

67



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**"PROGRAMACION CNC AUXILIADA CON EL
PROGRAMA MASTERCAM V8".**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
JULIO MORALES GODINEZ**

ASESOR: M.I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Julio Morales
Godiner

FECHA: 23-10-2002

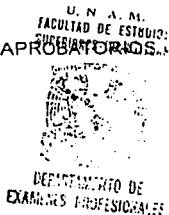
FIRMA: [Firma manuscrita]



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

_____ " Programacion CNC auxiliada con el programa MASTERCAM VB "

que presenta el pasante: Julio Morales Godínez

con número de cuenta: 9217028-9 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 29 de Julio de 2002

PRESIDENTE Ing. Marco Antonio Alarcón Ramírez *[Firma]*

VOCAL Ing. Enrique Cortés González *[Firma]*

SECRETARIO M.I. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez *[Firma]*

PRIMER SUPLENTE Ing. José Manuel Medina Monroy *[Firma]*

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Albino Arteaga Escamilla *[Firma]*

EN AGRADECIMIENTO:

A mis padres: Carmelo y María, por apoyarme y creer en mi en los momentos mas difíciles y poder cumplir un ciclo mas en mi vida.

A mis hermanos: Martha, Rosalina Guadalupe y Luis Alberto.

A mis maestros y en especial al Ing. Felipe Díaz del Castillo Rodríguez.

A mis **compañeros de escuela por todo lo que viví y pasé con ellos.**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
---------------------------	---

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS DE CAD/CAM	3
------------------------------------	---

1.1 Conceptos	3
1.2 Tecnología CAD	3
1.3 Tecnología CAM	4
1.4 Sistemas CAD/ CAM	5
1.5 Aplicaciones	7
1.6 Ventajas del sistema CAD/CAM	8

CAPÍTULO 2

PROGRAMACIÓN CNC Y PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA	10
---	----

2.1 EL CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL	10
2.1.1 Generalidades del CNC	10
2.1.2 Dificultades en la industria actual	11
2.1.3 Tipos de automatización	11
2.1.4 El factor humano y las máquinas CNC	13
2.2. CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO	13
2.2.1 ¿Qué es el CNC?	13
2.2.2 Características del CNC	14
2.3 PROGRAMACIÓN CNC	15
2.3.1 Ejes y movimientos	15
2.3.2 Ejes	16

2.3.3 Movimientos	17
2.3.4 Interpolación circular	18
2.3.5 Nomenclatura, sentidos y significado de letras	19
2.3.6 Funciones misceláneas y códigos G	20
2.3.7 Comandos G para el centro de maquinado	22
2.3.8 Códigos "M" para el centro de maquinado	26
2.3.9 Comandos G para el torno	27
2.3.10 Comandos "M" para el torno	28
2.3.11 Código S	29
2.3.12 Código F	30
2.3.13 Código T	30
2.4 PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA	30
2.4.1 Dibujo en el diseño	30
2.4.2 Sistemas CAM para programación automática	31

CAPÍTULO 3

FUNCIONES BÁSICAS DE MASTERCAM V8	34
3.1 INGRESO A MASTERCAM	35
3.2 INSTRUCCIONES PRINCIPALES Y DISTRIBUCIÓN EN PANTALLA	36
3.2.1 Menú principal	37
3.2.2 Menú secundario	38
3.2.3 Acceso a instrucciones mediante combinación de teclas	39
3.2.4 Acceso al menú mediante el mouse	40
3.2.5 Significado de iconos en la barra de herramientas	41
3.2.5.1 Funciones de los botones de la barra de herramienta de inicio	42
3.3 CREACIÓN DE TRAYECTORIAS DE LA HERRAMIENTA	44
3.3.1 Operaciones de maquinado	45
3.3.1.1 Nueva operación	45

3.3.1.2 Contorneo	45
3.3.1.3 Barrenado	50
3.3.1.4 Fresado de cavidades	55
3.3.1.5 Planeado	60
3.4 OPERACIONES DE MAQUINADO EN EL TORNO	64
3.4.1 Desbaste	64
3.4.2 Acabado	67
3.4.3 Ranurado	70
3.4.4 Barrenado	71
3.4.5 Roscado	72
3.4.6 Tronzado	74

CAPÍTULO 4

EJEMPLOS PRÁCTICOS	76
4.1 FRESADO	76
4.1.1 Ejemplo de fresadora	77
4.1.2 Generación de trayectoria de maquinado	79
4.1.3 Simulación en pantalla del proceso de maquinado	84
4.1.4 Operaciones de maquinado restantes	86
4.1.5 Post-proceso	88
4.2 TORNEADO	90
4.2.1 Ejemplo de torneado	92
4.2.2 Proceso de desbaste	93
4.2.3 Proceso de acabado	95
4.2.4 Proceso de roscado	97
4.2.5 Proceso de barrenado	99
4.2.6 Proceso de tronzado	100
4.2.7 Simulación	101
4.2.8 Post-proceso	102

Conclusiones	105
Bibliografía	106
Apéndice A	107

INTRODUCCIÓN

En el ambiente de control numérico, se define a un sistema controlado numéricamente, como una máquina o proceso controlado por un programa. El programa está formado por un conjunto de números y letras que siguen un estándar creado por la **EIA** (Electronic Industries Association) o la **ISO** (International Standards Organization).

La evolución del control numérico desde el manejo de cintas de papel perforadas para la codificación del programa, hasta el manejo de sistemas **CAD / CAM** ha dado origen a la necesidad de conocer diferentes áreas y terminologías, algunos ejemplos son los siguientes:

CAD: Computer Aided Design, (**Diseño asistido por computadora**).

CAM: Computer Aided Manufacturing, (**Manufactura asistida por computadora**).

NC: Numerical Control, (**Control numérico**).

CNC: Computer Numerical Control, (**Control numérico computarizado**).

El Control Numérico involucra diferentes áreas de conocimiento que son necesarias para el mejor aprovechamiento de la tecnología disponible, dichos conocimientos están íntimamente relacionados y se vuelve imperiosa la necesidad de manejarlos de manera simultánea.

La responsabilidad de un Ingeniero de Procesos o de Manufactura, generalmente tiene relación con la interpretación del diseño que se presenta en el dibujo de la pieza, la elección de la herramienta de corte, la generación del programa óptimo de Control Numérico, su verificación y puesta a punto para la corrida de producción.

Actualmente, en la industria es más frecuente ver dentro de ella, la utilización de programas para la computadora que ayudan, facilitan, y simplifican el trabajo. El

contenido de este trabajo busca dar una visión acerca de estos programas, en especial los utilizados en la ingeniería. Estos programas son herramientas que se utilizan para la fabricación y manufactura de piezas mecánicas que con la ayuda de máquinas de **CNC**, es posible hacer las formas que son necesarias para la satisfacción de un cliente.

En el primer capítulo se proporciona una descripción de estos sistemas así como sus principios.

En el capítulo dos se explican las bases de la programación de máquinas **CNC**, esto es la utilización de códigos que realizan determinadas funciones que ayudan a manejar estas máquinas herramienta.

En el capítulo tres se explica el funcionamiento del programa **MASTERCAM V8** así como la descripción de los comandos y funciones que se utilizan dentro de este paquete; para la realización de la simulación, y de como se llevará a cabo el maquinado en una máquina herramienta de **CNC**. Este capítulo es el más extenso y de mayor importancia ya que proporciona las bases para realizar un programa **CNC** con la ayuda de una computadora, esto es, lo que se conoce por **Programación Automática**.

En el capítulo cuatro se desarrollan algunos ejemplos de aplicación utilizando herramientas de **CAD** y **CAM** para la fabricación de piezas mecánicas así como la obtención del programa **CNC**.

Este trabajo tiene la intención de mostrar las bases de un sistema **CAM** en la industria metal-mecánica, y se realizó para la comunidad de ingeniería de la **FES Cuautitlán** con el único fin de tener una herramienta para su formación académica y auxiliarse en la programación de máquinas herramientas de **CNC**, con la utilización del programa **MASTERCAM V8**.

CAPÍTULO 1

PRINCIPIOS DE CAD-CAM

Este capítulo trata sobre el diseño asistido por computador (**CAD**, Computer Aided Design) y la manufactura asistida por computador (**CAM**, Computer Aided Manufacturing). Con estas herramientas informáticas se diseñan las piezas y se realizan cálculos muy fiables sobre sus dimensiones, pesos, esfuerzos y centros de gravedad sin tener que realizarlas físicamente. Permite reducir el coste y el tiempo necesario para la fabricación de cualquier pieza utilizada en un automóvil. Por medio del **CAM** se consigue programar la maquinaria utilizada en los procesos productivos, reduciendo los tiempos necesarios para el cambio de series.

1.1 CONCEPTOS

Cronológicamente, los sistemas **CAD** fueron los primeros en aparecer, luego aparecieron los **CAM** y finalmente se llegó al concepto **CIM** (Computer Integrated Manufacturing); Esto ocurrió así debido a que cada nuevo sistema se basó en el anterior o al menos lo usó como base.

Muchos de los sistemas **CAD / CAM** en uso, hoy en día están diseñados y pensados para automatizar funciones manuales, independientemente de si la función particular que cumplirán será análisis ingenieril, diseño conceptual, dibujo, documentación o la programación de la maquinaria de manufactura e inspección.

1.2 TECNOLOGÍA CAD

Es un sistema que incorpora uno o más computadores para realizar algunas de las funciones y los cálculos necesarios en el proceso de diseño.

La principal característica de un sistema **CAD** es que permite diseñar en forma interactiva y al mismo tiempo facilita la definición y construcción de una base de datos que alimenta

todo el sistema de información interno de una empresa. Otro aspecto importante es la abolición del papel para los diseños realizados, estos se almacenan en medios magnéticos.

Este sistema utiliza varias tecnologías como son: sistemas gráficos para computador, **CAE (Computer Aided Engineering)** que se usa para evaluar y efectuar el análisis de ingeniería de una pieza.

1.3 TECNOLOGÍA CAM

Es un sistema que incorpora una o más computadoras para llevar a cabo tareas de organización, programación y control de las operaciones necesarias para la manufactura del producto, se encarga de la utilización de la informática en la automatización y control de los procesos de producción desde el control de máquinas y herramientas hasta la gestión de producción, transporte y almacenamiento.

Este sistema incluye tecnologías que emplean: **Máquinas y herramientas** operadas por computador, sistemas flexibles de manufactura (**FMS**) e inspección asistida por computador.

Un **FMS** es un sistema integrado que incluye distintas tecnologías de automatización para obtener flexibilidad en las operaciones de un taller de trabajo, disminuyendo el costo de la producción.

La inspección asistida por computador recopila automáticamente la información del control de calidad y la analiza estableciendo informes estadísticos aislando problemas del proceso de producción. La tecnología **CAM** esta relacionada con la robótica.

La tecnología **CAM** tiene ventajas en cuanto a la productividad de la fuerza de trabajo, mejor calidad del producto y menor tiempo de preparación. Además permite:

- Extracción automática de información de los dibujos **CAD** para poder realizar la conversión a programas de control numérico y robots.
- Planeación automática de procesos.
- Diseño y operación de pruebas y medidas automatizadas a las piezas y ensamblajes para garantizar de esta manera la calidad de los productos.

Al implementar un sistema **CAD/CAM** se obtienen los beneficios siguientes:

- Disminución del ciclo de producción
- Integración de la ingeniería a funciones como el diseño, análisis y manufactura
- Incrementa la productividad
- Disminuye tiempos de dirección de procesos
- Planeación eficiente y control de la calidad
- Mejora el control de procesos de producción
- Reducción de costos de producción
- Precios más competitivos de los productos ofrecidos
- Mayor precisión y rapidez durante la creación de diseños.

1.4 SISTEMAS CAD/CAM

La implementación de sistemas **CAD / CAM** es una decisión fundamental que depende de la tecnología que se necesitará en una empresa-trabajo en particular. Si el trabajo que se realizará es una sola pieza, que a largo plazo sufrirá solo pequeñas modificaciones, se necesitará un **CAD** simple; en cambio, si se habla de productos con múltiples piezas y con necesidad de intercambiabilidad, estamos hablando de un computador sofisticado y un software más potente.

En el mundo del **CAD / CAM**, el primer foco está apuntado a la geometría del diseño. Es, al mismo tiempo, la herramienta con la que el sistema se construye y la primera constante en cualquiera de sus aplicaciones. Muchos sistemas **CAD / CAM** disponibles están confinados a la creación de diseños y dibujos a través de los gráficos de un computador. Otros proveen un más comprensivo juego de herramientas y geometría, tal y como lo permite la tecnología actual. En la **figura 1.1** se muestra un esquema de como se trabaja con los sistemas **CAD / CAM**.

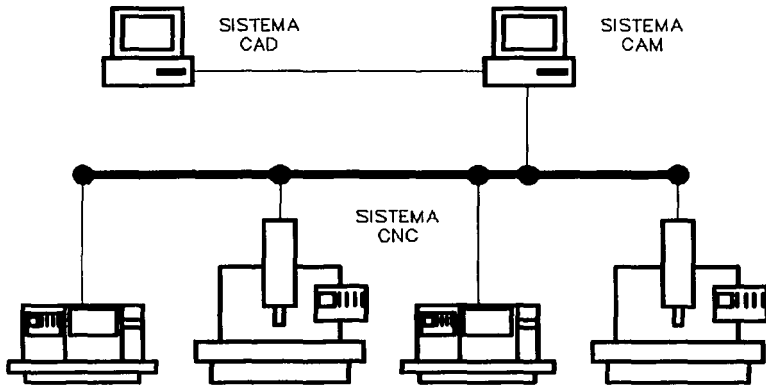


Figura 1.1. Esquema de sistema Cad/Cam.

El modelado en tres dimensiones **3D** es la puerta de entrada a un ambiente **CAD / CAM** completo. A pesar de que los sistemas **3D** no son necesariamente ocupados para todos los ambientes de diseño, ingeniería y manufactura, muchos de los sistemas tridimensionales de **CAD / CAM** pueden replicar las funciones de sistemas **2D** y **3D** si así se requiere. El modelado por sólidos es el último método de diseño de geometría para el ambiente **CAD / CAM**.

Uno de las más importantes compensaciones que se obtiene de los sistemas **CAD / CAM** es en el área de chequeo, verificación de diseño y manufactura del producto.

1.5 APLICACIONES

La base de cualquier sistema **CAD / CAM** es la plataforma de software usada en generar y documentar el modelo de una parte o documento, y es el llamado corazón del sistema. Lo que vendría a ser el alma del sistema son las aplicaciones que se le pueden agregar. Es a través de aplicaciones que la verdadera eficiencia de los sistemas **CAD / CAM** en términos de ahorro en producción y costos relacionados con el proceso se pueden ver realizadas.

Las aplicaciones en el ambiente **CAD / CAM** pueden ser clasificadas en: **Función, Diseño, Análisis, Documentación, Planeación de producción, Manufactura, Control de calidad, Simulación, Soporte logístico** etc.

Al manejar aplicaciones de manufactura, el proceso se puede dividir en dos categorías: **generación y uso**. Lo más importante es la generación de datos, y su transmisión está en manos de la correcta implementación del **CAM**. El **CAM** en el sistema **CAD / CAM** implica que el diseño y la manufactura están estrechamente ligados. La idea es que el **CAM** utilice los datos generados por el **CAD** adecuadamente.

El rango y la profundidad de las aplicaciones **CAM** varía hoy grandemente. Ellas abarcan desde herramientas altamente automatizadas, que son predominantemente manejadas a través de gráficos y la generación de superficies.

Una lista parcial de aplicaciones actuales de manufactura con **CAD / CAM** se presenta a continuación:

Oxicorte, taladrado, perforado, maquinado, soldado, colocación y ensamble de piezas, diseño de herramientas, diseño de moldes, doblado de tubos, extrusión, estampado y embutido, programación de robots, impresión de tableros de circuitos y recubrimiento de cables.

La parte más importante del sistema **CAD / CAM**, junto al manejo de datos, es la porción **CAM**. Sin entrar en detalles de alguna aplicación de manufactura en particular

El manejo de éstos pasa de ser principalmente de manejo de papeles al manejo informático, sin dejar de lado eso sí los papeles. El manejo de datos en el ambiente **CAD / CAM** se refiere a toda la información miscelánea y conocimiento que se tiene del diseño a través del proceso de manufactura, requerido para la producción.

Los sistemas de modelado basados en las características, programación y bases de datos orientados al objeto, inteligencia artificial y sistemas expertos se han convertido en frases importantes en la discusión del futuro de **CAD / CAM**. Son éstas y otras tecnologías las que van a tener un mayor apoyo del diseño, ingeniería y manufactura del mañana. La industria **CAD / CAM** está en transición de la automatización de funciones manuales a la automatización del proceso.

1.6 VENTAJAS DEL SISTEMA CAD/CAM

Los sistemas **CAD/CAM** nacieron como herramientas para facilitar el manejo de grandes cantidades de información gráfica de diseño de objetos, debido a la gran complejidad inherente al manipular tanta información.

Las principales ventajas de los sistemas **CAD** son la rapidez de cálculo y determinación de información convencional como ángulos, coeficientes de diversa índole, y en general valores matemáticos de cálculo fácil pero largo.

También es muy fácil cambiar los datos del problema o la perspectiva de diseño sin tener que recalcular todo manualmente, a diferencia del dibujo tradicional.

La ventaja más importante que se obtiene es que se pueden probar diferentes variantes de cada modelo en poco tiempo, ahorrando tiempo y dinero en encontrar la mejor alternativa de diseño.

Respecto al CAM, las ventajas de automatizar la producción son la consistente economía en el costo de manufactura (a pesar de que la inversión inicial puede ser muy alta), la gran disminución en tiempo de producción por artículo, y la poca dificultad para cambiar la línea de producción (en lugar de tener que reentrenar al personal de producción, lo que toma desde una semana a años enteros, sin mencionar la necesidad de un paro en la producción), el monitoreo constante de la producción, y la disminución de riesgos para operarios humanos en ambientes hostiles o peligrosos. Por otra parte, puede llegar a ser muy incómodo el tener que reprogramar toda la línea de producción por un pequeño detalle que ha cambiado en el diseño, además de deber de asumir el inevitable costo social que tiene el disminuir la fuerza de trabajo humana de una organización.

CAPÍTULO 2

PROGRAMACIÓN CNC Y PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA

2.1 EL CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL

2.1.1 GENERALIDADES DEL CNC

Actualmente existe un ambiente de grandes expectativas e incertidumbre. Mucho de esto se da por los rápidos cambios de la tecnología actual, pues estos no permiten asimilarla en forma adecuada de modo que es muy difícil sacar su mejor provecho. También surgen cambios rápidos en el orden económico y político los cuales en sociedades como la nuestra (países en desarrollo) inhiben el surgimiento de soluciones autóctonas o propias para nuestros problemas más fundamentales.

Entre todos estos cambios uno de los de mayor influencia lo será sin duda el desarrollo de las nuevas políticas mundiales de mercados abiertos y globalización. Todo esto habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin de que puedan satisfacer el reto de los próximos años. Una opción o alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo el elemento de la automatización. Sin embargo se debe hacerse en la forma más adecuada de modo que se pueda absorber gradualmente la nueva tecnología en un tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción.

Uno de los elementos importantes dentro de este resurgir de la automatización son la máquinas-herramientas de **Control Numérico Computarizado**, las cuales brindan algunas ventajas adicionales que son de importancia considerar detenidamente, lo cual es el propósito de este escrito.

2.1.2 DIFICULTADES EN LA INDUSTRIA ACTUAL.

Entre los problemas industriales de estos países desarrollados podemos mencionar:

- Existe cada vez una mayor exigencia en la precisión.
- Los diseños son cada vez más complejos.
- La diversidad de productos hace necesario la tendencia a estructuras de producción más flexibles.
- Se tiende a incrementar los tiempos de inspección.
- Los costos de fabricación de moldes es mayor y se hace necesario minimizar errores.
- El tiempo de entrega de los productos tiende a ser cada vez más reducido.
- La formación de instructores es cada vez más difícil, pues se hace necesario personal cada vez más experimentado.

2.1.3 TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN.

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado.

Los tipos de automatización son:

- Control Automático de Procesos
- El Procesamiento Electrónico de Datos
- La Automatización Fija
- El Control Numérico Computarizado
- La Automatización Flexible.

El **Control Automático de Procesos**, se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto podría ser el proceso de refinación de petróleo.

El **Procesamiento Electrónico** de datos frecuentemente se relaciona con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.

La **Automatización Fija**, es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los **(PLC'S)** O Controladores Lógicos Programables.

Un mayor nivel de **flexibilidad** lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a máquinas-herramientas de Control Numérico (**MHCN**).

Entre las **MHCN** podemos mencionar:

- Fresadoras **CNC**.
- Tornos **CNC**.
- Máquinas de electroerosión.
- Máquinas de corte por hilo, etc.
- Corte mediante Flama.
- Corte por **LASER**.
- Trabajo en madera.
- Mecanizado hidrodinámico (Water-Jet).

El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible" como se mostró en el **CAPÍTULO 1**.

2.1.4 EL FACTOR HUMANO Y LAS MÁQUINAS CNC

En esta sección, se verá el tipo de conocimientos y/o habilidades que debe poseer un operador CNC.

El operador de CNC deberá tener conocimientos en geometría, álgebra y trigonometría. Deberá conocer sobre la selección y diseño de la herramienta de corte y dominar los métodos de sujeción.

2.2 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO

2.2.1 ¿QUÉ ES EL CNC?

CNC se refiere al control numérico de máquinas, generalmente máquinas-herramientas. Normalmente este tipo de control se ejerce a través de una computadora y la máquina está diseñada a fin de obedecer las instrucciones de un programa dado.

Esto se ejerce a través del siguiente proceso:

- **Dibujo del producto.**
- **Programación.**
- **Interface.**
- **Máquinas-herramientas CNC.**

La **Interface** entre el programador y la MHCN se realiza a través de dispositivos, el cual puede ser una cinta perforada y codificada con la información del programa ó cintas magnéticas con la información del programa.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CNC

La MHCN posee las siguientes ventajas:

- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Mayor uniformidad en los productos producidos.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Fácil control de calidad.
- Reducción en costos de inventario, traslado y de fabricación en los modelos y abrazaderas.
- Es posible satisfacer pedidos urgentes.
- No se requieren operadores con experiencia.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.
- Aumento del tiempo de trabajo en corte por maquinaria.
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
- Fácil administración de la producción e inventario lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa.
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

Sin embargo no todo son ventajas y entre las desventajas se pueden citar las siguientes:

- Alto costo de la maquinaria.
- Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
- Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para un eficiente funcionamiento.

- Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es más complicado y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.
- Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada.

2.3 PROGRAMACIÓN CNC

El CNC tuvo su origen a principios de los años cincuenta en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora.

En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina.

Hoy día las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, con lo que el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria: tornos, rectificadoras, electroerosionadoras, máquinas de coser, etc.

El término “control numérico” se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Por ejemplo, para indicarle a la máquina que mueva la herramienta describiendo un cuadrado de 10 mm por lado se le darían los siguientes códigos:

```
G90 G71  
G00 X0.0 Y0.0  
G01 X10.0  
G01 Y10.0  
G01 X0.0  
G01 Y0.0
```

2.3.1 EJES Y MOVIMIENTOS

El torno y centro de maquinados de control numérico, tienen similitudes en su operación y en los códigos que se manejan dentro del programa de Control Numérico que se les suministre.

Ambas máquinas tienen un controlador, utilizándose en este trabajo el controlador **FANUC** ya que es uno de los más utilizados en el mercado.

Las instrucciones del programa de control numérico que mueven la herramienta, tienen una relación directa con el tipo de movimiento y el eje o ejes en los cuales se lleva a cabo.

2.3.2 EJES

un centro de maquinado tiene 3 ejes: X, Y e Z. como se muestra en la **figura 2.1**

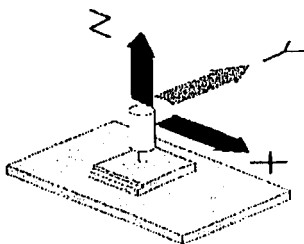


Figura 2.1 Ejes que se utilizan el centro de maquinado.

El torno cuenta con dos ejes: de movimiento: X y Z. como se muestra en la **figura 2.2**.

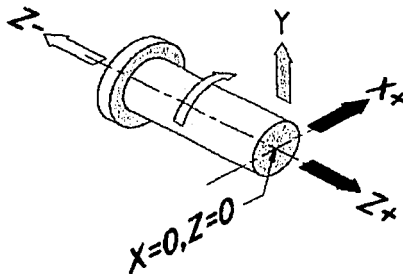


Figura 2.2 Ejes que se utilizan en el torno.

2.3.3 MOVIMIENTOS

Se dice que un movimiento libre de la herramienta sin que ésta tenga contacto alguno con la pieza es un movimiento en vacío, y si se desea que éste se ejecute a la máxima velocidad permisible por la máquina, entonces se codifica con la instrucción: **G00**. También se le conoce como **interpolación lineal en vacío**, porque los movimientos con este código son siempre en línea recta.

Por otra parte, cuando la herramienta está en contacto con la pieza, se prefiere un movimiento con una velocidad de avance específica. Si el tipo de movimiento es en línea recta, se codifica con la instrucción: **G01**, y se le conoce como **interpolación lineal con corte**, como se muestra en la **figura 2.3**.

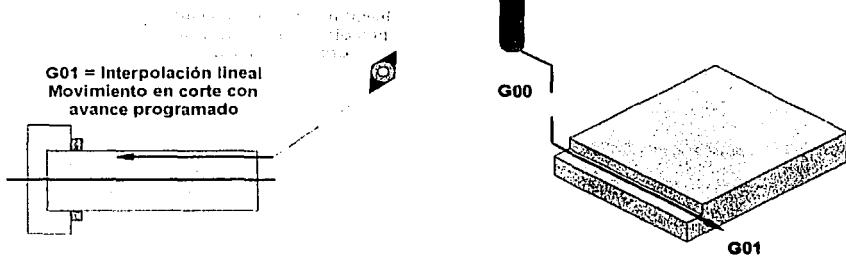


Figura 2.3. Interpolación lineal en vacío e interpolación lineal con corte en el torno y fresadora.

Pero si el movimiento es circular, entonces se codifica con **G02** (A favor de las manecillas del reloj) o con **G03** (En contra de las manecillas del reloj) y se le llama **interpolación circular** como se muestra en la **figura 2.4**.

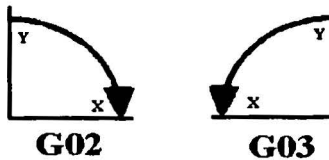


Figura 2.4 Movimientos de interpolación circular.

Los ejes de movimiento principales se designan con las letras **X, Y e Z**.

Los códigos **G00** y **G01** se asocian a uno o varios valores de coordenadas **X, Y ó Z** según sea el caso.

La instrucción **G01** requiere la especificación del valor de **avance**. El **avance** en el proceso de torneado es comúnmente manejado en unidades de distancia por vuelta: En **mm/rev** o en **plg/rev**.

Por ejemplo: G01 X30.1 Z-10 F0.2

(El avance es de 0.2 milímetros por cada vuelta)

Para el proceso de fresado, el avance se indica comúnmente en unidades de distancia por tiempo: En **mm/min** o en **plg/min**.

Por ejemplo: G01 X10.1 Y12.0 Z-5.0 F100

(El avance es de 100 milímetros por cada minuto transcurrido)

2.3.4 INTERPOLACIÓN CIRCULAR

Es el movimiento similar al movimiento lineal, pero se puede realizar movimientos circulares a una cierta velocidad de avance, se utilizan los códigos **G02** y **G03**, **Tabla 2.1**.

Tabla 2.1 Interpolación circular en torno y fresadora.

TORNO			FRESADORA		
Con información de radio	Con información del centro del radio	del	Con información de radio	Con información del centro del radio	del
G02 X Z R	G02 X Z I K		G02 X Y R	G02 X Y I J	

Los ejes generan planos de trabajo en donde se manejan de manera exclusiva las interpolaciones circulares. Un arco programado con **G02** ó **G03** se ejecuta solamente en alguno de los tres planos principales: X - Y, X - Z ó Y - Z. A cada plano le corresponde un código de control numérico. Como se muestra en la **figura 2.5**.

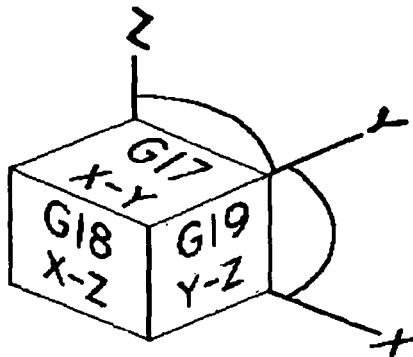


Figura 2.5 Planos de trabajo.

2.3.5 NOMENCLATURA, SENTIDOS Y SIGNIFICADO DE LETRAS

Los movimientos de los diferentes componentes en las máquinas-herramientas siguen un standar en cuanto a su nomenclatura y sentido de movimiento.

De acuerdo al standard **RS-274-D** de la **Electronic Industries Association (EIA)**, el significado de letras dentro de un programa es como se muestra en la **Tabla 2.2**.

Tabla 2.2. Significado de letras dentro de un programa CNC.

LETRA	DESCRIPCIÓN O SIGNIFICADO
A	Dimensión angular alrededor del eje X, medida en grados decimales.
B	Dimensión angular alrededor del eje Y, medida en grados decimales.
C	Dimensión angular alrededor del eje Z, medida en grados decimales.
D	Dimensión angular alrededor de un eje especial, o avance terciario, o función de selección de compensación para herramienta
E	Dimensión angular alrededor de un eje especial, o avance secundario
F	Avance
G	Función preparatoria
H	Libre ó compensación de la herramienta
I	Parámetro de interpolación o paso paralelo al eje X
J	Parámetro de interpolación o paso paralelo al eje Y
K	Parámetro de interpolación o paso paralelo al eje Z
L	Libre
M	Función miscelánea o auxiliar
N	Número de secuencia
O	Número de secuencia para segundo encabezado solamente
P	Tercer movimiento paralelo al eje X ó tercer movimiento. Rápido
Q	Tercer movimiento paralelo al eje Y ó segundo movimiento rápido
R	Tercer movimiento paralelo al eje Z ó primer movimiento rápido ó radio
S	Velocidad del husillo
T	Función con relación a la herramienta
U	Segundo movimiento paralelo al eje X
V	Segundo movimiento paralelo al eje Y
W	Segundo movimiento paralelo al eje X
X	Primer movimiento
Y	Segundo movimiento
Z	Tercer movimiento

2.3.6 FUNCIONES MISCELÁNEAS Y CÓDIGOS G

El programa de control numérico puede generarse mediante alguna de las alternativas siguientes:

- El operador puede dar entrada a los códigos a través del panel de control de la máquina.
- El controlador puede estar equipado con la alternativa de diálogo interactivo, lo cual facilita su codificación, o bien puede "teclearse" directamente letra por letra y número por número.
- El programa puede ser "teclado" en una computadora y guardarse en formato de texto plano (**ASCII**), para transmitirlo posteriormente a través del puerto serial de la computadora al puerto serial de la máquina-herramienta a través de un cable.
- El dibujo de la pieza se procesa en un paquete de **CAM** para generar el código de control numérico y transmitirse posteriormente a la máquina-herramienta

Cualquiera que sea el método, generalmente el programa contiene instrucciones estandarizadas por la **EIA** e **ISO**. Estas instrucciones se agrupan en códigos "**G**" o también llamadas funciones preparatorias y en códigos "**M**" o funciones misceláneas.

El programa que se genera, es procesado por el controlador de la máquina-herramienta y traducido a los movimientos y acciones de las que dispone la máquina.

La función preparatoria consiste de una letra y un par de dígitos asociados a ésta y se encuentra generalmente al inicio del renglón (**block**) de código y prepara al controlador para aceptar ó interpretar de una cierta manera las instrucciones que le siguen. Las funciones preparatorias se relacionan con acciones que están en coordinación directa con el corte en la máquina herramienta y la mayoría de ellas están definidas en el standard **RS-274-D** de la **EIA**.

Las funciones misceláneas se desempeñan tradicionalmente como un interruptor de encendido / apagado para actividades periféricas relacionadas al corte. Estas funciones son diferentes de máquina a máquina y cada fabricante puede hacer uso de ellas como mejor convenga.

Los códigos "G" están divididos en dos tipos principales, de acuerdo a su ejecución como se muestra en la **Tabla 2.3**.

TABLA 2.3 Códigos modales y no modales

Código "G" no modal	El código actúa solamente en el bloque en el cual se incluye.
Código "G" modal	El código actúa hasta que otro código del mismo grupo lo modifique.

2.3.7 COMANDOS G PARA EL CENTRO DE MAQUINADO

G00.- Avance lineal del cortador a velocidad alta, para posición o sin aplicar corte.

G01.- Avance lineal del cortador a velocidad programada, para aplicar corte.

G02.- Avance circular del cortador en el sentido de las manecillas del reloj, a velocidad programada como se muestra en la **figura 2.6**.

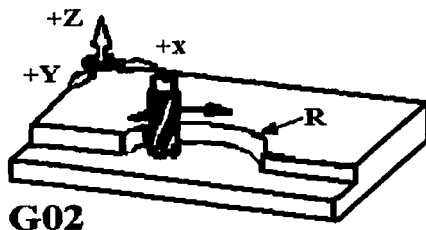


Figura 2.6. Avance circular en el sentido de las manecillas del reloj.

donde : **R** = radio del círculo **E** = coordenadas del punto final

Nota : si el círculo es mayor de 180° se debe utilizar el formato **i, j** para indicar las coordenadas (relativas) del centro del círculo.

G03.- Avance circular del cortador, en sentido opuesto a las manecillas del reloj, a velocidad programada como se muestra en la figura 2.7.

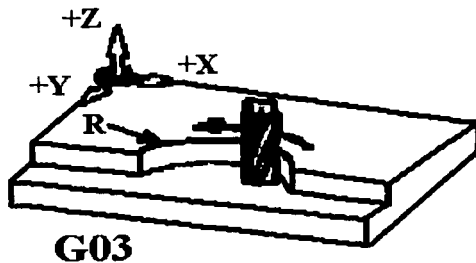


Figura 2.7. Avance circular en el sentido contrario de las manecillas del reloj.

donde : **R** = radio del círculo **E** = coordenadas del punto final

Nota : si el círculo es mayor de 180° se debe utilizar el formato i, j para indicar las coordenadas (relativas) del centro del círculo

G04.- Pausa, acompañada de una letra X, se detiene la herramienta un determinado tiempo; ejemplo G04 X4, la pausa durará 4 segundos.

G17.- Selección del plano XY

G18.- Selección del plano ZX

G19.- Selección del plano YZ.

G20.- Entrada de valores en pulgadas

G21.- Entrada de valores en milímetros.

G28.- Regreso al punto cero de la máquina, **HOME**.

G40.- Cancela compensación radial del cortador.

G41.- Compensación a la izquierda del cortador. **figura 2.8.**

G42.- Compensación derecha del cortador. **figura 2.8.**

G43.- Compensación longitudinal. **figura 2.8.**

CÓDIGOS G PARA COMPENSACIONES

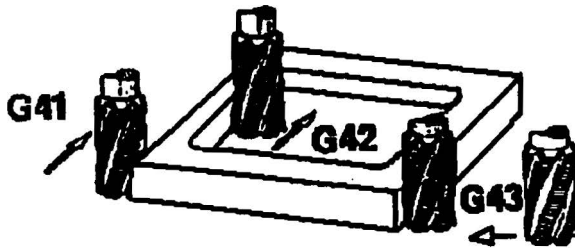


Figura 2.8. Compensaciones de la herramienta.

G49.- Cancela compensación longitudinal del cortador.

G81.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero pasante. El agujero atraviesa la pieza en un solo movimiento a una velocidad determinada de avance.

G82.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero ciego. El agujero no atraviesa la pieza, en su punto final de taladrado debe tener una pausa para remover el material sobrante y se determina con la letra "P" con un número de tiempo en segundos multiplicado por 1000.

G83.- Ciclo de taladrado para perforación de agujero profundo. En este agujero por ser para una perforación de toda una pieza de mas espesor; se debe llevar a cabo por incrementos y estos incrementos se determinan con la letra "Q" que con un valor determinado, avanzará el cortador en ese valor hasta perforar toda la pieza.

G80.- Cancela los ciclos predeterminados

G90.- Comando para hacer uso de coordenadas absolutas. **figura 2.9.**



Figura 2.9. Coordenadas absolutas.

G91.- Comando para hacer uso de coordenadas relativas. figura 2.10.

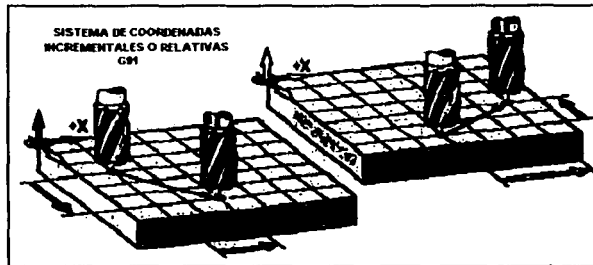


Figura 2.10. Coordenadas relativas.

G92.- Programación del punto cero absoluto, o cero de pieza. figura 2.11.

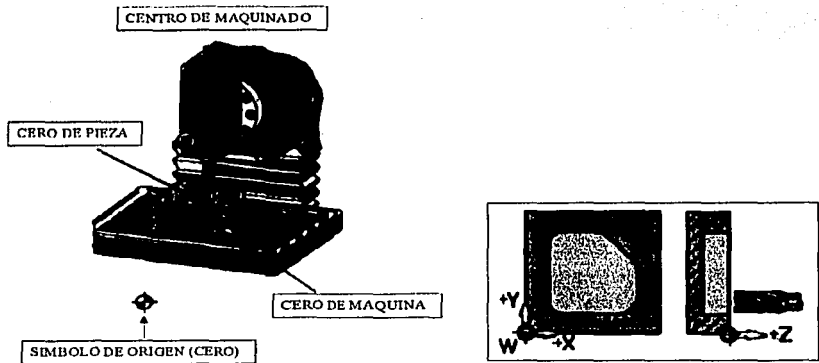


Figura 2.11 Posicionamiento del cero pieza.

G94.- Avance contemplado sobre la unidad de tiempo, (mm/min. y plg/min)

G95.- Avance contemplado sobre la velocidad radial. (mm/rev y plg/rev)

G98.- Retorno a un punto inicial correspondiente a un ciclo predeterminado.

G99.- Retorno al punto de retroceso de un ciclo predeterminado.

2.3.8 CÓDIGOS "M" PARA EL CENTRO DE MAQUINADO

Se utilizan para programar funciones especiales de la máquina.

M00.-Paro del programa

M01.- Paro opcional.

M02.-Fin del programa

M03.- Inicio de giro en R.P.M. del husillo, en sentido de las manecillas del reloj.

M04.- Inicio de giro en R.P.M. del husillo, en sentido contrario de las manecillas del reloj.

M05.- Paro del husillo.

M06.- Cambio automático de la herramienta.

M08 - Prende el refrigerante

M09.- Apaga el refrigerante

M10.- Comando que ordena que se abra la prensa de trabajo.

M11.- Comando que ordena que se cierre la prensa de trabajo.

M29.- Control de la maquina por medio de una computadora. Final del programa.

M30.- Con este comando se ordena el fin de programa, regresando al inicio del programa pero sin que se cicle.

M38.- Comando que realiza la función de abrir la puerta.

M39.- Comando que realiza la función de cerrar la puerta.

M63.- Con este comando se activa una señal de salida (enviada de la Fresadora al robot (**manipulador**)) para que el robot pueda actuar.

M65.- Desactiva la señal de salida para que el robot se retire.

M66.- Comando que ordena una señal de espera 3 activada por el manipulador (enviada del robot a la Fresadora), cuando esta efectuando una operación.

M76.- Comando que ordena una señal de espera 3 desactivada por el robot, cuando su operación termino y la Fresadora continúe con su trabajo.

M98.- Comando que ordena la llamada a un subprograma.

M99.- Con este comando también se ordena el fin del programa, regresando al inicio del programa haciendo que el ciclo se cumpla cuantas veces sea necesario.

2.3.9 COMANDOS G PARA EL TORNO

Los códigos que utiliza el torno son similares a los que utiliza la fresadora.

G00.- Avance lineal del cortador a velocidad alta, para posición o sin aplicar corte.

G01.- Avance lineal del cortador a velocidad programada, para aplicar corte.

G02.- Avance circular del cortador en el sentido de las manecillas del reloj, a velocidad programada. **figura 2.12.**

G03.- Avance circular del cortador, en sentido opuesto a las manecillas del reloj, a velocidad programada. **figura 2.12.**

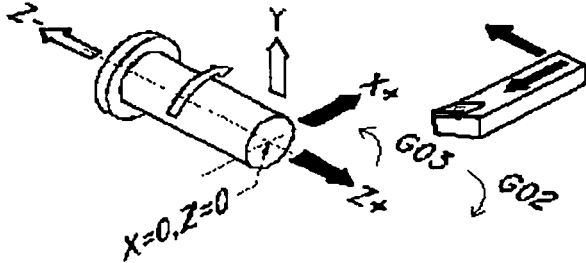


Figura 2.12. Avance circular.

G04.- Pausa, acompañada de una letra X, se detiene la herramienta un determinado tiempo; ejemplo **G04 X4**, la pausa durará 4 segundos.

G17.- Selección del plano XY.

G18.- Selección del plano ZX.

G19.- Selección del plano YZ.

G20.- Entrada de valores en pulgadas.

G21.- Entrada de valores en milímetros.

G28.- Regreso al punto cero de la máquina, **HOME**.

G40.- Cancela compensación radial del cortador.

G41.- Compensación izquierda del cortador.

G42.- Compensación derecha del cortador.

G71.- Ciclo de cilindrado.

G70.- Fin de ciclo de cilindrado.

G74.- Ciclo de barrenado.

G76.- Ciclo de roscado.

2.3.10 COMANDOS "M" PARA EL TORNO

Se utilizan para programar funciones especiales de la máquina.

- M00.-**Paro programado
- M01.-**Paro opcional
- M02.-**Final del programa
- M03.-**Husillo conectado en sentido horario
- M04.-**Husillo conectado en sentido antihorario
- M05.-**Paro del husillo
- M06.-** Cambio de herramienta
- M08.-**Refrigerante conectado
- M09.-**Refrigerante desconectado
- M10.-**Abrir chuck
- M11.-**Cerrar chuck
- M19.-**Paro exacto del husillo
- M30.-**Final del programa con regreso al principio del programa
- M38.-**Paro exacto conectado
- M39.-**Paro exacto desconectado
- M58.-**Abrir la puerta
- M59.-**Cerrar la puerta
- M99.-**Llamado de subprograma
- M99.-**Final de subprograma

2.3.11 CODIGO S

Se usa este código para programar la velocidad del husillo en la fresadora o la velocidad de la pieza en el torno, por ejemplo:

S 1250 indica que la velocidad del husillo es de 1250 r.p.m.

2.3.12 CODIGO F

Programa la velocidad de avance de la pieza en el caso de la fresadora o la velocidad de la herramienta en el caso del torno. Dependiendo del sistema de unidades utilizado, la velocidad de avance será: **mm/min** ó **pulg/min**

2.3.13 CODIGO T

Designa el numero de herramienta en un carrusel esto es la herramienta se coloca en una posición en particular y se puede llamar cuando sea necesario. Cuando se usa conjuntamente con el código **M06** se activa el cambio de herramienta, por ejemplo:

M06 T01

2.4 PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA

Las máquinas herramienta de control numérico configuran una tecnología de fabricación que va de la mano de la microelectrónica, la automatización y la informática industrial ha experimentado en los últimos años un desarrollo acelerado y una plena incorporación a los procesos productivos, desplazando progresivamente a las máquinas convencionales, su capacidad de trabajo automático y de integración de los distintos equipos entre sí y con los sistemas de control, planificación y gestión de formación, hacen del control numérico (CN) el principal apoyo a otras tecnologías de fabricación: el CAD Diseño asistido por computador y el CAM.- Manufactura asistida por computador.

2.4.1 DIBUJO EN EL DISEÑO

El dibujo y el diseño asistido por computadora, es hoy en día, una herramienta imprescindible para lograr un diseño competitivo, hasta hace muy pocos años, el dibujo asistido por computadora era una tecnología reservada a las grandes empresas, o aquellas que tenían un elevado potencial económico y humano.

El conjunto de técnicas asistidas por computadora (**CAD/CAM**) han experimentado una gran evolución en estos últimos años, y pueden ser consideradas suficientemente maduras como para aplicarse de forma rentable en prácticamente todo el proceso de diseño y fabricación de un producto

El modelo o diseño realizado mediante **CAD** es, en general, el punto de partida para la aplicación del resto de técnicas asistidas. La calidad de este modelo **CAD** condiciona la calidad de los resultados que puedan obtenerse posteriormente del **CAM**.

Algunas de estas tecnologías, como el **CAD** o el **CAM**, son conocidas y aplicadas cada vez por más empresas. No obstante, existe una evolución constante y muy rápida de las mismas que, conjuntamente con la aparición de algunas nuevas, hace que sea difícil mantenerse al día tanto en su conocimiento como en su aplicación.

2.4.2 SISTEMAS CAM PARA PROGRAMACIÓN AUTOMÁTICA

Los sistemas de fabricación asistida por computadora tienen por objetivo, básicamente, proporcionar una serie de herramientas que permitan fabricar la pieza diseñada.

Actualmente, el **CAM** se conoce fundamentalmente como sistema de programación de máquinas **CNC**. Sin embargo, debe precisarse que el **CAM** es un concepto mucho más amplio, que incluye la programación de robots, de máquinas de medición por coordenadas, simulación de procesos de fabricación, planificación de procesos, etc.

La primera y más importante aplicación del **CAM** es la programación de máquinas **CNC**, o sea, la generación de programas fuera de las mismas. Ello permite realizar los programas sin interrumpir la máquina, además de poder simular la ejecución de los mismos en la computadora, evitando así posibles errores y colisiones, aumentando el rendimiento de la máquina y la calidad de las piezas mecanizadas.

Los sistemas **CAM** pueden utilizarse para diferentes tecnologías que, normalmente, están disponibles por módulos: **fresado, torneado, electroerosión, punzonado, corte por LASER, oxicorte, etc.**

Una de las aplicaciones más extendidas es la programación automática de operaciones de **fresado**. Ello es especialmente interesante cuando la pieza a mecanizar es compleja, es decir, que es difícil ser programada "**manualmente**".

Durante el proceso de desarrollo de un producto, es muy frecuente que se fabriquen maquetas o prototipos para la aprobación de estilo. Si estas maquetas se manufacturan mediante **CAM** en base a un modelo **CAD**, la pieza final será idéntica a la maqueta aprobada. En este caso se utiliza el modelo **CAD** es para generar las trayectorias de la herramienta que constituirán el programa **CNC**, obteniéndose, una vez mecanizada, una pieza idéntica al modelo diseñado mediante **CAD**. Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de maquinado. Dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, ésta es capaz de maquinar una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en altorrelieve o bajorrelieve, un grabado artístico un molde de inyección de una cuchara o una botella... lo que se quiera.

Al principio, hacer un programa de maquinado era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer. Era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aún así era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales.

Hoy en día se emplean sistemas **CAD/CAM** que generan el programa de maquinado de forma automática. En el sistema **CAD** (diseño asistido por computadora) la pieza que se desea maquinar se diseña en la computadora con herramientas de dibujo y modelado en sólido, **figura 2.13**.

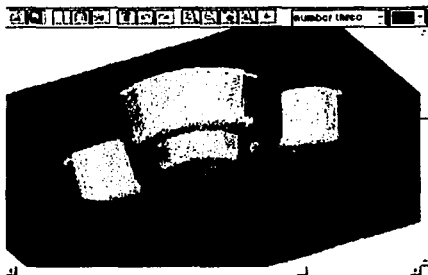


Figura 2.13. Diseño con CAD.

Posteriormente el sistema CAM toma la información del diseño y genera la trayectoria de corte que tiene que seguir la herramienta para fabricar la pieza deseada; a partir de esta ruta de corte se crea automáticamente el programa de maquinado, el cual puede introducirse a la máquina mediante un disco o enviado electrónicamente. **figura 2.14.**

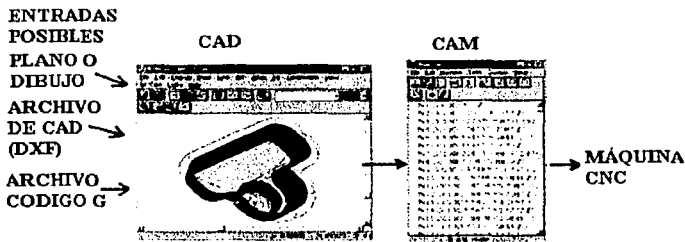


Figura 2.14. Diagrama de un sistema CAD/CAM.

Hoy día los equipos CNC con la ayuda de los lenguajes convencionales y los sistemas CAD/CAM, permiten a las empresas producir con mucha mayor rapidez y calidad sin necesidad de tener personal altamente especializado.

CAPÍTULO 3

FUNCIONES BÁSICAS DE MASTERCAM V8

MASTERCAM es un paquete computacional de apoyo a la generación de programas de control numérico, permitiendo la generación de geometrías y trayectorias de herramientas en 2 y tres dimensiones, ofreciendo soluciones para torneado, fresado, electroerosión por alambre y diseño en 3 dimensiones. **MASTERCAM MILL** es el módulo de fresado y está estructurado en 4 módulos:

- **Entry**
- **Mill Level 1**
- **Mill Level 2**
- **Mill Level 3**

Cada nivel ofrece más opciones para el generado de rutas de fresado, siendo el nivel 3 el que más funciones tiene. **MASTERCAM** tiene herramientas de dibujo en dos y 3 dimensiones.

Los objetos tridimensionales se crean con modelos con alambres (wireframe) y con superficies. Recientemente, la empresa **CNC Software, Inc**; creadora del **MASTERCAM** ha lanzado al mercado el módulo de sólidos, con el que es posible generar geometría sólida con operaciones booleanas.

3.1 INGRESO A MASTERCAM

Para poder hacer uso del programa MASTERCAM V8 desde Windows, se realizará la secuencia siguiente: Inicio/Programas/MASTERCAM, donde se podrá escoger Mill8 o Lathe8 según sea el caso figura 3.1.

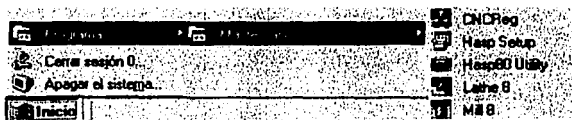


Figura 3.1. Ingreso a mastercam.

Al inicializar el programa se mostrará en pantalla el menu principal, el secundario y la barra de herramientas, figura 3.2.

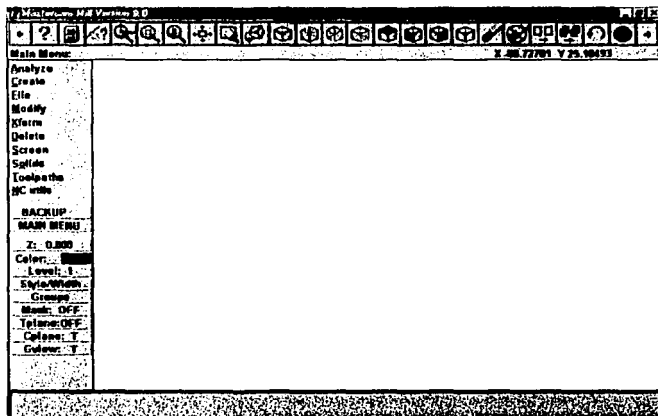


Figura 3.2. Pantalla principal al ingresar a MASTERCAM V8.

3.2 INSTRUCCIONES PRINCIPALES Y DISTRIBUCIÓN EN PANTALLA

La distribución de la pantalla principal, **figura 3.3**, ofrece el acceso a:

- **Barra de herramientas:** Aquí se encuentra el acceso rápido a instrucciones de uso frecuente.
- **Mensajes de selección:** Envía mensajes al usuario, para indicarle que seleccione algún objeto en especial.
- **Menú principal:** Todas las instrucciones del software se encuentran siguiendo una secuencia de cascada a partir de la selección de estas etiquetas.
- **Menú secundario:** Opciones que permiten trabajar con la geometría dibujada.
- **Área de mensajes:** Aquí se envían mensajes y se recibe información del usuario.

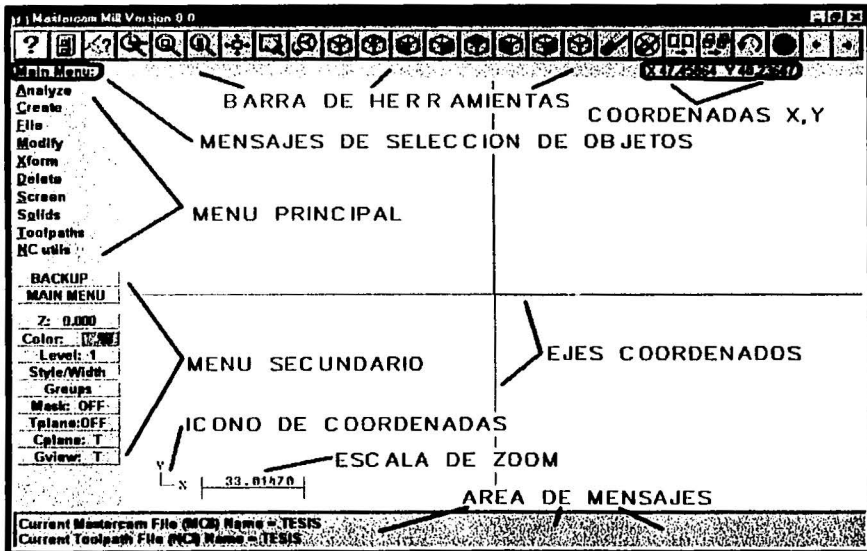


Figura 3.3. Pantalla principal de MASTERCAM V8

Cuando se usa **MASTERCAM** por primera vez, se recomienda usar inicialmente el menú principal para familiarizarse con la jerarquía de las instrucciones, posteriormente usar las barras de herramientas.

3.2.1 MENÚ PRINCIPAL

El **menú principal** ofrece las siguientes instrucciones y su funcionalidad, **Tabla 3.1**:

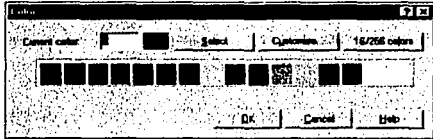
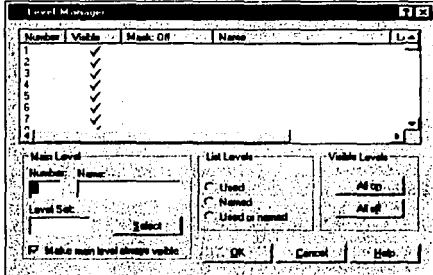
Tabla 3.1. Menú principal

ANALYZE	Muestra información de las entidades seleccionadas. Point, Contour, Only, Between pts, Angle, Dynamic, Area/volume, Number, Chain, Surfaces.
CREATE	Permite crear entidades como: Point, Line, Arc, Fillet, Spline, Curve, Surface, Rectangle, Drafting (Dimensions), Chamfer, Letters, Pattern, Ellipse, Polygon, Bound. box, Fplot, Gear, Htable.
FILE	Manejo de los archivos New, Edit, Get, Merge, List, Save, Save some, Browse, Converters, Properties, Dos shell, RAM-saver, Hardcopy, Communic, Renumber.
MODIFY	Permite la modificación de la geometría ya dibujada: Fillet, Trim, Break, Join, Normal, Cpts NURBS, X to NURBS, Extend, Drag, Cnv to arcs
XFORM	Transforma la geometría con opciones como: Mirror, Rotate, Scale, ScaleXYZ, Translate, Offset, Ofs Ctour, Stretch, Roll.
DELETE	Elimina geometría de la base de datos y de la pantalla: Chain, Window, Area, Only, All, Group, Result, Duplicate, Undelete.
SCREEN	Afecta el formato en el que la geometría se presenta en la pantalla: Configure, Statistics, Endpoints, Clr Colors, Chg Colors, Chg Levels, Chg attribs, Surf disp, Blank, Set main, Center, Hide, Sel. grid, AutoCursor, Regenerate, To Clipbrd, Comb views, Viewports, Plot.
SOLIDS	
TOOLPATHS	Ofrece acceso a las tecnologías de maquinado: New, Contour, Drill, Pocket, Face, Surface, Multiaxis, Operations, Job Setup, Manual Ent, Circ tlpths, Point, Project, Trim, Wireframe, Transform, Import NCI.
NC UTILS	Ofrece acceso a las utilerías de NC para editar y verificar las rutas de las herramientas: Verify, Backplot, Batch, Filter, Post Proc, Setup Sheet, Def. ops, Def. Tools, Def. Matls.

3.2.2 MENÚ SECUNDARIO

El **menú secundario** ofrece opciones para ajustar el formato de trabajo durante la creación y edición de entidades, las cuales se muestran en la **Tabla 3.2**.

Tabla 3.2. Menú secundario.

Z	Ajusta el nivel en Z del plano de construcción. Toda geometría que se dibuje, cae en el nivel indicado en esta opción. La elección del punto puede hacerse con las opciones: Origin, center, endpoint, intersec, midpoint, point, last, relative, quadrant y sketch.
COLOR	Establece el color activo en el cual se dibujarán las entidades. 
LEVEL	MASTERCAM soporta hasta 255 niveles o Layers. Cada Layer puede ser nombrada con un texto para facilitar su búsqueda y control. 
STYLE / WIDTH	Establece el tipo el estilo de línea y espesor que el paquete usa para mostrar líneas, arcos y splines.

MASK	Controla la selección de objetos gráficos. Se puede indicar al software que restrinja la selección a un nivel en especial.
TPLANE	Es un plano bidimensional que representa los ejes XY y su origen. Esta opción se usa solamente en el proceso de maquinado.
CPLANE	Es un plano de construcción bidimensional en el que se crea la geometría y que puede definirse en cualquier lugar del espacio. El plano de construcción no necesariamente coincide con la vista gráfica de los objetos (Graphic view). El origen puede desfasarse a través de la opción ALTO, guardarse en un nombre específico o borrarse.
GVIEW	Graphics view o vista de los objetos en cualquiera de las Alternativas: Top, front, side, isometric, number, last, entity, rotate, dynamic, Mouse, Normal, =Cplane, =Tplane, Get named.

3.2.3 ACCESO A INSTRUCCIONES MEDIANTE COMBINACIÓN DE TECLAS

También están disponibles algunas instrucciones a través de las teclas de funciones y combinaciones de teclas, como se muestra en la **Tabla 3.3**.

Tabla 3.3. Combinación de teclas

TECLA O COMBINACIÓN	INSTRUCCIÓN A EJECUTAR
ALT – F1	Fit screen
ALT – F2	Zoom Out
ALT – F3	Cursor tracking
ALT – F4	Exit
ALT – F5	Delete window
ALT – F7	Blank

ALT – F8	Configure
ALT – F9	Draw axes (Current graphics view = center, Current construction plane = Left, Current tool plane = right)
F1	Zoom
F2	Unzoom

F3	Repaint
F4	Analyze
F5	Delete
F6	File
F7	Modify
F8	Create
F9	Información del 0,0, Nombre del archivo mc7 y nci.
F10	Información de la asignación de instrucciones
ALT - A	Autosave
ALT - B	Toolbar on/off
ALT - C	Run C-Hooks
ALT - D	Drafting Parameters
ALT - F	Menú fonts selection window
ALT - G	Grid Parameters
ALT - H	On - line help
ALT - I	Open Files
ALT - J	Job Setup
ALT - L	Line Style menu

ALT - M	Memory allocations
ALT - N	Named views
ALT - O	Operations manager
ALT - P	Prompt area display
ALT - Q	Delete last machining operation
ALT - R	Redo toolpath
ALT - S	Shadding toggle
ALT - T	Draw Nc toolpath
ALT - U	Undo
ALT - V	MASTERCAM version level and Hardare lock number
ALT - W	Set viewport window
PAGE DOWN	Zoom out
PAGE UP	Zoom in
ALT - X	Xform menu
ALT - Z	Visible levels menu
ESC	Command Interruption

3.2.4 ACCESO A MENÚ MEDIANTE EL MOUSE

Como un método de acceso aún más rápido, al oprimir el botón derecho del mouse en la zona de gráficas, se tiene acceso a la caja de diálogo, que se muestra en la **figura 3.4**.

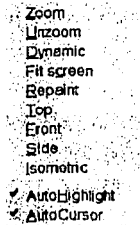


Figura 3.4 Menú con acceso del mouse

Como respuesta a algunas instrucciones que solicitan datos del usuario, se pueden usar las letras siguientes y seleccionando los objetos existentes. De éstos objetos se adquiere el valor solicitado. **Tabla 3.4.**

Tabla 3.4. Letras para la solicitud de datos

A	Ángulos.
D	Diámetros.
L	Longitud
R	Radios.
S	Distancia entre dos puntos
X	Coordenada en X.
Y	Coordenada en Y.
Z	Coordenada en Z.
TECLA FIN	Movimiento dinámico autónomo

3.2.5 SIGNIFICADO DE ICONOS EN LA BARRA DE HERRAMIENTAS

Las flechas de los extremos nos sirven para viajar a diferentes páginas de las barras de herramientas, **figura 3.5.**



Figura 3.5. Barra de herramientas.

3.2.5.1 FUNCIONES DE LOS BOTONES DE LA BARRA DE HERRAMIENTA DE INICIO

- **HELP:** Abre la ayuda de **MASTERCAM** para un acceso directo a la información **ON-LINE** sobre sus características, **figura 3.6**.
- **FILE MENU:** Activa el menú de archivos.
- **ANALYZE MENU:** Activa el menú de analizar.



Figura 3.6. Iconos: help, file, analyze.

- **ZOOM:** Activa la ventana **ZOOM-IN**. Utilice esta opción para amplificar parte de la geometría, **figura 3.7**.
- **UNZOOM:** Reduce el tamaño de la geometría en pantalla.
- **UNZOOM BY 0.8:** Reduce la imagen en pantalla con incrementos de 0.2.
- **FIT:** Ajusta la imagen mostrada al área gráfica de pantalla.
- **REPAINT:** Reexpone la gráfica en pantalla limpiando cualquier imperfección.



Figura 3.7. Iconos de zoom.

- **GVIEW (DYNAMIC):** Cambia la vista de la gráfica a una forma dinámica. Click en la geometría y mueve el ratón para ajustar tu geometría. Click el ratón cuando este la vista como deseas, **figura 3.8**.
- **GVIEW (ISOMETRIC):** Cambia la vista de la gráfica a la forma isométrica.

- **GVIEW (TOP):** Cambia la vista de la gráfica a la vista superior.
- **GVIEW (FRONT):** Cambia la vista de la gráfica a la vista frontal.
- **GVIEW (SIDE):** Cambia la vista de la gráfica a la vista lateral.



Figura 3.8. Iconos de vistas.

- **CPLANE (TOP):** Cambia el plano de construcción a superior, **figura 3.9.**
- **CPLANE (FRONT):** Cambia el plano de construcción a frontal.
- **CPLANE (SIDE):** Cambia el plano de construcción a lateral.
- **CPLANE (3D):** Cambia el plano de construcción a 3d.



Figura 3.9. Iconos de plano de construcción.

- **DELETE MENU:** Activa el **DELETE MENU**, **figura 3.10.**
- **DELETE-UNDELETE-SINGLE:** **UNDELETE** una entidad.
- **CHANGE COLOR:** Cambia el color de las entidades.
- **CLEAR COLOR:** Remueve el color resultante de memoria.
- **UNDO:** Te permite deshacer la última operación que realizaste. Debes estar en el último menú de operaciones para deshacerlo, ya que sales del menú donde lo hiciste ya no puedes deshacerlo con esta opción.
- **SHADE:** Activa el menú de sombreado.



Figura 3.10. Iconos de modificar

3.3 CREACION DE TRAYECTORIAS DE LA HERRAMIENTA

En esta sección se ilustra de como se puede, mediante diferentes tipos de operaciones, maquinar una pieza en un centro de maquinado con la ayuda de **MASTERCAM**.

Para acceder a estas operaciones se utiliza el menu principal y el menu **TOOLPATHS**, figura 3.11.



Figura 3.11. Menu para operaciones de maquinado.

Una vez que se ha introducido al menu **TOOLPATHS** se muestran las diferentes operaciones que son posibles y que se pueden realizar en el programa **MASTERCAM**, figura 3.12.



Figura 3.12. Menu principal para operaciones de maquinado

3.3.1 OPERACIONES DE MAQUINADO

3.3.1.1 NUEVA OPERACIÓN

Este comando sirve únicamente para empezar una nueva operación de maquinado conservando las operaciones que se hicieron anteriormente y se accesa con **NEW** del menu de **TOOLPATHS**.

3.3.1.2 CONTORNEO

Utilizaremos el comando **Contour** para realizar una operación de **contorneado** de una entidad. La operación de **contorneado** sigue un perfil continuo de líneas y con esta función se puede definir un número casi ilimitado de contornos.

Para iniciar se tiene la siguiente geometría **figura 3.13**.

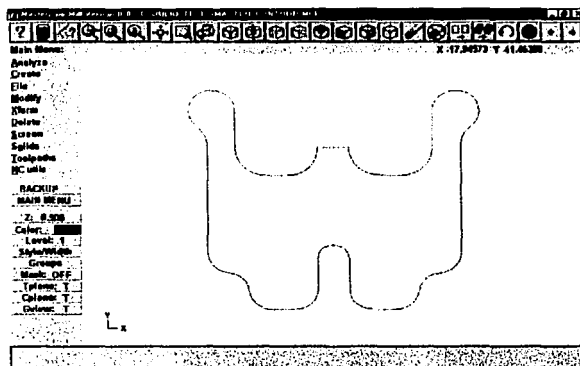


Figura 3.13. Geometría para contorneo.

El propósito de esta práctica es realizar el contorno exterior de la geometría. Primero se selecciona la operación de **Contour**, **figura 3.14**.

Main Menú:	Toolpaths:
Analyze	New
Create	Contour
Edit	Drill
Modify	Pocket
Xform	Face
Delete	Surface
Screen	Multiaxis
Slides	Operations
Toolpaths	Job setup
NCutils	Next menu

Figura 3.14. Menu de contorno.

Posteriormente, se seleccionan las entidades que formarán el contorno. En nuestro caso se utilizara la opción "Chain" por lo que primero se selecciona una línea de la figura con el mouse, posteriormente la opción "Close", luego "End Here" y "Done" para finalizar, **figura 3.15.**

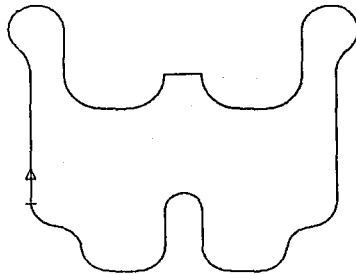


Figura 3.15. Selección de cadenas.

Una vez seleccionadas las entidades se oprime **Done**, **figura.3.16.**

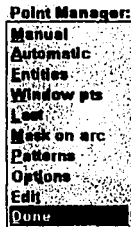


Figura 3.16. Aceptación de entidades.

En la caja de diálogo de la tecnología de contorneo, oprima el botón derecho del mouse sobre la zona blanca, de manera que aparezcan las opciones: **Get tool from library**, **Create new tool** y **Job Setup**.

Seleccione la opción: **Get tool from library**, figura 3.17.

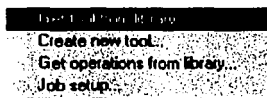


Figura 3.17. Menu para el acceso de herramientas.

Después de seleccionar la herramienta del contorneo, se procede a modificar los parámetros de herramienta, figura 3.18.

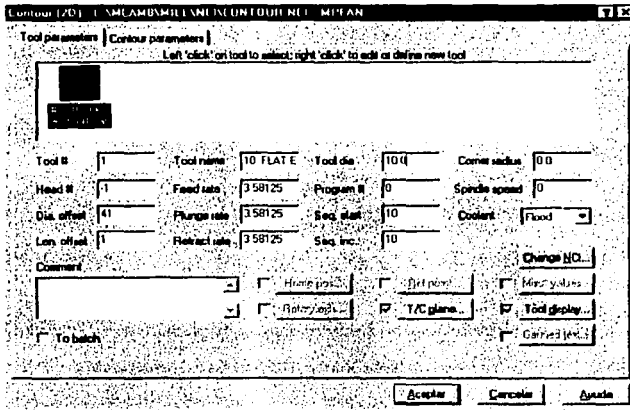


Figura 3.18. Parámetros de la herramienta.

Se introducen los parámetros de contorneo para la herramienta , figura 3.19.

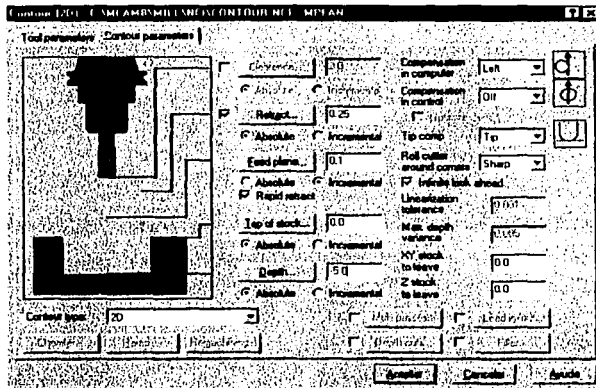


Figura 3.19. Parámetros de contorneo.

Una vez que seleccionamos los parámetros de contorno y de hacer click en **aceptar** se obtiene el camino de la herramienta, **figura 3.20**.

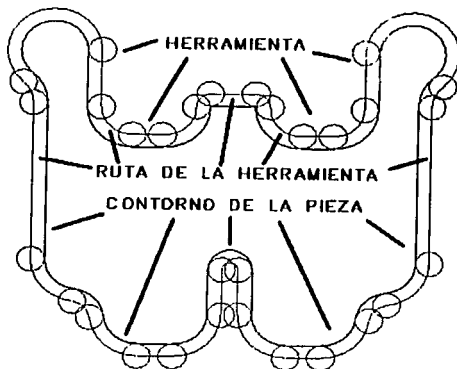


Figura 3.20. Camino de la herramienta.

Con todas estas operaciones se obtiene el contorno para maquinar siluetas en piezas que lo requieran.

3.3.1.3 BARRENADO

El objetivo es crear las trayectorias de herramientas para una operación de barrenado mediante la opción **Drill**.

Para iniciar, la geometría a la que se pretende asignar la trayectoria de herramientas y utilizaremos la operación de **Drill** para definir la trayectoria de maquinado; Para iniciar, se tiene la geometría mostrada en la figura 3.21.

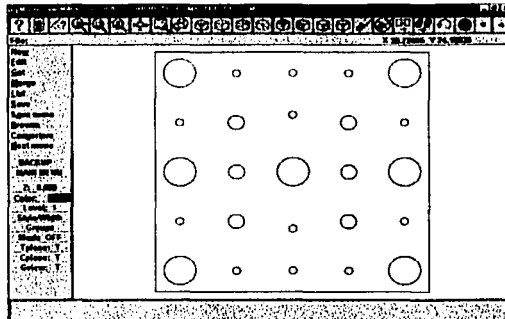


Figura 3.21. Geometría para barrenado.

La operación que se pretende lograr, es la perforación de los 25 agujeros que se encuentran en la pieza, en la cual se usaran tres operaciones para el barrenado, para los diámetros de 12, 6 y 3. Para lograrlo se selecciona del menú principal **Toolpaths/Drill**, figura 3.22.



Figura 3.22. Secuencia de menú.

Una vez realizado, se pedirá seleccionar los puntos donde se harán las perforaciones mediante el menú mostrado en la **figura 3.23**.

Point Manager:	Point Entry:
Manual	Origin
Automatic	Center
Entities	Endpoint
Window pts	Intersec
Last	Midpoint
Mask on arc	Point
Patterns	Last
Options	Relative
Subpgm ops	Quadrant
Done	Sketch

Figura 3.23. Menú para la selección de los barrenos.

Se seleccionarán los barrenos que tienen un diámetro de 3.0 como se muestra en la **figura 3.24**.

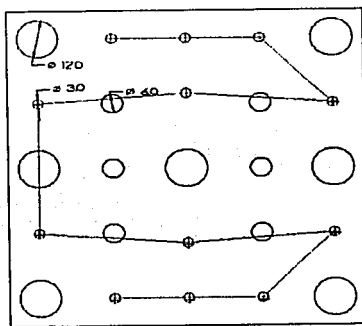


Figura 3.24. Selección de barrenos de diámetro 3.

Una vez seleccionados los barrenos se oprime **Done**, figura 3.25.



Figura 3.25. Aceptación de barrenos.

En la caja de diálogo de la tecnología de taladrado, oprima el botón derecho del mouse sobre la zona blanca, de manera que aparezcan las opciones: **Get tool from library**, **Create new tool** y **Job Setup**.

Seleccione la opción: **Get tool from library**, figura 3.26.



Figura 3.26. Menu para el acceso de herramientas

Después de seleccionar la herramienta para barrenar, se procede a modificar los parámetros de herramienta, **figura 3.27**.

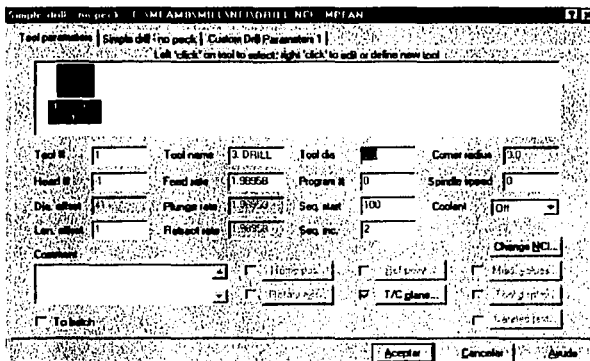


Figura 3.27. Parámetros de herramienta.

Se introducen los parámetros de barrenado para la herramienta, **figura 3.28**.

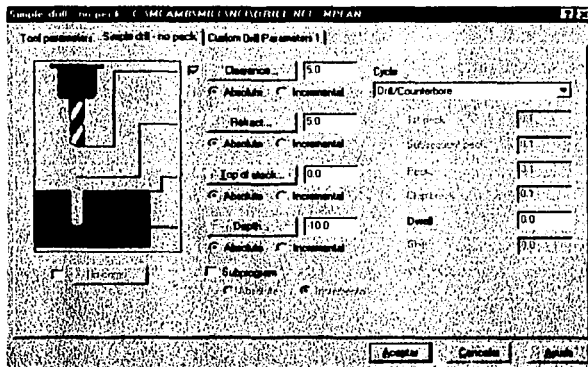


Figura 3.28. Parámetros de barrenado.

Se prosigue con los barrenos de 6.0, con la misma secuencia anterior que se uso para los barrenos de diámetro 3, **figura 3.29**.

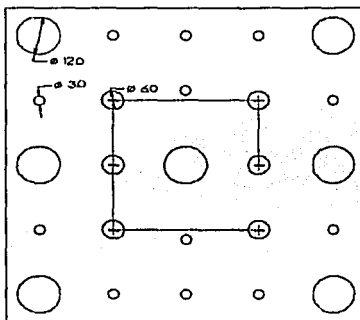


Figura 3.29. Selección de barrenos de diámetro 6.

Y finalmente se seleccionan los barrenos de diámetro 12, **figura 3.30**.

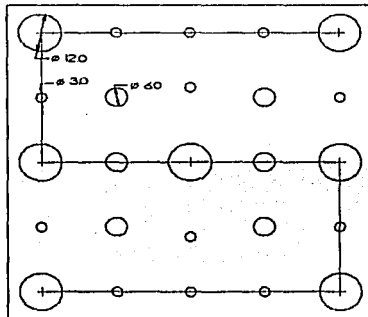


Figura 3.30. Selección de barrenos de diámetro 12.

Con todas estas operaciones se obtiene el barrenado de la pieza, con tres diferentes diámetros de brocas.

3.3.1.4 FRESADO DE CAVIDADES

El objetivo es crear las trayectorias de herramientas para una operación de fresado de cavidades mediante la opción **Pocket**. Para iniciar se analizará la geometría a la que se pretende asignar la trayectoria de herramientas y se utilizará la operación de **Pocket** para definir la trayectoria de maquinado; Para iniciar se tiene la geometría mostrada en la figura 3.31.

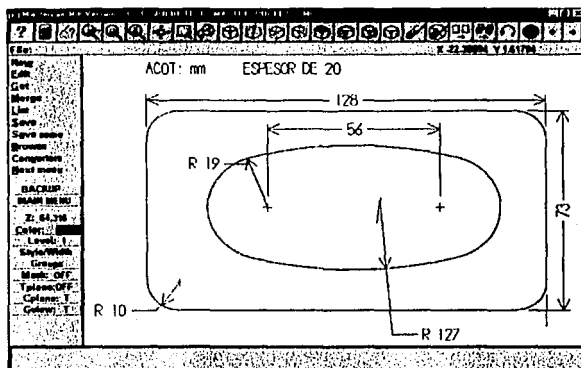


Figura 3.31. Geometría para fresado.

Así el objetivo es hacer una operación de cavidad a profundidad constante en el ovalo central de la pieza.

Para empezar se tiene que seleccionar del menu principal **Toolpaths/Pocket**, figura 3.32.



Figura 3.32. Secuencias de menu.

Posteriormente se seleccionan las entidades que conformaran el **Pocket**, las entidades tiene que estar cerradas, es decir que los extremos de las entidades deben estar unidas, el inicio de una entidad debe coincidir con el fin de la última, **figura 3.33**.

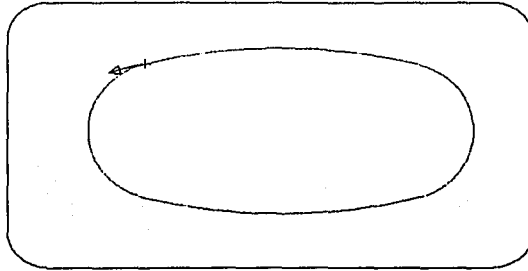


Figura 3.33. Selección de cadenas para el fresado.

Una vez seleccionadas las entidades se oprime **Done**, **figura 3.34**.



Figura 3.34. Aceptación entidades.

En la caja de diálogo de la tecnología de careado, oprima el botón derecho del mouse sobre la zona blanca, de manera que aparezcan las opciones: **Get tool from library**, **Create new tool** y **Job Setup**.

Seleccione la opción: **Get tool from library**, figura 3.35.

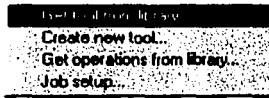


Figura 3.35. Menu para el acceso de herramientas

Después de seleccionar la herramienta del fresado, se procede a modificar los parámetros de herramienta, figura 3.36.

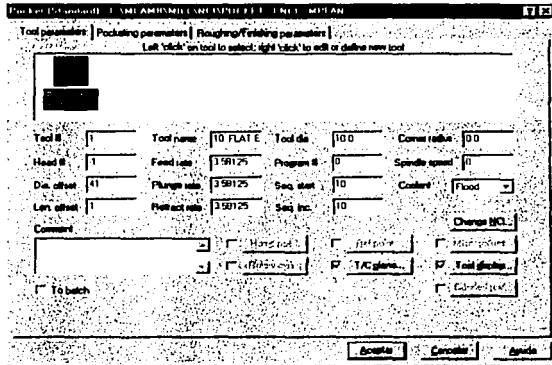


Figura 3.36. parametros de la herramienta.

Se introducen los parámetros de fresado de cavidades para la herramienta , figura 3.37.

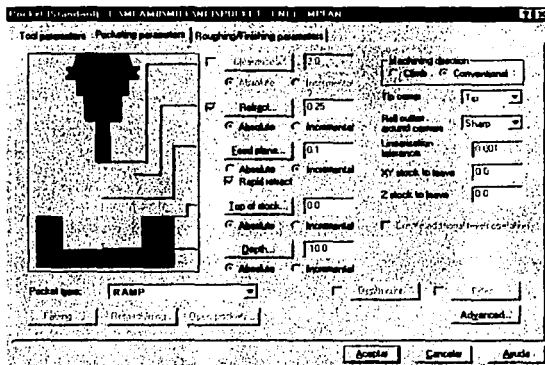


Figura 3.37. Parámetros de fresado de cavidades.

Se escogen los parámetros de desbaste y acabado para la ruta de herramienta, figura 3.38.

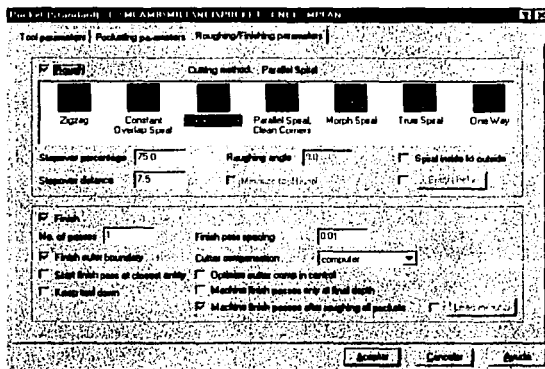


Figura 3.38. Parámetros de desbaste y acabado.

Una vez que seleccionamos los parámetros de fresado por bolsas y de hacer click en **aceptar** se obtiene el camino de la herramienta, **figura 3.39**.

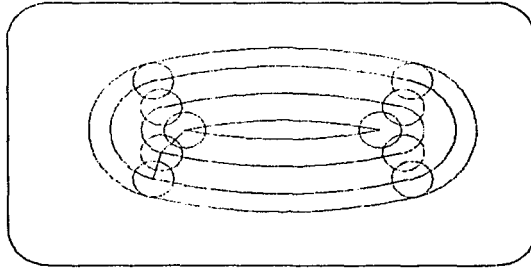


Figura 3.39. Camino de la herramienta.

Con estas operaciones se obtiene el fresado para maquinado de bolsas en piezas que lo requieran.

En la **figura 3.40** se visualiza el maquinado en 3D.

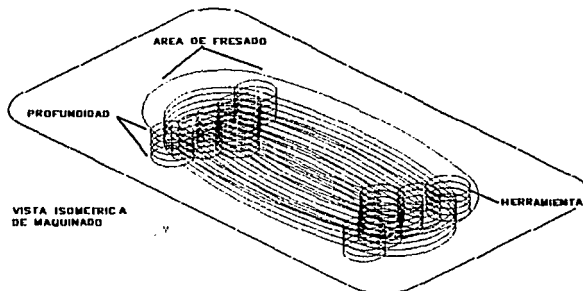


Figura 3.40. Ruta de la herramienta en isométrico de maquinado.

3.3.1.5 PLANEADO

El objetivo es crear las trayectorias de herramientas para una operación de planeado mediante la opción **Face**. Para iniciar se analizará la geometría a la que se pretende asignar la trayectoria de herramientas y se utilizará la operación de **Face** para definir la trayectoria de maquinado; Para iniciar se tiene la siguiente geometría mostrada en la figura 3.41.

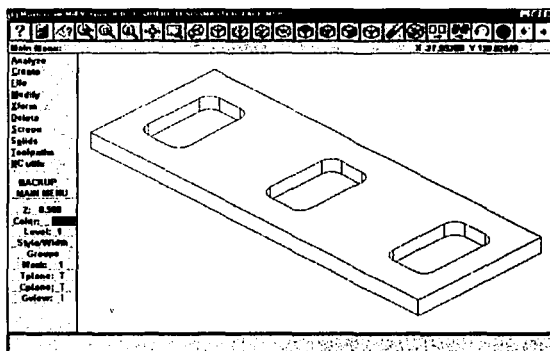


Figura 3.41. Geometría para la opción **Face**.

La operación que se pretende lograr es limpiar la parte superior de la pieza mostrada anteriormente, suponiendo que se tiene exceso de material. Para lograr esto se selecciona del menú principal **Toolpaths/Face**. figura 3.42.

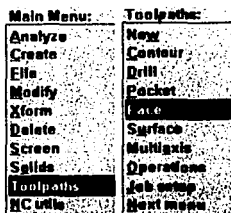


Figura 3.42. Secuencia para **Face**.

Una vez hecho esto se seleccionarán las entidades donde esta la cara de la pieza, que se quiere maquinar, figura 3.43.

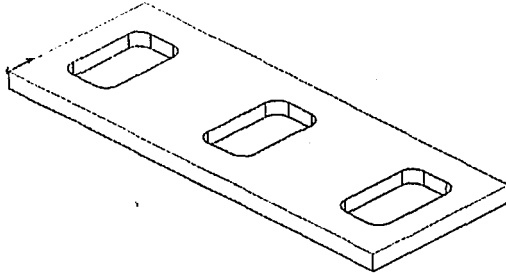


Figura 3.43. Selección de entidades para la operación Face.

Una vez seleccionadas las entidades se oprime **Done**, figura 3.44.



Figura 3.44. Aceptación de entidades.

En la caja de diálogo de la tecnología de planeado, oprima el botón derecho del mouse sobre la zona blanca, de manera que aparezcan las opciones: **Get tool from library**, **Create new tool** y **Job Setup**.

Seleccione la opción: **Get tool from library**, figura 3.45.

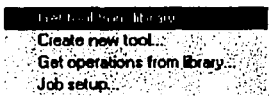


Figura 3.45. Menu para el acceso de herramientas.

Después se modifican los parámetros de la herramienta como se indica en la **figura 3.47**.

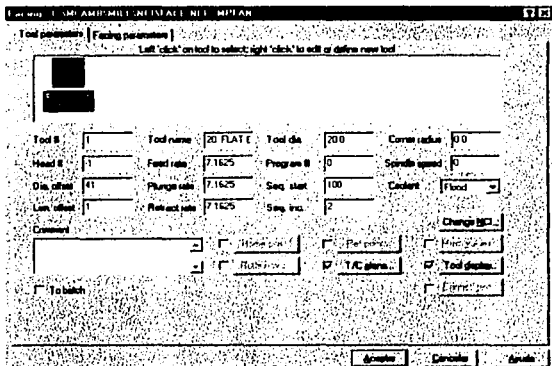


Figura 3.46. Parámetros de la herramienta.

Se cambia a la opción de parámetros de planeado y se modifican los parámetros para planeado, **figura 3.47**.

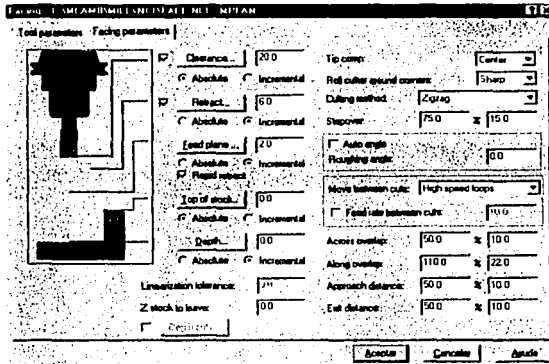


Figura 3.47. Parámetros de planeado.

Finalmente se obtiene la operación de planeado en la pieza, **figura 3.48**.

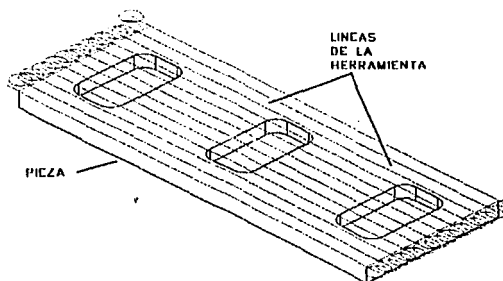


Figura 3.48. Maquinado de planeado en vista 3D.

3.4 OPERACIONES DE MAQUINADO EN EL TORNO

3.4.1 DESBASTE

Se usa la opción **Rough** para definir la trayectoria de la herramienta en una operación de desbaste, asumiendo que existe un exceso de material, para iniciar se tiene la geometría mostrada en la **figura 3.49**.

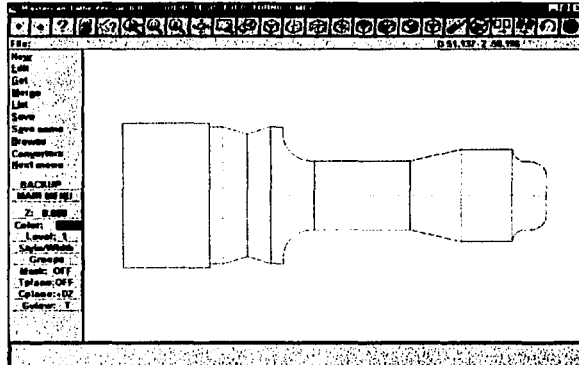


Figura 3.49. Geometría para la opción desbaste.

A continuación se selecciona **Toolpaths/Rough**, **figura 3.50**.



Figura 3.50. Secuencia para Rough.

Una vez hecho se seleccionarán las entidades de la pieza, que se quiere maquinar, **figura 3.51.**

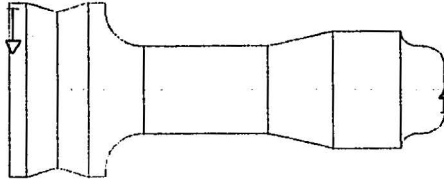


Figura 3.51. Selección de entidades para la operación Rough.

Una vez seleccionadas las entidades se oprime **Done**, **figura 3.52.**

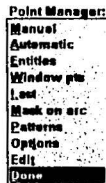


Figura 3.52. Aceptación de entidades.

Después se modifican los parámetros de corte de la herramienta como se indica en la **figura 3.53.**

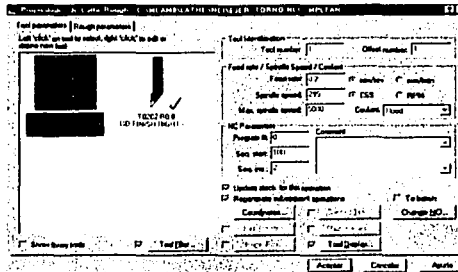


Figura 3.53. Parámetros de corte de la herramienta.

Se cambia a la opción de parámetros de desbaste y se modifican, **figura 3.54.**

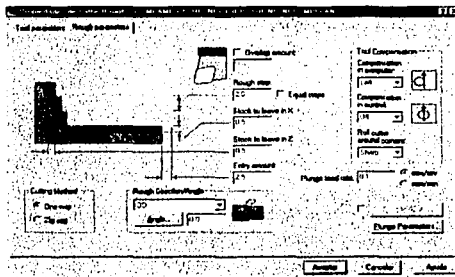


Figura 3.54. Parámetros de desbaste.

Finalmente se obtiene la operación de desbaste en la pieza, **figura 3.55.**

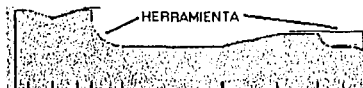


Figura 3.55. Maquinado de desbaste.

3.4.2 ACABADO

Se usa la opción **Finish** para definirla trayectoria de la herramienta en una operación de acabado, asumiendo que existe un exceso de material, para iniciar se tiene la geometría mostrada en la, **figura 3.56**.

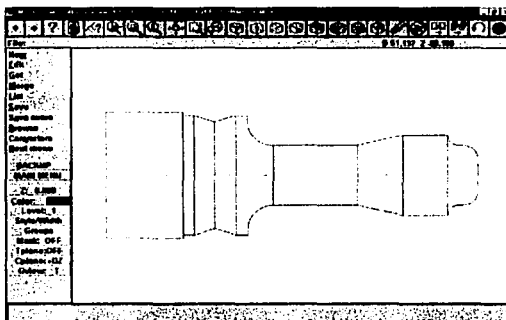


Figura 3.56 Geometría para la opción Finish.

A continuación se selecciona **Toolpaths/Finish**, **figura 3.57**.



Figura 3.57. Secuencia para Finish.

Una vez hecho se seleccionarán las entidades de la pieza, que se quiere maquinar, **figura 3.58**.

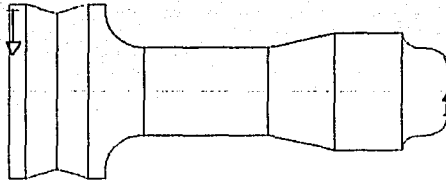


Figura 3.58. Selección de entidades para la operación Finish.

Una vez seleccionadas las entidades se oprime **Done**, figura 3.59.



Figura 3.59. Aceptación de entidades.

Después se modifican los parámetros de corte de la herramienta como se indica en la figura 3.60.

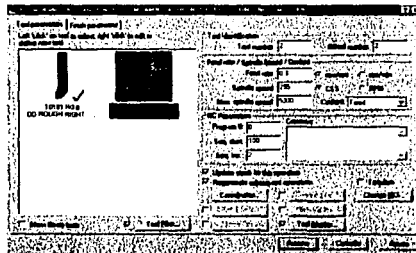


Figura 3.60. Parámetros de corte de la herramienta.

Se cambia a la opción de parámetros de acabado y se modifican los parámetros para acabado, figura 3.61.

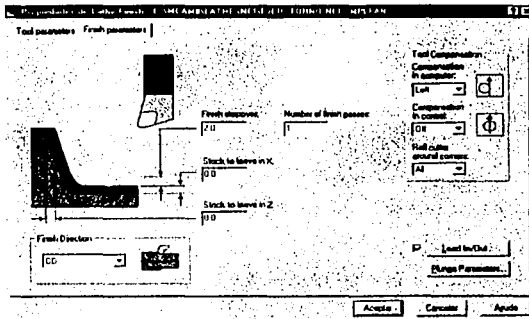


Figura 3.61. Parámetros de acabado.

Finalmente se obtiene la operación de acabado en la pieza, quitando el exceso de material, figura 3.62.

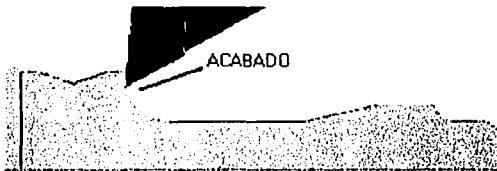


Figura 3.62. Maquinado de acabado.

3.4.3 RANURADO

En este proceso, no es forzoso que exista la geometría de la ranura para crear la trayectoria. Seleccione: **Main Menu Toolpaths Groove**, figura 3.63.

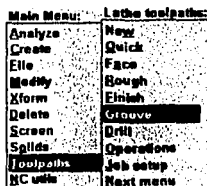


Figura 3.63. Secuencia para ranurado.

Seleccione la opción de 2 Point, para especificar los puntos extremos de la ranura, figura 3.64.



Figura 3.64. Menu de ranurado.

Seleccione los puntos como se muestra en la figura 3.65.

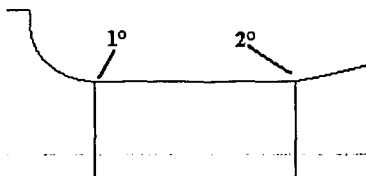


Figura 3.65. Selección de ranura.

A continuación, de entrada a los valores que se muestran en las cajas de diálogo, **figura 3.66**.

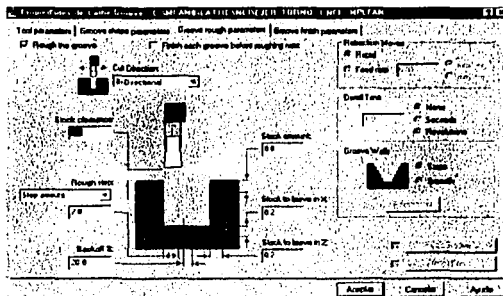


Figura 3.66. Parámetros de ranurado.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta **Aceptar**.

3.4.4 BARRENADO

Se usa la opción **Drill** para definirla trayectoria de la herramienta en una operación de barrenado, para iniciar se tiene la geometría mostrada en la, **figura 3.67**.

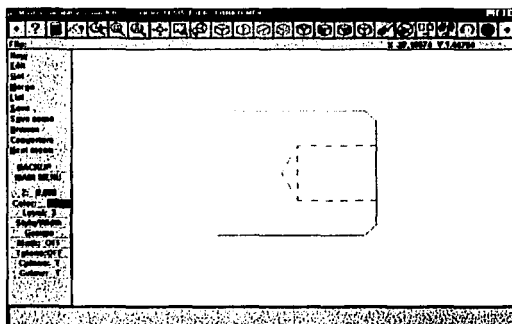


Figura 3.67. Geometría para la opción Barrenado.

La operación que se va a realizar es el barrenado de la pieza mostrada anteriormente. Para lograr esto se selecciona del menú principal **Toolpaths/Drill**, figura 3.68.

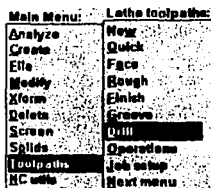


Figura 3.68. Secuencia para Barrenado.

En la caja de diálogo se dan entrada a los valores para el barrenado, figura 3.69.

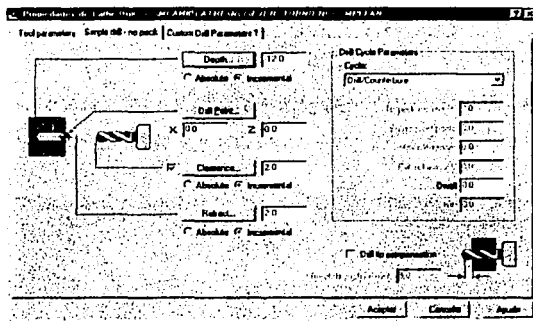


Figura 3.69. Parámetros de barrenado.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta **Aceptar**.

3.4.5 ROSCADO

Se usa la opción **Thread** para definirla trayectoria de la herramienta en una operación de roscado, para iniciar se tiene la geometría mostrada en la, figura 3.70.

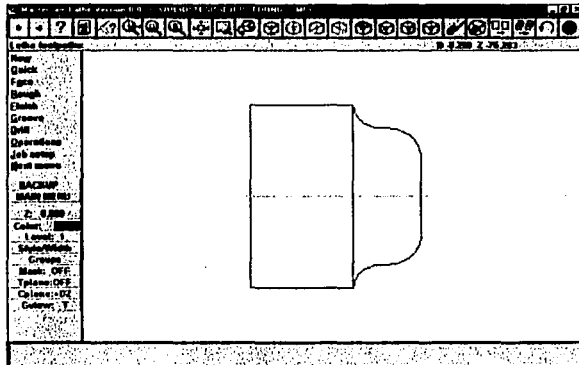


Figura 3.70. Geometría para la opción Roscado.

La operación que se va a realizar es el roscado de la pieza mostrada anteriormente. Para lograr esto se selecciona del menú principal Toolpaths/Next Menu/Thread. figura 3.71.

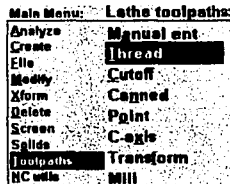


Figura 3.71. Secuencia para Roscado.

En la caja de diálogo se dan entrada a los valores para el roscado figura 3.72.

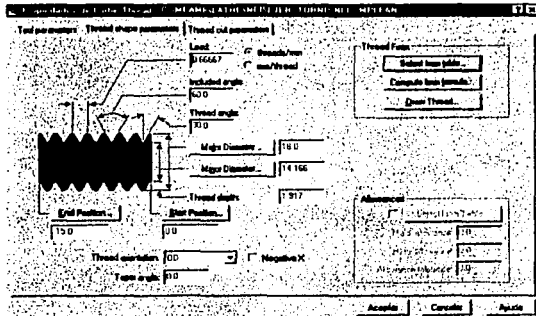


Figura 3.72. Parámetros de Roscado.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta aceptar, figura 3.73.

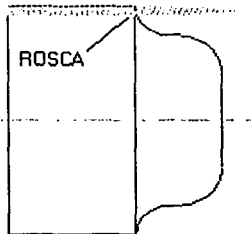


Figura 3.73. Roscado.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta Aceptar.

3.4.6 TRONZADO

Finalmente, la pieza se separa de la barra, usando una herramienta de tronzo.

Seleccione: **Main Menu Toolpaths Next menu Cutoff**, figura 3.74.

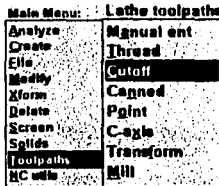


Figura 3.74. Secuencia para tronzado.

Seleccione el punto mostrado en la figura para iniciar el algoritmo de cálculo del tronzado, **figura 3.75.**

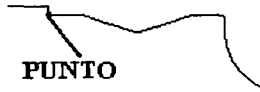


Figura 3.75. Selección de punto de ranurado.

Nuevamente, es necesario proporcionar los valores que correspondan en las cajas de diálogo de la operación, **figura 3.76.**

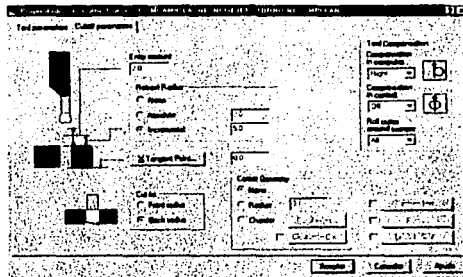


Figura 3.76. Parámetros de tronzado.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta **Aceptar.**

CAPÍTULO 4

EJEMPLOS PRÁCTICOS

4.1 FRESADO

Para todo programa de control numérico en el proceso de fresado, se puede aplicar el procedimiento que usa contornos en dos dimensiones o superficies en tres dimensiones o una combinación de ambos.

La generación de la geometría y su posterior manufactura se presenta de manera sencilla a través de un ejemplo practico, el cual se muestra en la, **figura 4.1**.

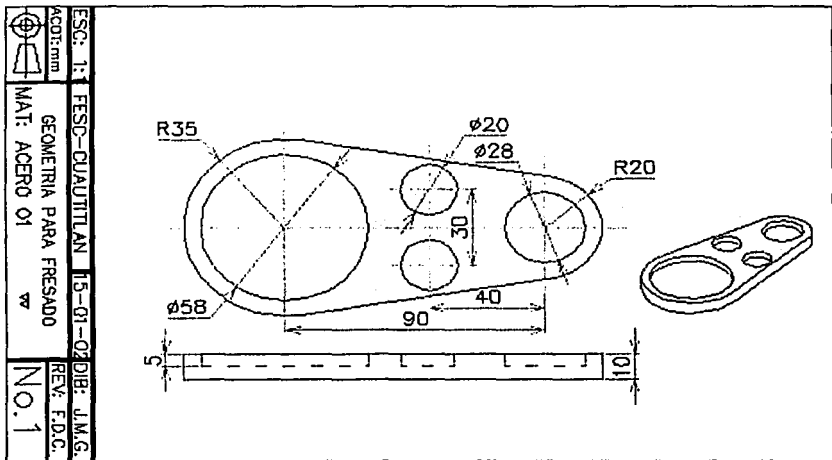


Figura 4.1. Geometría para el ejemplo.

4.1.1 EJEMPLO DE FRESADORA

Primero se ingresa al programa de **MASTERCAM**, posteriormente se diseñará la geometría requerida, explicándose a continuación.

Seleccione: **Main Menu – Create – Arc – Circ pt+rad.**

Dé entrada al radio del círculo: **35**

Observe que aparece un círculo, mueva el mouse hasta que en la zona inferior de la pantalla aparezcan los valores:

Radius: 35.00

Reference point: X= -40.0; Y= 0.0; Z= 0.0

Seleccione el punto y una vez dibujado el círculo, oprima **ESC** un par de veces.

Repita el procedimiento, Seleccione: **Main Menu – Create – Arc – Circ pt+rad** y de entrada a un valor de radio: **20**.

Seleccione el centro del círculo en las coordenadas **50, 0**; Los círculos deben verse como se muestra en la **figura 4.2**.

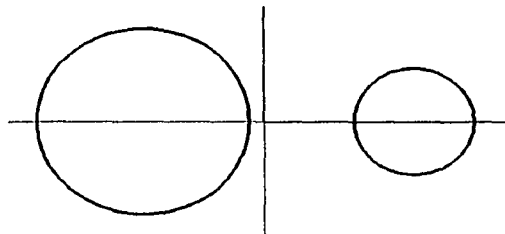


Figura 4.2. Creación de los círculos.

Seleccione: **Main Menu – Create – Line – Tangent – 2arcs**

Seleccione el círculo de la izquierda en un punto en la parte alta del mismo, y posteriormente seleccione el círculo de la derecha en un punto similar. El objetivo es crear una línea tangente a ambos círculos.

Repita el procedimiento para obtener la línea inferior tangente. Al terminar, oprima ESC un par de veces, **figura 4.3.**

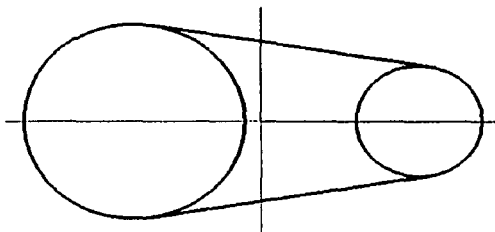


Figura 4.3. Líneas tangentes.

Seleccione: **Main Menu – Modify – Trim – 3 entities**

Seleccione primero cada una de las dos líneas recién creadas, y posteriormente el círculo grande en su extremo izquierdo, **figura 4.4.**

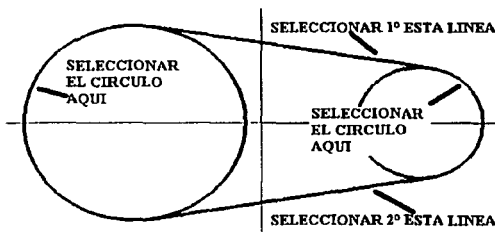


Figura 4.4. Selección de entidades.

Repita el procedimiento para recortar el círculo pequeño, hasta obtener la siguiente figura, **figura 4.5.**

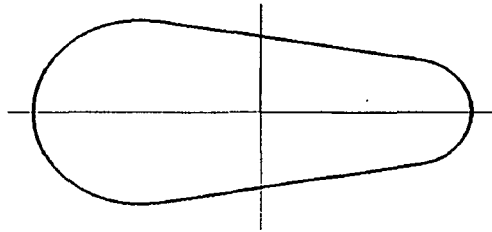


Figura 4.5. Geometría recortada.

Realice los pasos necesarios para agregar los círculos que se muestran en la figura 4.6. Observe las cotas. figura 4.6.

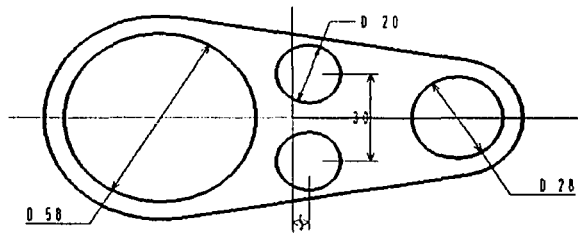


Figura 4.6. Geometría total.

4.1.2 GENERACIÓN DE TRAYECTORIA DE MAQUINADO

Hasta el momento, las entidades dibujadas son exclusivamente líneas y arcos en dos dimensiones, que comparten el mismo nivel en $Z=0$.

El brazo que tendrá 10 milímetros de espesor y se presentará en sobrerrelieve sobre la placa.

Todo el material sobrante debe eliminarse.

Este proceso es ideal para manejarse a través de la tecnología de maquinado de fresado de cavidades. (**Pocket machining**).

Presente la pieza en formato isométrico. Oprima el botón derecho del mouse en cualquier zona del dibujo y seleccione la opción: **Isometric**.

Antes de definir la tecnología de maquinado a usar, es conveniente especificar el tamaño del material en bruto. En este caso, se trata de una placa de acero.

Seleccione: **Main Menu – Toolpaths – Job Setup**.

En la caja de diálogo que aparece, seleccione las etiquetas en el orden (1°, 2°, 3° y 4°) en que se muestran y asigne los valores que se ven en la figura 4.7. Al terminar seleccione OK.

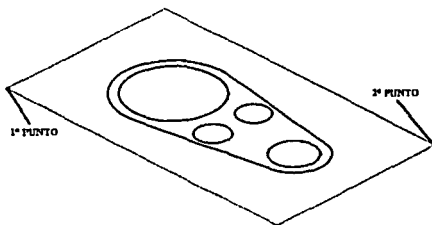
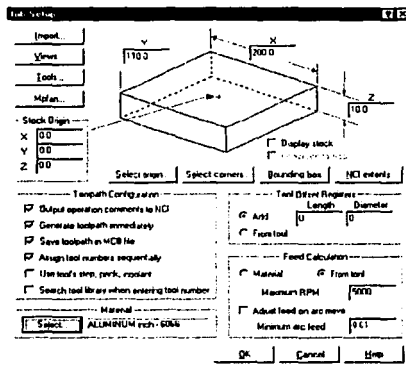


Figura 4.7. Selección de material en bruto.

Seleccione: Main Menu – Toolpaths – Pocket

Seleccione cualquiera de las líneas del cuadro exterior. Como el modificador por default en este momento es el de cadena (**Chain**), las líneas se seleccionan automáticamente. Ahora, seleccione alguna de las líneas del contorno del brazo.

De igual manera, el modificador de cadena (**Chain**) permite que todo el contorno se seleccionen. Al terminar, seleccione la etiqueta: **Done**, **Figura 4.8**.

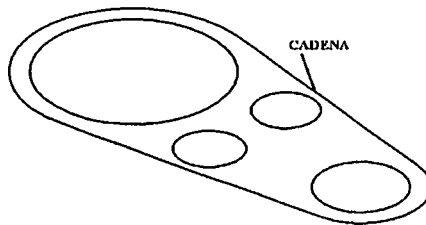


Figura 4.8. Selección de entidades.

En la caja de diálogo de la tecnología de fresado por bolsas, oprima el botón derecho del mouse sobre la zona blanca, de manera que aparezcan las opciones: **Get tool from library**, **Create new tool** y **Job setup**.

Seleccione la opción: **Get tool from library**, **Figura 4.9**.

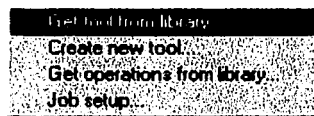


Figura 4.9. Selección de herramientas.

En la nueva caja de diálogo, se elige un cortador vertical de 10 milímetros de diámetro que se usará para el desbaste, **figura 4.10**.

End Mill	Tool Type	Flute	Flute Material	Coarse Module	Radius Type
210	End Mill Flat	1.0000 mm	1. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
211	End Mill Flat	2.0000 mm	2. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
212	End Mill Flat	3.0000 mm	3. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
213	End Mill Flat	4.0000 mm	4. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
214	End Mill Flat	5.0000 mm	5. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
215	End Mill Flat	6.0000 mm	6. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
216	End Mill Flat	7.0000 mm	7. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
217	End Mill Flat	8.0000 mm	8. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
218	End Mill Flat	9.0000 mm	9. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
End Mill					
220	End Mill Flat	11.0000 mm	11. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
221	End Mill Flat	12.0000 mm	12. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
222	End Mill Flat	13.0000 mm	13. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
223	End Mill Flat	14.0000 mm	14. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New
224	End Mill Flat	15.0000 mm	15. FLAT ENHANEL	0.000000 mm	New

Figura 4.10. Librería de herramientas.

Al regresar a la caja de diálogo del Pocket, asignando los valores correspondientes de diámetro en mm., avances y RPM's, de acuerdo a la **figura 4.11**.

Figura 4.11. Parámetros de herramientas.

Ahora se establecen los parámetros de corte para el fresado de las cavidades.

Seleccione la etiqueta: **Pocketing parameters.**

En la nueva caja de diálogo se especifican los valores de alturas y profundidades de corte, así como la profundidad de cada pasada que se genera durante los cortes sucesivos de desbaste.

El proceso de fresado está terminado. Simplemente seleccione la etiqueta: **Aceptar** en las cajas de diálogo, para dar inicio al proceso de generación de trayectorias.

4.1.3 SIMULACIÓN EN PANTALLA DEL PROCESO DE MAQUINADO

Seleccione: **Main Menu – NC Utils – Backplot**

Puede simular el proceso paso a paso, seleccionando la etiqueta: **Step** varias veces.

También puede presentar la simulación de manera rápida, seleccionando la etiqueta: **Run**,

Figura 4.14.



Step	
Run	
Display	
Show path	Y
Show tool	Y
Show hold	Y
MCB name	
Verify	N
MCB file	Y

Figura 4.14. Menu de simulación.

Otra alternativa para simular el proceso, es usar la opción de verificación sólida.

Seleccione: **Main Menu – Toolpaths – Operations**

La caja de diálogo que se presenta, tiene registradas las operaciones de corte realizadas.

Esta se conoce como el administrador de operaciones (**Operations Manager**).

En esta caja de diálogo se pueden modificar las características de cualquier operación, así como ejecutar la simulación alámbrica (**Backplot**) y la sólida (**Verify**).

De hecho, a través del administrador de operaciones puede crear nuevas trayectorias de herramientas. En esta caja de diálogo, seleccione la etiqueta: **Verify**, **Figura 4.15.**

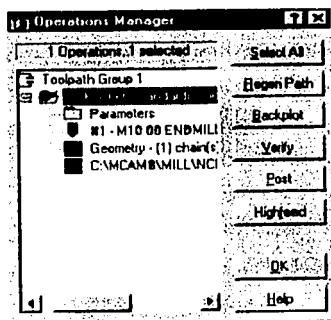


Figura 4.15. administrador de operaciones.

A continuación, seleccione el botón de simulación: El que tiene la flecha simple que apunta a la derecha, **Figura 4.16.**

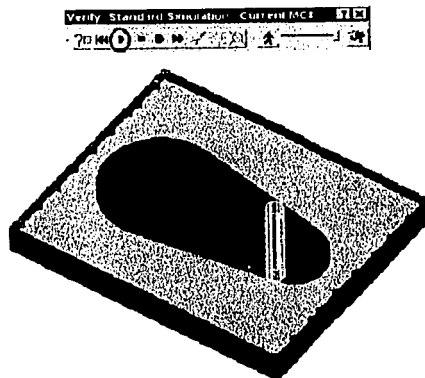


Figura 4.16. Simulación de maquinado.

Al regresar al Operations Manager, seleccione **OK**.

4.1.4 OPERACIONES DE MAQUINADO RESTANTES

Aún no se aplican todas las operaciones necesarias para obtener el brazo como se desea. Recuerde que el contorno del brazo tiene todavía exceso de material de 0.2 milímetros en toda su periferia, además es necesario desahogar los círculos internos del brazo.

A continuación hará la pasada de acabado del contorno del brazo usando el **Operations Manager**:

Seleccione: **Main Menu – Toolpaths – Operations**

En una zona blanca de la caja de diálogo, oprima el botón derecho del mouse y seleccione, **figura 4.17**.



Figura 4.17. Operación de contorno.

Seleccione ahora el contorno del brazo y al terminar seleccione: **Done**.

En las cajas de diálogo de la tecnología de maquinado por contorno, use los parámetros mostrados en la **figura 4.18**.

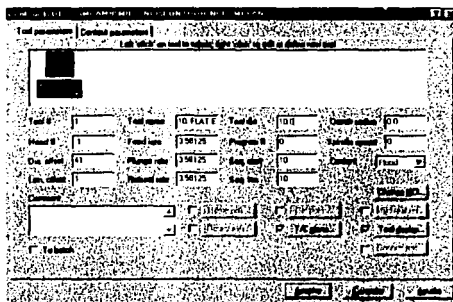


Figura 4.18. Contorneo.

Después modifique los parámetros de contorno, **Figura 4.19**.

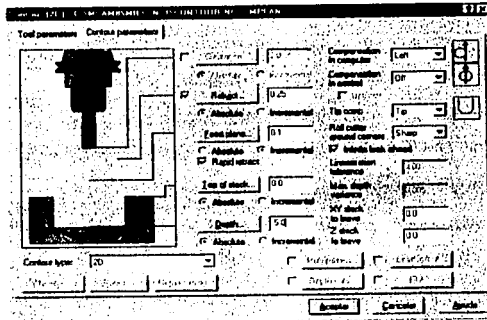


Figura 4.19. Parámetros de contorno.

Al terminar el proceso y regresar a la caja de diálogo del **Operations Manager**, pruebe a hacer la simulación en alambre y sólida de ambos procesos de maquinado (**Pocket y Contour**), **Figura 4.20**.

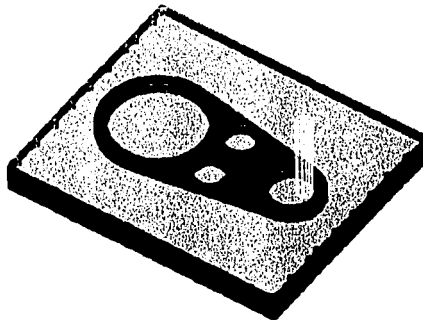


Figura 4.20. Simulación sólida.

4.1.5 POST-PROCESO

Para obtener el código de control numérico apropiado para la máquina herramienta que se tenga disponible, se requiere del **post-proceso**. Los **post-procesadores** son archivos con extensión *.pst.

El archivo intermedio (.NCI) es procesado renglón a renglón por el postprocesador, el cual genera el archivo de control numérico correspondiente con extensión .NC

Seleccione: **Main Menu – Toolpaths – Operations**

En la caja de diálogo, seleccione la etiqueta: **Select All**.

Y posteriormente: **Post**.

En la nueva caja de diálogo, verifique si el nombre del postprocesador es el que usted desea utilizar, de lo contrario, seleccione: **Change Post**; **Figura 4.21**.



Figura 4.21. Cambio de procesador.

Active las opciones que se muestran en la siguiente caja de diálogo y al terminar, seleccione **OK**, **Figura 4.22**.

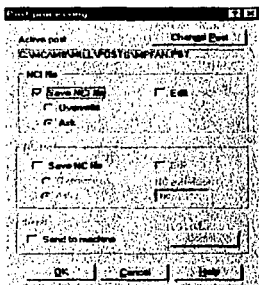
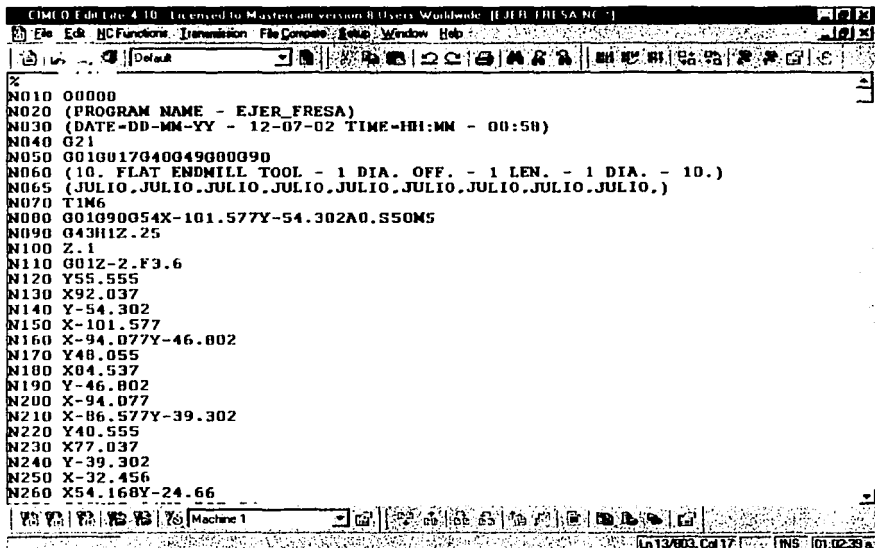


Figura 4.22. Menu de edición.

Inmediatamente después de que se genere el archivo. NC, éste es llamado por el editor y presentado en pantalla, **figura 4.23**.



```
%
N010 O0000
N020 (PROGRAM NAME - EJER_FRESA)
N030 (DATE-DD-MM-YY - 12-07-02 TIME-HH:MM - 00:50)
N040 G21
N050 G01G017G40G49G00G90
N060 (10. FLAT ENDMILL TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 10.)
N065 (JULIO.JULIO.JULIO.JULIO.JULIO.JULIO.JULIO.JULIO.JULIO.)
N070 T1M6
N080 G01G90G54X-101.577Y-54.302A0.S50M5
N090 G43H12.25
N100 Z.1
N110 G01Z-2.F3.6
N120 Y55.555
N130 X92.037
N140 Y-54.302
N150 X-101.577
N160 X-94.077Y-46.802
N170 Y48.055
N180 X04.537
N190 Y-46.802
N200 X-94.077
N210 X-86.577Y-39.302
N220 Y40.555
N230 X77.037
N240 Y-39.302
N250 X-32.456
N260 X54.168Y-24.66
```

Figura 4.23. Código CNC.

4.2 TORNEADO

En este ejemplo, se harán múltiples operaciones en una pieza con el propósito de demostrar la secuencia a seguir en la selección de herramientas y parámetros de corte, para ello es necesario contar con el archivo siguiente:

EJER_TORNO.dwg, (dibujo de la geometría a manufacturar), **figura 4.24**.

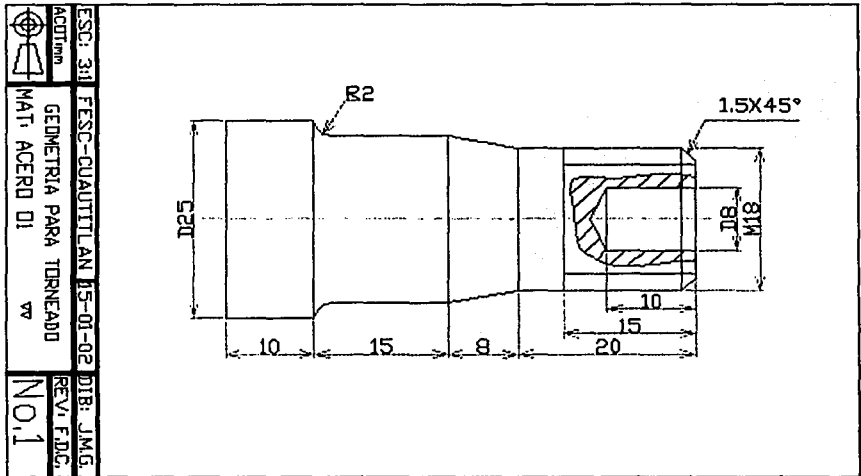


Figura 4.24. Geometría de torneado.

A continuación se prepara la geometría contenida en el dibujo generado en **AUTOCAD 2000**, eliminando las líneas verticales de la geometría dejándose únicamente la pieza a manufacturar como se muestra en la **figura 4.25**.

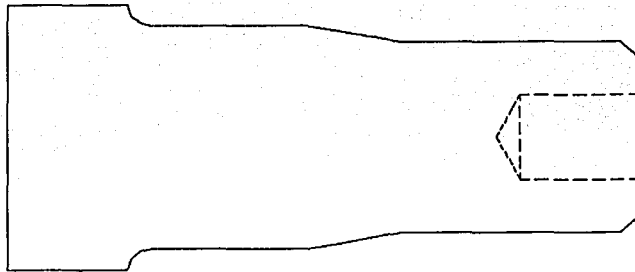


Figura 4.25. Dibujo listo para ser transferido a MASTERCAM.

Para transferir la geometría de **AUTOCAD 2000** a **MASTERCAM**, se usa el formato **Drawing Exchange File** en su versión para **AUTOCAD R13**, aplicando la instrucción **DXFOUT**, figura 4.26.

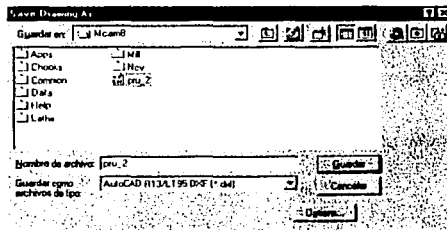


Figura 4.26. Menu DXF.

De preferencia, guarde el archivo en el directorio **\Mcam8\Data** para facilitar su búsqueda en **MASTERCAM**.

4.2.1 EJEMPLO DE TORNEADO

Inicie **MASTERCAM V8** en el módulo de torneado y seleccione: **File/Get/Read File**, figura 4.27.

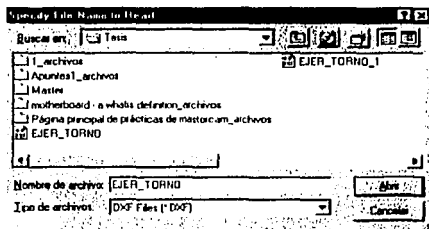


Figura 4.27. Menu de archivo.

Acepte con **OK** en la caja de diálogo de los parámetros del archivo, Al terminar la lectura del archivo oprima el botón derecho del mouse en la zona de gráficas y aplique la opción **Fit Screen** para ver el dibujo en su totalidad.

Una vez cargado el archivo, se visualizara en la pantalla, como se ve en la figura 4.28.

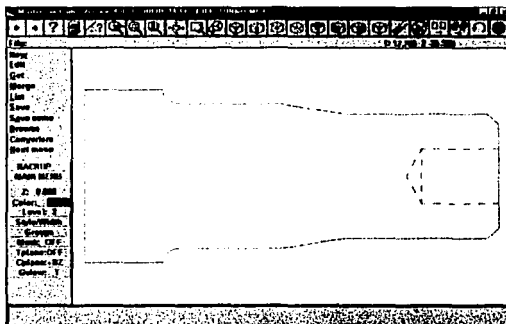


Figura 4.28. Geometría para tornear.

Defina las dimensiones del material en bruto con la secuencia: **Toolpaths Job Setup**, figura 4.29.

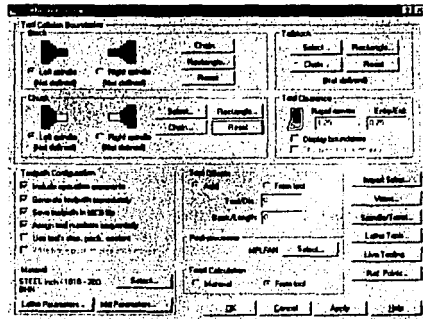


Figura 4.29. Parámetros de torno.

A continuación se usarán 5 diferentes herramientas en 5 procesos de corte: **Rough** (Desbaste), **Finish** (Acabado), **Thread** (Roscado), **Drill** (Barrenado) y **Cut Off** (Tronzado).

4.2.2 PROCESO DE DESBASTE

Seleccione: **Main Menu – Toolpaths – Rough**.

A continuación, seleccione la opción de **Chain** para asignar la secuencia de entidades que componen el perfil a desbastar. Observe los mensajes que envía el software y seleccione las entidades que corresponden, figura 4.30.

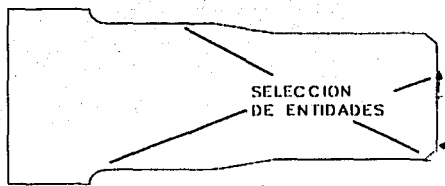


Figura 4.30. Entidades de la geometría.

Al terminar la selección, seleccione la etiqueta: **Done**

A continuación proporcione los datos de la operación de desbaste como se muestran en la figura 4.31.

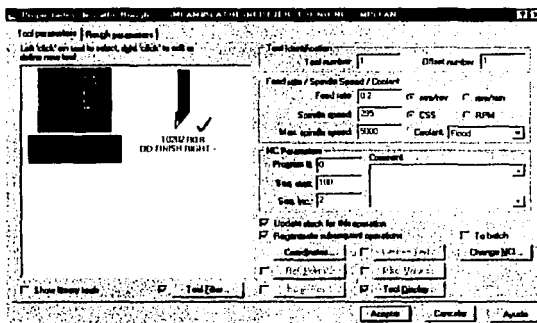


Figura 4.31. Parámetros de herramienta.

Al terminar, en esta misma caja de diálogo seleccione la etiqueta: **Rough Parameters**; para dar entrada a los parámetros de corte de la operación como se muestran en la figura 4.32.

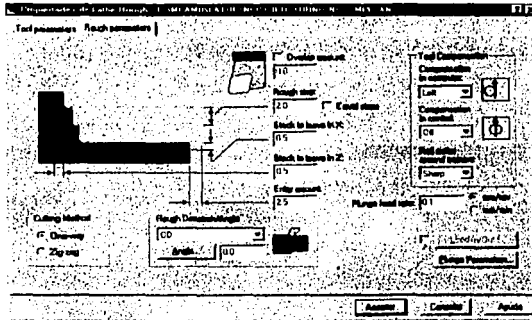


Figura 4.32. Parámetros de desbaste.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta; **Aceptar**.

4.2.3 PROCESO DE ACABADO

En el contorno de la pieza, se tiene una capa de material tanto en los diámetros como en la cara de la pieza.

Para iniciar el proceso de acabado, seleccione: **Main – Menu – Toolpaths – Finish**.

A continuación seleccione la opción de **Chain** para asignar la secuencia de entidades que componen el perfil a desbastar, figura 4.33.

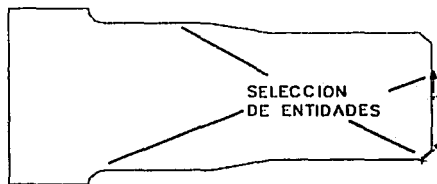


Figura 4.33. Selección de entidades.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta; **Aceptar**.

4.2.4 PROCESO DE ROSCADO

Para iniciar el proceso de roscado, seleccione: **Main Menu Toolpaths Next menu Thread**.

La rosca a generar, tiene la especificación: M18x2.5 (métrica de 18 milímetros y paso 2.5 mm).

Nota: Para la zona de la pieza en la que se cortará la rosca, no se ha preparado un diámetro menor a 18 milímetros, por lo que la rosca manufacturada se obtendrá muy justa. El diámetro de la pieza debería ser unos 0.25 mm menor, es decir, de 17.75 mm. Sin embargo, para propósito del ejercicio, es suficiente con únicamente dar a conocer este detalle.

En la caja de diálogo de entrada a los valores que se muestran en la **figura 4.36**, *aún no seleccione la etiqueta aceptar*.

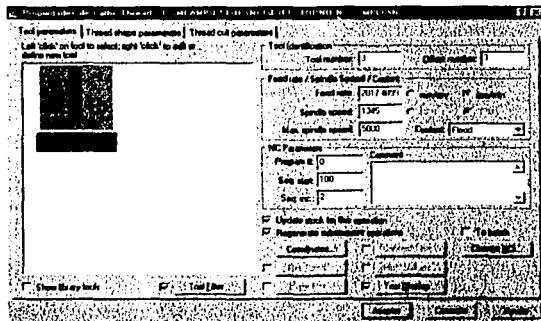


Figura 4.36. Parámetros de herramientas.

Después seleccione la etiqueta: **Thread Shape Parameters.**

En la nueva caja de diálogo de entrada a los valores que se muestran en la **figura 4.37.**

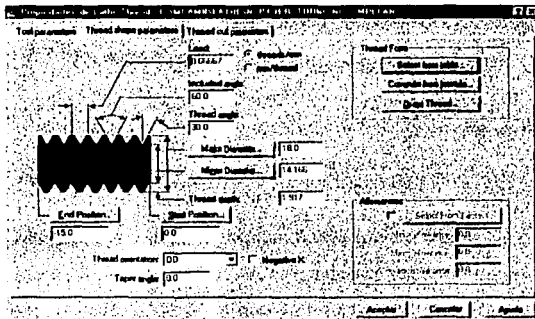


Figura 4.37. Parámetros de roscado.

En esta caja de diálogo, seleccione la etiqueta: **Thread Cut Parameters.**

Asigne los valores de roscado para la cuerda para que pueda procesar el programa la información **figura 4.38.**

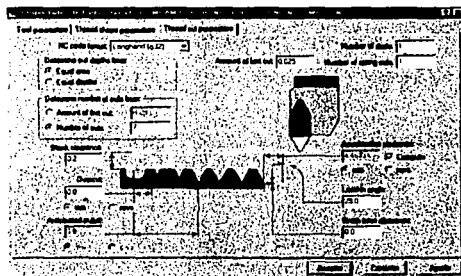


Figura 4.38. Parámetros de corte.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta; **Aceptar.**

Después seleccione la etiqueta: **Cut Off Parameters.**

En la nueva caja de diálogo dé entrada a los valores siguientes, **figura 4.43.**

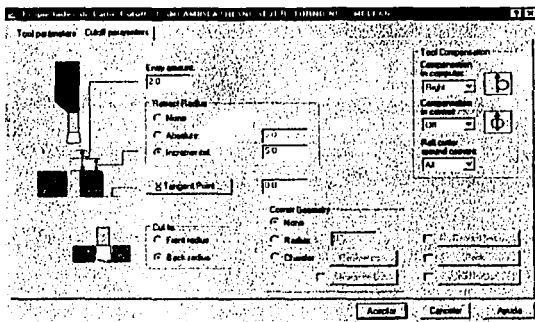


Figura 4.43. Parámetros de tronzado.

Al terminar de dar entrada a los valores, seleccione la etiqueta **Aceptar.**

Haga la simulación de todos los procesos para verificar todos los valores antes de que se lleve a cabo el **post-proceso.**

4.2.7 SIMULACIÓN

Si desea realizar una simulación de las operaciones de **desbaste, acabado, roscado, barrenado y tronzado,** seleccione la secuencia: **Main menu Toolpaths Operations,** **figura 4.44.**

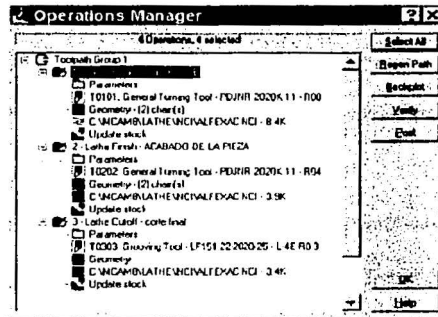


Figura 4.44. Administrador de operaciones.

En la caja de diálogo, seleccione: **Verify**, para la simulación, figura 4.45.



Figura 4.45. Simulación.

4.2.8 POST-PROCESO

Las 5 operaciones realizadas se pueden **post-procesar** para obtener el código de control numérico.

Para convertir esta información en código de control numérico legible por la máquina herramienta, es necesario realizar el **post-proceso**. Seleccione **Main Menu Toolpaths Operations**.

En el **Operations Manager** seleccione la etiqueta: **Select All**, ahora la etiqueta: **Post**.

El postprocesador que se ha adaptado para generar código es el controlador **FANUC** de la máquina, por lo que es necesario seleccionar el postprocesador correspondiente y las opciones mostradas como se ve en la **figura 4.46**.

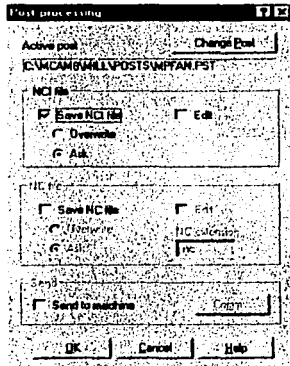
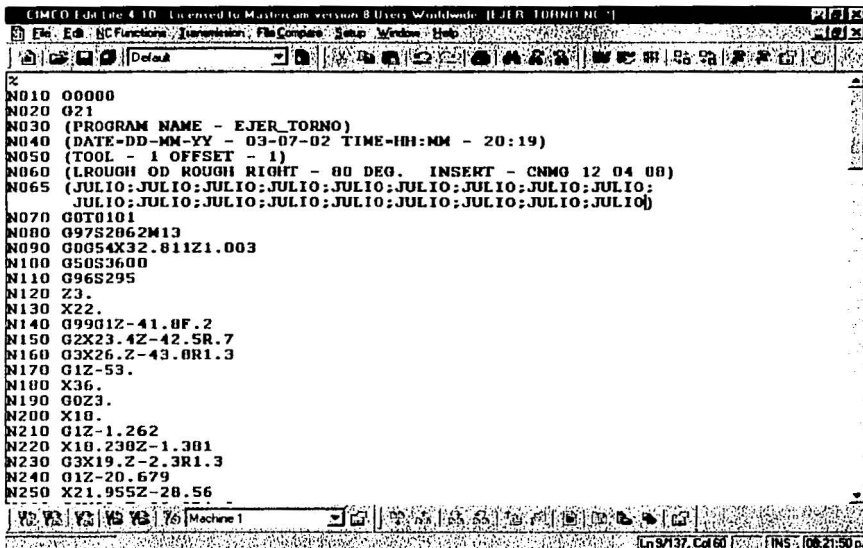


Figura 4.46. Menu de procesador.

Seleccione la etiqueta: **OK** y acepte el nombre en la caja de diálogo que aparece a continuación. Este archivo contendrá el código de CNC listo para ser enviado a la máquina herramienta.

Después de algunos segundos, el programa de CNC aparecerá en la pantalla bajo la apertura del editor de textos, figura 4.47.



```
N010 O0000
N020 G21
N030 (PROGRAM NAME - EJER_TORNO)
N040 (DATE-DD-MM-YY - 03-07-02 TIME-HH:MM - 20:19)
N050 (TOOL - 1 OFFSET - 1)
N060 (ROUGH OD ROUGH RIGHT - 90 DEG. INSERT - CNMG 12 04 08)
N065 (JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:
      JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO:JULIO)
N070 G0T0101
N080 G97S2062M13
N090 G00S4X32.811Z1.003
N100 G50S3600
N110 G96S295
N120 Z3.
N130 X22.
N140 G9901Z-41.0F.2
N150 G2X23.4Z-42.5R.7
N160 G3X26.Z-43.0R1.3
N170 G1Z-53.
N180 X36.
N190 G0Z3.
N200 X10.
N210 G1Z-1.262
N220 X10.230Z-1.301
N230 G3X19.Z-2.3R1.3
N240 G1Z-20.679
N250 X21.955Z-20.56
```

Figura 4.47. Código CNC.

Posteriormente, este código obtenido de las diferentes operaciones, se introduce a la máquina-herramienta para su manufactura.

CONCLUSIONES

Una vez realizado este trabajo podemos concluir lo siguiente:

- **MASTERCAM V8** es un software que se puede utilizar tanto para el diseño de piezas metálicas como para la planeación del proceso en su fabricación generando códigos para que una máquina-herramienta los procese.
- La utilización de software **CAD/CAM** como es **MASTERCAM V8** facilita el desarrollo de productos que anteriormente eran complicados, y algunos imposibles de realizar.
- Los programas **CAD/CAM** pueden trabajar conjuntamente con otro software como se expuso en el ejemplo de torneado, cuando se utilizó **AUTOCAD 2000** para el diseño de la pieza y posteriormente se exportó a **MASTERCAM V8**.
- El programa **MASTERCAM V8** nos brinda ayuda para poder hacer piezas en un menor tiempo sin tener que realizar cálculos para su fabricación, proporcionando diferentes tipos de acabados y dando como consecuencia una mejor calidad en el acabado de las piezas.
- En la actualidad se deben tener conocimientos de **CAD/CAM** para poder ser competitivo y estar a la vanguardia con los programas de computadora que más se utilizan en la manufactura de piezas útiles en la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- **Sistemas de CAD/CAM/CAE, Diseño y Fabricación por Computador**
Varios
Marcombo Boixareu
- **Sistemas de Manufactura Flexible**
Greenwood
Marcombo
- **Operación de Máquinas-Herramientas**
S. f. Krar, J. W. Oswald, J. E. ST. Amand
McGraw-hill
- **Máquinas-Herramientas Modernas**
Mario Rossi
Dossat S.A.
- **Fundamentos de corte de metales y de las Máquinas-Herramientas**
Geoffrey Boothroyd
McGraw-hill Latinoamericana S.A.
- **El Control Numérico en las Máquinas-Herramientas**
Ing. Juan González Nuñez
Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.
- **Máquinas-Herramientas para ingeniero**
Abelarardo García Mateos
Urmo
- **CNC Technology and Programming**
Steve Krar, Artur Gill
McGraw-hill
- **The CNC Workshop. A Multimedia Introduction to Computer Numerical Control**
Frank Nanfaro, Tony Uccello, Derek Murphy
Eddison Wesley

APENDICE A

CONVERSIÓN DE ARCHIVOS DE AUTOCAD

Se pueden transferir las geometrías creadas en el programa **AUTOCAD 2000** a **MASTERCAM V8**, usando el formato **Drawing Exchange File (DXF)** en su versión para **AUTOCAD R13**, aplicando la instrucción: **DXFOUT**, figura A1.

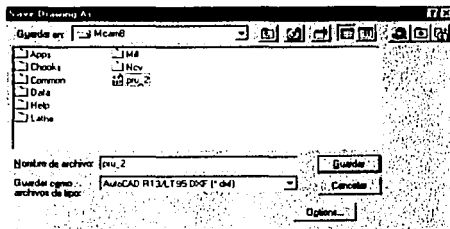


Figura A1. Menu de archivos DXF.

Solamente se soportan las entidades como: **POINT, LINE, POLYLINE, ARC, CIRCLE, TRACE, BLOCK, ENDBLK, INSERT, VERTEX Y SEQEND.**

Las entidades pueden haber sido creadas en 2D o en el espacio tridimensional 3D.

Para transferir los archivos a **MASTERCAM**, se abre el archivo correspondiente por medio del menu principal y la secuencia siguiente; **Main Menu – File –Get**. Con estas instrucciones se puede empezar a trabajar con las geometrías creadas ante con ayuda del programa **AUTOCAD 2000**.