen todos los regímenes de corte calculados.

$$T_m = \frac{L + l_1}{n \cdot p} \cdot i; min \quad i = 3...6 \quad L = \text{longitud de rosca}$$

$$P = \text{Paso} \quad l_1 = i \cdot P$$

Nota: en el roscado el avance se toma igual al paso.

Para paso de rosca ≤ 1 ; 1.5; 2 $i = 3$

Para paso de rosca ≥ 2.5 ; 3; 3.5; 4 $i = 6$

$$t = \frac{D}{2}; mm \quad (\text{taladrado}) \quad (2.13)$$

$$t = \frac{D - d}{2}; mm \quad (\text{retaladrado}) \quad (2.14)$$

$$T_m = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i; min \quad (2.15)$$

$$L = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot s} \quad (2.16)$$

Donde:



L: Longitud del agujero; mm

t: Profundidad de corte; mm

l_1 : Longitud de penetración de la herramienta; mm

l_2 : Magnitud de recorrido de la herramienta, mm

n: número de rev/min de la herramienta.

S: Avance, mm/rev

l_1 : 0,3 D; mm; D: es el diámetro de la broca.

l_2 = 0,5-3 mm (para brocas con diámetros de 2 hasta 60mm)

Practicando retaladrado: $l_1 = 0,61 t$; mm

$l_2 = 1- 3$ para profundidad de corte de 2 – 25 mm

$l_2 = 3- 5$ para profundidad de corte de 25 – 75 mm

2.2.3 Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos.

El tiempo de trabajo como regla debe ser tiempo útil completamente normado. Al obrero hay que crearles las mejores condiciones de trabajo que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional.

En el tiempo total entran todas las categorías de gastos de tiempo de trabajo.

$$T_{pu} = T_b + T_a + T_{pt} + T_{org} + T_{dnp} ; \text{min} \quad (2.17)$$

Donde:

T_{pu} : Tiempo por unidad de producción y la suma de todos los tiempos de las diferentes categorías.

T_b : Tiempo básico o principal de máquina.

T_{pt} : Tiempo de procesos tecnológicos.

T_{org} . Tiempo organizativo.

T_{dnp} : Tiempo de descanso y necesidades personales.

T_{pu} : Es el tiempo por unidad de producción de las normas técnicamente fundamentadas del tiempo necesario para ejecutar la operación tecnológica dada al aplicar los métodos modernos de maquinado.

T_b : Tiempo que se gasta en cambiar las dimensiones, la forma y rugosidad de la pieza y puede ser manual o de máquina.



$$T_b = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{ min.} \quad (2.18)$$

PTT: Es el tiempo que se gasta para el cuidado del PDT y otros gastos como buscar herramientas, limpieza de la máquina, llamado también Tspt .

$$T_{pt} \text{ ó } T_{spt} = (0,04 \dots 0,08) \cdot T_b; \text{ min.} \quad (2.19)$$

Ta: Tiempo que se gasta en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la pieza.

$$T_a = (0,18 \dots 0,25) \cdot T_b; \text{ min.} \quad (2.20)$$

To: Tiempo en el cual se realiza un trabajo productivo dirigido al concepto de una tarea (operación).

$$T_o = T_b + T_a; \text{ min.} \quad (2.21)$$

Tdnp: Entran las pausas y descanso físico. Este tiempo suele descontarse de la jornada laboral.

$$T_{dnp} = (0,17 \dots 0,25), \text{ para una jornada de trabajo de 8 horas.} \quad (2.22)$$

En la figura 2.3 (a, b, c) se muestra el algoritmo de cálculo del programa para máquinas herramienta convencionales, para su mejor entendimiento es necesario tener en cuenta la leyenda que se muestra a continuación.

Leyenda:

σ : Sigma a la rotura, kgf/mm²

HB : Dureza Brinell

φ : Ángulo principal de posición, °

φ_1 : Ángulo secundario de posición, °

γ : Ángulo de ataque, °

Dsp: Diámetro del semiproducto, mm

Lsp: Longitud del semiproducto, mm

Dp: Diámetro de la pieza, mm

Lp: Longitud de la pieza, mm

NE: Frecuencia estandarizada desde la base de dato del programa.

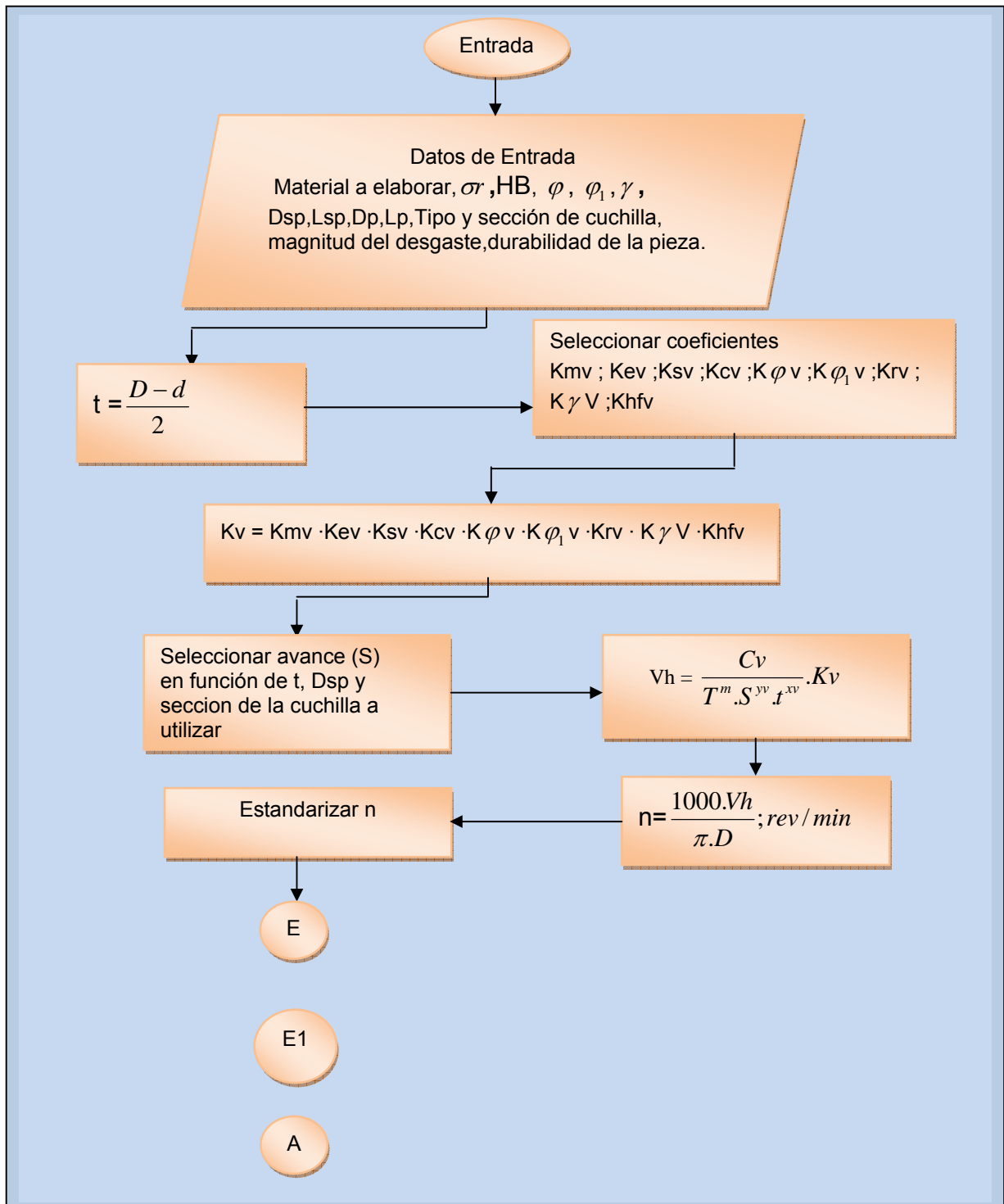


Figura 2.3 (a) Algoritmo de cálculo del programa

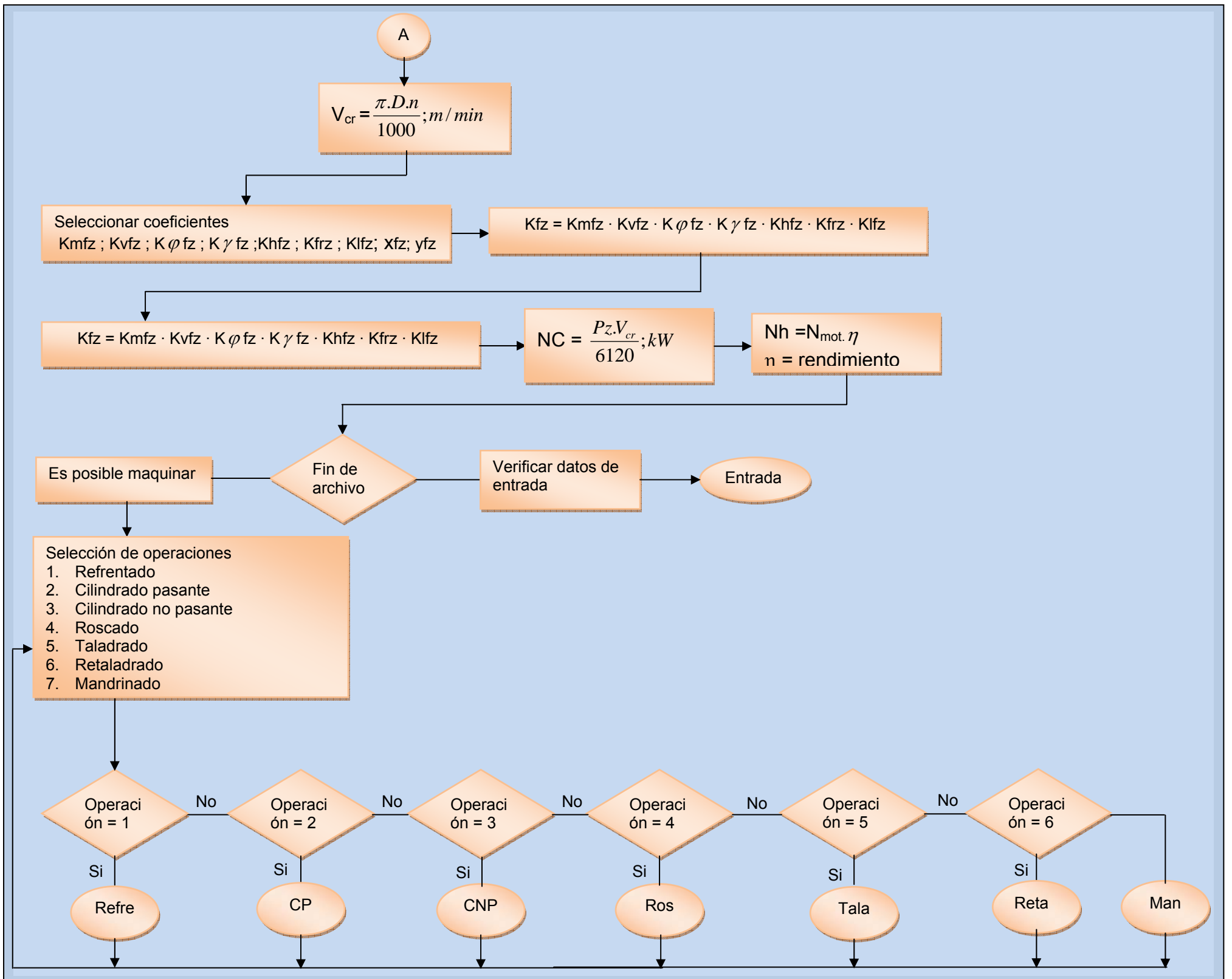


Figura 2.3 (b) Algoritmo de cálculo del programa (Continuación)

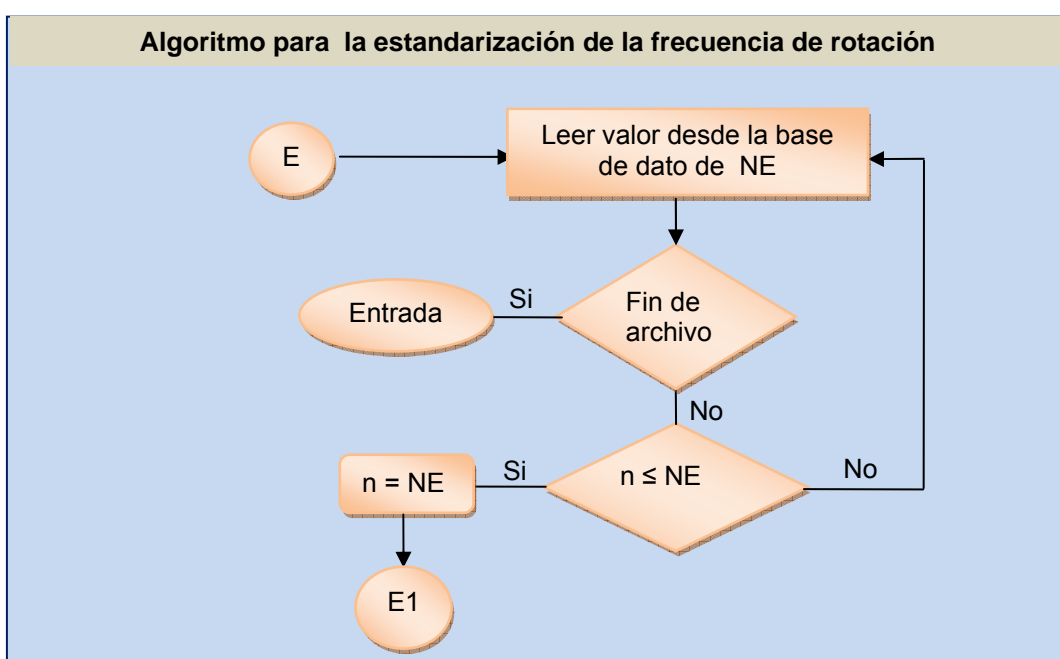
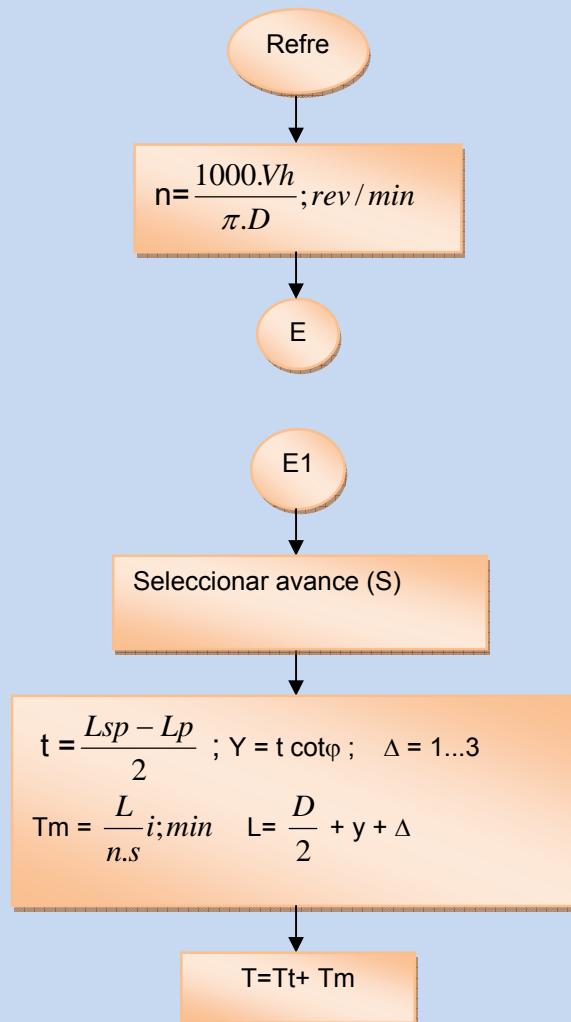


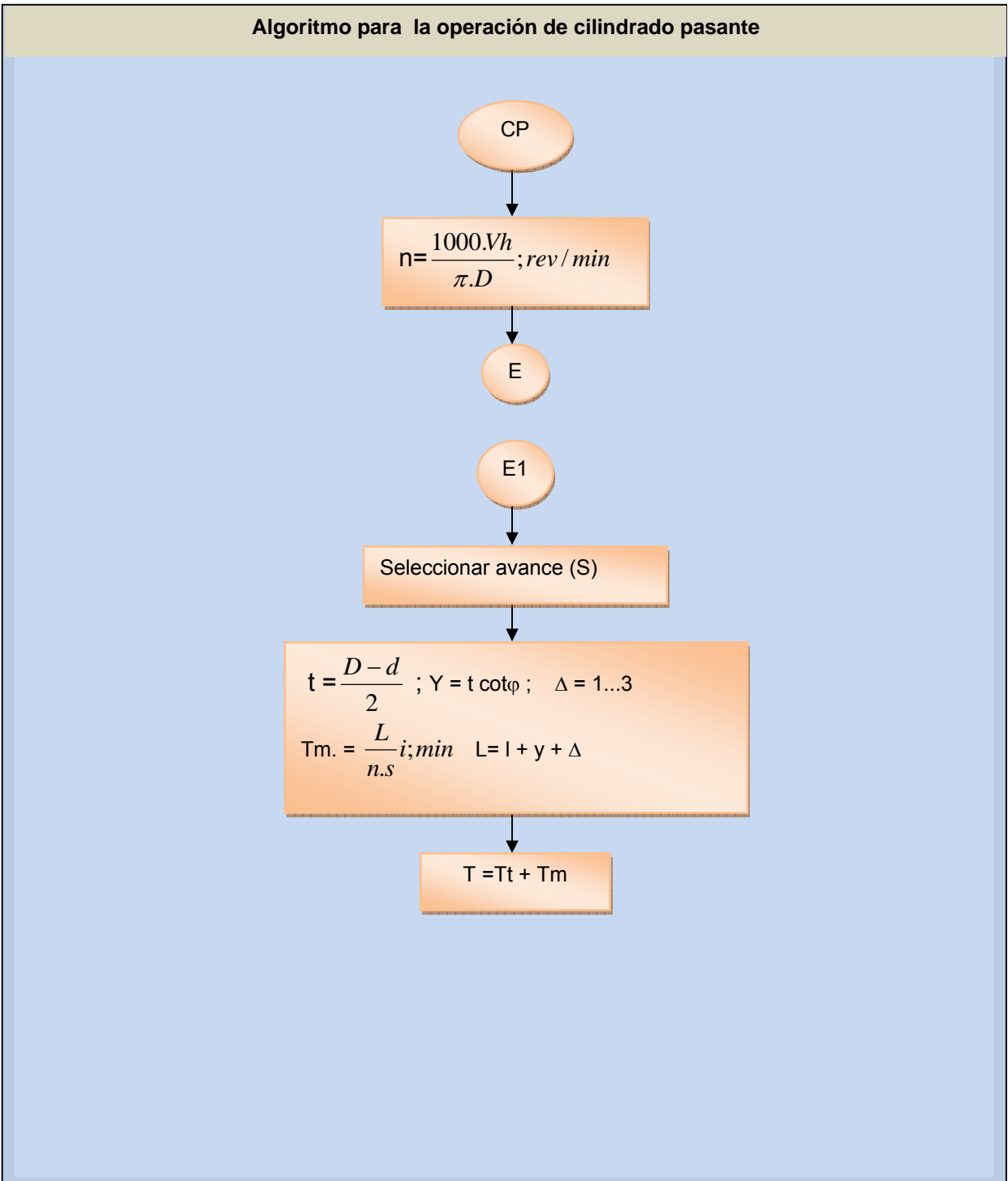
Figura 2.3 (c) Algoritmo de cálculo del programa

Algoritmo para la operación de Refrentado



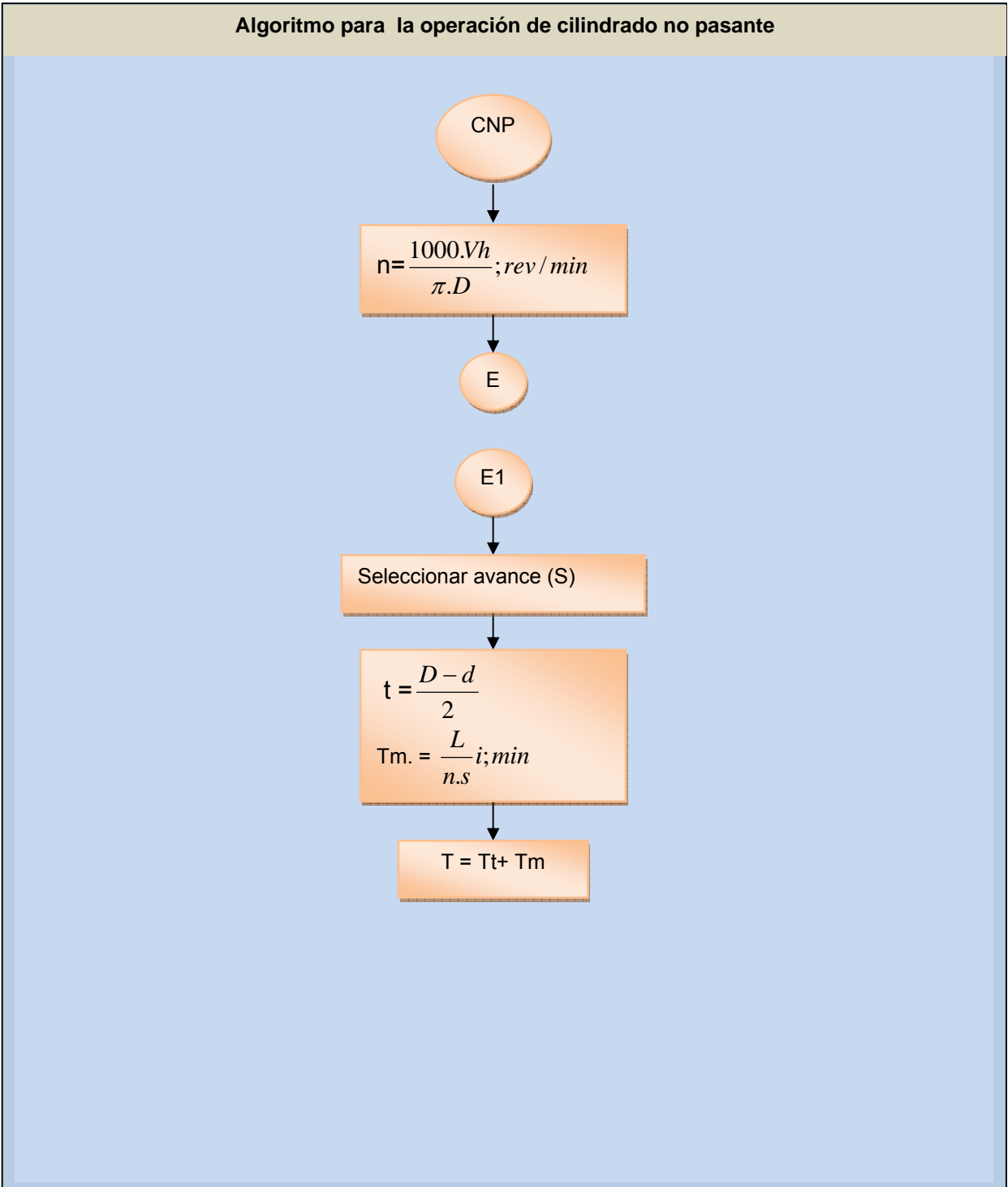


Algoritmo para la operación de cilindrado pasante

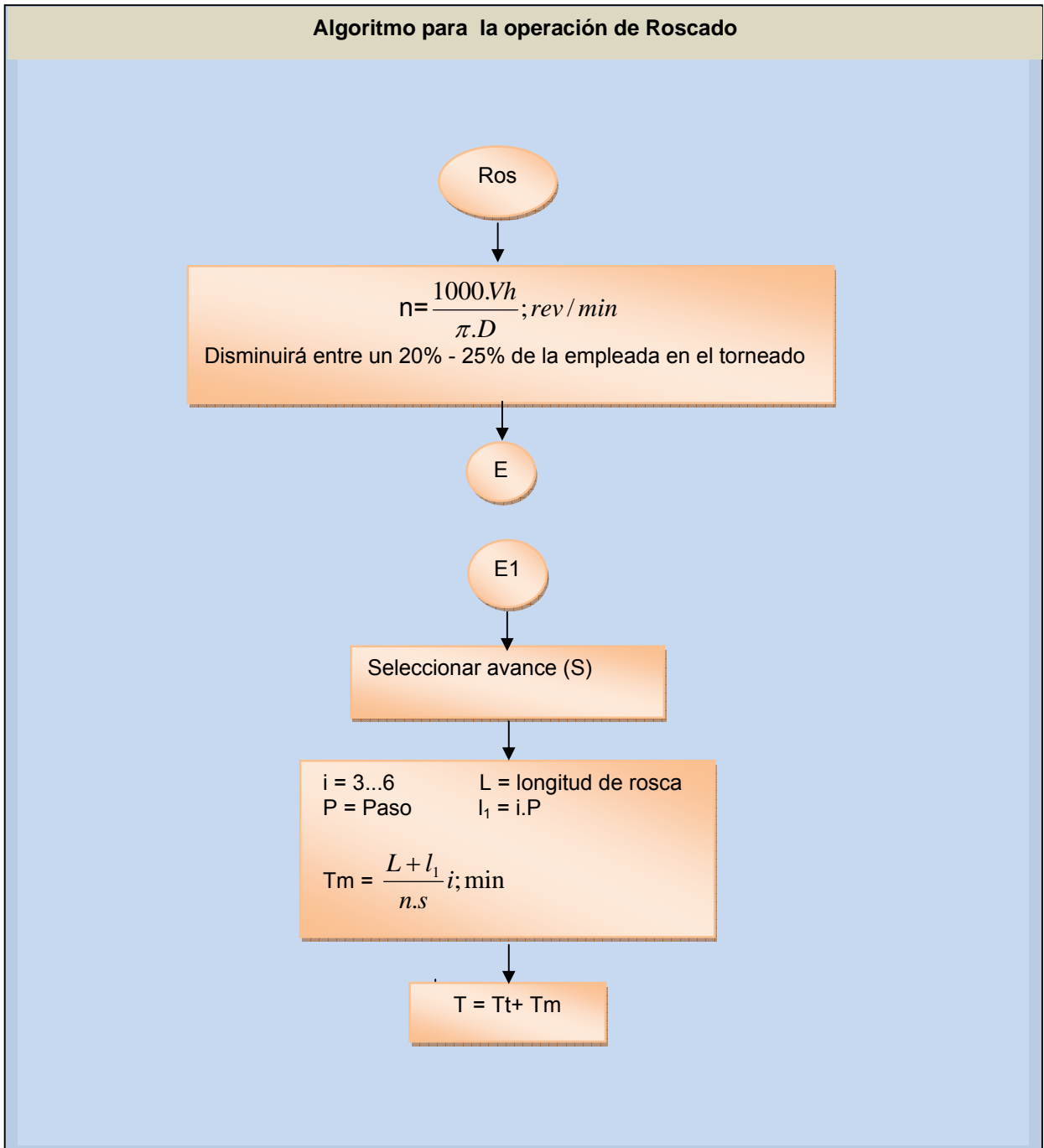




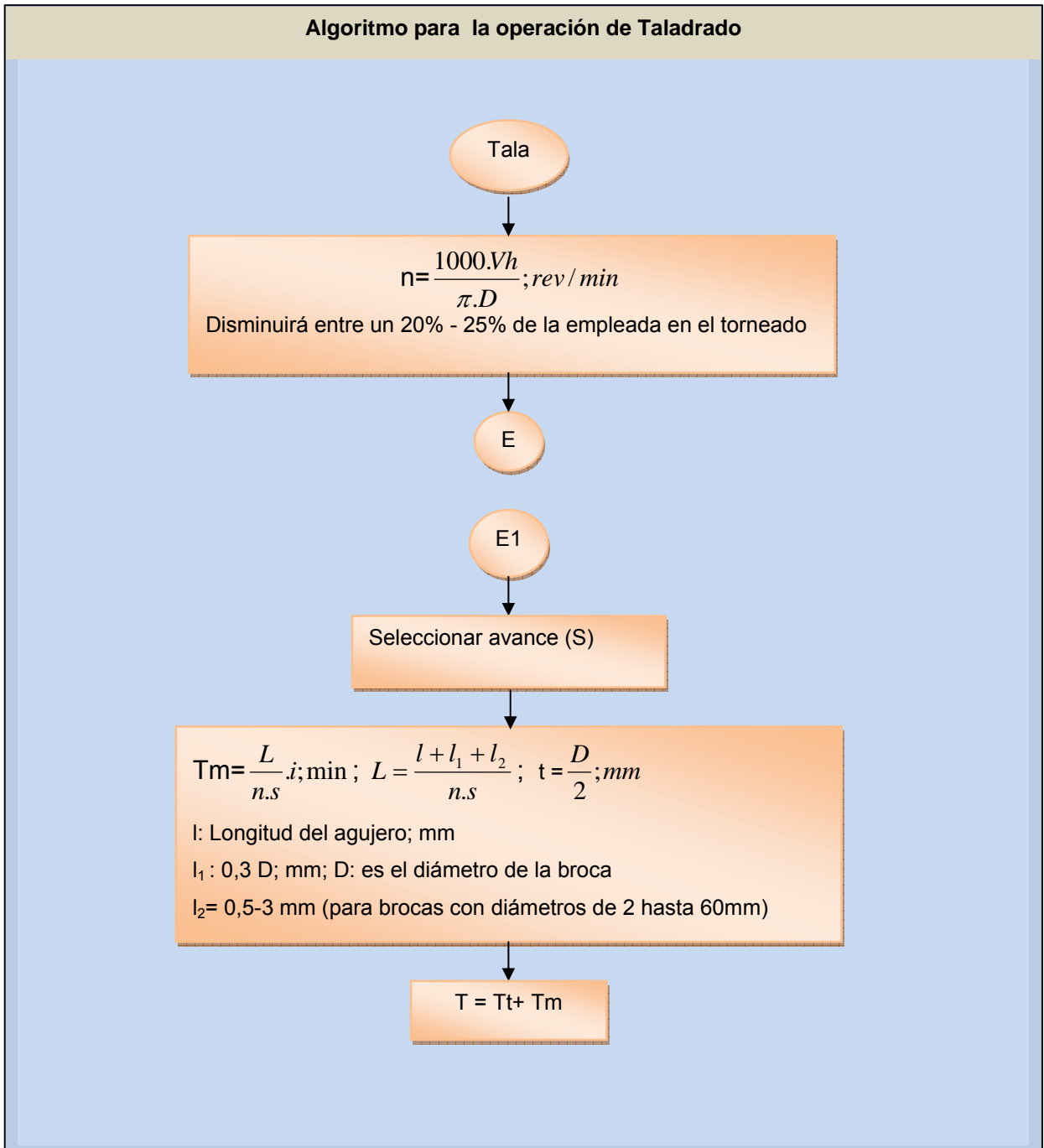
Algoritmo para la operación de cilindrado no pasante

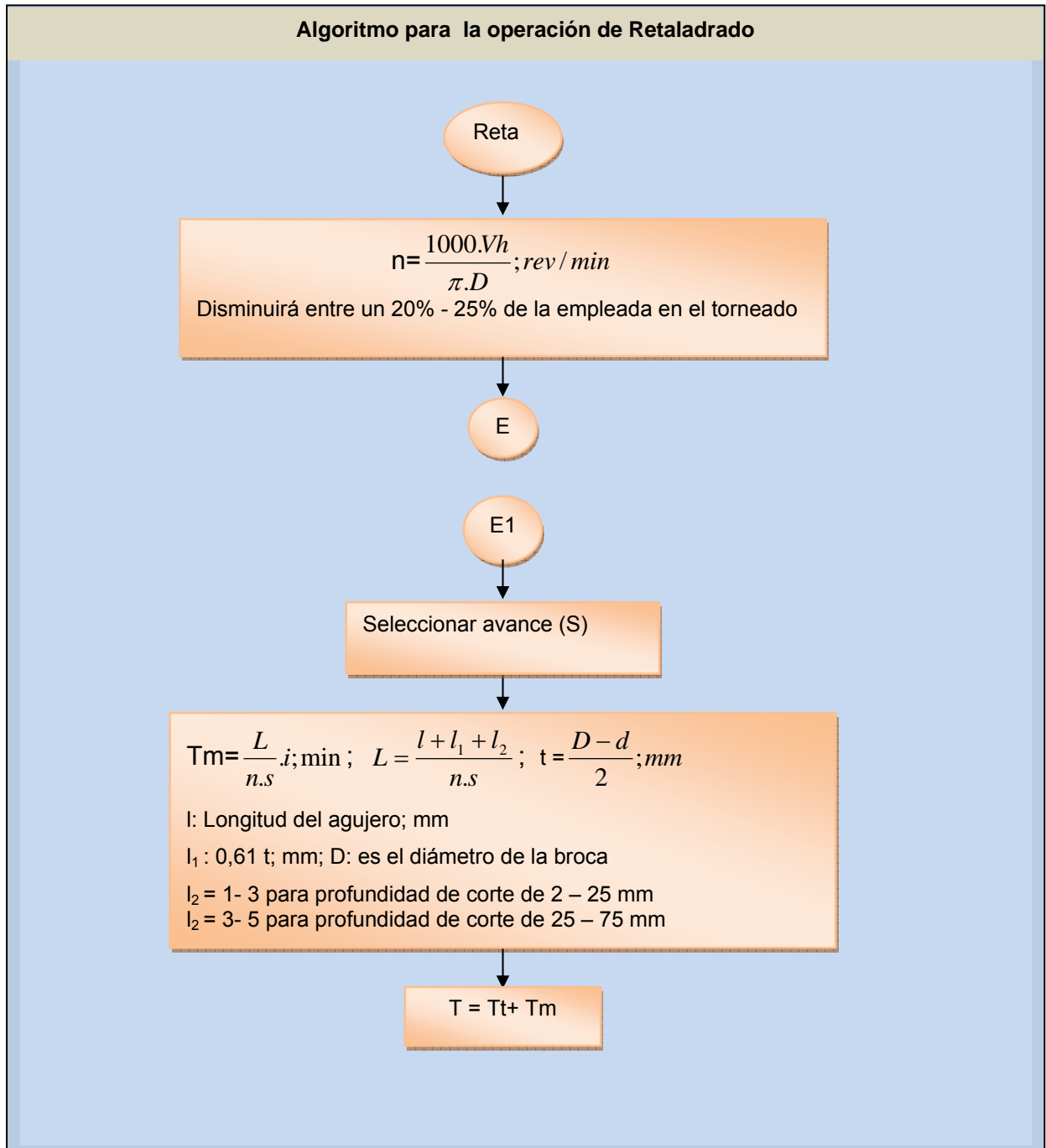


Algoritmo para la operación de Roscado



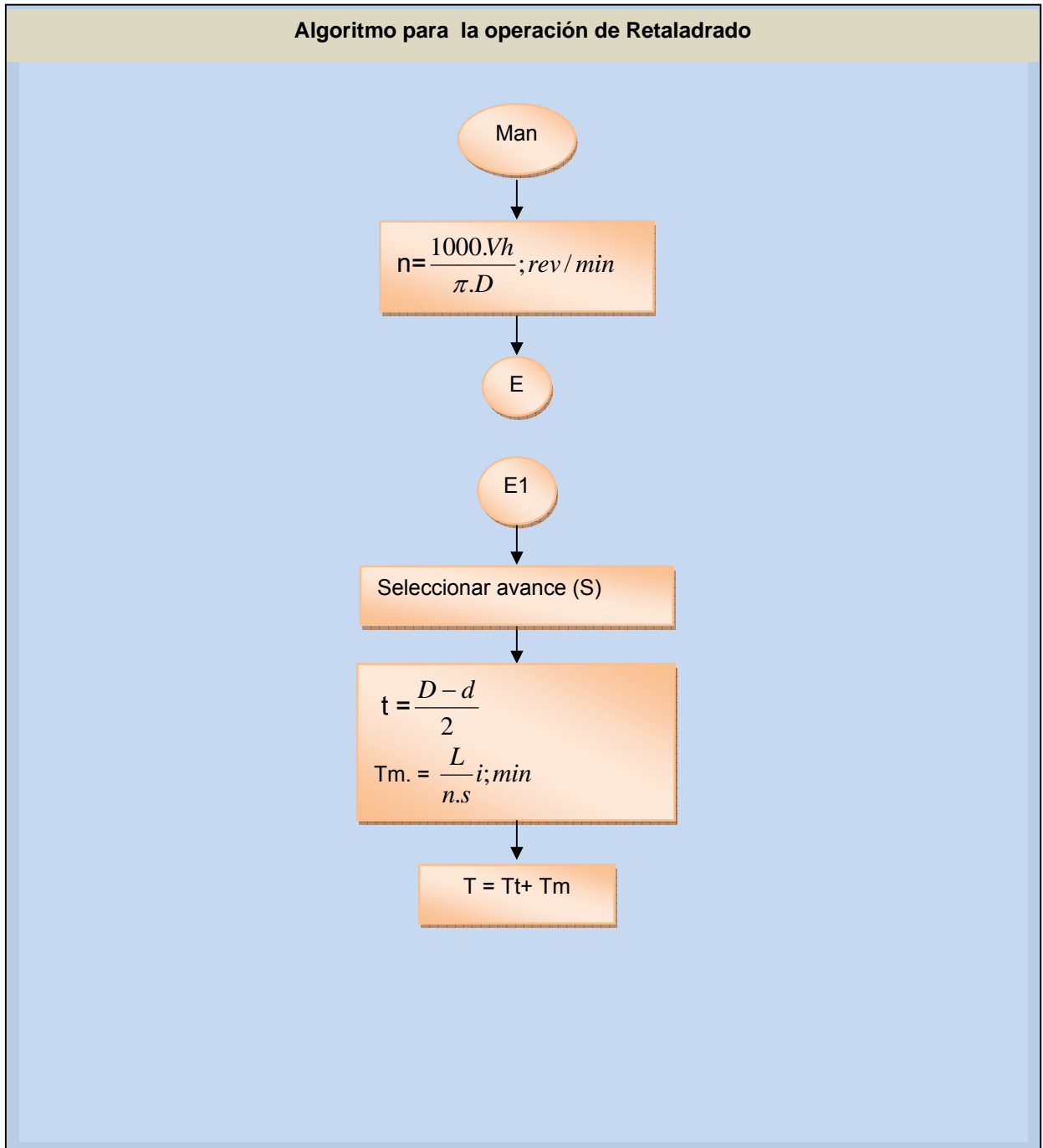
Algoritmo para la operación de Taladrado







Algoritmo para la operación de Retaladrado





2.4. Conclusiones del capítulo II

- ❖ Se mostró la metodología de cálculo necesaria para determinar los parámetros de trabajo de las máquinas herramientas convencionales, la cual es la base para el desarrollo del Software.
- ❖ Se desarrolló el algoritmo de cálculo con el cual se pueden realizar operaciones con tornos convencionales del tipo 16 K 20, 1 M 63 y 165, además permitirá emplearse como material docente de la asignatura Procesos Tecnológicos del Plan de Estudio D"



CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1. Introducción.

En este capítulo se exponen los resultados emanados del trabajo, a partir de las expresiones matemáticas que describen la metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo de las máquinas herramientas convencionales, la cual fue la base para la realización del programa

Se realiza una valoración económica a partir del análisis de ahorro de tiempo con la implementación del programa dentro del programa de estudio de los estudiantes del ISMM perteneciente a la carrera de mecánica., así como el impacto medioambiental que incurren las máquinas herramientas convencionales.

Este capítulo tiene como **objetivo** Realizar la estimación crítica de los resultados obtenidos a partir del trabajo realizado y con ello, explicar los fundamentos científicos que dan solución al problema planteado.

3.2. Software empleado para realizar el programa.

El software empleado para desarrollar el algoritmo de cálculo del programa a partir de la metodología fue el Delphi7. El Delphi es una potente herramienta para desarrollar programas con aplicaciones en Windows su entorno de trabajo esta sobre el termino de programación orientada a objetos (OOP, Object Oriented programming) el cual permite a los programadores escribir Software de forma que esté organizado de la misma manera que el problema que se trata de modelizar. Permite crear sus propios controles llamados (VCL, Visual Component Library), o biblioteca de componentes visuales, trabaja sobre el lenguaje Pascal que es un Lenguaje de alto nivel muy útil para empezar el estudio de la programación estructurada y para aprender a programar de forma sistemática. Los programas en PASCAL están divididos en dos partes principales: la cabecera y el bloque. En la cabecera se especifican, mediante su definición e inicialización, las variables utilizadas, y en el bloque se especifican las etiquetas, constantes, tipos de datos utilizados, las funciones y el control de la ejecución del programa.

Delphi es una herramienta de dos direcciones, por que permite el desarrollo de programas de dos formas: de forma visual en la pantalla, por medio de las funciones de arrastra y colocar , la otra es a través de la programación convencional, ambas técnicas pueden

utilizar de forma alternativa o simultánea. Las aplicaciones terminadas quedan disponibles como archivos ejecutables (.EXE) que pueden utilizarse solos o con bibliotecas adicionales. Los programas creados se ejecutan a gran velocidad.

3.3 Como utilizar el programa de cálculo.

Una vez instalado el programa en la computadora, hay que observar que el mismo presenta un ejecutable "Torno", haciendo doble clic encima de él, aparecerá la imagen del programa, esta imagen se ha creado con el objetivo de que mientras se carga el programa el usuario estudiante pueda abstraerse en el mundo relacionado con estos tipos de máquinas, independientemente de estas imágenes el programa contiene una serie de vistas necesarias para darle la información mínima en busca de los parámetros de trabajo en máquinas herramienta convencionales. Es imprescindible conocer por parte del usuario-estudiante las dimensiones de la pieza y sus características antes de proceder a realizar cualquier operación. En la Figura 3.1 se muestra la ventana inicial del programa correspondiente a Tornos.



Figura 3.1. Ventana inicial del programa: Tornos convencionales.

Para efectuar la entrada de datos corresponde al primer paso para la ejecución del programa se hace clic en este menú, se despliega y se seleccionará datos iniciales en la parte superior de ventana, entonces aparecerá la ventana que se muestra en la figura 3.2.

The screenshot shows a software window titled "Torno - [Datos Iniciales Para el Cálculo]". The window has a menu bar with "Archivo", "Entrada de Datos", and "Ayuda". The main area is divided into several sections:

- Características del Material:** Tipo (Acero al Carbono), Dureza(HB) (100), Estado del Material (Laminado en Frío), Carácter de la Elaboración (Pieza Bruta), Estado Superficial del Material (Sin óxido).
- Dimensiones del semiproducto:** Longitud (100), Diámetro (50).
- Dimensiones de la Pieza:** Longitud (80), Diámetro (40).
- Características de la Cuchilla:** Tipo (T5 K 10), Ángulo de ataque (-15), Radio de la punta (1), Seccion de la cuchilla (16 x 25), Magnitud del desgaste (1), Ángulo principal de posición (10), Ángulo secundario de posición (10), Durabilidad de la Herramienta (60 min).
- Torno:** 16K20.
- Líquidos lubrico-refrigerantes:** Emulsión.

On the right side of the window, there are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Salir".

Figura 3.2. Ventana correspondiente a: Torno (Datos iniciales para el cálculo)

En esta ventana se introducen los datos fundamentales para determinación de los parámetros de trabajos en tornos convencionales como son: las dimensiones, características de la pieza en cuanto a material, dureza, carácter de la elaboración, estado superficial del metal, tipos y sección de cuchilla, ángulo principal y secundario de posición, magnitud del desgaste, durabilidad de la pieza, elección del Torno con que se va a trabajar, etcétera. Luego al completar los datos necesarios para el cálculo se presiona con clic izquierdo en el botón aceptar, el programa guarda estos datos y se activa la siguiente ventana, ver figura 3.3.

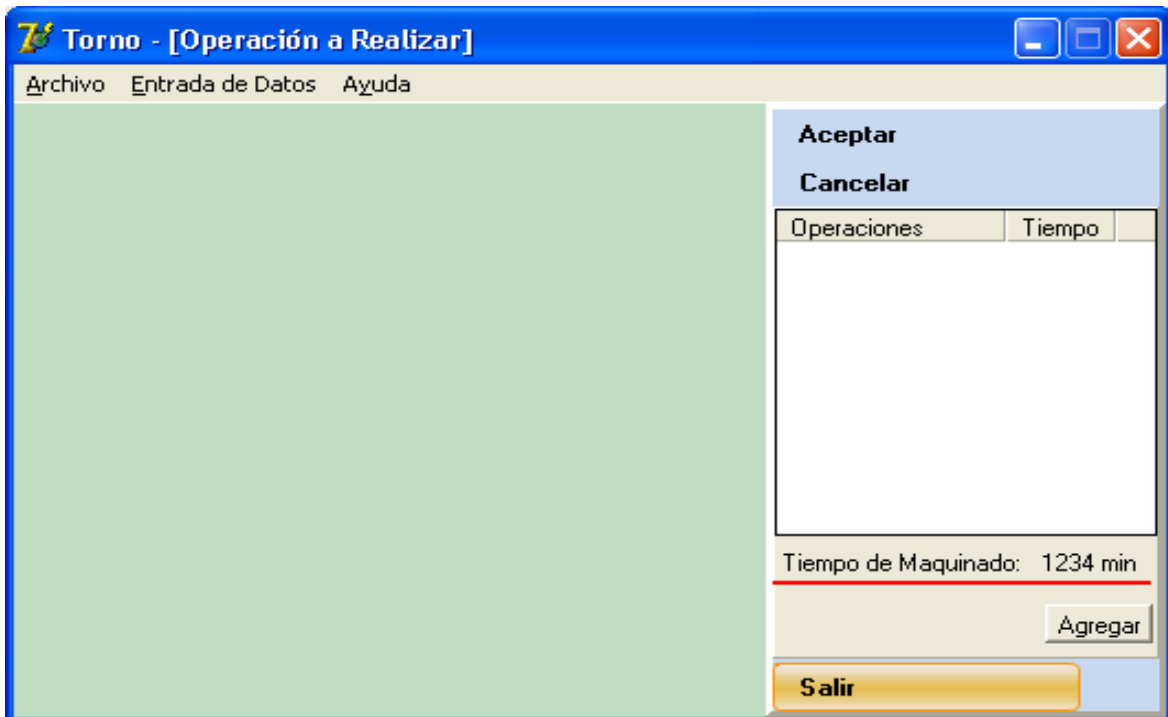


Figura 3.3. Ventana correspondiente a: Torno (Operación a Realizar)

Esta figura corresponde a la ventana inicial de las operaciones de maquinado, al hacer click en botón agregar se muestra la ventana de selección de operaciones como aparece en la figura 3.4.

Para realizar el cálculo de las operaciones de maquinado, primero se selecciona la misma haciendo click en la opción correspondiente (figura 3.4), luego se presiona el botón aceptar y se activará la ventana de entrada de datos de las operaciones con la operación a realizar como se muestra en la figura 3.5.

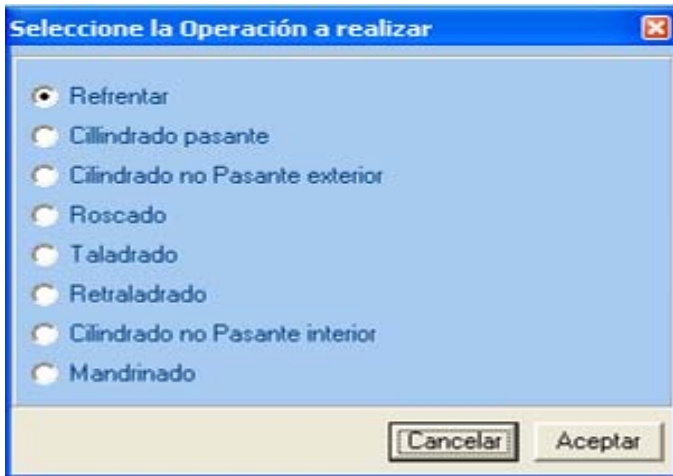


Figura 3.4. Ventana correspondiente a: Seleccione la operación a realizar.

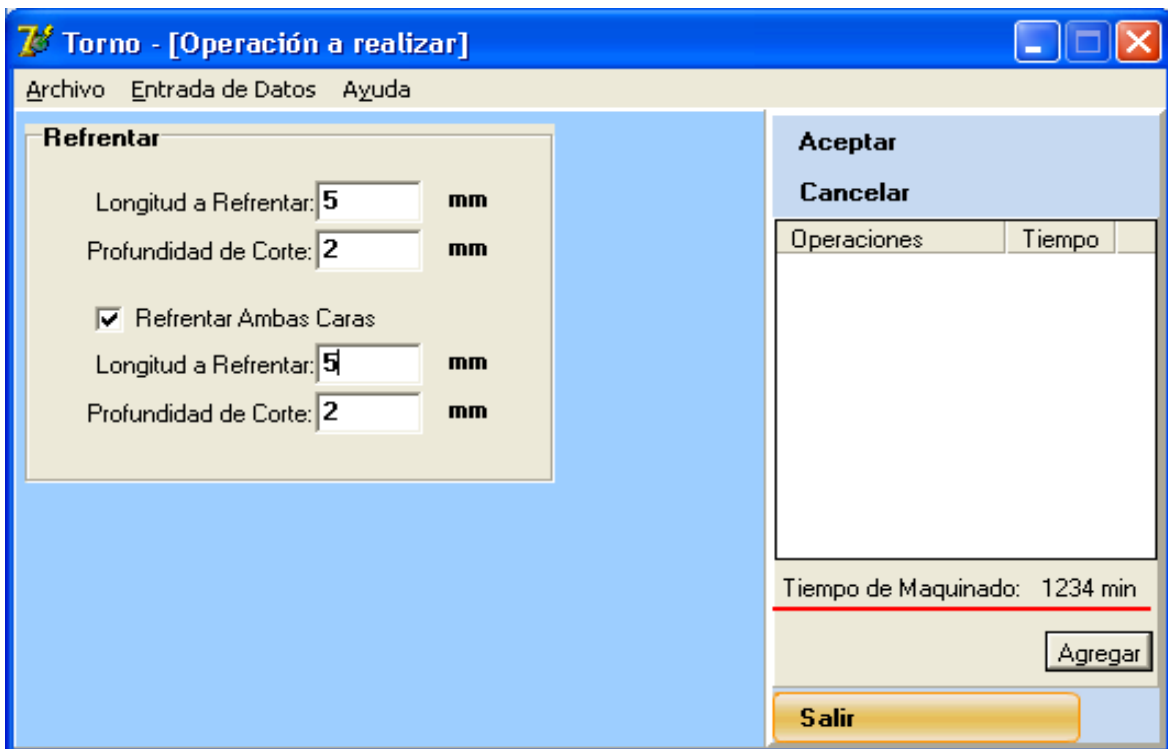


Figura 3.5. Ventana correspondiente a: Torno (operaciones)

En esta ventana se muestra una de las operaciones de maquinado a realizar por el programa, en este caso (Refrentar) donde para realizar la misma se introducen los valores de longitud a refrentar y la profundidad de corte, se activa mediante un click izquierdo la casilla **Refrentar ambas caras**. Se hace click sobre el botón aceptar y aparece la siguiente figura.

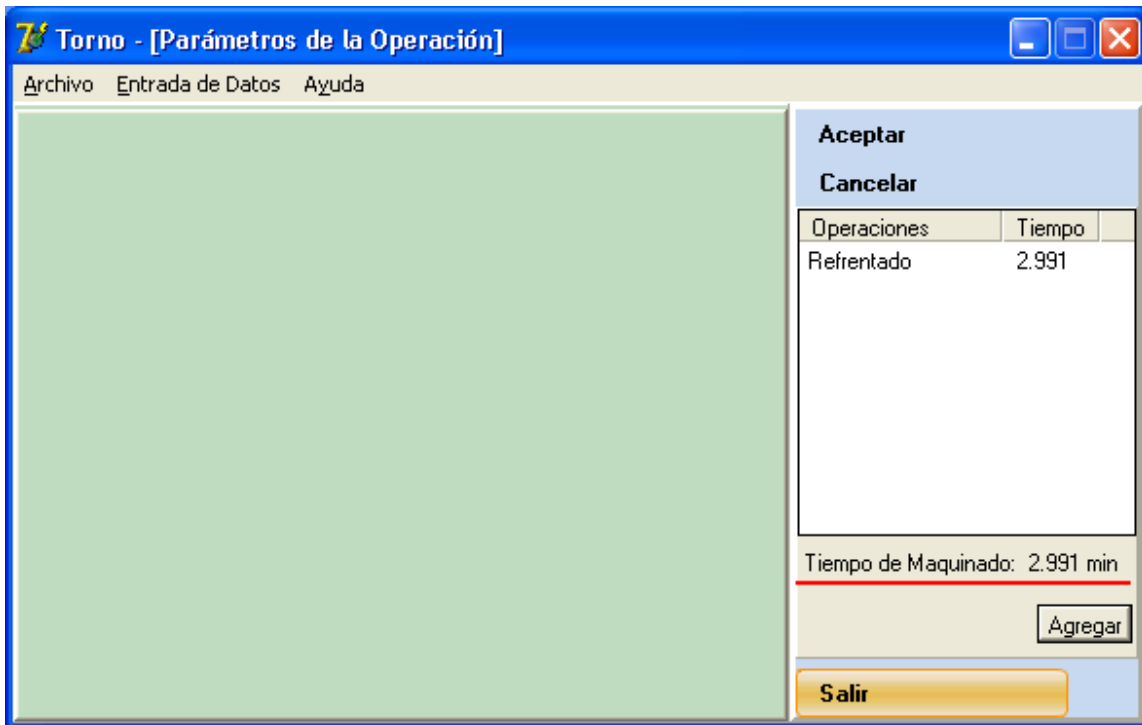


Figura 3.6. Ventana correspondiente a: Torno (Parámetros de la operación)

En esta venta después de hacer clic sobre el botón aceptar de la ventana anterior se obtiene el tiempo de maquinado para las diferentes operaciones de maquinado. Para obtener los parámetros de la operación se hace clic izquierdo sobre el tiempo de maquinado de la misma y luego se muestran los parámetros, como en la siguiente figura.

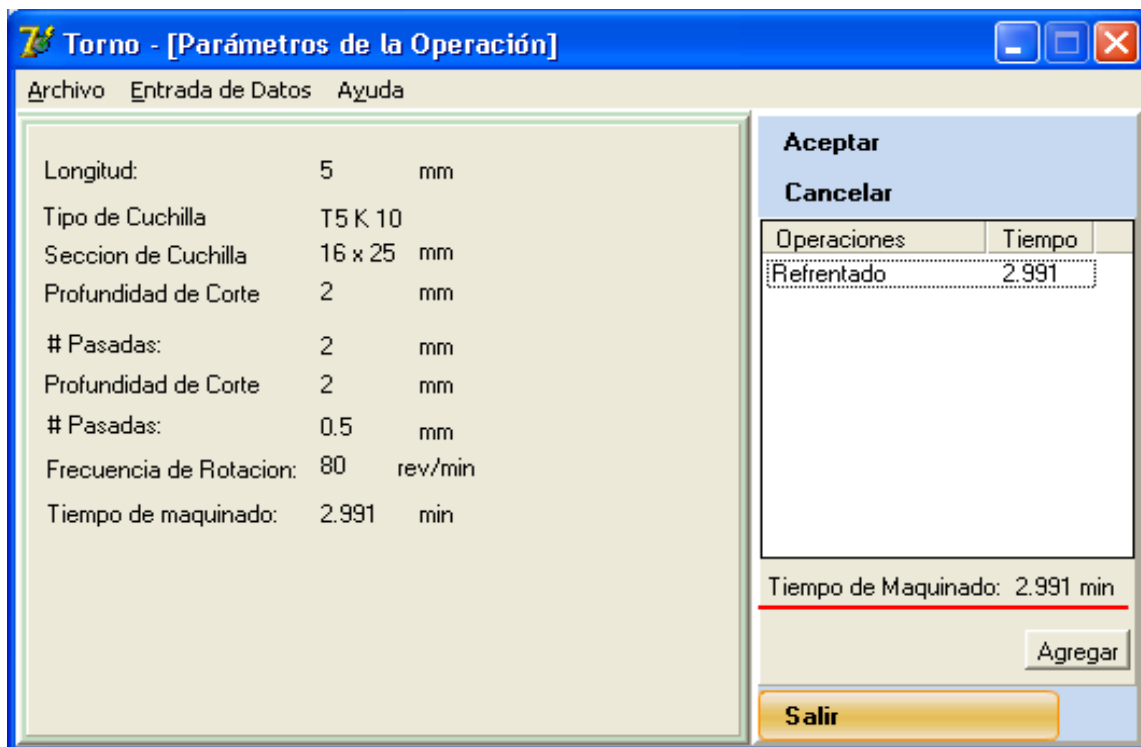


Figura 3.7. Ventana correspondiente a: Torno (Parámetros de la operación)

Finalmente en esta ventana se da a conocer de forma visual los parámetros de trabajo para realizar la operación de maquinado que se seleccione por el usuario como son en este caso: Longitud a refrentar, tipo y sección de la cuchilla, pasadas, profundidad de corte, frecuencia de rotación y tiempo de maquinado.

Si en algún momento se desea salir del programa solo se hace clic izquierdo en el botón salir que se encuentra en la parte inferior derecha.

3.4 Valoración económica

Para la realización del análisis económico tomaremos como referencia el tiempo de ejecución obtenido durante cálculo de los parámetros de trabajo en máquinas herramienta Torno convencionales, utilizando el software y sin la ayuda de este.

Los datos utilizados para la ejecución del análisis han sido obtenidos de estudios estadísticos realizados en la empresa mecánica del níquel Comandante Gustavo Adolfo Machín.

Tabla 3.1 Costo por concepto de Tiempo y consumo durante la realización de los cálculos de forma manual en un local donde existen equipos eléctricos.

Por concepto de Tiempo				Por concepto de Consumo				
Operario	Tarifa (\$/h)	Tiempo (h)	Costo _{Ti} (\$)	Cantidad de equipos	Consumo (kW/h)	Tarifa (\$/kW)	Tiempo (h)	Costo _{Co} (\$)
Tecnólogo	2.34	2	4.68	2 - lámparas 2 - Aire acondicionado	0.8 0.25 1.12	0.09	2	0.19
Costo Total para la realización de cálculos.			$C_T = \text{Costo}_{Ti} + \text{Costo}_{Co}$ $C_T = \$ 4.87$					

Tabla 3.2 Costo por concepto de Tiempo y consumo después de la realización del programa en un local donde existen equipos eléctricos.

Por concepto de Tiempo				Por concepto de Consumo				
Operario	Tarifa (\$/h)	Tiempo (h)	Costo _{Ti} (\$)	Cantidad de equipos	Consumo (kW/h)	Tarifa (\$/kW)	Tiempo (h)	Costo _{Co} (\$)
Tecnólogo	2.34	0.16	0.37	2 - lámparas 1 - Computadora 2 - Aire acondicionado	0.8 0.25 1.12	0.09	0.16	0.35
Costo Total para el cálculo con el programa.			$C_T = \text{Costo}_{Ti} + \text{Costo}_{Co}$ $C_T = \$0.72$					

Costos de los Cálculos con y sin ayuda del programa

El costo de la ejecución de los Cálculos con y sin el programa viene dado por la tarifa de pago por hora de la fuerza de trabajo el, gasto de tiempo y consumo de energía eléctrica durante el desarrollo de los mismos.

El costo total de la ejecución de los Cálculos sin el programa asciende a \$ 4.87 mientras que después de realizado el programa este costo se reduce considerablemente a un valor de \$0.72, lo que representa un ahorro de \$ 4.15 por cada tecnología de fabricación que se realice.



3.5. Impacto ambiental

El desarrollo acelerado de las grandes industrias por todo el mundo ha venido acompañado de una creciente contaminación del medio ambiente. En las últimas décadas del siglo pasado este aspecto negativo ha subido a uno de los mayores registros, principalmente en los países más desarrollados y en los que están en vía de desarrollo.

Debido a este fenómeno que está azotando al mundo no son menos los que se alarman con las consecuencias que provocan todos los agentes contaminantes sobre los diferentes recursos hídricos, forestales, animales y principalmente, humanos. Una de las cosas que actualmente más alarman al mundo es lo concerniente a la contaminación ambiental que lo esta azotando. Con respecto a esto, se han desarrollado varias convecciones con el fin de encontrar una pronta solución o reducción de este mal que nos afecta a todos. Ejemplo de ello lo constituyen las asambleas que se realizan cada año en la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en Ginebra, Suiza. Además, se han firmado documentos de gran importancia para la conservación de un mundo libre de polución; prueba de esto es el Tratado de Kyoto. Nuestro país no está exento de tal polución. En Cuba se realizan esfuerzos extraordinarios para desarrollar nuestra economía hasta niveles que satisfagan las necesidades actuales, sin comprometer la capacidad de las generaciones venideras por satisfacer las propias.

Las máquinas herramienta tornos convencionales constituyen un factor a tener en cuenta en la preservación del medio ambiente; sus efectos adversos son trasladados por su movilidad y la variabilidad de los impactos negativos que provocan, en correspondencia con la calidad de los ecosistemas afectados y en muchos casos suelen ser más peligrosos que una fuente móvil.

Los tornos convencionales durante su utilización en el proceso de maquinado producen gran cantidad de desechos sólidos y fluidos de corte, cuyas funciones especiales durante el mecanizado son refrigerar y lubricar, suelen contener un variado surtido de aditivos que le confieren propiedades tales como, estabilizar las emulsiones, inhibir la corrosión de piezas, herramientas y equipos de trabajo, estos desechos en forma de



virutas al ser depositados en un lugar específico alteran el equilibrio del ecosistema allí presente; estos desechos en su composición poseen elementos, los cuales bajo la acción de las altas temperaturas y la lluvias pueden ser lixiviables pasando luego a contaminar las aguas subterráneas. También, la gran cantidad de energía eléctrica, consumida por estas máquinas la cual se toma de la red nacional requiere de la combustión de una gran parte de combustible trayendo consigo la contaminación atmosférica.

El desarrollo de la industria minero metalúrgica en la región de Moa, es una muestra de todo lo agresiva que puede ser la actividad humana sobre el medio ambiente, sin embargo, industria y ecología no son incompatibles, por lo que se pueden compaginar y coexistir. La interacción empresa-medio ambiente ha de ser beneficiosa y llegar a formar parte del entorno físico, social y humano de la región.

Contaminación acústica

La contaminación acústica o contaminación por ruido, como también se le conoce, es considerada por la mayoría de la población como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las industrias.

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando este se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. La causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana; el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras. Los efectos producidos por el ruido pueden ser fisiológicos, como la pérdida de audición, y psicológicos, como la irritabilidad exagerada.

Técnicamente, el ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades que se propaga en el ambiente en forma de ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico.



La contaminación acústica perturba las distintas actividades comunitarias, interfiriendo la comunicación hablada, base esta de la convivencia humana, perturbando el sueño, el descanso y la relajación, impidiendo la concentración y el aprendizaje, y lo que es más grave, creando estados de cansancio y tensión que pueden degenerar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular.

Uno de los principales factores contaminantes lo constituye el ruido emitido por estas máquinas herramienta es el provocado por las vibraciones de la rueda dentada de la caja de velocidad, la bomba del refrigerante, así como el desplazamiento automático del avance para mover el carro porta herramienta. El ruido se mide en decibelios (dB)a; los equipos de medida más utilizados son los sonómetros. Un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera los 50 (dB)a como el límite superior deseable. Este equipo sobrepasa los niveles promedios de audición que puede soportar un ser humano.

3.6 Conclusiones del capítulo

- ❖ Se describió el modo de uso del programa de cálculo, así como las diferentes ventajas de este de variar las características de la pieza a utilizar y obtener resultados en menor tiempo y mayor precisión.
- ❖ La valoración económica realizada comprobó que el costo por concepto de tiempo y de consumo sin el programa es de \$4.87 y con el programa es de \$0.72. Lo que representa en una jornada laboral de 8 horas \$33.3 ahorrado.
- ❖ Se evidenció que la principal forma de contaminación ambiental de los tornos es mediante el derrame de líquido refrigerante, aceite, viruta y por ruido.



Conclusiones

- Se confeccionó un algoritmo de programación, el cual fue la base para realización del programa de cálculo para la determinación de parámetros de trabajo en maquinas herramienta tornos convencionales.
- Se verificó que con el uso del programa el cálculo de los parámetros de trabajos en los tornos convencionales 16k20, 165 y 1M63 se obtienen con mayor rapidez y exactitud.
- El programa puede ser ejecutado en cualquier computadora con sistema operativo Windows instalado.
- Se comprobó que al realizar los cálculos, sin el uso del programa que el costo por concepto de tiempo y consumo eléctrico es de \$ 4.87 mientras haciendo uso del mismo este costo se reduce a \$ 0.72 reportando un ahorro de \$ 4.15. Lo que representa en una jornada laboral de 8 horas \$33.3 ahorrado.
- Se mostraron los efectos nocivos que tienen las máquinas herramienta tornos convencionales sobre el ser humano y el medio ambiente en general.



Recomendaciones

- Introducir el programa dentro del proceso docente, así como en los trabajos de investigación.
- Continuar desarrollando el programa con el fin de introducirle nuevas máquinas herramienta convencionales.
- Agregarle al programa una sección gráfica donde el usuario pueda observar el estado de la pieza mientras se maquinada.
- Utilizar este trabajo de diploma como material bibliográfico en la asignatura de máquinas herramienta.



Bibliografía

- ALVARADO, O. G.; MARINOV, Z.: *Diseño y Construcción de herramientas de corte*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983.
- BARBASHOV, F. A. *Manual del fresador*. Moscú: Editorial Mir, 1981.
- FERRER, E.; PILOTO, N. *Teoría del corte de los metales*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983.
- FESHSENKOV, F.; MATMUTOV. *El Torneado*. Moscú: Editorial Mir, 1983.
- GORDON, M.J. *The Denotational Description of Programming Languages*. Nueva York: Springer-Verlag, 1979.
- GELERNTER, D. *El estudio del Talmud*. New Haven: Universidad de Yale, 2002.
- KNUTH, D. E. The Remaining Trouble Spots in Algol 60. *Communications of the ACM*, 1967, 10(10): 611-617
- Lenguajes de programación. [en línea]. [Consultado: 20090516]. Disponible en: <http://www.lenguajes-de-programacion.com/lenguajes-de-programacion.shtml>
- Máquinas Herramientas controladas por Computadora. [en línea]. [Consultado: 20090516]. Disponible en: http://www.delorenzo.com.mx/esp/prods/mecatronica/cnc/control_pc.htm
- NAUER, P. Report on the Algorithmic Language Algol 60. *Communications of the ACM*, 1963, 6(1): 117
- NEFIODOV, N; OSIPOV, K. *Problemas y ejemplos de corte de metales y herramientas cortantes*. Moscú: Editorial Mir, 1980.
- NIKOLAEV, A. *Máquinas herramientas Tomo I*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1979.
- VINNIKOV, I.S; FRENKEL, M. I. *Trabajo en las máquinas de taladrar*. Moscú: Editorial Mir



WIRTH, N. An Assessment of the Programming Language Pascal, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 1975: 611-617

Anexo 1

Tabla 2.1 Exponentes de corrección según Velocidad, profundidad y durabilidad relativa.

Metal a elaborar	Características de la elaboración y material de la herramienta	Cv	Xv	Yv	m
Acero al carbono	TK	227	0,15	0,35	0,2
		221	0,15	0,45	0,2
Hierro fundido	Carburo metálico BK	243	0,15	0,4	0,2

Tabla 2.2 Valores del coeficiente Kmv

Acero de construcción al carbono	σ , en kgf/mm ²							
	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120
Coeficiente Kmv	2,2	1,6	1,25	1,0	0,83	0,71	0,61	0,53
Hierro Fundido	HB							
	110-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260
Coeficiente Kmv	2,66	1,94	1,50	1,20	1,00	0,85	0,72	0,63

Tabla 2.3 Valores del coeficiente Kev.

Estado del metal	Laminado en frío	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Coeficiente Kev	1,1	1,0	0,95	0,9

Tabla 2.4 Valores del coeficiente Ksv.

Acero	Hierro fundido						
	Sin óxido	Con óxido	Sin costra	Con costra	HB 160	160-200	HB 200
Coeficiente Ksv	1,0	0,9	1	Ksv	0,7	0,8	0,9

Tabla 2.5 Valores del coeficiente Kcv.

Marca del carburo metálico	T5 K 10	T 15 K 6	T 30 K 4	-----
Coeficiente Kcv	1,0	1,54	2,15	-----
Marca del carburo metálico	BK 2	BK 3	BK 6	BK 8
Coeficiente Kcv	1,2	1,15	1,0	0,83

Marca de aceros rápidos para herramientas de corte	P 9	P18	—	Y 10 A Y12 A
Coeficiente K _{cv}	1	1	0,5	0,5

Tabla 2.6 Valores del coeficiente K_{φv}.

Angulo φ	10	20	30	45	60	70	90
K _{φv} para la elaboración de aceros	1,55	1,3	1,13	1,0	0,92	0,86	0,81
K _{φv} para elaboración de hierro fundido	1,68	1,4	1,2	1,0	0,88	0,83	0,73

Tabla 2.7 Valores del coeficiente K_{φ₁v}.

Angulo secundario de posición	10	15	20	30	45
Coeficiente φ ₁	1,0	0,97	0,94	0,91	0,87

Tabla 2.8 Valores del coeficiente K_{rv}.

Metal elaborar	Carácter de la elaboración	Radio r de la punta de la herramienta, en mm			
		1	2	3	4
		Coeficiente K _{rv}			
Acero	Pieza bruta	0,94	1,0	1,03	-----
	Semiacabada	0,86	1,0	1,09	1,21
Hierro Fundido	Pieza bruta	0,9	1,0	1,06	-----
	Semiacabada	0,94	1,0	1,03	1,07

Tabla 2.9 Valores del coeficiente K_{Yv}.

Forma de la superficie de ataque		
Superficie de ataque positiva	Superficie de ataque con fase negativa	Superficie de ataque negativa
Coeficiente K _v		
0,87	1,0	1,05

Tabla 2.10 Valores del coeficiente Khfv.

Magnitud del desgaste h1 en mm	0,8-1,0	1,5	2
Coeficiente Khfv	1,0	1,1	1,2

Anexo 2

Tabla. 2.11. Coeficiente CF y exponentes de grado XFz y YFz

Tipo de Herramienta	Material de la herramienta	Metal a elaborar								
		Acero al carbono			Hierro Fundido Maleable			Hierro Fundido Gris		
Cuchilla de Tornear	Acero Rápido	Propiedades Mecánicas								
		= 75 kgf/mm ²			HB 150			HB 190		
		CFz	XFz	YFz	CFz	XFz	YFz	CFz	XFz	YFz
	Acero Rápido	225	1,0	0,75	103	1,0	0,75	98	1,0	0,75
	Carburo metálico	300	1,0	0,75	81	1,0	0,75	92	1,0	0,75

Tabla. 2.12. Coeficiente de corrección para la fuerza de corte FZ.

Acero										
Resistencia a la tracción kgf/mm ²	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-110	110-120	
Coeficiente KmF	0,69	0,76	0,82	0,89	1,00	1,1	1,18	1,28	1,36	
Hierro Fundido Maleable										
Dureza Brinell HB	100-120		120-140		140-160		160-180		180-200	
Coeficiente KmF	0,84		0,92		1,00		1,07		1,14	
Hierro Fundido Gris										
Dureza Brinell HB	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260	
Coeficiente KmF	0,67	0,74	0,81	0,88	0,94	1,00	1,06	1,12	1,17	

Tabla. 2.13. Dependencia del ángulo principal de posición ϕ .

Metal a elaborar	Ángulo principal de posición ϕ en grados						
	10	20	30	45	60	70	90
	Coeficientes						
Acero	1,32	1,16	1,08	1,00	0,98	1,03	1,08
Hierro Fundido	-----	-----	1,05	1,00	0,96	0,94	0,92

Tabla. 2.14. Dependencia del ángulo de ataque γ en grado.

Ángulo de ataque	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30
Coeficiente KF γ	1,4	1,3	1,23	1,13	1,06	1	0,94	0,89	0,83	0,77

Tabla. 2.15. Dependencia del ángulo de redondeamiento de la punta de la cuchilla r.

Metal a elaborar	Radio de redondeamiento de la punta r en mm					
	Coeficiente KrF					
	0,5	1,0	1,5	2	3	4
Acero	0,87	0,93	0,97	1,00	1,04	1,10
Hierro Fundido	0,91	0,95	0,98	1,00	1,03	1,07

Tabla. 2.16. Dependencia del desgaste en la superficie de incidencia hF.

Metal a elaborar	Herramienta de acero rápido			Herramienta de carburo metálico		
	Desgaste de la cuchilla en mm					
	4,0	2,0	1,0	0,5	0,8-1	1,5-2,0
	Coeficiente KhfF					
Acero	---	1,0	0,95	0,93	1,0	1,05
Fundición gris	1,0	0,83	0,82	-----	1,0	1,05

Tabla. 2.17. Dependencia de los líquidos lubrico-refrigerantes.

Líquidos lubrico refrigerante	Coeficiente KLF
En seco	1,0
Emulsión	0,9
Aceite Mineral	0,9
Aceite sulfurado	0,8
Aceite Vegetal	0,7

Tabla. 2.18. Dependencia de la velocidad de corte.

Metal a elaborar	Velocidad de corte V en m/min							
	50	100	150	200	250	300	400	500
	Coeficiente KVF							
Acero	1,00	0,89	0,83	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67
Hierro Fundido	1,00	0,98	0,90	0,86	0,83	0,80	-----	-----

Tabla 2.19. Avances para el cilindrado (exterior) de desbaste en aceros con cuchillas de carburos cementadas.

Vástago de la cuchilla mm	Diámetro de la pieza en mm	Avance en mm/rev según t en mm				
		≤ 3	3 - 5	5 - 8	8 - 12	≥ 12
16 x 25	20	0,3 - 0,4	-	-	-	-
	40	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4	-	-	-
	60	0,5 - 0,7	0,4 - 0,6	0,3 - 0,5	-	-
20 x 30	20	0,3 - 0,4	-	-	-	-
	40	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4	-	-	-
	60	0,6 - 0,7	0,5 - 0,7	0,4 - 0,6	-	-
25 x 25	100	0,8 - 1,0	0,7 - 0,9	0,5 - 0,7	0,4 - 0,7	-
	600	1,2 - 1,4	1,0 - 1,2	0,8 - 1,0	0,6 - 0,9	-
25 x 40	60	0,6 - 0,9	0,5 - 0,8	0,4 - 0,7	-	-
	100	0,8 - 1,0	0,7 - 1,0	0,6 - 0,9	0,5 - 0,7	-

Nota: Durante la elaboración de superficies discontinuas o sea, durante el trabajo con cargas de choque, los valores de avance se debe multiplicar por el coeficiente 0,75 - 0,