

República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Departamento de Mecánica

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

*Título: Implementación de un software para procesos de mecanizado en
máquinas herramienta convencional*

Autor: *Pablo Alberto Pupo Garcell*

Tutores: *Dr.c. Tomás Fernández Columbié.*

Ing. Carlos Guillen Godales

Moa /2012

“Año 54 de la Revolución”



Agradecimientos:

***A mis profesores por los conocimientos transmitidos
durante el desempeño de mi carrera.***

***A mis tutores por confiar en mí en la realización de este
trabajo, al Dr. C. Tomás Fernández Columbié, Al Ing.
Carlos Guillen Godalez y al desaparecido ing. Lino
Montañéz Hernández***

***A mi esposa e hijos que me apoyaron y estuvieron en los
momentos de mi carrera en que mas lo necesitaba.***

A mis amigos que siempre creyeron en mí.

***A los que de una forma u otra me apoyaron y ayudaron en
la realizacion de este trabajo.***

***A la revolucion, por regalarme la oportunidad de
convertirme en profesional .***

A todos

Muchas Gracias.



Dedicatoria:

Quiero dedicar este trabajo a mi esposa e hijos.

A mi madre.

A mis amigos.

***A nuestra revolución, por las posibilidades que me
ofrece.***



Resumen:

Este trabajo consiste en la implementación de un software para el calculo de regimenes de corte durante el mecanizado en máquinas herramienta como tornos, fresadoras, taladradoras, rectificadoras así como generación de la tecnología para el maquinado, adicionalmente cuenta con complementos de mecánica de taller, está elaborado sobre plataforma de programación de FOXPLUS, fue necesario realizar recopilación de mas de 70 bases de datos de revoluciones y avances estándares de las maquinas herramienta antes mencionadas, bases de datos con tiempos auxiliares, características física de materiales, características principales de las diferentes máquinas. Se realizaron además 118 programas y subprogramas. Este trabajo podrá utilizarse como referencia en las asignaturas procesos tecnológicos I y procesos de manufactura del plan de estudio D.



Summary:

This work consists of the implementation of software for the calculation of cutting regimes during machining on machine tools such as lathes, milling machines, drills, grinders and generation for machining technology, has further complements mechanical workshop, is prepared on FOXPLUS programming platform was needed collection of more than 70 databases of revolutions and advances standards for machine tools mentioned above, time databases with auxiliary materials physics characteristics, features of the different machines. There were also 118 programs and subprograms. This work may be referenced in the subjects I process technology and manufacturing processes of the study plan D.



TABLA DE CONTENIDOS

SÍNTESIS	Pág
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Introducción.	5
1.2. Proceso de mecanizado por arranque de virutas.	5
1.3. Generalidades sobre la programación.	10
1.3.1. Programación de alto nivel y bajo nivel	14
1.3.2. Elegir el lenguaje de programación adecuado y aprender a usarlo.	14
1.3.3. Los algoritmos.	15
1.4. Programación en Maquinas Herramienta.	16
1.5. Los programas computacionales	18
1.5.1. Sistema operativo.	19
1.5.2. Software de aplicación.	20
1.5.3. Clasificación de software.	21
1.5.4. Conclusiones del capítulo 1	23
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	
2.1. Introducción.	24
2.2. Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo de tornos convencionales.	24
2.2.1. Avance	25
2.2.2. Profundidad de corte.	25
2.2.3. Frecuencia de rotación del husillo.	25
2.2.4. Velocidad de corte	26
2.2.5. Cálculo de tiempo de mecanizado en torno	27
2.2.6. Algoritmos de los regímenes de corte en tornos.	28
2.3. Metodología de cálculo para determinar los parámetros de trabajo en fresadoras convencionales.	35
2.3.1. Elementos de regímenes de corte durante el fresado.	37
2.3.2. Avances.	38



2.3.3. Profundidad de fresado..	37
2.3.4. Tiempo de mecanizado durante el fresado.	37
2.4. Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo en rectificadoras convencionales.	38
2.4.1. Fuerza de corte y potencia durante el rectificado.	38
2.4.2. Regimenes de corte durante el rectificado.	39
2.4.3. Velocidad periférica o Circunferencial de la pieza.	39
2.4.4 Profundidad de rectificado S_t (Avance transversal).	40
2.4.5 Avance axial.	40
2.4.6 Fórmulas para determinar el tiempo de maquinado (t_m) de los principales tipos de rectificadores.	40
2.5 Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo para el taladrado.	41
2.5.1 Número de frecuencia de rotación de la herramienta.	41
2.5.2 Velocidad de corte.	41
2.5.3 Avance .	41
2.5.4 Espesor de corte .	41
2.5.5 Ancho de corte.	41
2.5.6 Área de la sección transversal de corte por el borde cortante.	41
2.5.7 Profundidad de corte (t)..	42
2.5.8 Tiempo principal en el taladrado y retaladrado.	43
2.6 Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos.	44
2.6.1 Elementos a tener en cuenta para la elaboración de la documentación tecnológica.	45
2.7. Conclusiones del capítulo 2	46
CAPÍTULO 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN	
3.1. Introducción.	47
3.1.1. Software empleado para realizar el programa.	47
3.1.2. Como utilizar el software.	47



3.1.3. Valoración económica.	56
3.1.4. Impacto ambiental.	58
3.1.5. Contaminación acústica.	60
3.2. Conclusiones del capítulo 3.	61
CONCLUSIONES GENERALES	63
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS.	

INTRODUCCIÓN

Una de las vías de investigación más importantes en los procesos de mecanizado en general es aquella que trata de establecer un modelo que consiga las relaciones entre las diferentes variables que intervienen en el proceso. La combinación de ensayos experimentales junto a la modelización analítica y numérica (Elementos finitos) permite una mayor comprensión y dominio de dicho proceso, ayudando notablemente en la selección de condiciones de corte, ejemplo, en la elección de la geometría de la herramienta.

El mecanizado es uno de los procesos de fabricación más utilizados en la actualidad especialmente en campos como el automovilismo, la aeronáutica y la empresa metal mecánica. Por este motivo el estudio sobre estos procesos de eliminación de materiales está en auge en la industria moderna (Kalpakjian et al., 2002).

A pesar de los avances realizados en este campo, todavía existen carencias en las empresas con respecto a la simulación de los procesos de mecanizado y elaboración de las tecnologías para la fabricación de piezas en máquinas herramienta convencionales. En una industria es fundamental predecir el comportamiento de diferentes máquinas de corte aplicadas sobre diferentes materiales. Esta predicción ofrece una manera fácil y económica de ahorrar tiempo, dinero y materiales en los prototipos (Astrom, 2004).

Dada la naturaleza amplia de la ciencia de corte de los metales, un estudio sobre este tema puede ser abordado desde muchas perspectivas, como el material de la pieza a fabricar, las características de la herramienta, la temperatura y fuerzas en la zona de corte, la velocidad de corte, la cantidad y tipo de virutas generada, la rugosidad obtenida, o bien la combinación de todos ellos (Baker, 2002).

El análisis de los procesos de mecanizado enfocados a las predicciones del comportamiento del proceso se realiza principalmente mediante software (Ozel, 2005), que permite la resolución de una serie de ecuaciones, establecer las pautas del comportamiento de los metales frente a un proceso de mecanizado.



La principal motivación de un estudio en el amplio uso del mecanizado en la industria actual y la necesidad de optimizar este proceso. Consecuentemente, la posibilidad de obtener resultados fiables para la predicción de diferentes procesos es fundamental para la mejora de la etapa de experimentación, que consume tiempo y costos. Poder conocer los datos sobre temperatura y fuerzas de corte antes de realizar el proceso real, resultara muy útil para predecir el comportamiento de los materiales, tanto de la pieza a mecanizar como la herramienta.

La **situación problemática** de la investigación la constituye: En las asignaturas de procesos tecnológicos (I), procesos de manufactura del programa de estudio de ingeniería mecánica del plan D, actualmente se determinan los regímenes de corte de piezas de forma manual, con un mayor empleo de tiempo y por consiguiente un incremento de la explicación oral así con un alto índice de error en los cálculos, por esta razón se hace necesario elaborar un software para la automatización de los mismos, de esta forma ganar en tiempo y confiabilidad y adicionalmente humanizar el trabajo. Actualmente existe software de cálculo para determinar parámetros de trabajo para máquinas herramienta CNC y para máquina herramienta tipo torno, que no incluye las demás operaciones como, fresadoras, taladradora, rectificadora y complemento de mecánico de taller.

El problema a investigar lo constituye: Inexistencia de un software de cálculo y generación de tecnología para maquinado en el ISMM que permita determinar de manera sencilla los regímenes de trabajo en máquinas herramienta convencionales.

Como **objeto de la investigación** se establece: Software para el cálculo y generación de tecnología para el maquinado en máquinas herramienta convencionales.

Campo de acción: Tornos, fresadoras, taladradoras, rectificadoras y complementos de mecánica de taller.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente hipótesis: Con la implementación del software para la elaboración de la tecnología para el maquinado y los cálculos de regímenes de corte, se podrá obtener de manera rápida y sencilla como documentación de salida, la tecnología para la fabricación de piezas y los valores de regímenes de trabajo, regímenes de corte, velocidad de corte, avances, número de



pasadas y tiempos de fabricación y auxiliares en: tornos, fresadoras, taladradoras, rectificadoras y complementos de mecánica de taller y por consiguiente dar solución a las asignaturas procesos tecnológicos (I) y proceso de manufactura del plan de estudio D.

A partir de la hipótesis planteada, se define como **objetivo del trabajo**: Elaborar un software para la elaboración automatizada de las tecnologías para el maquinado de piezas y obtener como documentación de salida y final la Cartas teológicas para el mecanizado de piezas que contará con los regímenes de trabajo en máquinas herramienta convencionales: tornos, fresadoras, taladradoras, rectificadoras y complementos de mecánica de taller.

Y se define como **objetivos específicos** los siguientes:

1. Elaborar base de datos con las diferentes herramientas que se utilizaran durante el proceso de mecanizado.
2. Establecer bases de datos que contengan los valores de los regímenes de elaboración estándares de avance y número de revoluciones de las diferentes máquinas herramienta que se incluirán en el software.
3. Elaborar con la utilización del paquete de software FOXPLUS 2.0. programa para la obtención de la carta tecnológica para el maquinado la que contendrá los valores de régimen de corte y tiempos de mecanizado (T_p) auxiliares para la fabricación de la pieza.
4. Fundamentar los resultados obtenidos del problema propuesto, así como la valoración económica y su incidencia en el medio ambiente.

Para logra el cumplimiento del objetivo propuesto, se plantean las siguientes **tareas de trabajo**

1. Establecimiento del estado del arte y sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio.



2. Realizar la elaboración del algoritmo de trabajo que permitan determinar los parámetros tecnológicos de las máquinas herramienta, tornos, fresadoras, rectificadoras, taladradoras y complementos de mecánica de taller.
3. Digitalización del programa de elaboración de tecnología empleando el software del paquete FOXPLUS 2.0.
4. Análisis de los resultados y fundamentación del software TECNOSOFT.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1 Introducción

El inicio del mecanizado se puede situar en el siglo XVIII cuando se aplicaba este proceso sobre madera aunque de manera limitada. No fue hasta principios del siglo XIX cuando se comenzó a expandir el uso del mecanizado sobre aceros gracias a la revolución industrial y al desarrollo de las máquinas de vapor (Shaw, 1984). A pesar del amplio despliegue de talleres y de nueva maquinaria durante este siglo, la remoción de material constituía un gran esfuerzo y un simple trabajo podía llevar una jornada completa.

Este capítulo tiene como **objetivo**: realizar un análisis bibliográfico que permita dar una información detallada acerca del surgimiento de las máquinas herramienta y su evolución dentro del proceso industrial.

1.2. Procesos de mecanizado por arranque de virutas

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 máquinas herramienta convencionales las cuales son muy utilizadas en la industria mecánica, estas máquinas han ido evolucionando según las necesidades del hombre al pasar de los años con el fin de explotar al máximo sus capacidades de trabajo.

A pesar de los avances realizados en este campo, todavía existen carencias en las empresas con respecto a la simulación de los procesos de mecanizado. En una industria competitiva es fundamental predecir el comportamiento de diferentes máquinas de corte aplicadas sobre diferentes materiales. Esta predicción ofrece una manera fácil y económica de ahorrar tiempo, dinero y material en los prototipos (Ästrom, 2004).

Existen una gran variedad de máquinas herramienta convencionales, destinadas a realizar diversas operaciones de maquinado tales como: cilindrado, refrentado, fresado, taladrado, retaladrado y rectificado. Dentro de las máquinas herramienta

convencionales se encuentran los tornos, fresadoras, cortadoras, taladradoras, talladoras, sierras de corte.

Los primeros estudios sobre los procesos de mecanizado son atribuidos a Cocquilhat en 1851 determinando la cantidad de trabajo requerido para remover un volumen concreto de material en la operación de Taladrado. J. Time explicó en 1870 el proceso de formación de viruta, complementado con los estudios de Tresca en 1873. Muy destacable es la aportación de Mallock en 1881 y sus teorías sobre la formación de la viruta por cizallamiento, el efecto de la fricción sobre la herramienta y los efectos de los lubricantes.

Sin embargo el primer análisis detallado del mecanismo de formación de viruta es debido a Piispanen (1948); este modelo es conocido como el modelo de plano de deslizamiento (Sebastián, 2007).

En la feria de París de 1900 se dio a conocer el que sin duda sería el precursor del mecanizado actual Frederick Taylor, quien presentó un mecanizado a gran velocidad en el que la herramienta no perdía sus propiedades ni en condiciones de altas temperaturas.

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 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 portaherramientas y la incorporación de husillos roscados y 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 herramienta y un sistema de cambio automático de las mismas, de forma que el control numérico ordena las posiciones y trayectorias de las piezas y herramienta, velocidades de avance, giro de herramienta 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 herramienta (Fernández, 2004).

1.3 Generalidades sobre la programación

Considera (Guerrero, 1984), que el mundo de la programación es muy abarcador hoy en día y utilizado en muchas de las ramas de la ciencia y la tecnología. La ciencia informática es la ciencia del soporte lógico o *software*. Aún no se tienen claros los límites y métodos de esta ciencia.

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.

Autores como Crane, (1981); Ignatyev, (1969).; consideran que los 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.

El Algol 60 es un lenguaje de programación importante desarrollado 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. 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» (Nauer, 1963)

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.

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 no estaba totalmente desarrollada. En su mayor parte, las 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 (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 y realizar pequeños programas que además de suponer un intelectual 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 (Internet).

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 (Internet).

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

1.3.2 Elegir el lenguaje de programación 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 acostumbrándonos a programar desde un principio con un lenguaje que tenga la flexibilidad suficiente para adaptarse a la mayoría de los problemas.

Se recomienda la utilización del FOXPRO 2.6 1986 - 1984 como lenguaje de programación de alto nivel. Resulta muy aconsejable para los principiantes el FOXPRO 2.6, ya que es un lenguaje muy orientado a la gestión de bases de datos y no presenta demasiados problemas a la hora de realizar las aplicaciones.

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 esta 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**: del cual ponemos un ejemplo. La parte que controla las teclas que se pulsan 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 al 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, 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.

1.4 Programación en Máquinas Herramienta

La fabricación asistida por computadora, también conocida por las siglas en inglés CAM (Computer Aided Manufacturing), implica el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en todas las fases de la manufactura de un producto, incluyendo la planificación del proceso y la producción, mecanizado, calendarización, administración y control de calidad, con una intervención del operario mínima.

Debido a sus ventajas, se suele combinar el diseño y la fabricación asistidos por computadora en los sistemas CAD/CAM. Esta combinación permite la transferencia de información desde la etapa de diseño a la etapa de planificación para la fabricación de un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza. La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de materiales y las pruebas e inspecciones automatizadas para establecer la calidad del producto. (Internet).

Una función de CAD/CAM importante en operaciones de mecanizado es la posibilidad de describir la trayectoria de la herramienta para diversas operaciones, como por ejemplo torneada, fresado y taladrado con control numérico. Las instrucciones o

programas se generan en computadora, y pueden modificar el programador para optimizar la trayectoria de las herramientas. El ingeniero o el técnico pueden entonces mostrar y comprobar visualmente si la trayectoria tiene posibles colisiones con prensas, soportes u otros objetos.

En cualquier momento es posible modificar la trayectoria de la herramienta para tener en cuenta otras formas de piezas que se vayan a mecanizar. También, los sistemas CAD/CAM son capaces de codificar y clasificar las piezas que tengan formas semejantes en grupos, mediante codificación alfanumérica.

Algunos ejemplos de CAM son: el fresado programado por control numérico, la realización de agujeros en circuitos automáticamente por un robot, y la soldadura automática de componentes SMD en una planta de montaje.

El surgimiento del CAD/CAM ha tenido un gran impacto en la manufactura al normalizar el desarrollo de los productos y reducir los esfuerzos en el diseño, pruebas y trabajo con prototipos. Esto ha hecho posible reducir los costos de forma importante, y mejorar la productividad. Por ejemplo, el avión bimotor de pasajeros Boeing 777 fue diseñado en su totalidad en computadora con 2000 estaciones de trabajo conectadas a ocho computadoras. Este avión se construye de forma directa con los programas CAD/CAM desarrollados (y el sistema ampliado CATIA), y no se construyeron prototipos ni simulaciones, como los que se requirieron en los modelos anteriores. El costo de este desarrollo fue del orden de seis mil millones de dólares.

Algunas aplicaciones características del CAD/CAM son las siguientes:

- ▶ Calendarización para control numérico, control numérico computarizado y robots industriales.
- ▶ Diseño de dados y moldes para fundición en los que, por ejemplo, se reprograman tolerancias de contracción.
- ▶ Datos para operaciones de trabajo de metales, por ejemplo, dados complicados para formado de láminas, y dados progresivos para estampado.
- ▶ Diseño de herramienta y soportes y electrodos para electroerosión.

- ▶ Control de calidad e inspección; por ejemplo, máquinas de medición por coordenadas programadas en una estación de trabajo CAD/CAM.
- ▶ Planeación y calendarización de proceso.
- ▶ Distribución de planta.

Ejemplos de este tipo de software son: WorkNC, Unigraphics, CATIA.

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 metalmecánicas.

La difusión de CAD/CAM en la actualidad está concentrada en firmas consultoras de ingeniería y en algunas empresas metalmecánicas 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 herramienta 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 aceros 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.

1.5 Los programas computacionales

Programas se refiere al equipamiento lógico o soporte lógico de una computadora digital, y comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios para hacer posible la realización de tareas específicas; en contraposición a los componentes físicos del sistema, llamados hardware.

Tales componentes lógicos incluyen, entre muchos otros, aplicaciones informáticas como procesador de textos, que permite al usuario realizar todas las tareas concernientes a edición de textos; software de sistema, tal como un sistema operativo,

que, básicamente, permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando la interacción con los componentes físicos y el resto de las aplicaciones, también provee una interfaz para el usuario. Por tanto se define **software** como el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.

El software 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

Un Sistema operativo (SO) es un software que actúa de interfaz entre los dispositivos de hardware y los programas usados por el usuario para manejar una computadora. Es responsable de gestionar, coordinar las actividades y llevar a cabo el intercambio de los recursos y actúa como estación para las aplicaciones que se ejecutan en la máquina.

En resumen un Sistema operativo, es el software básico que controla una computadora. con 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 (Unidad Central de Procesamiento); 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 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 Clasificación del software

El software se puede clasificar en tres grandes tipos.

Software de sistema: Su objetivo es desvincular adecuadamente al usuario y al programador de los detalles de la computadora en particular que se use, aislándolo especialmente del procesamiento referido a las características internas de: memoria, discos, puertos y dispositivos de comunicaciones, impresoras, pantallas, teclados. El software de sistema le procura al usuario y programador adecuadas interfaces de alto nivel, herramienta y utilidades de apoyo que permiten su mantenimiento. Incluye entre otros:

- ▶ Sistemas operativos
- ▶ Controladores de dispositivos
- ▶ Herramienta de diagnóstico
- ▶ Herramienta de Corrección y Optimización
- ▶ Servidores
- ▶ Utilidades

Software de programación: Es el conjunto de herramienta que permiten al programador desarrollar programas informáticos, usando diferentes alternativas y lenguajes de programación, de una manera práctica. Incluye entre otros:

- ▶ Editores de texto
- ▶ Compiladores
- ▶ Intérpretes
- ▶ Enlazadores
- ▶ Depuradores
- ▶ Entornos de Desarrollo Integrados (IDE): Agrupan las anteriores herramientas, usualmente en un entorno visual, de forma tal que el programador no necesite introducir múltiples comandos para compilar, interpretar, depurar. Habitualmente cuentan con una avanzada interfaz gráfica de usuario (GUI).



Software de aplicación: Es aquel que permite a los usuarios llevar a cabo una o varias tareas específicas, en cualquier campo de actividad susceptible de ser automatizado o asistido, con especial énfasis en los negocios. Incluye entre otros:

- ▶ Aplicaciones para Control de sistemas y automatización industrial
- ▶ Aplicaciones ofimáticas
- ▶ Software educativo
- ▶ Software empresarial
- ▶ Bases de datos
- ▶ Telecomunicaciones (internet y toda su estructura lógica)
- ▶ Videojuegos
- ▶ Software médico
- ▶ Software de Cálculo Numérico y simbólico.
- ▶ Software de Diseño Asistido (CAD)
- ▶ Software de Control Numérico (CAM)

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 1

1. Los software son el futuro a corto plazo de la industria metalmecánica. Por cuanto nos permitirán realizar varias funciones en un mismo espacio y realizar disímiles operaciones con el mínimo de errores.
2. La aplicación del software nos permitirían realizar fabricaciones de piezas de difícil o imposible realización en máquinas herramienta convencionales, es necesario destacar que el futuro de la fabricación de piezas será inevitablemente en máquinas herramienta CNC.
3. Se definieron generalidades de la programación, tipo de lenguaje de programación a utilizar y como elegirlo para su uso, así como esta a llegado hasta las máquinas herramienta actuales.



CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Introducción

El proceso de mecanizado de metales consiste en el corte con arranque de virutas de la capa excedente de la pieza bruta, con el objetivo de obtener piezas de perfil, tamaño y clase de acabado de la superficie tratada que se necesitan.

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 ordenar 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 recomendados, 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 herramienta convencionales, la cual será utilizada como base del programa.

2.2 Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo en 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), en este caso se emplearán las velocidades de cortes recomendadas en la tabla de los fabricantes de las diferentes herramienta y las recomendadas en el Manual del tornero, los cálculos se realizan con el empleo de las formulas que aparecen en el "Manual del tornero".

2.2.1. Avance

Se entiende por avance o velocidad de avance al desplazamiento del borde de la herramienta en dirección del avance por una revolución de 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 (mm/rev) del eje del cabezal y el porta herramienta, en algunos casos en milímetros por minuto.

Durante el torneado se distingue el avance longitudinal dirigido a lo largo del eje de rotación de la pieza, el avance transversal en dirección perpendicular al eje de la pieza. En el programa para el cálculo de los regímenes de corte objeto de estudio, el se obtiene de forma automática siempre teniendo en cuenta el material, el acabado superficial y el material de la herramienta.

2.2.2 Profundidad de corte

Se denomina a la profundidad de la capa eliminada de la superficie de la pieza en una pasada de la cuchilla, medida en dirección perpendicular a la superficie trabajada y se designa con la letra "t" y se mide en milímetros. Durante el torneado longitudinal la profundidad de corte se determina como la magnitud de la diferencia entre el diámetro de la pieza bruta "D" (Superficie de trabajo) y el diámetro de superficie mecanizada (Denezhni, 1976).

Formula general

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

Donde:

t : Profundidad de corte

D : Diámetro del semiproducto

d : Diámetro de la pieza

Durante el mandrinado: la profundidad de corte es igual a la mitad de la diferencia entre el diámetro del orificio después del maquinado y el diámetro del orificio antes del maquinado. (Denezhni, 1976).

Durante el refrentado: la profundidad de corte es igual a la dimensión de la capa que se corta, medida en dirección perpendicular a la cara trabajada.

Durante el tronzado y acanalado la profundidad de corte es igual al ancho de la ranura formada por las cuchilla. (Denezhni, 1976).

2.2.3 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. (Denezhni, 1976).

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

Donde:

1000= Factor de conversión.

D : Diámetro a mecanizar.

V_c : Velocidad de corte recomendada en función del material y el avance.

2.2.4 Velocidad de corte

Es el recorrido que hace la herramienta desde la superficie de corte mas alejado del eje de rotación con relación al borde de corte de la cuchilla por unidad de tiempo (m/min). La velocidad de corte depende de la frecuencia de rotación y del diámetro de la pieza. Cuanto mayor sea el diámetro (D) de esta, tanto mas alta será la velocidad de corte con una misma frecuencia de rotación. (Denezhni, 1976).

Se toma la velocidad de corte recomendada por el fabricante de la herramienta las características físicas del material a mecanizar, la velocidad de corte real depende del resultado del cálculo del número de revoluciones por minutos (rev/min) empírico, una vez obtenido el valor de rev/min, este es comparado con el valor real más próximo con que cuenta el torno, por exceso o por defecto y con este valor, se calcula la velocidad de corte real es decir V_{real} , el valor empírico de velocidad de corte se obtiene de las propuestas que aparecen en el manual del tronero.

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 esta 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. (Denezhni, 1976).

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

Donde:

V_c : Velocidad de corte recomendada en función del material y el avance.

π : Constante matemática.

D : Diámetro a mecanizar; mm

n : Número de revoluciones por minuto; rev/min

2.2.5 Cálculo del tiempo de mecanizado en torno

Es el tiempo invertido en la ejecución de una transición.

$$T_m = \frac{L + y}{n \cdot S} \cdot i; \text{min} \quad (\text{Cilindrado no pasante}) \quad (2.4)$$

Donde:

T_m : Tiempo de mecanizado

L : Longitud de la carrera de la herramienta.

i : Número de pasadas.

n : Frecuencia de rotación.

S : Avance.

y : Longitud de entrada de la herramienta

Donde

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{min} \quad (\text{Cilindrado pasante}) \quad (2.5)$$

$$L = l + y + \Delta \quad (2.6)$$

Donde:

l : Longitud total de la superficie a mecanizar.

i : Número de pasadas.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i; \text{mm} \quad (\text{Refrentado}) \quad (2.7)$$

$$L = \frac{D}{2} + y + \Delta; \text{mm} \quad (2.8)$$

Para todos los casos:

$$y = t \cdot \cot \varphi; \text{mm} \quad (2.9)$$

Donde:

D : Diámetro del semiproducto; mm.

y : Longitud de entrada de la cuchilla; mm

$\Delta = 1...3$ Longitud de salida de la cuchilla

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

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.

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

Se mantienen todos los regímenes de corte calculados.

$$T_m = \frac{L + l_1}{n \cdot p} \cdot i; \text{min} \quad (2.10)$$

$i = 3...6$ L = longitud de rosca

P = Paso $l_1 = i \cdot P$

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

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

Para paso de rosca $\geq 2.5; 3; 3.5; 4$ $i = 6$.

En el taladrado y retaladrado: regimenes de corte para taladrar, la profundidad de corte (t) en el taladrado es la mitad del diámetro de la broca y, al retaladrar, la mitad de la diferencia de los diámetros antes y después del taladrado (Denezhni, 1976).

Los demás datos de regimenes de corte se obtienen de la misma forma que para el torneado utilizando la formula general de (V, s y n); así como los valores propuestos por el fabricante de la herramienta de corte.

Para el cálculo de la profundidad de corte de el taladrado y retaladrado se emplean las formulas que abajo aparecen

$$t = \frac{D}{2}; \text{mm} \quad (\text{taladrado}) \quad (2.11)$$

$$t = \frac{D - d}{2}; \text{mm} \quad (\text{retaladrado}) \quad (2.12)$$

Tiempo de mecanizado durante el taladrado y retaladrado

$$t_m = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i; \text{min} \quad (2.13)$$



$$L = \frac{l + l_1 + l_2}{n \cdot S} \quad (2.14)$$

Donde:

L: Profundidad 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

Abajo se muestran los algoritmos de cálculo del programa para máquinas herramienta convencionales, para su mejor entendimiento es necesario tener en cuenta la leyenda que se muestra a continuación.

2.2.6. Algoritmos de los regimenes de corte en tornos.

Para las transiciones Cilindrado, Roscado, Taladrado, mandrilado en tornos.

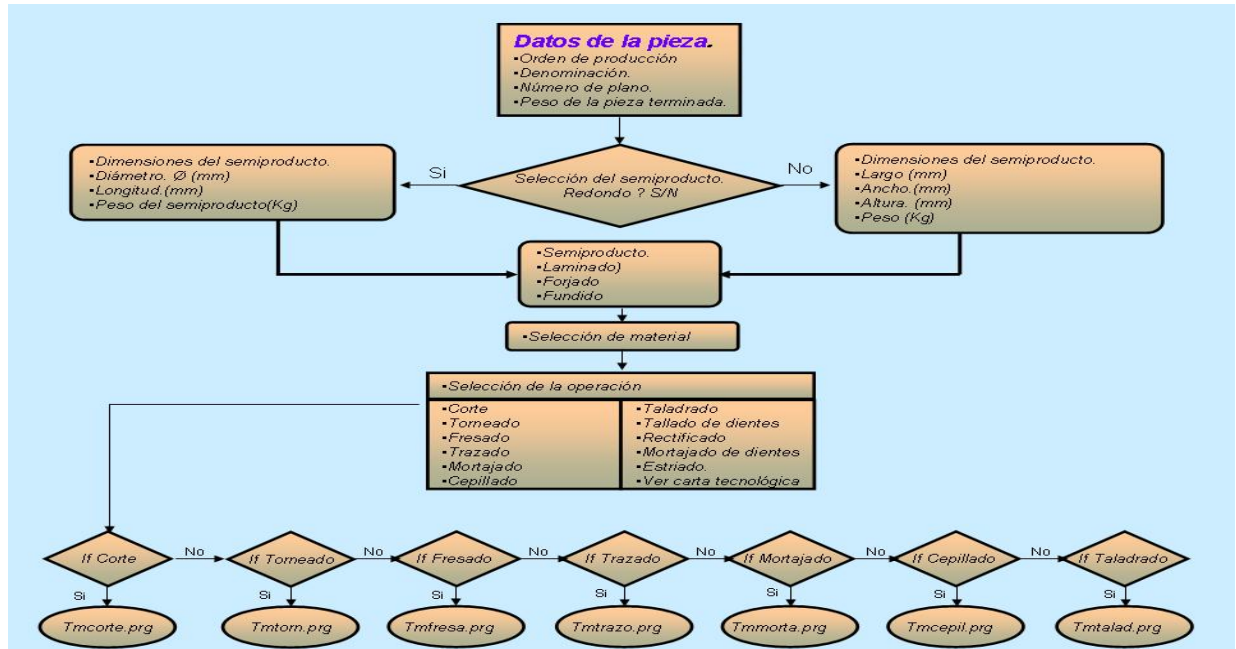


Figura 1. Algoritmos para la entrada de datos iniciales y selección de las operaciones en el sistema.

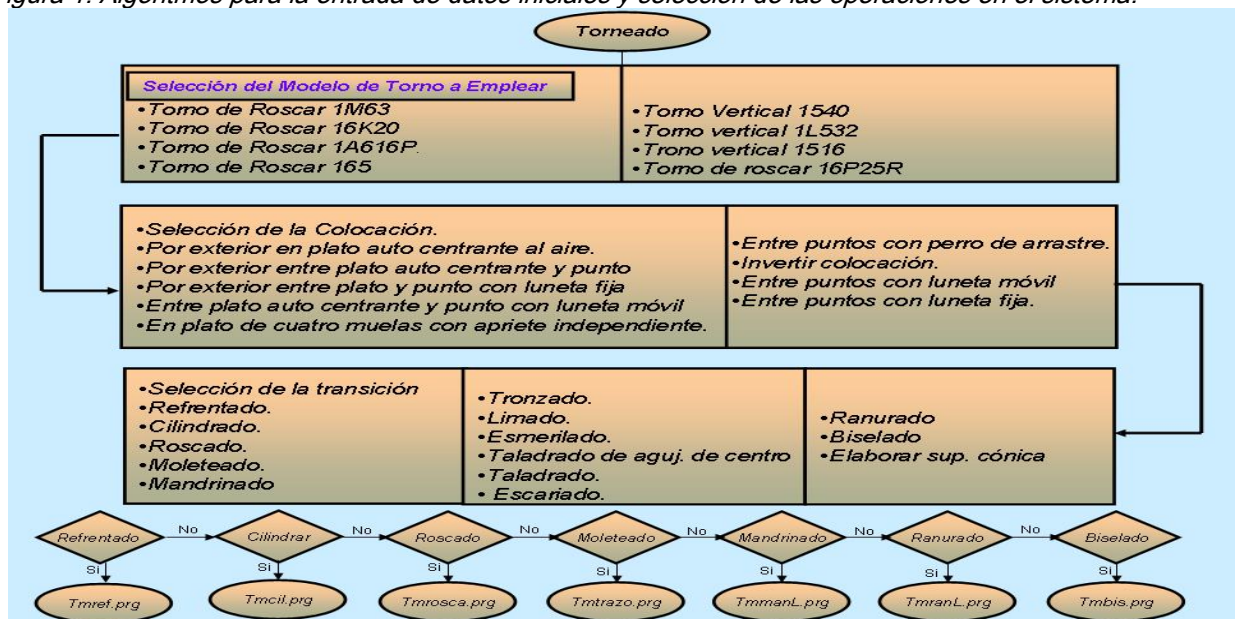


Figura 2. Algoritmo para la selección de la máquina herramienta (torno), colocación y transición deseada.

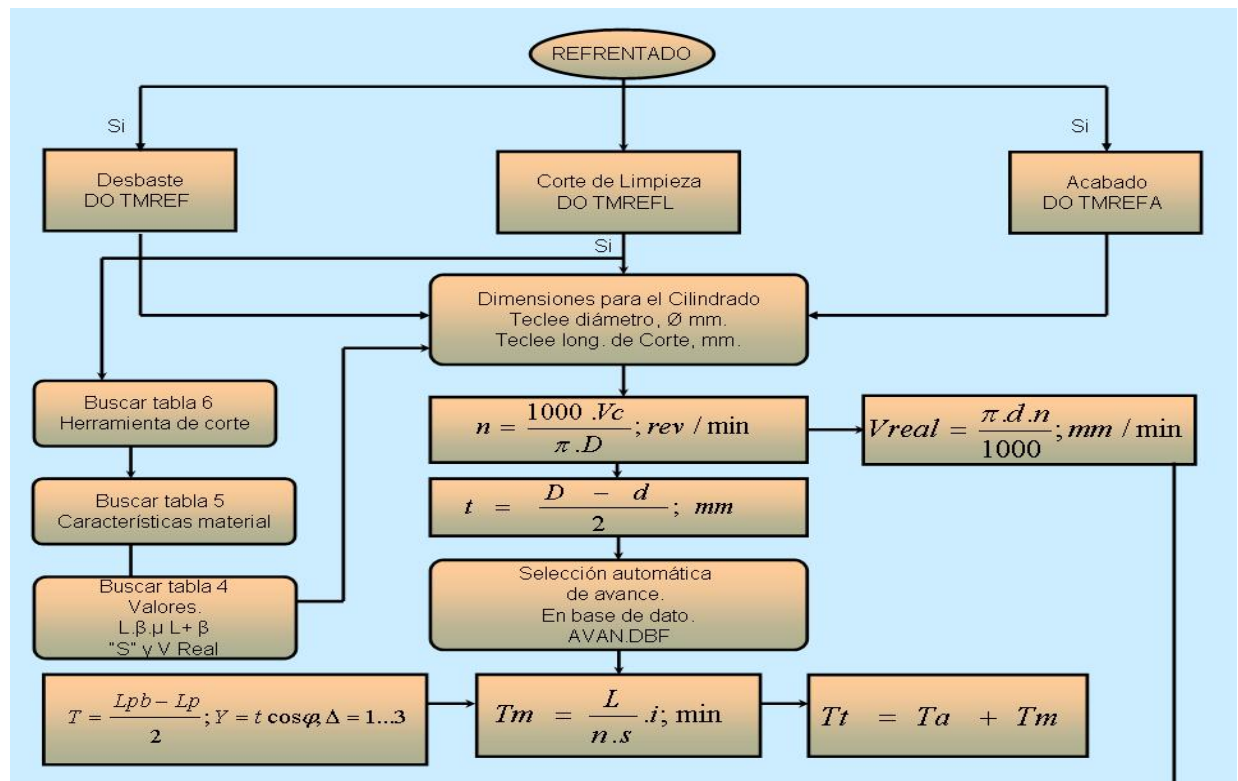


Figura 3. Algoritmo para la transición de refrentado.

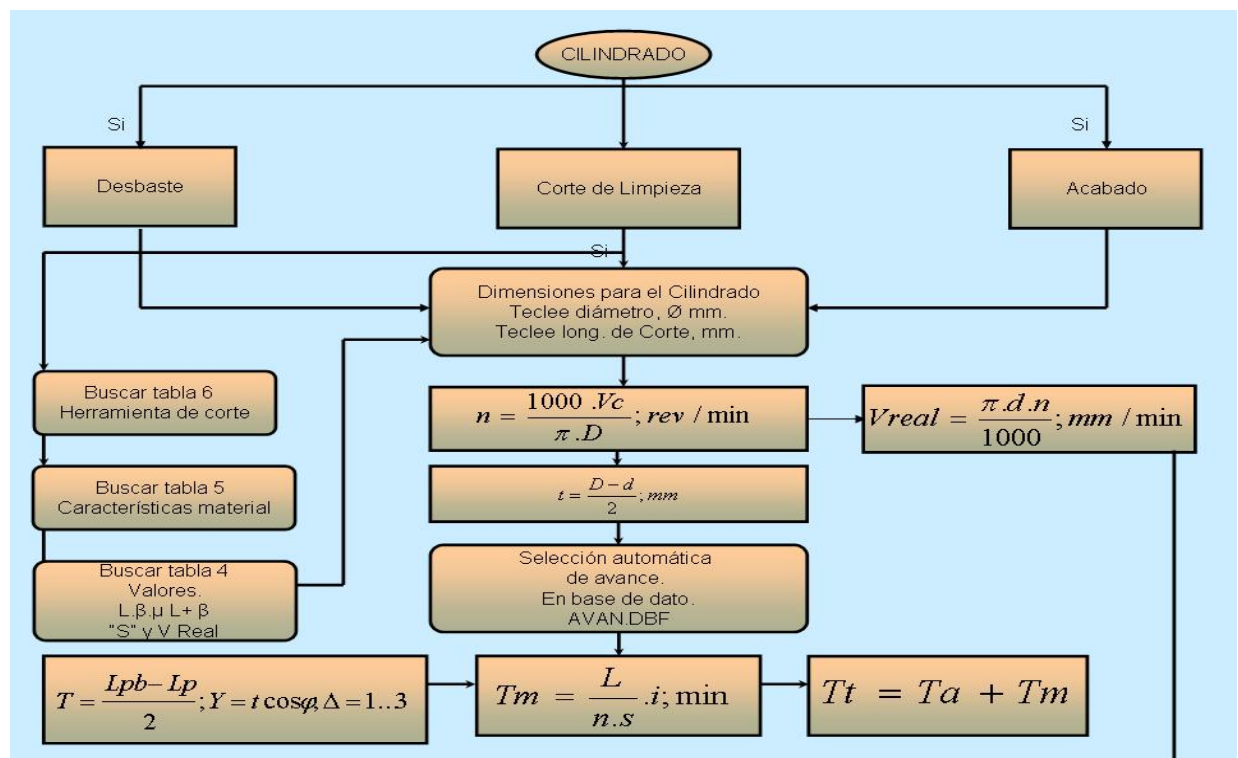
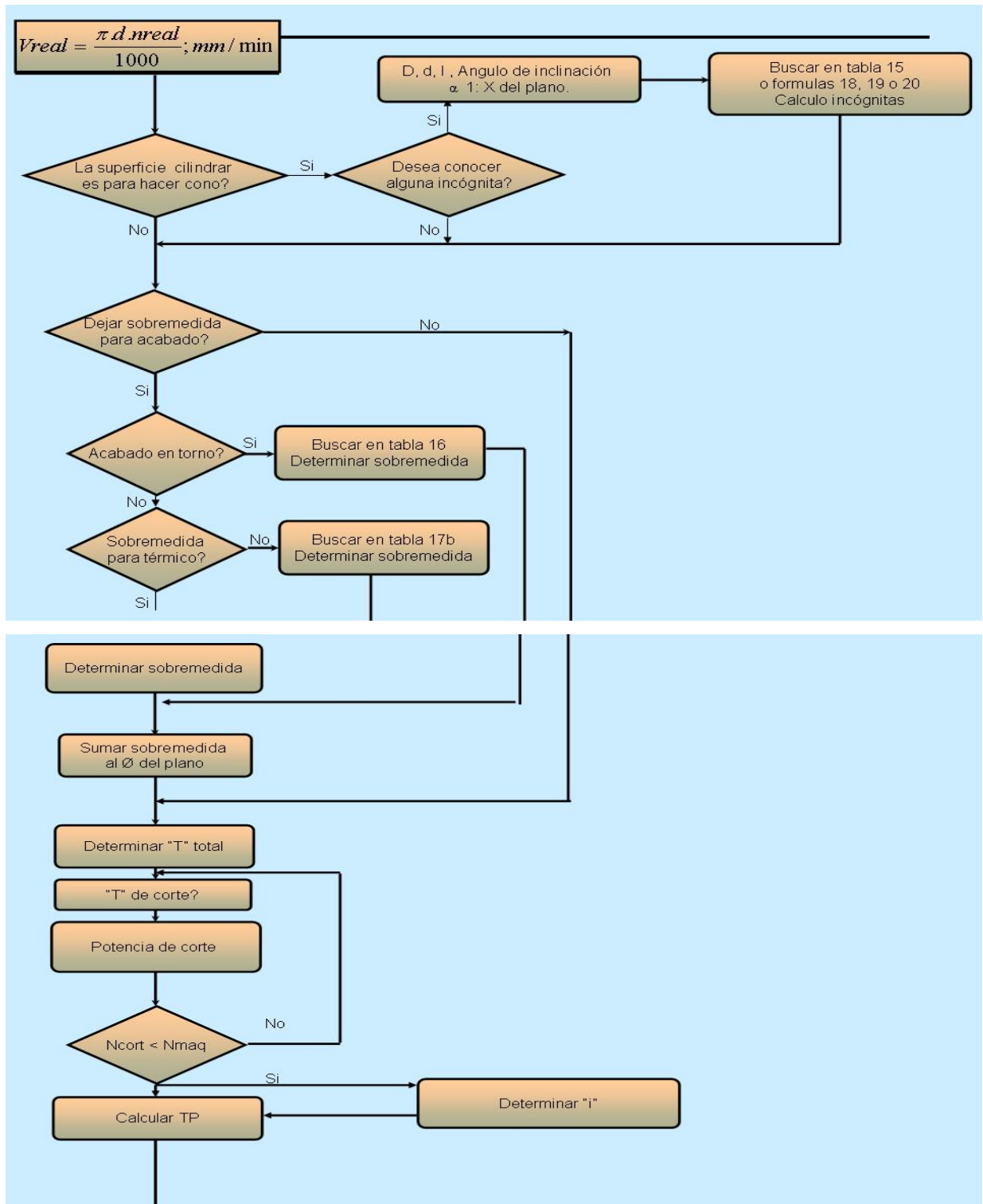


Figura 4. Algoritmo para la transición de cilindrado.



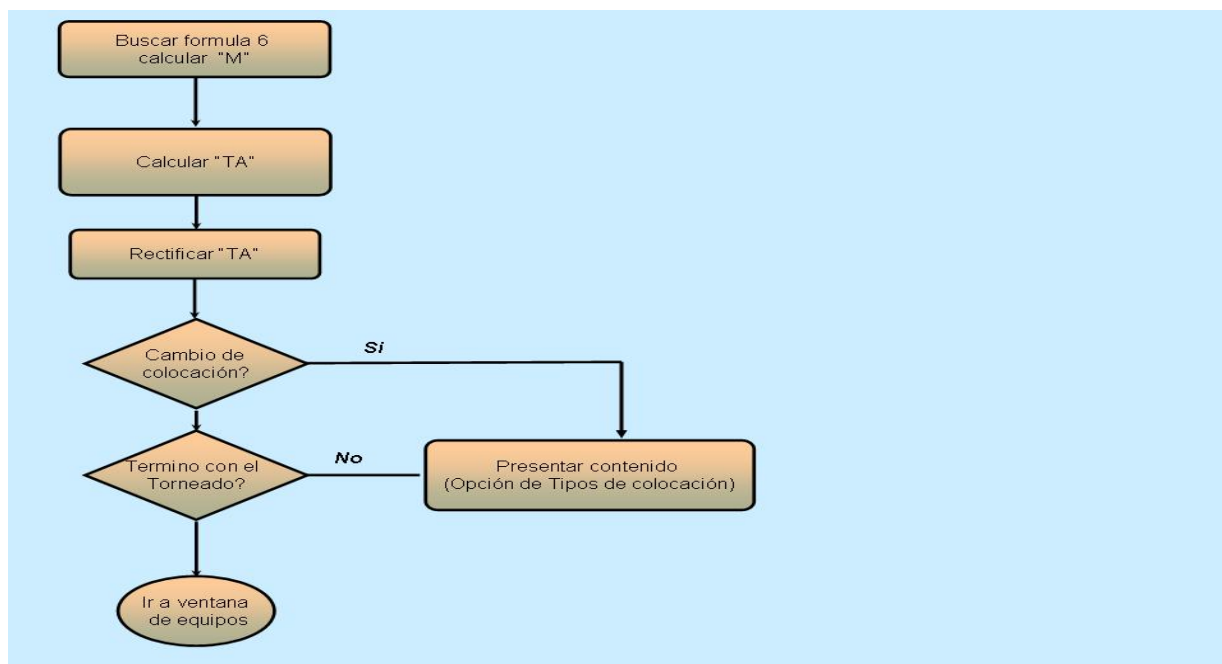


Figura 4.2. Continuación de algoritmo para la transición de cilindrado y selección de tiempos auxiliares.

Algoritmos para la transición, Roscado.

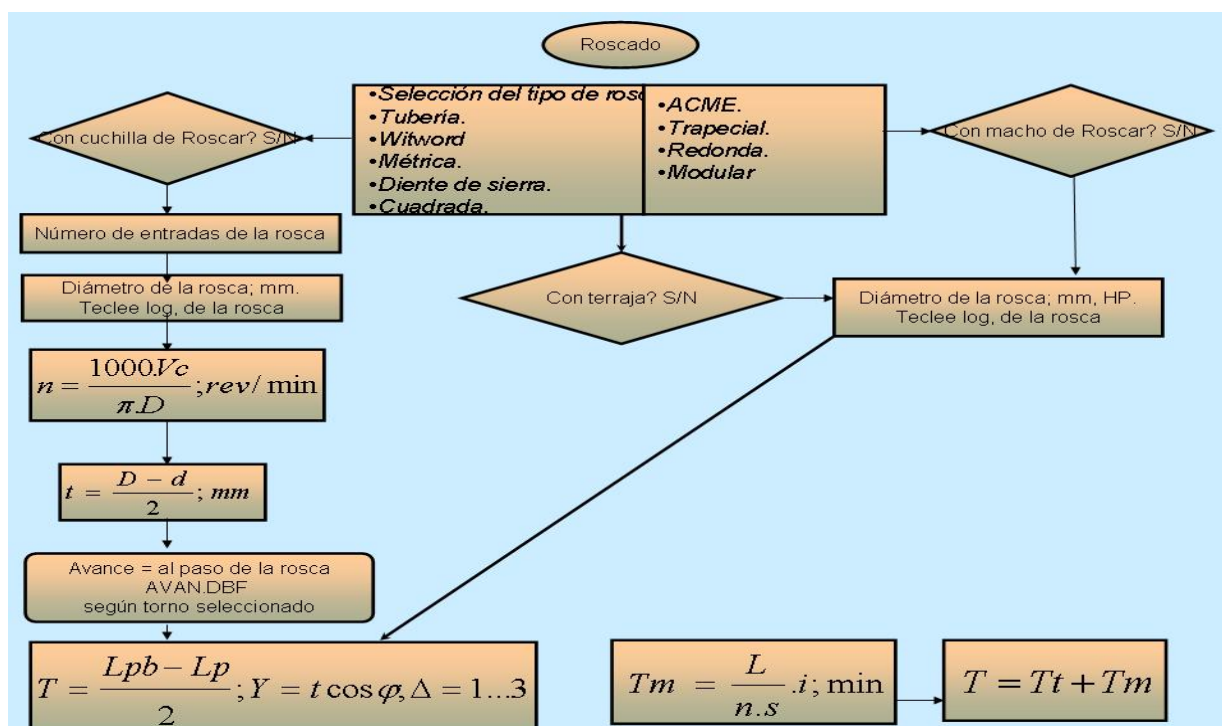


Figura 5.0. Algoritmo para el roscado en torno, con cuchilla de roscar.

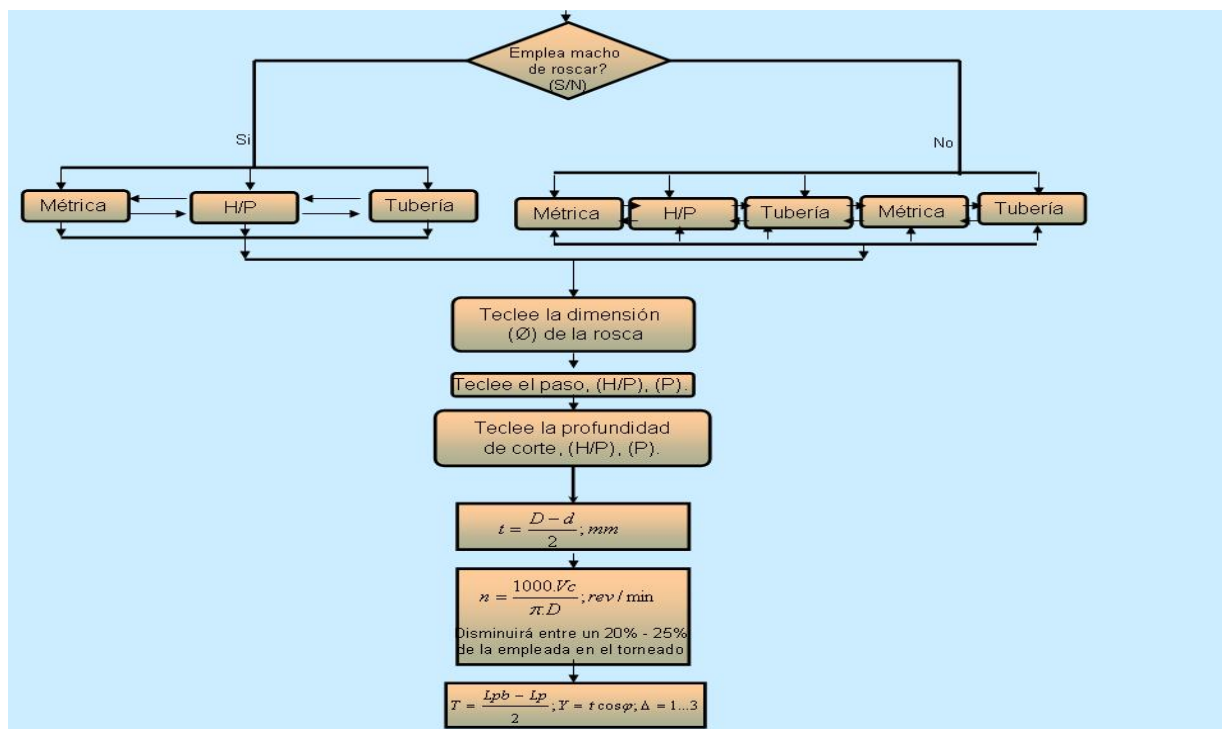


Figura 5.1. Roscado con macho o dados de diferentes tipos de roscas,

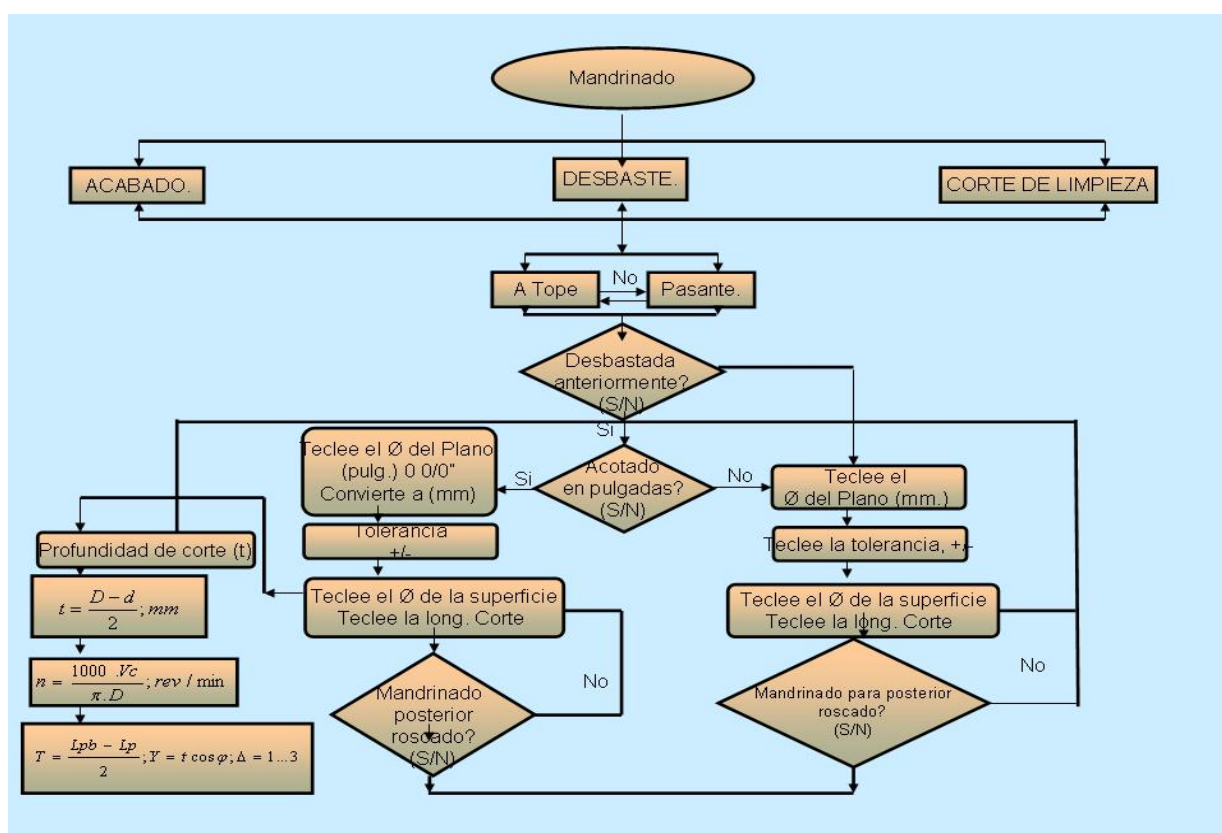


Figura 6.0. Algoritmo para el mandrinado.

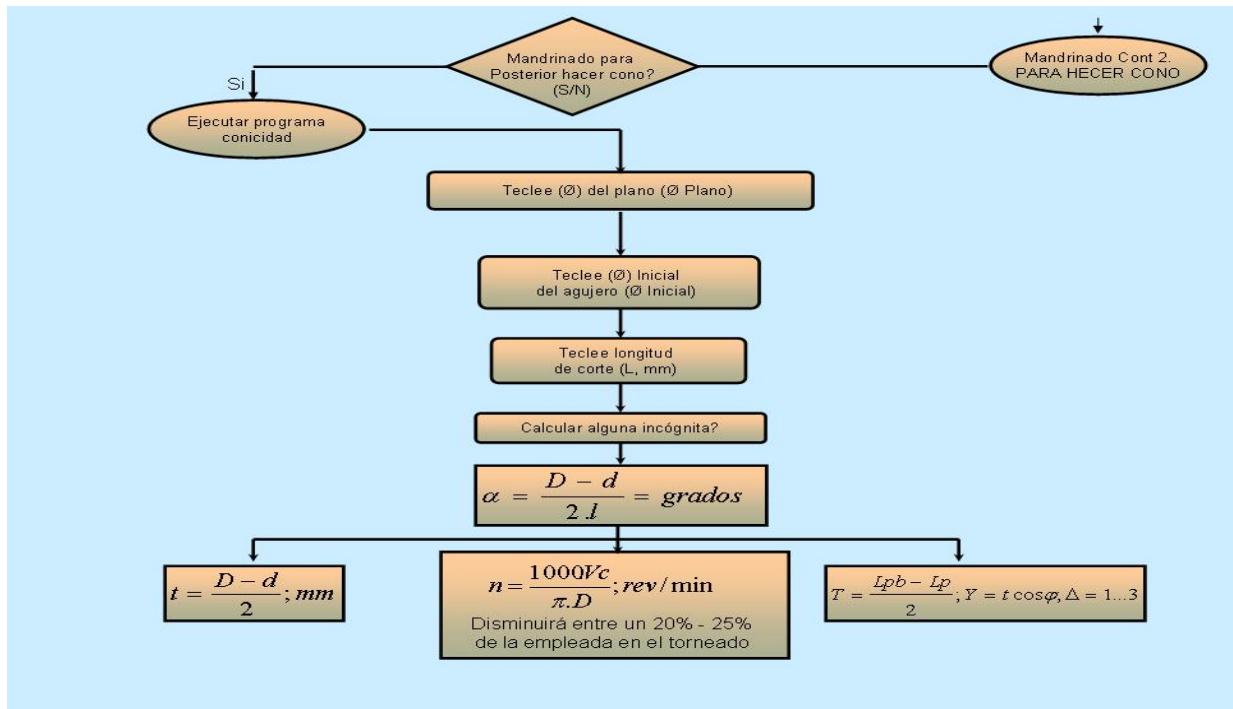


Figura 6.2 Algoritmo para el mandrinado.(Continuación).

2.3 Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo en Fresadoras convencionales

El fresado se efectúa por medio de una herramienta cortante denominada fresa. Los dientes cortantes pueden disponerse tanto en la superficie cilíndrica como en la parte lateral o externa. Cada diente de la fresa constituye en si una herramienta muy simple. Por regla general las fresas son herramienta de dientes múltiples aunque en ocasiones se emplean de diente único.

2.3.1 Elementos del régimen de corte durante el fresado

Velocidad de corte (v): es la longitud de la trayectoria que recorre la herramienta en un minuto hasta el punto mas alejado del eje de rotación de la arista o filo principal de corte. En una vuelta de la fresa el punto del filo cortante, situado en la circunferencia de la fresa con diámetro Ø (D mm), recorrerá una trayectoria igual a la longitud de la circunferencia. Para determinar la longitud recorrida en un minuto en preciso multiplicar el largo de la trayectoria en una vuelta por el número de vueltas de la fresa en un minuto. (Barbashov 1975).

Cuando la velocidad de corte es expresada en metros por minutos, la fórmula de la velocidad de corte durante el fresado será.

$$v = \frac{\pi \cdot D_f \cdot n}{1000}, m/min \quad (2.15)$$

Donde:

V : Velocidad de corte

π : Constante matemática

D_f : Diámetro de la fresa, mm.

n : Número de rev/min.

Para determinar el número de vueltas por minuto de la fresa la fórmula será.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_f} rev/min \quad (2.16)$$

2.3.2 Avances

Para el fresado se necesitan los siguientes tipos de avance, avance por un diente, avance por una vuelta y avance por un minuto. En cuanto a las direcciones, se distinguen el longitudinal, transversal y vertical. (Barbashov 1975).

Avance por un diente (S_z mm/diente). Es la magnitud del desplazamiento de la mesa con la pieza bruta que se labra o de la fresa en el tiempo de su giro en un diente, este se selecciona según las instrucciones del fabricante de la herramienta. (Barbashov 1975).

Avance por una vuelta de la fresa. (S_v mm/vuelta) es la magnitud del desplazamiento de la mesa con la pieza bruta que se labra o de la fresa en una vuelta de la fresa. (Barbashov 1975).

El avance en una vuelta es igual al avance por un diente multiplicado por el número de dientes de la fresa. (Barbashov 1975).

$$S_v = S_z \cdot z \quad (2.17)$$

Donde:

S_v = avance por vuelta de la fresa.

S_z = avance por un diente de la fresa.

Z = Número de dientes de la fresa.

Avance por minuto. (S_m mm/min). Es la magnitud del relativo desplazamiento de la mesa con la pieza que se labra o de la fresa en un minuto. El avance por un minuto es igual al

producto del avance por una vuelta de la fresa por el número de vueltas de la fresa en un minuto. (Barbashov 1975).

$$S_m = S_v \cdot n = S_z \cdot z \cdot n \text{ mm / min.} \quad (2.18)$$

Donde:

S_m : Avance por minuto (mm/min).

S_v : Avance por una vuelta de la fresa.

n : numero de revoluciones por minuto. rev/min

2.3.3 Profundidad de corte en el fresado

Para el caso de fresado de ranuras y escalones con fresa de disco la formula para determinar la profundidad del fresado es la siguiente. (Ferrer, Piloto, 1984)

$$t = \frac{D - d_1}{2} + (6 \div 8); \text{mm} \quad (2.19)$$

Donde:

D : Diámetro de la fresa, mm

d_1 : Diámetro del cubo de la fresa (Anillo de regulación); mm.

De donde se obtiene la formula para la selección de la fresa a emplear

$$D = 2t + d_1 + (12 \div 16); \text{mm} \quad (2.20)$$

2.3.4 Tiempos de mecanizado durante el fresado

$$T_m = \frac{L + l_1 + l_2}{S_f} \cdot i. \quad (2.21)$$

Donde:

L : Longitud de la superficie a mecanizar

l_1 : Longitud de entrada de la fresa.

l_2 : Longitud de salida de la fresa

S_f : Avance de la fresa.

Descrito de una manera más técnica, el proceso tecnológico de la confección de las piezas debe asegurar el cumplimiento de las exigencias formuladas en los dibujos de ejecución y en las normas técnicas respecto a la calidad de las piezas, a la alta productividad del trabajo y al mínimo costo posible. La elaboración del proceso tecnológico incluye la solución a los siguientes problemas fundamentales: la elección de la pieza bruta, de los sobrespesores para el maquinado, generales y entre operaciones, la

argumentación de una versión elegida del proceso tecnológico, la elección del tipo y de las dimensiones de la máquina, de los dispositivos, herramienta cortantes y otros accesorios para las distintas operaciones, la elección de los regímenes de corte, la composición de las fichas tecnológicas y de operaciones del tratamiento mecánico y térmico, el establecimiento de las normas de tiempo para el maquinado, auxiliares y por unidad. (Ferrer, Piloto, 1984)

Existen diferentes tipos de fresados, entre los que se encuentran.

1. Fresado de escalones.
2. Fresado de ranuras en T, colas de milano y ranuras para chaveteros.
3. Fresado de superficies planas.
4. Fresado de superficies perfiladas de contorno abierto y cerrado
5. Fresado de dientes y ranuras estriadas.
6. Corte y tronzado de piezas brutas en fresadora.

2.4 Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo en rectificadoras convencionales

La rectificación de metales es un tipo progresivo de mecanizado de metal por desprendimiento de virutas, mediante el rectificado se pueden maquinar rodillos cilíndricos simples, los cigüeñales complicados de los motores, árboles estriados y guías de bancadas, anillos y piezas tubulares de gran longitud, tornillos sinfín y ruedas dentadas cuyas superficies tiene forma especialmente complicadas. (Loskutov, 1979).

2.4.1 Fuerza de corte y Potencia durante el rectificado

Es la potencia necesaria para que la máquina herramienta pueda vencer las fuerzas que se oponen en las operaciones a realizar. (Loskutov, 1979).

Potencia del motor eléctrico (kW) para hacer girar la muela de rectificar

$$N_{m.el} = \frac{P_z.V_m}{102\eta} \quad (2.22)$$

Donde:

V_m = Velocidad circunferencial de la muela, en m/seg.

η = Rendimiento del mecanismo de movimiento principal.

Potencia del motor eléctrico (kW) para hacer girar la pieza a rectificar

$$N_{m.el.1} = \frac{P_z V_p}{60 \cdot 102 \cdot \eta_1}; kW \quad (2.23)$$

Donde:

η = Factor de conversión del rendimiento del mecanismo que hace girar la pieza

P_z = Fuerza de corte en kgf/mm².

$$P_z = C_{P_z} \cdot V_p^{0,7} \cdot S_{long}^{0,7} \cdot t^{0,8} \quad (2.24)$$

C_{P_z} = Coeficiente que caracteriza el material de la pieza a rectificar y otras condiciones de rectificado. (Valores 2,2, para acero templado, 2,1 para acero no templado y 2,0 para fundición.

V_p = Velocidad circunferencial de la pieza en (m/min)

t = Avance transversal o profundidad de corte (mm/carrera doble)

S_{long} = Magnitud de avance longitudinal de la pieza, mm/rev

Las relaciones están establecidas experimentalmente entre las fuerzas P_z , P_y y P_x ; $P_y = (1 \dots 3) \cdot P_z$; $P_x = (0,1 \dots 0,2) \cdot P_z$

2.4.2. Regimenes de corte durante el rectificado

Velocidad periférica o circunferencial de la muela de rectificar: La velocidad circunferencial de la muela de rectificar V_{ml} se selecciona según el perfil de la muela y su aglutinante. Con aglutinante cerámico $V_{ml} = 30 \dots 35$ m/s, para aglutinante bakelizado $V_{ml} = 35 \dots 50$ m/seg. (Loskutov, 1979).

$$V_{ml} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} m / seg \quad (2.25)$$

Donde:

V_{ml} = Velocidad periférica de la muela.

D = diámetro de la muela.

N = número de revoluciones por minuto de la muela. (No debe superar el valor máximo fijado por el fabricante).

2.4.3 Velocidad Periférica o circunferencial de la pieza a rectificar

$$V_{pz} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ m/min} \quad (2.26)$$

También se conoce como velocidad de la superficie de trabajo esta es considerablemente menor que la velocidad de la muela y el cálculo se realiza con la siguiente formula.

2.4.4 Profundidad de rectificado S_t (Avance transversal)

Para el rectificado de desbaste es provechoso aceptar mayor profundidad de rectificado permitida por los granos de la muela abrasiva, la velocidad de corte para la rectificación no debe ser mayor de 0,05 del tamaño del grano de la muela abrasiva, así por ejemplo para muelas con granulometría 80 la profundidad debe ser menos de 0,04 mm.

2.4.5 Avance axial.

En el rectificado cilíndrico es la distancia recorrida por la pieza o por la muela a lo largo de su eje durante una revolución de la pieza, en piezas cilíndricas de no mas de 20 mm el avance varia de 0,3 a 0,4. H (H, ancho de la muela abrasiva) para piezas de mayor diámetro los avances pueden ser desde 0,7.... 0,85. H. (Loskutov, 1979).

Avance longitudinal S_{long} , se mide en partes de la altura de la muela; para el rectificado en desbaste 0,4....0, 85 para el rectificado de acabado 0,2.... 0,4 de la altura de la muela por una revolución de la pieza. (Loskutov, 1979).

2.4.6 Fórmulas para determinar el tiempo de maquinado (t_m) de los principales tipos de rectificadores

1. Cálculo de tiempo de mecanizado para rectificado cilíndrico exterior e interior pasante.

$$t_m = \frac{A \cdot L}{n \cdot S_{long} \cdot S_t} \quad (2.27)$$

Donde:

A: Es longitud de entrada y salida de la muela antes de hacer contacto con la pieza de 1,1 a 1,5 mm. (Loskutov, 1979).

L: longitud a rectificar en (mm).

n: numero de revoluciones por minuto de la pieza.

S_{long} : avance longitudinal en (mm/rev).

S_t : avance transversal en (mm/carrera doble).

2. Cálculo de tiempo para el Rectificado Plano

$$tm = A \cdot \frac{B_q}{n_t \cdot S_t \cdot S_c} \quad (2.28)$$

Donde:

n_t = Número de revoluciones de la muela abrasiva; rev/min.

2.5 Metodología de cálculo empleada para determinar los parámetros de trabajo para el taladrado

2.5.1 Numero de frecuencia de rotación de la herramienta

Antes de realizar el cálculo de la frecuencia de rotación del husillo (n) es necesario conocer la (V_c) recomendada por el fabricante de la herramienta teniendo en cuenta las características del material a mecanizar.

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D}$$

Luego el resultado es comparado con los valores reales de frecuencia de rotación del husillo de la taladradora y se toma el valor más próximo, por exceso o por defecto.

Luego se calcula el valor de velocidad de corte real.

2.5.2 Velocidad de corte

La velocidad del corte para los cálculos es tomada de las recomendaciones de los fabricantes de la máquina herramienta luego del cálculo de como:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (2.29)$$

Donde:

D : diámetro de la broca en mm

n : frecuencia de rotación de la broca (r/min)

2.5.3 Avance

La broca tiene dos bordes cortantes principales y el avance del borde cortante es:

$$s_z = \frac{s}{2} \quad \text{mm/r} \quad (2.30)$$

En el caso del taladrado el avance se puede dar en mm/min.

$$Sm = s \cdot n \quad (\text{mm/min}) \quad (2.31)$$

2.5.4 Espesor de corte

Se mide en dirección perpendicular al borde cortante.

$$a = S_z \sin \varphi = s/2 \sin \varphi \quad (\text{mm}). \quad (2.32)$$

El espesor a es dos veces menor que en el torneado

2.5.5 Ancho de corte

Se mide a lo largo del borde cortante y es igual a su largo.

$$b = \frac{D}{2 \sin \varphi} \quad (\text{mm}) \quad (2.33)$$

2.5.6 Área de la sección transversal de corte por el borde cortante:

$$f_z = a \cdot b = \frac{s}{2} \cdot \sin \varphi \frac{D}{2 \sin \varphi} = \frac{D \cdot s}{4} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.34)$$

$$f_{total} = 2 \cdot f = \frac{D \cdot s}{2} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.35)$$

2.5.7 Profundidad de corte (t).

Es la distancia desde la superficie en elaboración hasta el eje de la broca.

$$t = \frac{D}{2} \quad (\text{mm}) \quad (2.36)$$

En el caso de retaladrado:

$$t = \frac{D - D_0}{2} \quad (\text{mm}) \quad (2.37)$$

Donde:

D : diámetro de la broca (mm)

D_0 : diámetro del orificio taladrado anteriormente (mm)

El espesor de corte en el retaladrado se calcula igual que en el taladrado.

$$a = S_z \sin \varphi = \frac{S}{2} \sin \varphi \quad (\text{mm}) \quad (2.38)$$

El ancho de corte en el retaladrado es:

$$b = \frac{D - D_0}{2 \operatorname{sen} \varphi} \quad (\text{mm}) \quad (2.39)$$

El área de la sección transversal de corte por borde cortante en el taladrado es:

$$f_z = a \cdot b = \frac{s}{2} \cdot \operatorname{sen} \varphi \cdot \frac{D - D_0}{\operatorname{sen} \varphi} = \frac{(D - D_0)}{4} \cdot s \quad (\text{mm}^2) \quad (2.40)$$

2.5.8 El tiempo principal en el taladrado y retaladrado.

$$T_p = \frac{L}{n \cdot s} = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot s} \quad (\text{min}) \quad (2.41)$$

Donde:

L : recorrido total de la broca en dirección al avance en (mm)

l : profundidad de taladrado

Δ : magnitud de salida (1 a 2) mm

s : avance en mm/r

n : revoluciones por minuto de la broca

y : magnitud de recorrido para que la broca corte el diámetro total

$$y = \frac{D}{2} \cdot \cot \varphi$$

Para las brocas con ángulos $2\varphi = (116 \text{ a } 118)^\circ$ $y = 0,3 D$

Para las brocas con doble ángulo de la punta

$y = 0,4 D$

en el retaladrado

$$y = t \cot \varphi$$

Para una mejor compresión (Ver anexo 4).

Para otros elementos de regímenes de corte y de capas cortadas en el taladrado ver (Ver anexo 5).

2.6 Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos

La operación constituye el principal elemento de cálculo del proceso tecnológico. El tiempo y el costo en la ejecución de la operación tecnológica se emplean de criterio que caracteriza la conveniencia de su estructuración en las condiciones de determinado programa de producción.

La norma de tiempo técnicamente fundamentado se llama al tiempo necesario para la ejecución de la operación tecnológica en determinadas condiciones técnico organizativas, las más favorables para cada tipo de producción. Sobre la base de las normas técnicamente fundamentadas se establecen las tarifas, se determina la productividad de los equipos, se realiza la planificación de la producción y se esclarece la posibilidad de organizar los servicios simultáneos de muchas máquinas en un taller.

El tiempo de trabajo como regla debe ser tiempo útil completamente normado. Al operador es necesario crearle las mejores condiciones de trabajo que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional.

En el tiempo total se incluyen todas las categorías de gastos de tiempo de trabajo.

$$T_{pu} = T_f + T_a + T_t + T_{org} + T_{dnp} ; \text{ min} \quad (2.29)$$

Donde:

T_{pu} : Tiempo por unidad de producción, es la sumatoria de todos los tiempos de las diferentes categorías.

T_f : Tiempo fundamental o principal de máquina.

T_a : Tiempo Adicional 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.

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \cdot i ; \text{ min.} \quad (2.30)$$

P_{TT} : Es el tiempo que se emplea para el cuidado del PDT y otros gastos de tiempo como buscar herramienta, limpieza y organización de la máquina, llamado también T_{spt} .

$$T_{pt} \text{ ó } T_{spt} = (0,04 \dots 0,08) \cdot T_b; \text{ min.} \quad (2.31)$$

T_a : Tiempo que se emplea en la colocación de piezas, arranque y parada de la máquina, conexión y desconexión del avance, medición de la superficie mecanizada de la pieza.

$$T_a = (0,18 \dots 0,25) \cdot T_b; \text{ min.} \quad (2.32)$$

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

$$T_o = T_b + T_a; \text{ min.} \quad (2.33)$$

T_{dnp} : Entran las pausas y descanso físico. Este tiempo suele descontarse de la jornada laboral.

$$T_{dnp} = (0,17 \dots 0,25 \text{ horas}), \text{ para una jornada de trabajo de 8 horas.} \quad (2.34)$$

$$T_t = \sum T_{aux} + T_m \quad (2.35)$$

T_t : Tiempo total empleado para la fabricación de una pieza.

T_{aux} : Tiempos auxiliares.

T_m : Tiempo de mecanizado.

2.6.1 Elementos a tener en cuenta para la elaboración de la documentación tecnológica

Para la elaboración de la documentación tecnológica para el fresado es necesario asegurar los siguientes elementos fundamentales.

1. Características geométricas de la pieza, dibujos o vistas generales del conjunto y de los artículos en su conjunto y las normas técnicas y especificaciones.
2. Características físico químicas del material de la pieza.
3. Acabado superficial.
4. Maquinas Herramienta a utilizar.
5. herramientas a emplear durante el proceso de mecanizado, dispositivos especiales y de medición.



2.3. Conclusiones del capítulo 2

- ▶ Se mostró la metodología de cálculo necesaria para determinar los parámetros de trabajo de las máquinas herramienta convencionales, tornos, fresadoras y rectificadoras, aunque para la programación del software (TECNOSOFT) se utilizó la metodología de cálculo de casi la totalidad de las operaciones, las cuales son la base para el desarrollo del Software.
- ▶ En figuras anteriores aparecen los algoritmos de cálculo con los cual se pueden realizar la mayoría de las operaciones (torneado, fresado, rectificado). además podrá ser empleado como material docente de la asignatura Procesos Tecnológicos del Plan de Estudio D".

Ver anexos 1y 2. Ejemplo de Tecnología de Mecanizado de la pieza (pasador).



CAPÍTULO 3: 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 regímenes de trabajo en torno, fresadoras, taladradoras y rectificadoras convencionales, las cuales fueron la base para la realización del programa.

Se realiza una valoración económica a partir del análisis de ahorro de tiempo con la implementación del software 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 herramienta 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.

3.1.1 Software empleado para realizar el programa

El software empleado para desarrollar el algoritmo de cálculo del programa a partir de la metodología fue el FOXPRO 2.0. FoxPro (acrónimo de FoxBASE Professional) es un lenguaje de programación orientado a objetos, que a la vez es un Sistema Gestor de Bases de datos o Database Management System (DBMS), publicado originalmente por Fox Software y posteriormente por Microsoft, para los sistemas operativos MS-DOS, MS Windows, Mac OS y UNIX. (Internet)

Aunque FoxPro es un DBMS y como tal soporta relaciones entre las tablas, no se le considera como un Sistema administrador de bases de datos relacionales (o RDBMS), por no soportar las transacciones. (Nacer, 1963).

FOXPRO pertenece a la familia XBASE lo que hace que su programación sea sencilla, estructurada y más fácil de entender tanto para programadores principiantes como programadores expertos. (Nacer, 1963).

3.1.2 Como utilizar el software (TECNOSOFT)

Una vez copiado los archivos en la computadora, hay que observar que el mismo presenta un ejecutable "TEC.EXE", haciendo doble clic encima de él, aparecerá la imagen principal del programa, DESDE DONDE SE INICIA el proceso de elaboración de la *Carta Tecnológica*, el programa contiene una serie de ventanas necesarias que

muestra la información mínima en busca de los parámetros de trabajo en máquinas herramienta convencionales.

Es imprescindible conocer por parte del usuario las dimensiones y características generales de la pieza antes de proceder a realizar cualquier operación. En la Figura 3.1 se muestra la ventana inicial del programa.



Figura 3.1. Ventana inicial del programa.

Para efectuar la entrada de datos corresponde al primer paso para la ejecución del programa se responde con las letras predefinidas (I) para iniciar una nueva tecnología o (C) para continuar con una tecnología ya iniciada, las letras siempre serán en mayúsculas. Entonces aparecerá la ventana que se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2. Ventana correspondiente a: (Datos iniciales)

En esta ventana se introduce la orden de producción o código que identificará la pieza a elaborar desde el inicio, denominación, número de plano y la masa de la pieza terminada en kg. Posterior a esto aparecerá la imagen que se muestra en la figura 3.3 que se corresponde con la determinación del perfil del semiproducto.

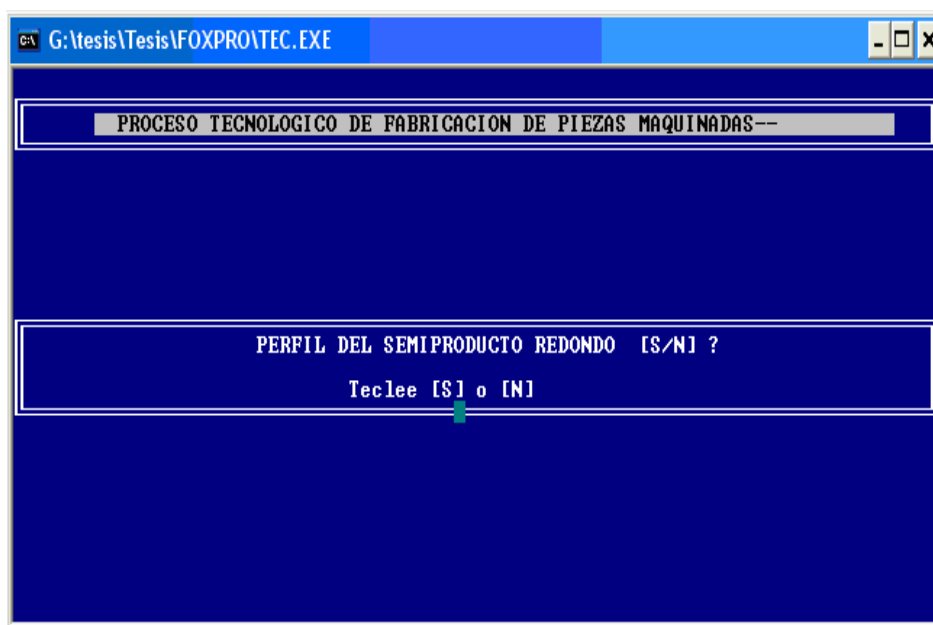


Figura 3.3. Ventana correspondiente a: Perfil del semiproducto.

Posteriormente como parte esencial de la tecnología aparecerá la figura 3.4 correspondiente a la introducción de datos iniciales como las dimensiones del semiproducto.



Figura 3.4. Ventana correspondiente a: Dimensiones del semiproducto.

En esta ventana se introducen las dimensiones del semiproducto, Diámetro, longitud y masa del semiproducto, luego corresponde la selección del material a emplear para la fabricación de la pieza, abajo se muestra figura 3.5

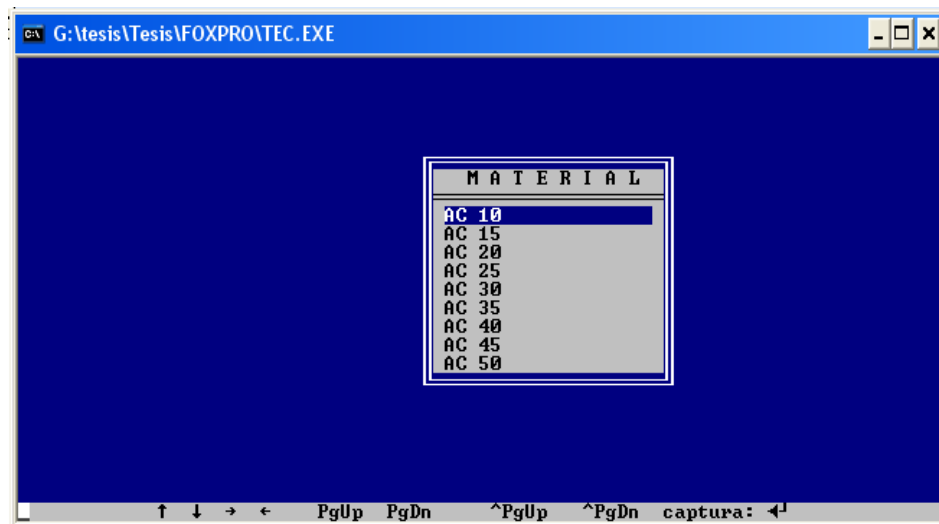


Figura 3.5. Ventana correspondiente a: Selección del material a mecanizar.

En esta ventana se pueden seleccionar el material a emplear para la fabricación de la pieza, estos datos son tomados de una base de datos DBF. El estudiante deberá seleccionar el material moviendo las flechas de posición en el teclado  una vez posicionados sobre el material deseado entonces presionar ENTER,  para confirmar, seguidamente aparecerá la figura 3.6 ventana correspondiente a la selección de la operación a realizar.



Figura 3.6. Ventana correspondiente a: selección de la operación a realizar (Operación a Realizar)

El usuario se colocara sobre la operación que desee realizar  oprimirá la tecla Return o Enter  para confirmar.

Una vez seleccionada la operación corresponde la selección de la maquina herramienta a utilizar y aparecerá la figura 3.7



Figura 3.7. Ventana correspondiente a: (Selección de maquina herramienta),

En esta ventana aparecen varios modelos de tornos y sus principales características que ayudaran a realizar una mejor selección. El usuario se colocara con las flechas de movimiento  sobre el modelo de maquina herramienta deseado y oprimirá *Enter* o *Return*  para confirmar.

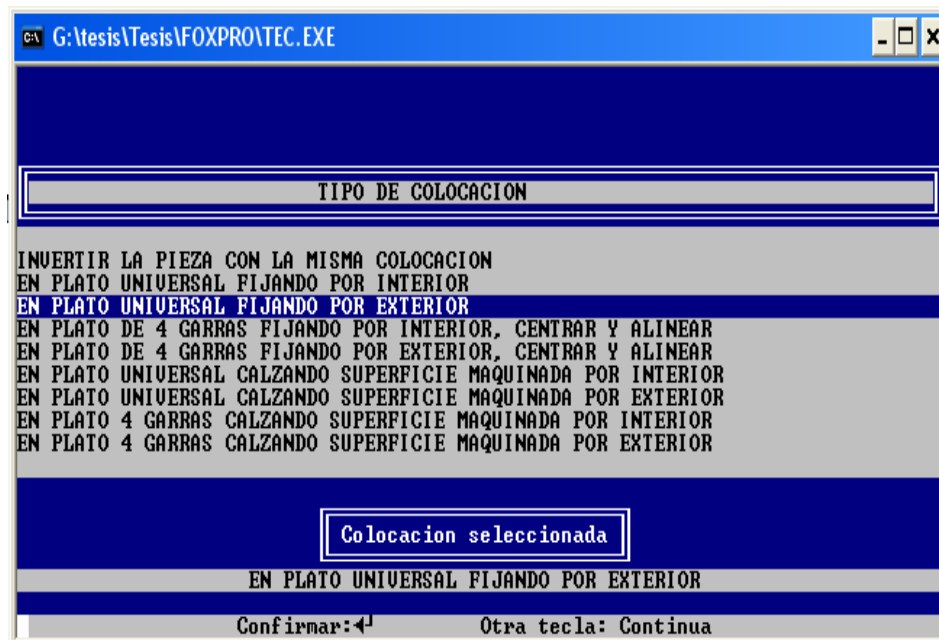


Figura 3.7. Ventana correspondiente a: (Selección de la colocación de la pieza).

En esta figura se muestra una amplia gama de colocaciones las que podrán ser seleccionadas posicionando el cursor  sobre la colocación idónea y presionará *Return* o *Enter*  para confirmar. Una vez seleccionada la colocación deseada aparecerá la figura 3.8 donde se podrá seleccionar la transición deseada dentro de la operación.



Figura 3.8. Ventana correspondiente a: (Selección de la transición).

En esta ventana se muestra una amplia gama de transiciones que el usuario podrá seleccionar colocando el cursor  sobre la deseada y oprimiendo *Return* o *Enter*  para confirmar, en este caso se ha seleccionado la transición **Refrentado**.

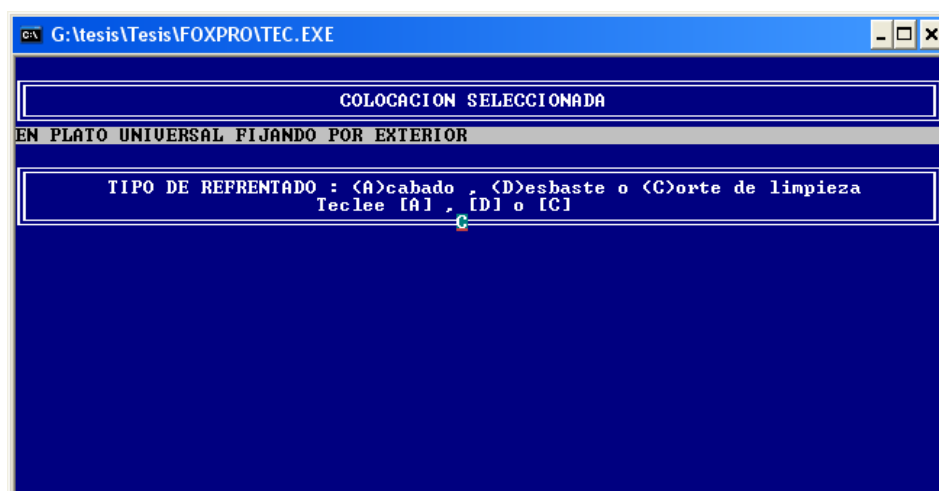


Figura 3.9. Ventana correspondiente a: (Tipo de Refrentado, Acabado, desbaste, corte de limpieza).

En esta figura el usuario determinará el tipo de refrentado a realizar ejecutándolo de la siguiente forma: podrá teclear la letra (A) para definir lo que realizara, será refrentado de acabado. En caso de realizar otra opción tendrá que realizarlo de la misma manera que en el ejemplo anterior, en este caso se selecciona (C) corte de limpieza.

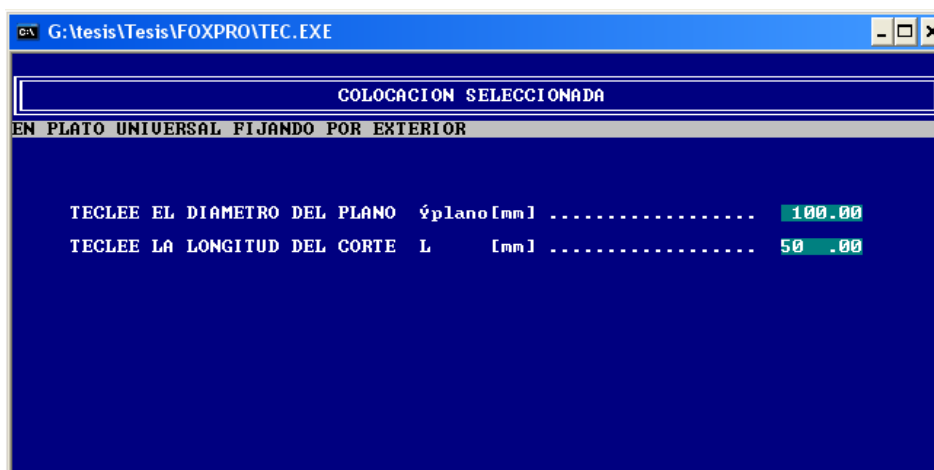


Figura 3.10. Ventana correspondiente a: (Dimensiones a Refrentar).

En esta ventana se colocaran los valores de $\varnothing$ de la pieza bruta y la longitud del refrentado, con estos datos y los agregados en las ventanas anteriores el programa calcula los regimenes de corte correspondiente así como el cálculo del Tiempo Tecnológico y los auxiliares, TPC.

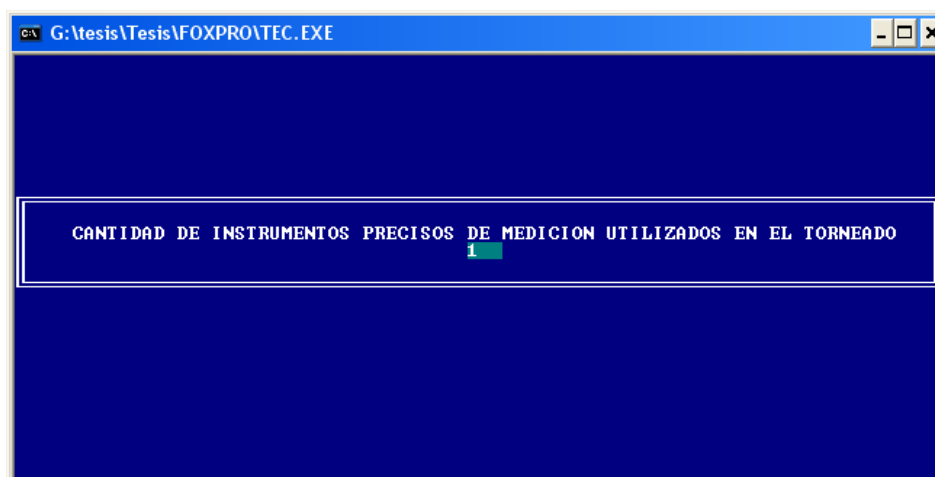


Figura 3.11. Ventana correspondiente a: (Cantidad de instrumentos de mediciones empleados).

En esta ventana el usuario podrá colocar la cantidad de instrumentos de mediciones empleados durante el proceso realizado, Ejemplo, Si utilizara Pie de rey, cinta métrica y

micrómetro tendrá que colocar el valor igual a 3. Luego emergerá una ventana para realizar la selección del grupo o escala salarial del operador que realiza la pieza, esta selección se realizará teniendo en cuenta la complejidad de la pieza que se esta documentando. Ejemplo, si solo se esta realizando el refrentado de limpieza, cilindrado sin presión y sin acabado fino, el usuario seleccionará la escala mas baja, esta será del grupo VII, si la complejidad fuera mucho mayor se selecciona las escalas IX o XI. Esto se puede realizar a criterio del tecnólogo o Auxiliándose de los requisitos del puesto de trabajo para el tornero en cada una de las escalas.



Figura 3.12. Ventana emergente que corresponde a: (selección de la escala salarial del operador).

Finalmente aparecerá nuevamente la ventana para la selección de las operaciones donde se seleccionará Carta Tecnológica para Visualizar el trabajo realizado.



Figura 3.13. Ventana e que corresponde a: (selección visualizar la carta tecnológica realizada).



Figura 3.14. Ventana e que corresponde a: (selección visualizar o guardado de la tecnología)

En esta ventana aparecerán los datos iniciales de la carta tecnológica además de algunas opciones como se pueden apreciar en la figura anterior para realizar la impresión de la Tecnología, archivar o guardarla o volver al inicio a realizar una nueva tecnología. Si se seleccionara visualizar la tecnología actual aparecerá la ventana

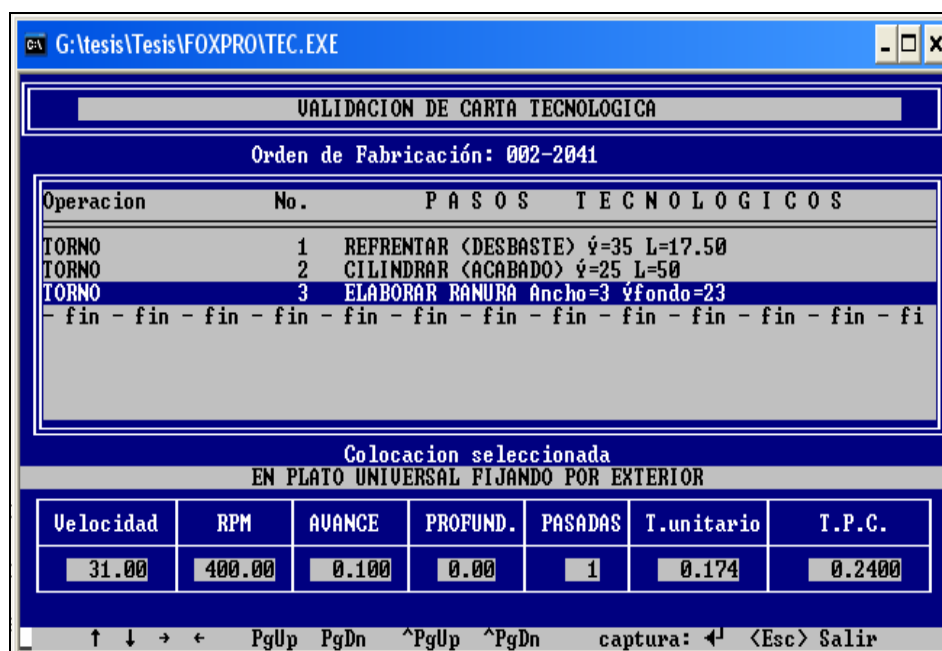


Figura 3.15. Ventana e que corresponde a: (Visualización de los parámetros tecnológicos y los tiempos).

En esta ventana aparecen las operaciones realizadas, los valores de regimenes de corte y tiempos totales de las operaciones tanto auxiliares como de maquinado.

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. Para salir de esta ventana solo presiones la tecla (Esc) en la parte superior izquierda del teclado.

Finalmente para salir del programa aparecerá la ventana que a continuación se muestra.



Figura 3.16. Ventana de inicio

Para salir del programa se selecciona en la ventana la opción **TERMINAR**.

Para la selección de los demás operaciones se debe realizar de la misma forma que lo anterior explicado, podrán seleccionarse las operaciones de fresado, taladrado, rectificado.

Como resultado final se obtiene la Carta Tecnológica para la elaboración de una pieza.

Para realizar otras operaciones tecnológicas no es necesario activar nuevamente el programa los usuarios solo se deben remitir a la ventana que anteriormente se muestra.

3.1.3 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 convencional, 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 Machin Hoed de Beche.

Tabla 3.1 Costos por concepto de tiempo empleado para la realización de los cálculos.

INDICADORES	TIPO DE PROCESAMIENTO	
	Manual	Automatizado
SH (\$), Salario/horas tecnólogo de maquinado	1,58	1,58
TE (H), tiempo de elaboración de una tecnología (complejidad media)	4	1
SB (\$), Salario básico medio de un tecnólogo de maquinado.	6.32	1.58
SC (\$), Salario complementario (9,09% de SB)	0.574	0.143
SS (\$), Seguridad social (8% SB)+ SC	0.551	0.206
GM (\$), Gasto de materiales.	2.76	0.10
GI (\$), Gastos Indirectos (2.03% SB)	0.128	0.128
Costo Total	10.333	2.159

Tabla 3.2 Costo por concepto de consumo energético después de la realización de la tecnología de forma manual, donde existen equipos eléctricos.

Consumo Energético elaboración tecnología Manual				
Cantidad de equipos	Consumo	Tarifa (\$/kW)	Tiempo (h)	Costo _{Co} (\$)
	(kW/h)			
2 - Lámparas	0,8	0,09	4	0,288
2 - Aire acondicionados	1,12	0,09	4	0,4032
Total	1.92	0,09	4	0.6912

Tabla 3.3 Costo por concepto de consumo energético después de la realización de la tecnología con el software, donde existen equipos eléctricos.

Consumo Energético elaboración tecnología computarizado				
Cantidad de equipos	Consumo	Tarifa (\$/kW)	Tiempo (h)	Costo _{Co} (\$)
	(kW/h)			
2 - Lámparas	0,8	0,09	1	0,072
2 - Aire acondicionados	1,12	0,09	1	0,1008
1- Computadora	0,25	0,09	1	0,0225
Total	2,17	0,09	1	0,1953

Comparación de los resultados entre los 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 la utilización del programa TECNOSOFT asciende a \$ 11.024 mientras que con la utilización del software TECNOSOFT el costo se reduce considerablemente a un valor de \$2.35, lo que representa un ahorro de \$ 8.67 por cada tecnología de fabricación que se realice.

3.1.4 Impacto ambiental

La historia de la computación data de muchos años atrás comenzando con la invención del ábaco. Muchas fueron las transformaciones sufridas por los instrumentos de cálculo hasta el surgimiento de la computadora personal la cual trajo consigo afectaciones en la salud humana. Dentro de las principales afectaciones a los usuarios habituales de computadoras se encuentran. (Internet).

- ▶ Fatiga ocular,
- ▶ Ojos rojos,
- ▶ Irritados y secos,
- ▶ Tensión y pesadez de párpados,
- ▶ Lagrimeo,
- ▶ Sensación de quemazón,
- ▶ Visión borrosa y dificultad para enfocar objetos lejanos.
- ▶ Visión doble y fotofobia,

Todos lo anterior se conoce como Síndrome del ojo del Ordenador, Síndrome de la visión de la Computadora.

Se recomienda a los usuarios de computadoras que traten de trabajar en condiciones ergoftalmológicas adecuadas como las que se sugieren a continuación:

- ▶ No trabajar por largos períodos en frente de su ordenador de manera innecesaria.
Use protectores o filtros de pantalla siempre que sea posible.
- ▶ Trabaje con tamaños de letras y combinaciones de colores que le sean cómodos.



- ▶ Descanse 10 min por cada hora de trabajo. Durante los mismos mire a lo lejos (el infinito visual se considera a 6 metros de distancia) esto ayuda a relajar la musculatura ocular al hacerse innecesaria la acomodación.
- ▶ Alterne el trabajo en su computadora con otro tipo de trabajo.
- ▶ Parpadee, esto disminuye la sequedad ocular.
- ▶ Vigile la distancia entre sus ojos y la pantalla de su monitor, así como la altura a la que se encuentra y el ángulo de inclinación que tiene.
- ▶ El monitor debe estar siempre perpendicular a las ventanas, nunca de frente o de espaldas a estas para evitar reflejos o deslumbramientos. Las ventanas preferiblemente con cortinas.
- ▶ No use demasiada luz, esto aumenta los reflejos.
- ▶ Trate además que el monitor y la lámpara de mesa no sean su única iluminación, evitando así la adaptación cada vez que desvíe la visión de la pantalla.

El software TECNOSOFT no afecta al medio ambiente, el mayor contaminante que emana de las máquinas herramienta esta dado en los altos niveles de ruido (contaminación sónica, desechos sólidos (virutas) resultantes del proceso de mecanizado de diferentes metales así como los líquidos refrigerantes y lubricantes); 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 aumentado a uno de los mayores registros, principalmente en los países más desarrollados y los que están en vía de desarrollo.

Debido a este fenómeno social que está azotando al mundo no son menos los que se alarman con las consecuencias que provocan todos los agentes contaminantes sobre los recursos hídricos, forestales, animales y principalmente, humanos. Uno de los problemas sociales que actualmente más alarman al mundo es lo concerniente a la contaminación ambiental que lo esta azotando. Con relación 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 y Copenhague. 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 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. Su utilización en el proceso de mecanizado 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 componentes químicos que le confieren propiedades tales como, estabilizar las emulsiones, inhibir la corrosión de piezas, herramientas y equipos de trabajo, estos desechos de conjunto con las virutas al ser depositados en lugares inadecuados y sin las condiciones específicas 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 industria-medio ambiente ha de ser beneficiosa y llegar a formar parte del entorno físico, social y humano de la región.

3.1.5 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.



3.2 Conclusiones del capítulo

- ▶ Se describió el modo de uso del programa TECNOSOFT, 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 la utilización del software es de 11.11 CUP mientras que después de realizado con el software este costo se reduce considerablemente a un valor de 2.35 CUP, lo que representa un ahorro de 8.75 CUP por cada tecnología de fabricación que se realice.



Conclusiones Generales

El presente estudio ha sido realizado con suficiente profundidad técnica, aparejado al nivel que exige el proceso de desarrollo económico del país, se tuvo en cuenta la necesidad de aumentar el ritmo del proceso de aseguramiento productivo así como la calidad que exige la producción de bienes materiales.

Para concretizar este trabajo, se realizaron investigaciones de alto nivel técnico, además de tomar las recomendaciones y sugerencias de varias fuentes especializadas en la elaboración mecánica de metales.

Se determinaron la metodología de generación de cartas tecnológicas para el maquinado que corresponden a las necesidades particulares de una empresa mecánica con maquinas herramienta convencionales. Poniendo especial atención en la elevación de la calidad y la velocidad de respuesta que deben dar los tecnólogos de maquinado a las necesidades de la producción.

Luego de realizada la valoración económica teniendo en cuenta varios parámetros. La utilización de nuevos métodos de trabajo con aplicación a largo plazo, con características perfeccionadas y con mejores indicadores de calidad, inmediatez y menores pérdidas.

Concluimos que la aplicación del software TECNOSOFT se traduce en un paso de avance para el desarrollo técnico de nuestro país.

Considero que los objetivos propuestos han sido satisfactoriamente logrados.



Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados económicos y técnicos evaluados en este trabajo recomiendo.

1. Emplear el software TECNOSOFT como material de estudio para la asignatura de procesos tecnológicos y de manufacturas.
2. Continuar perfeccionando el software e incluir nuevas maquinas herramientas y posibilidad de nuevas cálculos de taller como apoyo al tecnólogo.
3. Universalizar el software a otras universidades del país.
4. Emplear nuevas plataformas de programación (C++, Delphi) que permitan dar una mejor presencia e imagen de actualidad al software.



1. Anuriev, V. I. *Manual del constructor de maquinaria*. Moscu, Mir, 1975.
2. A. L. Casillas. *Maquinas. Cálculos de taller*
3. Barbashov, F. A. *Manual del fresador*. Moscú, Mir 1975.
4. Cruz, A. H. *Manual de Rectificadora*. Habana, Pueblo y Educación, 1978. Educación, 1983.
5. Denezhni, P.M., Stinkins. G.M., Tjor. I. E. *Manual del tornero*. Moscú, Mir, 1978.
6. Dobrovolski, V., Zablonki. K., Radchik. A, Erlij. L. *Elementos de máquinas*. 3ed. Moscú, Mir, 1978.
7. Feshsenkov, F.; Matmutov. *El Torneado*. Moscú: Editorial Mir, 1983.
8. Ferrer, E.; Piloto, N. *Teoría del corte de los metales*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
9. Gordon, M.J. *The Denotational Description of Programming Languages*. Nueva York: Springer-Verlag, 1979.
10. Gelernter, D. *El estudio del Talmud*. New Haven: Universidad de Yale, 2002.
11. Isaiev, P.P, Bogdádov. A.A. *Mecanizado de los metales*.
12. Knuth, D. E. The Remaining Trouble Spots in Algol 60. *Communications of the ACM*, 1967, 10(10): 611-617.
13. Loskutov, V. V. *Rectificación de metales*. Moscú, Mir, 1979.
14. Nefiodov, N; Osipov, K. *Problemas y ejemplos de corte de metales y herramientas cortantes*. Moscú: Editorial Mir, 1980.
15. Nikolaev, A. *Máquinas herramientas Tomo I*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1979.
16. Petrik, M. I., Shishkov. V. A. *Tablas para la elección de ruedas dentadas para el fresado, roscado*.



Normas

1. NC 57-24: 1985. *Útiles de corte. Selección*. Comité Estatal de Normalización. Internet.
2. Lenguajes de programación. [en línea]. [Consultado: 20090516]. Disponible en:
<http://www.lenguajes-de-programacion.com/lenguajes-de-programacion.shtml>
3. Máquinas Herramientas controladas por Computadora. [en línea]. [Consultado: 20090516]. Disponible en:
http://www.delorenzo.com.mx/esp/prods/mecatronica/cnc/control_pc.htm
4. Nauer, P. Report on the Algorithmic Language Algol 60. Communications of the ACM, 1963, 6(1): 117.



Anexo. 1. Documentación tecnológica resultado del cálculo de los regimenes de corte y tiempo.

República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Departamento de Mecánica

Confecccionó : _____
Revisado: _____
Aprobado: _____

CARTA DE OPERACIONES DE MAQUINADO

Fecha: 05/01/2012

No. Plano: 304-545-00-00-003-01-L3		Denominación:Paucor		Orden de Fabricación:	Mass (Kg):	0.31		Hoja:	1	Cont. Hoja:	2			
DATOS DEL SEMIPRODUCTO														
Material:	Acero 45	Dado	Perfil y Dimensiones:Material laminado Ø40 x 110			Mass:	0,60							
OPERACIÓN	No. PASO	PASOS TECNOLÓGICO	EQUIPO	HERRAMIENTAS		V	N	S	T	I	TU TIEMPO	TASA	TPC TIEMPO	TASA
CORTE	1	CORTAR Ø 40 L=20	8A240								0.0017		0.08	0.05
EN PLATO UNIVERSAL FIJANDO POR EXTERIOR														
TORNO	2	REFRENTADOS (DESBASTE)	16K20	ACODADA PARA REFRENTAR MARCA T15K6		100.00	800.00	0.40	2.00	1				
	3	TALADRAR AGUERO CENTRO Ø 3 L=5		BROCA CENTRAL		15.00	1600.00	0.10		1	0.0900	0.0900		
ENTRE PLATO Y PUNTO														
TORNO	4	CILINDRAR (DESBASTE) Ø 36,50 L=	16K20	ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		100.00	800.00	0.400	1.750	1				
	5	CILINDRAR (DESBASTE) Ø 30,50 L=103		ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		91.00	800.00	0.400	3.000	1				
	6	CILINDRAR (DESBASTE) Ø 25,50 L=53		ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		95.00	1000.00	0.400	2.500	1				
	7	CILINDRAR (DESBASTE) Ø 17,50 L=28		ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		80.00	1000.00	0.400	4.000	1				
	8	CILINDRAR (ACABADO) Ø 16 L=30		DE TOPE MARCA T15K6		87.00	1600.00	0.090	0.750	1				
	9	CILINDRAR (ACABADO) Ø 24 +0,015 +0.002 L=25		DE TOPE MARCA T15K6		80.00	1000.00	0.090	0.74	1				
		MEDIR Y DAR ULTIMA PASADA								1				
	10	CILINDRAR (ACABADO) Ø29 -0.043	16K20	DE TOPE MARCA T15K6		95.00	1000.00	0.090	0.750	1				
	11	CILINDRAR (ACABADO) Ø35 x L=3		DE TOPE MARCA T15K6		91.00	800.00	0.090	0.750	1				
	12	BISELAR 1 x 45 ° EN Ø29		ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		91.00	1000.00	0.100		1				
	13	BISELAR 1 x 45 ° EN Ø24		ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		94.00	1250.00	0.100		1				
	14	BISELAR 1 x 45 ° EN Ø16		ACODADA PARA CILINDRAR MARCA T15K6		80.00	1600.00	0.100		1				



Continuación anexo1.

República de Cuba
Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Departamento de Mecánica

Confeccionó: _____

Revisado: _____

Aprobado: _____

OPERACIÓN	No. PASO	PASOS TECNOLÓGICO	EQUIPO	HERRAMIENTAS	V	N	S	T	I	TU		TPC	
										TIEMPO	TASA	TIEMPO	TASA
TORNO	15	ELABORAR RANURA Ancho=3 Ø fondo =13		DE ACANALAR S=3 ACERO RAPIDO	31.00	630.00	0.100		1				
	16	ROSCAR METRICA M16 X 2			Cuchilla ROSCA METRICA	31.00	630.00	2.000		12	0.57	0.56	
EN PLATO UNIVERSAL FIJANDO POR EXTERIOR													
TORNO	17	REFRENTAR (DESBASTE) Ø 40 L=20	16K20	ACODADA PARA REFRENTAR MARCA T15K6	100.00	800.00	0.40	2.00	4	0.0883	0.09	0.27	0.26
FIJAR EN PLATO DIVISOR													
FRESA	18	FRESAR 1 RANURA (ACABADO) 35:	6P12B	FRESA SIERRA Ø63	19.00	100.00	500.00	0.15	6				
		MEDIR ANTES DE CADA UNA PASADA							1	0.295	0.25	0.31	0.26

