



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGÓN

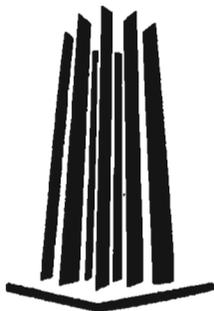
**“PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA  
DE CNC DINA 4M”.**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
EN EL ÀREA MECÁNICA E INDUSTRIAL  
P R E S E N T A N :

**CALDERÓN SERRATO JOSÉ ALBERTO**  
**SÀNCHEZ MENESES CLAUDIO**

ASESOR: ING. ALDAZ BENÍTEZ ALFREDO



MÉXICO

2005

m. 341577



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.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Doy gracias a DIOS por dejarme vivir y disfrutar el momento de realizar este proyecto el cual me dio el mayor gusto de mi vida, por darme una familia a la cual amo con todo mi corazón y sentirme bien como su hijo. GRACIAS...

### **A MIS PADRES**

Que con su cariño, amor y confianza han logrado que terminara una etapa en mi vida, para así poder empezar y fortalecer mi vida profesional y personal. Les estoy infinitamente agradecido por todo el apoyo que me brindaron, por no abandonarme nunca en todos los problemas que pasé y por todo... GRACIAS.

### **A MÍ**

Estoy muy orgulloso de MÍ mismo por tener el suficiente coraje y valor para terminar este proyecto y sentirme una persona completa, por ser un hombre responsable de todos mis actos y mis decisiones. ME AMO DEMASIADO.

### **A MIS HERMANOS**

Quienes han sido las personas a las cuales siempre han estado en mi mente y a quienes he tratado de darles un buen ejemplo, a ellos quiero decirles que son lo máximo y que en donde me encuentre siempre los llevaré en mi corazón. LOS AMO MUCHO.

### **A MIS AMIGOS**

Quienes han estado conmigo en las buenas y en las malas y que nunca me defraudaron con su amistad, la cual aprecio y la cual valoro. GRACIAS.

### **A MI ASESOR**

Que con su atención y conocimiento me a guiado a terminar este proyecto, para así tomar buenas decisiones en mi vida profesional y personal; y en su confianza la cual no defraudaré jamás. GRACIAS.

... Y a todas aquellas personas que no he mencionado, pero que me han guiado y apoyado y quienes están en mi corazón... GRACIAS.

## **Agradecimientos**

*Por los momentos en que mas sentí su apoyo*

*Gracias:*

*A mi madre Odilia*

*A mi padre Rodolfo*

*Mis hermanos: Adriana, Víctor, Elizabeth*

*A mis abuelos Marciana, Máximo, Petra*

*A mi cuñado Jorge*

*Para mi sobrino José*

*También doy gracias*

*A la UNAM la que alimento mi espíritu,*

*A mis amigos,*

*Maestros, como base fundamental de mi formación académica,*

*Gracias a todos en especial a Mháma, gracias a todos sin ustedes no lo hubiera alcanzado mi meta.*

*Los sueños son el alimento del alma,*

*Y el alma es la fuerza de la imaginación,*

*Así como la imaginación es interminable,*

*Son interminables mis sentimientos de mi corazón,*

*Claudio*

## INDICE.

-Introducción.....	1
-Justificación y objetivos.....	2
<b>Capítulo I.- “Inicio y desarrollo de máquinas herramientas convencionales”.....</b>	<b>5</b>
I.1.- Máquinas herramientas convencionales.....	6
I.2.-Máquinas herramienta básicas.....	7
I.2.1.-Torno.....	7
I.2.2.-Perfiladora.....	8
I.2.3.-Cepilladora.....	8
I.2.4.-Cepillo hidráulico.....	8
I.2.5.-Taladradora y perforadora.....	8
I.2.6.-Pulidoras.....	9
I.2.7.-Sierras.....	10
I.2.8.-Prensas.....	10
I.2.9.-Rectificadoras.....	10
I.2.10.-Fresadoras.....	10
I.2.10.1.-Partes principales de la fresadora.....	11
I.2.10.2.-Tipos de fresadoras.....	12
I.2.10.3.-Tipos de herramientas utilizadas en la fresa.....	14
I.2.10.4.-Tipos de operación utilizados en la fresa.....	16
I.2.10.5.-Movimientos fundamentales en las máquinas herramientas.....	17
(Fresado)	
I.3.- Máquinas seriadas.....	19
I.4.- Descripción y tipos de maquinado.....	21
I.5.- Centros de maquinado.....	22
I.6.-Origen y concepto del centro de maquinado.....	23
I.7.-Centros de maquinado y centros de fresado frente a centros de torneado.....	25
I.8.-Tipos de centros de maquinado y su selección.....	26
I.9.-Características específicas de los controles de los centros de maquinado....	28
I.10.-Tipos de centros de maquinado.....	29
I.11.-Habilidades requeridas para operar correctamente un centro de maquinado..	31

I.12.-Tendencias futuras de un centro de maquinado.....	32
---	----

## **Capítulo II.- "Propiedades y materiales de las herramientas de corte de la fresadora de CNC DYNA 4M"..... 33**

II.1.- Teoría de corte de metales.....	34
--	----

II.1.1.-Definición de maquinabilidad.....	34
---	----

II.2.-Materiales para las herramientas.....	36
---	----

II.3.-Condiciones de corte de fresado.....	40
--	----

II.3.1.-Tiempo de ciclo corto.....	40
------------------------------------	----

II.3.2.-Bajos costes de pieza.....	40
------------------------------------	----

II.3.3.-Bajos costes de pieza.....	40
------------------------------------	----

II.4.- Avance y profundidad de corte en fresado.....	43
--	----

II.5.- Velocidad de giro y corte en fresado.....	44
--	----

II.6.- Cambiadores de herramienta.....	45
--	----

II.7.- Consideraciones de los ejes coordenados.....	47
---	----

II.8.- Fluidos de corte.....	48
------------------------------	----

II.9.-Aplicación de los fluidos de corte.....	49
---	----

II.10.- Teoría de la formación de la viruta.....	51
--	----

II.11.- Fuerzas y potencia de corte.....	54
--	----

II.12.-Fuerza de empuje.....	56
------------------------------	----

II.13.-Medición de las fuerzas de corte.....	56
--	----

II.14.- Potencia.....	57
-----------------------	----

II.15.-Temperatura de corte.....	57
----------------------------------	----

II.16.-Técnicas para medir la temperatura.....	59
--	----

II.17.- Herramientas de corte para MHCN.....	60
--	----

II.18.- Áreas de aplicación ISO del metal duro (carburo) para el fresado de materiales... 61	
--	--

II.19.- Clasificación ISO de insertos o plaquitas para fresado.....	62
---	----

II.20.- Tipos de avances.....	65
II.21.- Compensación de herramienta.....	66
II.22.- Sistema de fresado con insertos intercambiables.....	68
II.23.- Fresas para ranurar.....	69
II.24.- Fresas para ranurar de punta esférica.....	72
II.25.- Fresas de planear y de escuadrar.....	73
II.26.- Herramientas para barrenado (taladrado).....	75
II.27.- Sistema de sujeción de herramientas.....	76
II.28.- Propiedades de la pieza.....	81
II.29.- Vida de las herramientas: desgaste y fallas.....	83
II.29.1.- Selección y composición de las herramientas.....	83
II.29.2.- Desgaste de flanco.....	86
II.29.3.- Desgaste de cráter.....	86
II.29.4.- Desportillamiento.....	87
II.29.5.- Acabado e integridad de la superficie.....	87
II.29.6.- Desgaste de las plaquitas.....	89
II.29.7.- Desgastes reales.....	91
II.30.- Vigilancia del estado de las herramientas.....	95

### **Capítulo III.- "Preparación básica de la fresadora de CNC DYNA 4M"**

.....	96
III.1.- Para preparar un trabajo preciso en la fresadora DYNA 4M.....	97
III.2.- Recepción y análisis del plan.....	97
III.2.1.- Análisis preliminar del trabajo.....	99
III.3.- Numero de piezas.....	100
III.4.- Material.....	101
III.4.1. Lubricantes.....	102
III.5.- Sujeción de la pieza.....	103
III.5.1. Formas de sujeción.....	105
III.6.-Tolerancias y especificaciones.....	107
III.7.- Origen del programa.....	108
III.8.- Puntos de referencia.....	111

III.9.- Origen de pieza (PO).....	113
III.10.- Elección del origen pieza.....	115
III.11.- Elección de las herramientas.....	118
III.12.-Referencia de la maquina fresadora Dyna.....	119
III.13.- Preparación básica de la fresadora Dyna.....	120
III.14.-Diagrama Bimanual de elaboración de pieza .....	128

## **Capitulo IV. "Programación aplicada a la fresadora de CNC DYNA 4M"**..... 129

IV.1.- Definición de Control Numérico.....	130
IV.2.- Clasificación de los Controles Numéricos según la tecnología de control....	132
IV.3.- Ventajas y desventajas del uso del Control Numérico.....	134
IV.4.- Características de las MHCN (máquinas herramientas con control numérico)...	135
IV.4.1.-Mecanismos de posicionamiento.....	135
IV.4.2.-Sistemas de medida.....	137
IV.4.3.-Diseño de las MHCN.....	138
IV.4.4.-Sistemas de cambio de herramientas y piezas.....	140
IV.5.- Programación de la fresadora de CNC DYNA 4M.....	147
IV.6.- Comunicación de instrucciones a la MHCN.....	148
IV.7.- Fundamentos de programación.....	150
IV.8.- Estructura o configuración del programa.....	150
IV.9.- Número de programa.....	152
IV.10.- Nombre del programa.....	153
IV.11.- Programa principal.....	153
IV.12.- Subprogramas o subrutinas.....	154
IV.13.- Numero de secuencias.....	155
IV.14.- Punto de referencia.....	155
IV.15.- Relación del modelo al CNC.....	156

IV.16.- Máquina cero.....	157
IV.17.- Objeto cero.....	158
IV.18.- Códigos de entrada o referencia.....	159
IV.19.- Programación absoluta e incremental.....	159
IV.20.- Sistema de ejes coordenados de máquina.....	160
IV.21.- Planos de trabajo.....	162
IV.22.- Sistema de coordenadas locales.....	162
IV.23.- Giro de sistema de coordenadas.....	163
IV.24.- Desplazamiento del sistema de coordenadas (espejo, escala, velocidades y avances).....	163
IV.25.- Función de alimentación (f word).....	166
IV.26.- Interpolaciones.....	167
IV.27.- Interpolación helicoidal.....	168
IV.28.- Fresado de roscas por interpolación helicoidal.....	169
IV.29.- Selección de planos G17/G18/G19.....	170
IV.30.- Tiempo de espera o pausa G04.....	171
IV.31.- Giro del sistema de coordenadas G73.....	172
IV.32.- Ciclo fijos de fresado.....	172
IV.33.- Funciones preparatorias.....	173
IV.34.- Funciones misceláneas o auxiliares.....	188
IV.35.- Formato de comando.....	192
IV.36.- Reglas para los códigos de G y de M (ISO).....	192
IV.37.- Reglas para el código DYNA.....	193
IV.38.- Una regla general del sistema.....	193
IV.39.- Programa MASTERCAM 9.0.....	194

<b>Capitulo V.- "Fabricación de una pieza en la fresadora DYNA 4M utilizando el programa de CADCAM"</b> .....	196
V.1.- Ordenador personal.....	197
V.2.- Windows.....	198
V.3.- Arranque del programa.....	198
V.4.- Creación de la geometría.....	200
V.5.- Disposición de trabajo.....	201
V.6.- Pasos para el diseño y fabricación de la pieza <i>placa de montaje</i> .....	203
V.7.- Para radio.....	204
V.8.- Para las líneas verticales y horizontales.....	204
V.9.- Para el acabado de ranuras.....	205
V.10.- Operaciones.....	205
V.10.1.-Contorneado o acabado exterior.....	205
V.10.2.-Taladrado.....	206
V.10.3.-Desbaste.....	207
V.10.4.-Vaciado y acabado de ranuras.....	209
V.11.- Generación del programa.....	210
V.12.- Comunicación de la fresadora de CNC DYNA 4M.....	216
V.13.- Asociatividad.....	219
V.14.- El futuro de la programación del CNC.....	219
- Conclusiones.....	222
-Glosario.....	226
-Bibliografía.....	228

# PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

## INTRODUCCIÓN

Las máquinas con Control Numérico Computarizado (CNC) son se uso reciente en la industria, con las capacidades y posibilidades superiores a las máquinas-herramienta ordinarias. Su flexibilidad de funcionamiento y de adaptación las coloca en unos niveles tan altos de producción que sobrepasan ampliamente a las máquinas de ciclo y a las máquinas convencionales.

Aunque este tipo de tecnología es de muy alta capacidad para procesos de manufactura, al igual que las máquinas convencionales necesitan operadores calificados, capaces de adaptarse a este nuevo tipo de trabajo y sobre todo de explotar las maquinas a su máxima capacidad.

Las máquinas herramienta con CNC, cada vez más se encuentran en industrias y talleres de fabricación; estas máquinas se aprecian por su flexibilidad de adaptación a trabajos nuevos y con la facilidad a que los útiles se desplazan sobre trayectorias complejas y perfiles diversos.

La preferencia que se les da en fabricación, no es solamente en función de su “flexibilidad de producción”, sino también en razón a la calidad de la mecanización y a la reducción de las herramientas. Todas estas cualidades en los cambios de fabricación o tipo de pieza, en el control numérico, consiste en elegir y cambiar un nuevo programa y colocar las herramientas apropiadas en un tiempo relativamente corto.

En un futuro próximo, una automatización más extendida y aproximada en sus funciones de carga y descarga de las piezas y de control automatizado del mecanizado llevará a una disminución del tiempo muerto y a una utilización continua de estas máquinas.

En este trabajo, nosotros mencionamos en el primer capítulo acerca del desarrollo de las máquinas herramienta, desde las herramientas manuales, máquinas herramienta convencionales y centro de maquinado; en el segundo capítulo se hace una descripción acerca de las herramientas de corte, materiales de las herramientas de corte, fluidos de corte, herramientas de corte para control numérico (CN), su funcionamiento y vida de las herramientas de corte y una pequeña introducción acerca de los inicios de las maquinas herramientas con control numérico(MHCN); en el tercer capítulo se enfoca a la preparación de la fresadora DYNA 4M y es aquí, en este capítulo, en donde damos una propuesta de preparación para resolver la problemática que conlleva realizar una óptima preparación de está fresadora, ya que es un problema real de esta máquina y es la justificación así como el punto a desarrollar en este trabajo; en el cuarto capítulo se da énfasis en la programación aplicada a la fresadora DYNA 4M ya que en este aspecto es donde se dan las ventajas de esta máquinas; y, finalmente, en el quinto capítulo damos un ejemplo de la fabricación de una pieza en la fresadora DYNA 4M, en este capítulo nos enfocaremos en hablar de la fabricación de esta pieza en el programa llamado MASTERCAM versión 9.0, ya que este programa es utilizado comúnmente en el sector industrial para diseño en MHCN.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La fresadora DYNA 4M trabaja con el lenguaje de programación G/M y DYNA, así como la ayuda de datos numéricos; en donde realiza sin ningún problema las operaciones de barrenado, desbaste, pulido y acabado de exteriores e interiores; sin embargo, el problema existe en la preparación de la máquina, para ello, se hizo las investigaciones necesarias en preparación de máquinas-herramienta de CNC y en especial en fresadoras para poder resolver el problema y que esta máquina pueda trabajar en óptimas condiciones para las tareas que se les asignen.

Al finalizar la lectura de esta tesis, nosotros deseamos que se haya comprendido la mayoría de los conceptos básicos necesarios en nuestra dinámica social con la cual las máquinas – herramientas se han vuelto no una opción, sino, una realidad en nuestro mundo cada vez más globalizado, así como el procedimiento para manufacturar en una máquina de CNC, y sobre la preparación básica de la fresadora DYNA 4M. Para la realización de este trabajo, nosotros utilizamos solamente un control que es el DYNA, pero cabe mencionar que existen otros controles en el mercado como es el FANUC para el torno y para algunas otras fresadoras se utiliza el control HEIDENHAIN y lenguajes como ISO y EIA. Para este trabajo, los controles tienen las ventajas de que son convencionales, es decir, que la diferencia es mínima entre estos controles y otros, porque el procedimiento es el mismo.

Todos los procedimientos, así como su preparación de una máquina de CNC que existen en nuestro país, no ha tenido la difusión necesaria en el sector industrial en las microempresas, así, como en talleres; una forma de que se conozcan las ventajas de estas máquinas es el hacer una tesis acerca de este tema. Nosotros elegimos este tema porque es de suma importancia, que el egresado de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, deba de tener referencias de los conocimientos básicos de los equipos de CNC, cómo operarlo y cómo se puede mejorar tanto la producción y mejora del proceso de manufactura que se este manejando de una manera más precisa y eficiente que nos da la tecnología ya mencionada.

En este trabajo, nosotros deseamos que dando una explicación de manera sencilla demos los conocimientos necesarios para manejar esta tecnología y se pueda utilizar para una buena preparación acerca del tema. Con el único fin de dar las herramientas necesarias para que un profesionalista bien capacitado en este tipo de rama de la ingeniería que es la MANUFACTURA, se pueda desarrollar.

### JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Los modernos sistemas de manufactura, tales como las máquinas herramienta con control numérico, aunados a sus grandes posibilidades de uso, prometen grandes ventajas en la fabricación, principalmente, de piezas metalmecánica. Estos sistemas de manufactura que, si bien ya han sido aceptados e instalados en muchas empresas y talleres medianos y pequeños en muchos países del mundo, empiezan a surgir en nuestro país.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La filosofía de estas nuevas técnicas de calidad y producción esta orientada fundamentalmente a mejorar la productividad, y para que esto se dé efectivamente se requiere que los responsables directos los medios de producción tengan un conocimiento profundo de es sistemas de manufactura para elegir, de entre muy diversos equipos y componentes, el que mejor convenga a una producción determinada. Todo esto significa un gran reto a la vida profesional del ingeniero que abarque este campo. Estos sistemas modernos ofrecen los medios para revolver tan diversos, complejos y caprichosos problemas que requiere el mercado industrial. Esto a su vez exige a los ingenieros estar mas capacitados y mas informados acerca de los adelantos tecnológicos y exige también mayor cultura técnica.

Para responder a esta acelerada transformación industrial que se ha dado en todos los países desarrollados y que sigue extendiéndose ha casi todo el mundo (y México no debe ser la excepción), es imprescindible que se informe, prepare y capacite a todos los responsables directos de la producción mecánica, acerca de estas nuevas tecnologías para fabricar y elaborar productos competitivos.

El uso racional y adecuado de las maquinas herramienta con control numérico constituirá un esfuerzo decidido de nuestra industria manufacturera para resistir y afrontar los embates incontrolables que impone la industria extranjera a la nacional, y liberará a ésta de la desigual competencia internacional.

Este trabajo, que esta dirigido a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica, Mecánica e Industrial, tiene los siguientes objetivos:

1. Presentar un panorama amplio y general del control numérico, sus aplicaciones en las máquinas herramienta y las ventajas de las mismas en comparación con las máquinas herramienta convencionales.
2. Conocer básicamente las herramientas de corte de las máquinas herramienta, así como las herramientas de corte de las MHCN.
3. Analizar los aspectos relacionados con la programación de las máquinas herramienta con control numérico, aplicado a la fresadora DYNA 4M.
4. Conocer la preparación básica de la fresadora DYNA 4M para la fabricación de piezas en ella.
5. Y esencialmente, que el lector conozca los procedimientos más comunes para la utilización de un equipo de CNC, así como los procedimientos para las máquinas herramientas convencionales y su funcionamiento, ya que es un objetivo primordial de que un ingeniero mecánico o industrial se familiarice con estos equipos.

### **Datos de la maquina DYNA 4M**

#### **Configuración Estándar de las Especificaciones de Control de la fresadora DYNA 4M:**

##### **Procesador de 32 bits**

Exhibición monocromática del LCD

(Exhibición de color opcional)

Teclado de membrana

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### Modelos de la PC

Computadora de escritorio estándar  
Control celebrado de la mano pendiente

### Características

Ejes Controlados	3- 5 *
Ejes Controlados simultáneos	3 - 5 *
Identificación de ejes:	X, y, z, u, v
Incremento programable mínimo pulgadas	0,001 milímetros - 0,0001
Verificación de la trayectoria de la herramienta	
Representación del modelo sólido	

### Funciones de la Operación

Modo Automático  
Modo Manual  
Modo Del Acoplamiento De la Computadora FMS  
DNC (RS-232 interno y externo)

### Funciones de la Interpolación:

Interpolación lineal  
Interpolación circular  
Interpolación espiral

### Funciones de la Remuneración:

Remuneración del radio de la herramienta  
Remuneración de la longitud de la herramienta  
Remuneración del contragolpe  
Remuneración del error de la echada del tornillo de la bola  
Remuneración del ángulo de XY

### Características de programación

Programando con código de G/M y de DYNA  
Función teach-in  
Programación automática  
Ayuda de datos de las matemáticas

### Otras Especificaciones Opcionales:

Memoria máxima de programación	200 Mb
Tamaño máximo editable	1 Mb
Tamaño máximo de DNC	200 Mb
Almacenamiento máximo de datos de las herramientas	250 herramientas
Líneas máximas en el PLC	1,000RS-232 BAUD
RATES	9600-115200 bytes por segundo
120M interfase del disquete alta velocidad de Interpolación	2,000 blocks/sec.

### CAPÍTULO I

#### **“Inicio y desarrollo de máquinas – herramienta convencionales”**

Las máquinas, aparatos, herramientas y diversos artículos mecánicos están formados por muchas piezas unidas, tales como: pernos, armazones, ruedas, engranajes, tornillos, etc. Todas estas piezas obtienen su forma mediante diferentes procesos mecánicos, fundición, forja, estirado, laminado, corte de barras y planchas, y por sobre todo mediante arranque de virutas.

Este proceso es muy empleado debido a la gran precisión que se logra en la forma y su calidad en los acabados superficiales. Por lo general, lo que se hace es trabajar la pieza por medio de procesos sin arranque de viruta, de tal modo que después el arranque de virutas sea muy pequeño, por lo tanto se obtiene una mayor exactitud en la forma y mejor calidad superficial.

Las denominadas máquinas-herramientas son las que se encargan principalmente de los procesos de arranque de viruta.

El principio básico utilizado para todas las máquinas-herramientas, es el de generar superficies por medio de movimientos relativos entre la herramienta (utensilio que se encuentra en contacto con la pieza) y la pieza.

Los filos de la herramienta remueven una capa delgada de material en la pieza, a la cual se le llama viruta. Las máquinas-herramientas tienen dos movimientos básicos para la generación de superficies, uno de ellos es el movimiento principal, que es el proporcionado por la máquina para dar movimiento relativo entre la herramienta y la pieza de tal manera que una cara de la herramienta alcance el material de la pieza. Este movimiento es el que absorbe la mayor parte de la potencia total necesaria para realizar la operación de mecanizado. El otro movimiento es el de avance que generalmente es proporcionado por la máquina a la herramienta o portaherramienta, puede ser de forma continua o escalonada dependiendo de la superficie que se necesite generar, este movimiento generalmente absorbe una pequeña parte de la potencia necesaria para la operación de mecanizado.

Con la combinación de estos dos movimientos básicos se produce la superficie requerida y por consiguiente el arranque de viruta.

Las máquinas-herramientas se pueden dividir en tres grupos: las que usan herramienta monofilos, herramienta multifilos, y muelas abrasivas.

### I.1.- Máquinas – herramientas convencionales

Las máquinas herramientas modernas datan de 1775, año en el que el inventor británico John Wilkinson construyó una taladradora horizontal que permitía conseguir superficies cilíndricas interiores. Hacia 1794 Henry Maudslay desarrolló el primer torno mecánico. Más adelante, Joseph Whitworth aceleró la expansión de las máquinas de Wilkinson y de Maudslay al desarrollar varios instrumentos que permitían una precisión de 25 millonésimas de milímetro (una millonésima de pulgada). Sus trabajos tuvieron gran relevancia ya que se necesitaban métodos precisos de medida para la fabricación de productos hechos con piezas intercambiables.

Las primeras pruebas de fabricación de piezas intercambiables se dieron al mismo tiempo en Europa y por los Estados Unidos de Norteamérica. Estos experimentos se basaban en el uso de calibres de catalogación, con los que las piezas se podían clasificar en dimensiones prácticamente idénticas. El primer sistema de verdadera producción en serie fue creado por el inventor estadounidense Eli Whitney, quien consiguió en 1798 un contrato del gobierno para producir 10.000 mosquetes hechos con piezas intercambiables.

Durante el siglo XIX se alcanzó un grado de precisión relativamente alto en tornos, perfiladoras, cepilladoras, pulidoras, sierras, fresadoras, taladradoras y perforadoras. La utilización de estas máquinas se extendió a todos los países industrializados. Durante los albores del siglo XX aparecieron máquinas herramientas más grandes y de mayor precisión. A partir de 1920 estas máquinas se especializaron y entre 1930 y 1950 se desarrollaron máquinas más potentes y rígidas que aprovechaban los nuevos materiales de corte desarrollados en aquel momento. Estas máquinas especializadas permitían fabricar productos estandarizados con un costo bajo, utilizando mano de obra sin calificación especial. Sin embargo, carecían de flexibilidad y no se podían emplear para varios productos ni para variaciones en los estándares de fabricación. Para solucionar este problema, los ingenieros se han dedicado durante las últimas décadas a diseñar máquinas herramientas muy versátiles y precisas, controladas por ordenadores o computadoras, que permiten fabricar de forma barata productos con formas complejas. Estas nuevas máquinas se aplican hoy en todos los campos manufactureros.

Máquina-herramienta, máquina estacionaria y motorizada que se utiliza para dar forma o modelar materiales sólidos, especialmente metales. El modelado se consigue eliminando parte del material de la pieza o estampándola con una forma determinada. Son la base de la industria moderna y se utilizan directa o indirectamente para fabricar piezas de máquinas y herramientas.

Este proceso es muy empleado debido a la gran precisión que se logra en la forma de su calidad en los acabados superficiales. Por lo general, lo que se hace es trabajar la pieza por medio de procesos sin arranque de viruta, de tal modo que

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

después el arranque de virutas sea muy pequeño, por lo tanto, se obtiene una mayor exactitud en la forma y mejor calidad superficial.

Las denominadas máquinas - herramientas son las que se encargan principalmente de los procesos de arranque de viruta.

El principio básico utilizado para todas las máquinas-herramienta, es el de generar superficies por medio de movimientos relativos entre la herramienta (utensilio que se encuentra en contacto con la pieza) y la pieza.

Entre las máquinas - herramientas básicas se encuentran el torno, las perfiladoras, las cepilladoras y las fresadoras. Hay, además máquinas taladradoras y perforadoras, pulidoras, sierras y diferentes tipos de máquinas para la deformación del metal.

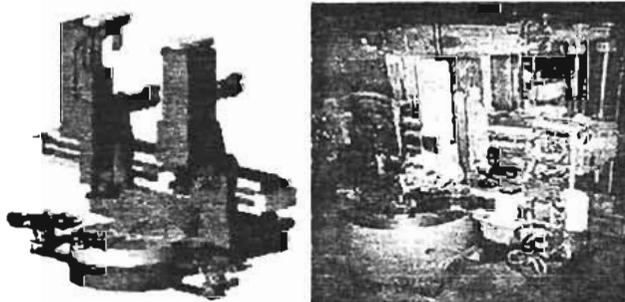
A continuación se enumeran algunas máquinas - herramientas junto con una pequeña descripción de las mismas:

### 1.2.-Máquinas herramientas básicas

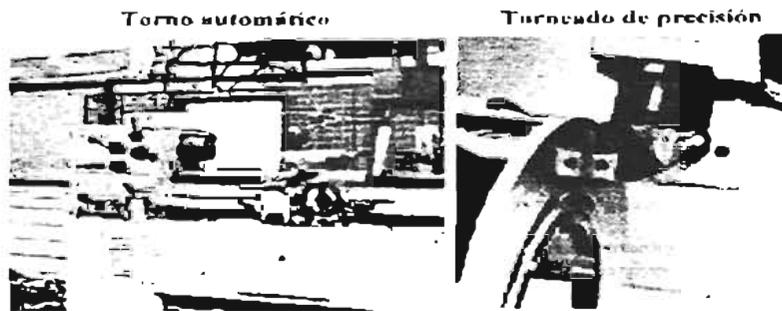
1.2.1.-Torno. El torno, la máquina giratoria más común y más antigua, sujeta una pieza de metal o madera y la hace girar mientras un útil de corte da forma al objeto. El útil puede moverse paralela o perpendicularmente a la dirección de giro, para obtener piezas con partes cilíndricas o cónicas, o para cortar acanaladuras.

Aquí se presentan algunos tipos de tornos utilizados en centros de maquinado.

Torno vertical



## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M



Figuras I.1 Diferentes tipos de tornos.

Empleando útiles especiales, un torno se puede utilizar también para obtener superficies lisas, como las producidas por una fresadora, o para barrenar (taladrar) orificios en la pieza.

**1.2.2.-Perfiladora.** La perfiladora se utiliza para obtener superficies lisas. El útil se desliza sobre una pieza fija y efectúa un primer recorrido para cortar salientes, volviendo a la posición original para realizar el mismo recorrido tras un breve desplazamiento lateral.

Esta máquina utiliza un útil de una sola punta y es lenta, porque depende de los recorridos que se efectúen hacia delante y hacia atrás. Por esta razón no se suele utilizar en las líneas de producción, pero sí en fábricas de herramientas y troqueles o en talleres que fabrican series pequeñas y que requieren mayor flexibilidad.

**1.2.3.-Cepilladora.** Esta es la mayor de las máquinas – herramientas de vaivén. Al contrario que las perfiladoras, donde el útil se mueve sobre una pieza fija, la cepilladora mueve la pieza sobre un útil fijo. Después de cada vaivén, la pieza se mueve lateralmente para utilizar otra parte de la herramienta. Al igual que la perfiladora, la cepilladora permite hacer cortes verticales, horizontales o diagonales. También puede utilizar varios útiles a la vez para hacer varios cortes simultáneos.

**1.2.4.-Cepillo hidráulico.** El cepillado o conocido también como planeado, es un proceso de fabricación similar al limado, debido a que el arranque de viruta también se produce de forma lineal. La diferencia con el limado es que la pieza tiene el movimiento principal, mientras que la herramienta está fija, teniendo el movimiento de alimentación.

Estas máquinas – herramienta se utilizan principalmente para el maquinado de superficies planas de grandes dimensiones, ya que la pieza se fija al carro y este es muy robusto.

Estas máquinas no se utilizan para la producción en medianas y grandes series debido a que los tiempos de maquinado utilizados por éstas son muy largas.

**1.2.5.-Barrenadora y perforadora.** Las máquinas barrenadoras (taladradoras) y perforadoras se utilizan para abrir orificios, modificarlos o para adaptarlos a una

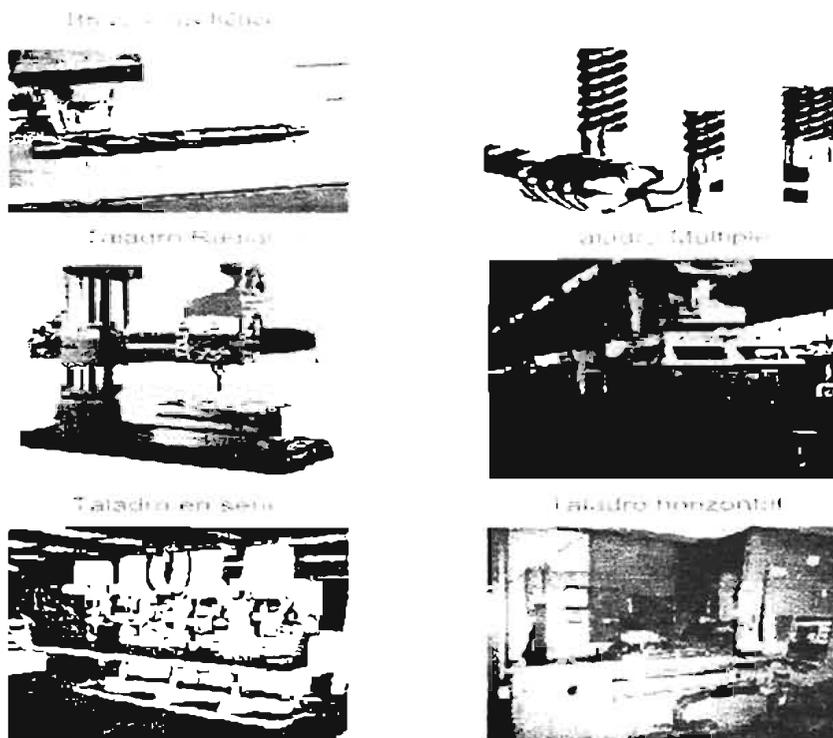
## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

medida o para rectificar o esmerilar un orificio a fin de conseguir una medida precisa o una superficie lisa.

Hay barrenadoras de distintos tamaños y funciones, desde taladradoras portátiles a radiales, pasando por taladradoras de varios cabezales, máquinas automáticas o máquinas de perforación de gran longitud.

La perforación implica el aumento de la anchura de un orificio ya taladrado. Esto se hace con un útil de corte giratorio con una sola punta, colocado en una barra y dirigido contra una pieza fija. Entre las máquinas perforadoras se encuentran las perforadoras de calibre y las fresas de perforación horizontal y vertical.

Tipos de taladros en el mercado:



Figuras 1.2.-Diferentes tipos de taladros.

**1.2.6.-Pulidora.** El pulido es la eliminación del metal con un disco abrasivo giratorio que trabaja como una fresa de corte. El disco está compuesto por un gran número de granos de material abrasivo conglomerado, en que cada grano actúa como un útil de corte minúsculo. Con este proceso se consiguen superficies muy suaves y precisas. Dado que sólo se elimina una parte pequeña del material con cada pasada del disco, las pulidoras requieren una regulación muy precisa. la presión del disco sobre la pieza se

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

selecciona con mucha exactitud, por lo que pueden tratarse de esta forma materiales frágiles que no se pueden procesar con otros dispositivos convencionales.

**1.2.7.-Sierras.** Las sierras mecánicas más utilizadas se pueden clasificar en tres categorías, según el tipo de movimiento que se emplea para realizar el corte: de vaivén, circulares o de banda. Las sierras suelen tener un banco o marco, un tornillo para sujetar la pieza, un mecanismo de avance y una hoja de corte.

**1.2.8.-Prensas.** Las prensas dan forma a las piezas sin eliminar material, o sea, sin producir viruta. Una prensa consta de un marco que sostiene una bancada fija, un pistón, una fuente de energía y un mecanismo que mueve el pistón en paralelo o en ángulo recto con respecto a la bancada; las prensas cuentan con troqueles y punzones que permiten deformar, perforar y cizallar las piezas. Estas máquinas pueden producir piezas a gran velocidad porque el tiempo que requiere cada proceso es sólo el tiempo de desplazamiento del pistón.

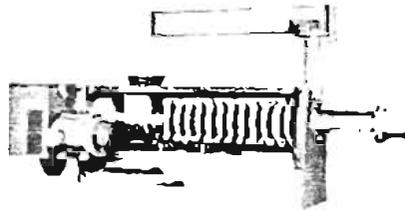


Figura I.3.-Prensa de tornillo de alta presión

**1.2.9.-Rectificadoras.** Estas máquinas se clasifican de las que utilizan muelas abrasivas, estas muelas abrasivas generalmente son de forma cilíndrica, de disco o de copa, las muelas abrasivas están formadas por granos individuales de material muy duro, aglutinados de manera apropiada, generalmente son de óxido de aluminio o carburo de silicio.

Las rectificadoras se pueden clasificar de diversas maneras según el tipo de superficie a mecanizar: rectificadoras universales, cilíndricas, horizontales, verticales exteriores e interiores, entre otras.

En el rectificado es posible corregir todas imperfecciones de naturaleza geométrica causada por posibles procesos realizados al material para lograr ciertas características, como son las rugosidades superficiales, excentricidad de piezas cilíndricas, o deformaciones producto del temple. El rectificado puede ser muy preciso permitiendo así ajustar las dimensiones de una pieza en el orden de las milésimas de milímetro, por lo tanto es un paso en el mecanizado de la pieza que se realiza casi siempre al final.

### 1.2.10.- Fresadoras

Esta es una máquina – herramienta que se denomina de multifilo. La herramienta multifilo está compuesta por dos o más filos cortantes, la mayoría de este

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

tipo de herramientas son de tipo rotatorio, teniendo un vástago cilíndrico o cónico para ser sujeta, o tiene un agujero para ser montadas en un árbol.

Las fresadoras se dividen en dos clases, fresadoras horizontales y fresadoras verticales, según la posición del busillo principal, sin embargo la fresadora universal es capaz de satisfacer ambas necesidades, debido a que el cabezal puede adaptarse con diversos accesorios para trabajar de una forma o de otra.

En el proceso de fresado la pieza se fija en el carro el cual es capaz de moverse en todos los ejes, para así poder acercarse a la herramienta y ser trabajado.

La herramienta de la fresa consta de varios filos o aristas cortantes dispuestas simétricamente alrededor de un eje, que gira con movimiento uniforme, de ésta manera se produce el arranque de viruta. Existen muchos tipos de formas para las herramientas de fresa, así se pueden mecanizar surcos, orificios, canaletas de diversos tamaños, con gran calidad de acabado, sin embargo, la fresadora es una máquina herramienta que produce superficies planas en general.

Debido al carácter multifilo de la herramienta la operación de arranque de viruta se produce rápidamente, por lo tanto es apta para el proceso en serie de piezas que necesitan de gran calidad.

En las fresadoras, la pieza entra en contacto con un dispositivo circular que cuenta con varios tipos de corte. La pieza se sujeta a un soporte que controla su avance contra el útil de corte. El soporte puede avanzar en tres direcciones: diagonal, horizontal y vertical. En algunos casos también puede girar. Las fresadoras son las máquinas – herramientas más versátiles. Permiten obtener superficies curvadas con un alto grado de precisión y un acabado excelente. Los distintos tipos de útiles de corte permiten obtener ángulos, ranuras, engranajes o muescas.



Fresado vertical

Fresado horizontal



Figuras I.4.- Diferentes tipos de avances.

### I.2.10.1.-Las partes principales de la fresadora

- ❖ **CABEZAL.** Esta parte tiene como función la de sostener la herramienta que se desea utilizar, además de transmitir la potencia que viene del motor, esta parte puede ser sustituida por un árbol de transmisión.
- ❖ **MESA.** Esta descansa en correderas en el carro soporte y tiene movimiento longitudinal en el plano horizontal, sobre la mesa se coloca la pieza que se desea maquinar.
- ❖ **COLUMNA.** Es la parte más grande de la máquina y esta montada en la base, es el apoyo de la mesa.
- ❖ **VOLANTE AVANCE HORIZONTAL.** Este sirve para mover la mesa de izquierda a derecha y viceversa.
- ❖ **VOLANTE AVANCE VERTICAL.** Este volante es el que permite desplazar la mesa de arriba hacia abajo y viceversa.
- ❖ **VOLANTE AVANCE TRANSVERSAL.** Este dispositivo mueve el cabezal en una dirección perpendicular al desplazamiento horizontal de la mesa.

A continuación se presenta una fresadora que se utiliza en un laboratorio:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

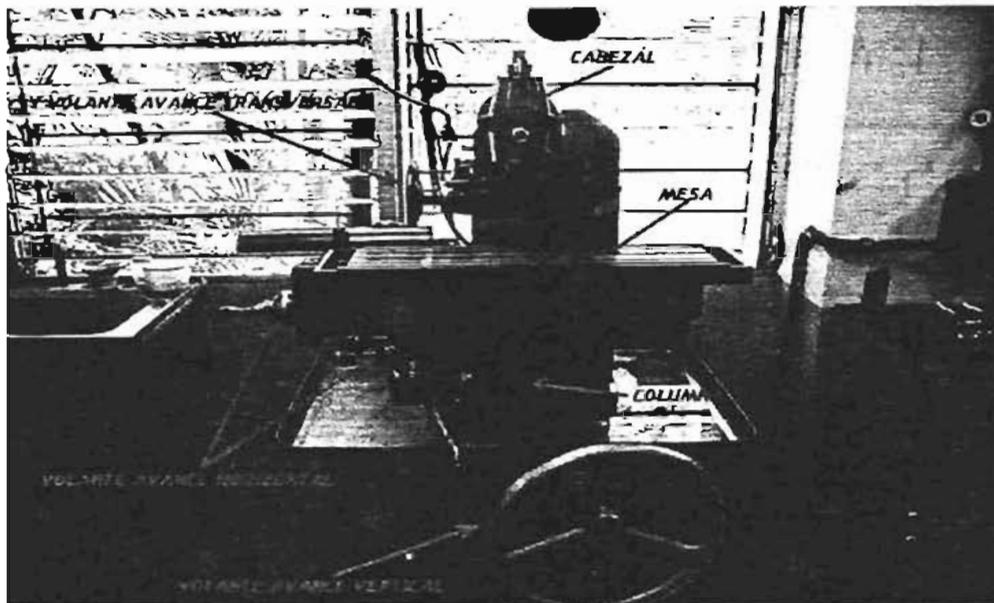


Figura I.5.- fresadora de laboratorio.

### 1.2.10.2.-Tipos de fresadoras

Los dos grupos principales de fresadoras son: *horizontales* y *verticales*, las cuales a su vez se dividen de la siguiente manera:

#### Fresadoras horizontales.

**Maquinas fresadoras para producción.** El uso principal de estas fresadoras es para producción en volumen de piezas idénticas. Estas fresadoras pueden ser semiautomáticas y son de construcción sencilla pero fuerte, las fresadoras más comunes de este tipo son: fresadora de planchas en manufactura, fresadora duplex para manufactura, fresadora sencilla de rodilla y columna.

**Maquinas fresadoras horizontales de codo y columna.** En este tipo de máquinas la relación entre la altura de la fresa o cortadora y la pieza de trabajo se controla con el movimiento vertical de la mesa, los dos tipos más comunes de estas fresadoras son: fresadora de planchas u horizontal y fresadora horizontal universal; esta última es la que se utilizará en cualquier laboratorio.

#### Fresadoras verticales.

**Fresadora vertical del tipo de ariete.** Estas fresadoras se utilizan normalmente para un trabajo más ligero que una fresadora vertical estándar.

**Fresadora vertical de control numérico por computadora.** Es de construcción muy rígida, y esta diseñada para trabajos en serie, al igual que el torno esta maquina tiene su propio software que le permite diseñar y crear la pieza deseada.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

**Fresadora vertical controlada por trazador.** Esta reproduce la forma de una matriz o plantilla en la pieza de trabajo.

**Fresadora controlada por explorador óptico.** Este tipo de fresadora puede reproducir piezas planas a partir de líneas negras, bien definidas en un dibujo.



Figura I.6.-Fresadora vertical (de este clase es la fresadora DYNA 4M)

### I.2.10.3.-Tipos de herramientas utilizadas en la fresa



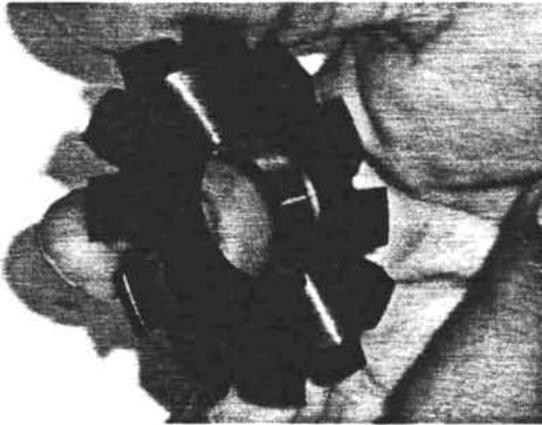
#### FRESA DE CORTE LATERAL.

Este tipo de fresas son estrechas, cilíndricas y con dientes en cada lado y en la periferia se utilizan para cortar ranuras y caras verticales.

En este caso es una fresa de dientes rectos, y su montaje en la máquina se lleva a cabo mediante

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

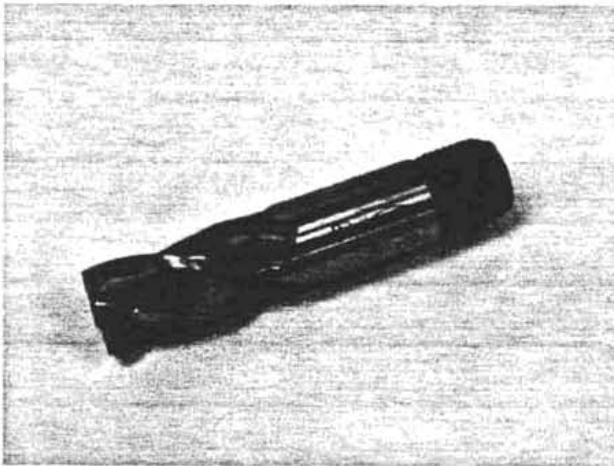
el uso de un árbol, que se coloca con su respectivo soporte en vez del cabezal.



### FRESA CORTADORA DE ENGRANES.

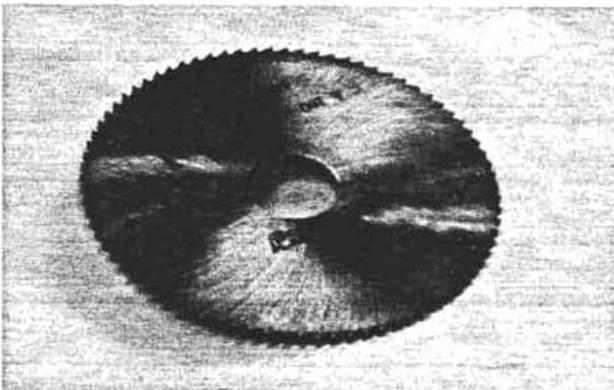
Este tipo de fresadora esta dentro del grupo de *fresas perfiladas*, las cuales tienen la forma o perfil exactos de la pieza que se va a producir y permiten la reproducción exacta de piezas de forma irregular a menor costo que con la mayor parte de las otras fresas.

En este caso la fresa tiene exactamente la forma del engrane que se desea tallar. La sujeción es de la misma manera que la fresa de corte lateral.



### FRESA ESCARIADORA CON DIENTES INTEGRALES.

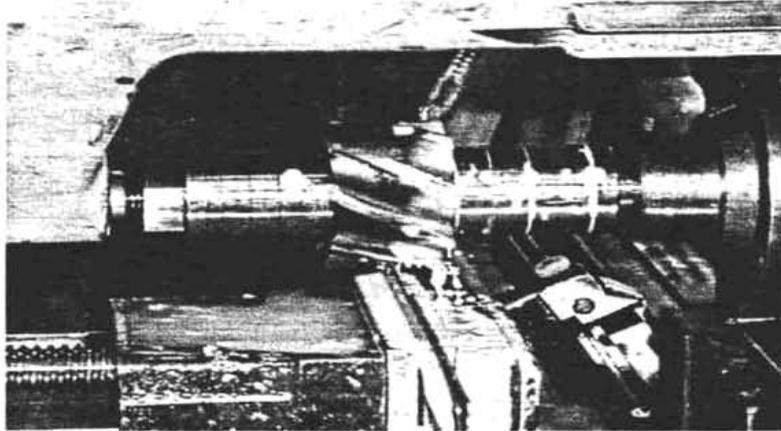
Este tipo de fresadoras pueden tener dos o más acanaladuras, tienen dientes en el extremo y en la periferia y se instala en el husillo con un adaptador. Las fresas con dos acanaladuras, tienen filos de diferente longitud en el extremo y pueden utilizarse para taladrar agujeros poco profundos, en el caso de más de dos acanaladuras, se requiere un agujero piloto para poder barrenar un agujero.



### SIERRA PARA CORTAR METALES.

Estas son básicamente fresadoras delgadas para planchas. Algunas de ellas tienen los lados con rebajos o cóncavos para evitar rozamientos o que se atasquen cuando están en uso y las otras tienen dientes laterales.

I.2.10.4.-Tipos de operaciones que se realizan en la fresa



FRESADO PLANO  
O DE PLACAS

Este tipo de fresado consiste en producir superficies planas horizontales paralelas con el eje del árbol de la fresadora, la pieza se puede sujetar en una prensa o

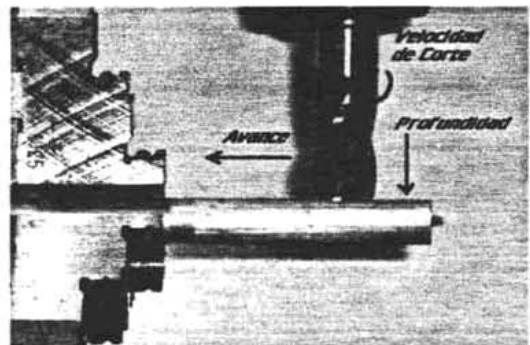
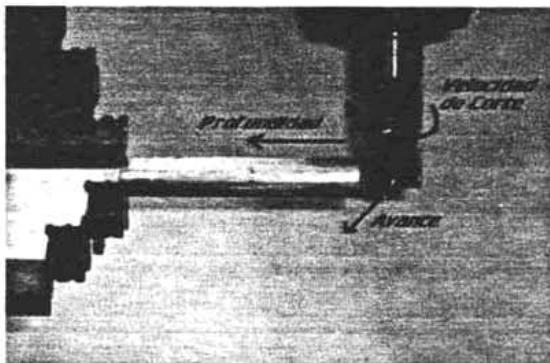
directamente a la mesa.

FRESADO DE FRENTE.

Es el proceso de producir una superficie plana horizontal, es decir perpendicular a la columna de la fresadora, puede ser realizada con fresas escariadores. Los dientes de la periferia y en el extremo hacen el corte.

FRESADO DE EXTREMOS

Es una operación similar al fresado de frente, el corte se hace con el frente y con la periferia de la fresa. Esta operación se utiliza para refrentar superficies pequeñas.



**I.2.10.5.-Movimientos fundamentales en las máquinas herramienta  
(FRESADO)**

Las características fundamentales de las máquinas herramientas nos indican las capacidades de las máquinas herramientas, y también, en base a ellas podemos diferenciar una de otra. El conocimiento de estas características, nos permite a su vez seleccionar la máquina herramienta más adecuada para el trabajo que deseemos realizar.

Las características generales que reúne una máquina herramienta son las siguientes:

- Peso.
- Potencia.
- Gama de Velocidades.

El principio básico de una máquina-herramienta es generar superficies (generar cuerpos) por dos tipos de movimiento (rotación y lineal). Para los movimientos rotatorios hay tres tipos de ejes, el **Z, X, Y**. En el eje **z** va involucrado el movimiento principal de corte **M<sub>p</sub>** (Movimiento de corte o rotacional). Para el eje **X** y el **Y** bien a disposición del fabricante de la máquina y serán movimientos lineales (longitudinales y transversales)

Objetivos y ventajas de las Máquinas-Herramientas.- Algunos de los principales objetivos y ventajas que trae consigo el uso de las máquinas herramientas son:

- Sustituir el trabajo manual, por el trabajo mecánico.
- Facilitar el trabajo del hombre y mejorar la rentabilidad de la producción.
- Transformar y aumentar las limitadas fuerzas del hombre.
- Aumentar la velocidad de trabajo.
- Mayor producción.
- Se disminuyen los costos.

Avances y Velocidades de Corte.- Dotada de una herramienta característica denominada fresa, que, animada de un movimiento de rotación, mecaniza superficies en piezas que se desplazan con movimiento rectilíneo bajo la herramienta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

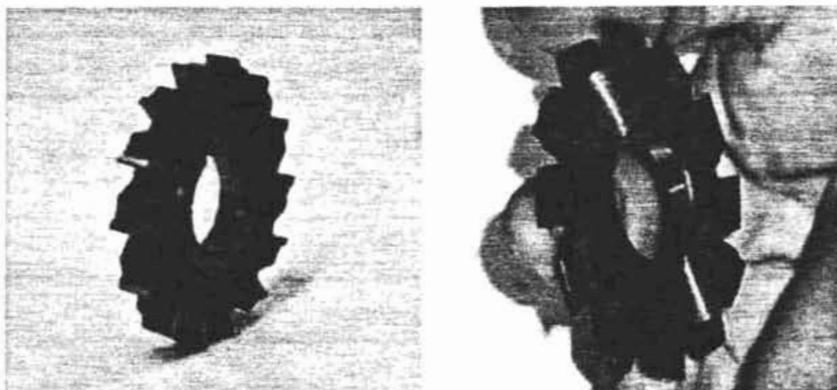


Figura 1.15.- Herramientas de corte de fresado.

Cuando el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de la pieza que se mecaniza, el fresado se llama frontal. Los movimientos de trabajo de la fresadora son:

**Movimiento de Corte.-** Dado únicamente por la rotación de la fresa.

**Movimiento de Avance.-** Viene dado por el desplazamiento rectilíneo de la pieza.

**Movimiento de Profundidad de la Pasada.-** Esta dado por el desplazamiento vertical de la pieza.

El campo de aplicación de la fresadora es el mecanizado casi ilimitado de piezas y es imprescindible en cualquier taller. Las fresadoras tienen, para la misma operación, mucho mayor rendimiento que las demás máquinas herramientas, pues como cada diente o arista de la fresa no está en fase de trabajo y por tanto en contacto con la pieza, más que una fracción de tiempo que dura una revolución de la fresa, ésta experimenta menos fatiga, tiene menor desgaste y trabaja a temperatura inferior a la de las cuchillas de los tornos sin que pueda cuidarse su trabajo intermitente, ya que siempre hay una arista de la fresa en fase de trabajo.

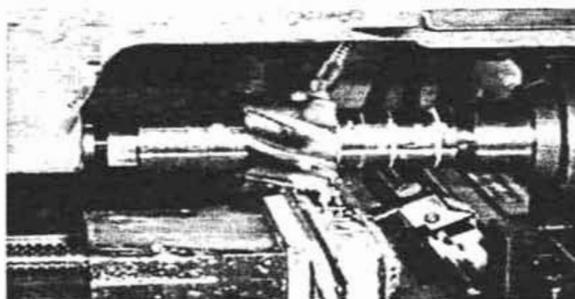


Figura 1.16.- Fresado plano de placas.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### I.3.-Máquinas seriadas

Se ha dicho que el corazón de la manufactura es el producto en sí. La manufactura existe para elaborar y vender productos. Conforme la manufactura se vuelve más compleja, debido a los adelantos y requisitos tecnológicos, los artesanos se ven obligados a producir sólo ciertas partes del producto. Con ello aumenta la demanda de intercambiabilidad de las partes.

El corazón de la manufactura → el producto

↓

Se vende

↓

Intercambiabilidad de las partes

Estos factores dependen del tipo de producto, equipo disponible y volumen de producción.

- a) Análisis comparativo de la mecanización y la automatización.
- b) Descripción de las máquinas herramientas semiautomáticas, automáticas y controladas por PC; máquinas especiales multicabezal y con mesa giratoria.

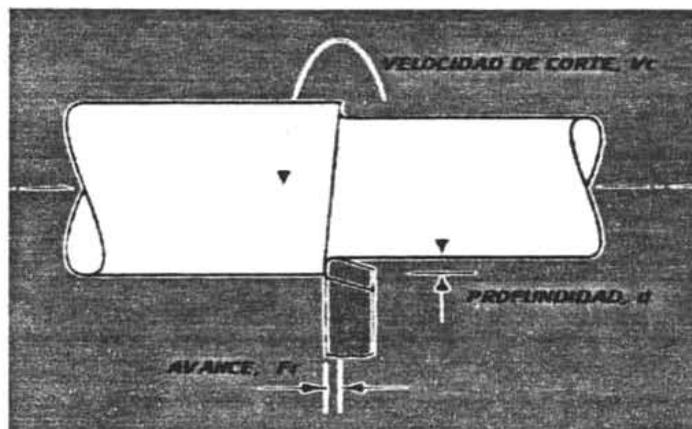


Figura I.17.- Movimientos principales y auxiliares.

#### *Movimientos principales*

- 1.-  $V_c$  = velocidad de corte
- 2.-  $d$  = profundidad
- 3.-  $F_r$  = Avance.  
herramienta.

#### *Movimientos auxiliares*

- 4.- Entrada de material.
- 5.- Sujeción de material.
- 6.- Acercamiento de la

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

En el esquema anterior se observa que hay una secuencia de movimientos, combinados los movimientos auxiliares y movimientos principales.

Las máquinas de propósitos especiales han evolucionado a partir de las máquinas de propósitos generales, al aumentar el volumen de producción de una pieza o producto en particular.

Implica el diseño especial de la máquina donde esto pueda alimentar automáticamente con el trabajo que llega, en vez del operario, así como los restantes movimientos auxiliares.

Existen varios tipos de máquinas especiales en la fabricación en serie:

### a) *Máquinas de multicabezal.*

Estas máquinas se enfocan sobre el movimiento de diferentes herramientas sobre la pieza.

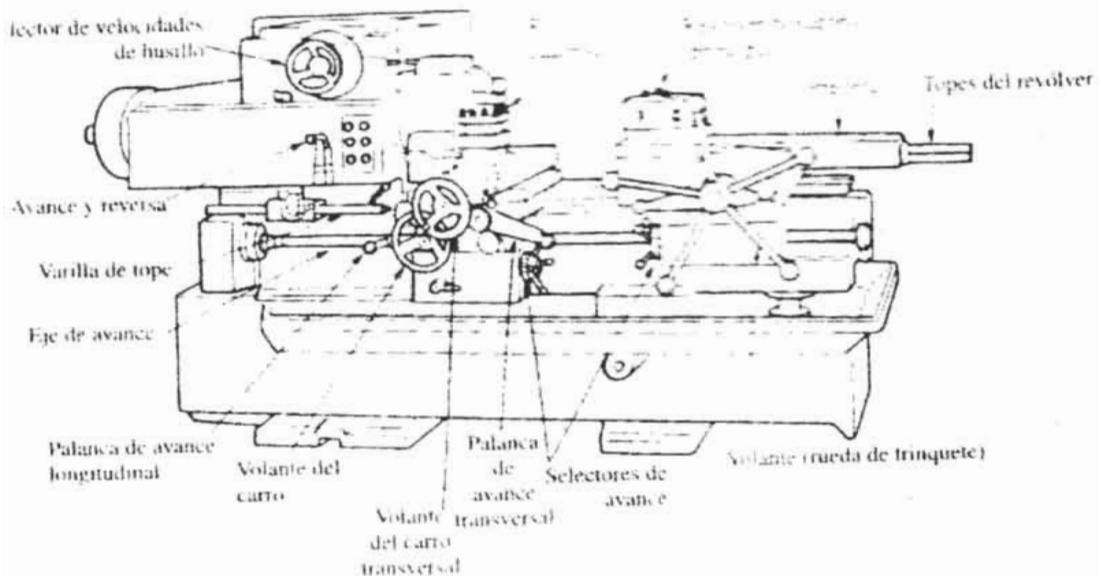


Figura I.18.-Ilustración esquemática de un torno revolver. Nótese los dos revólveres: el cuadrado y el hexagonal (principal).

### b) *Máquinas-herramienta con mesa giratoria.*

Estas máquinas tienen la característica de que el movimiento de la pieza va hacia la herramienta. Les permite maquinar piezas complejas.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Ejemplo: Taladro con mesa giratoria, torno multihusillos y fresa con mesa giratoria.

### c) Máquinas de una sola operación

En ocasiones se requieren maquinados muy precisos o muy difíciles de elaborar para las máquinas provistas en la planta. Por lo que es necesario maquinar en una sola operación para que realice este trabajo.

Ejemplos: chaflanes, rectificadoras sin centros, generadoras de engranes, etc.

### I.4.- Descripción y tipos de maquinado.

El maquinado es un proceso de manufactura en el cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una parte de trabajo, de tal manera que el remanente sea la forma deseada. La acción predominante involucra la deformación en cortante del material de trabajo, lo que produce la viruta, la cual al ser removida queda expuesta la nueva superficie. Así como se muestra en la figura siguiente:

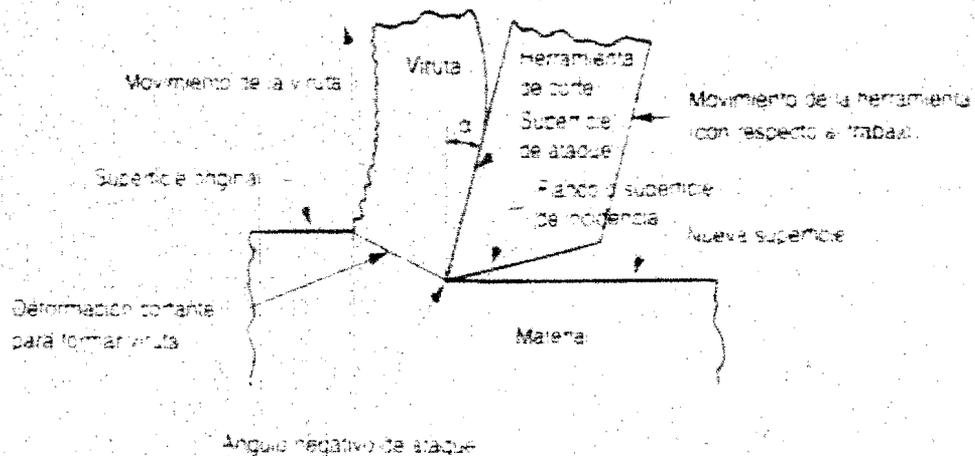


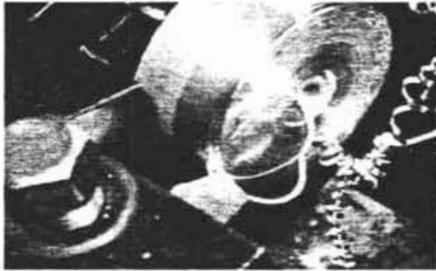
Figura I.19.-Ilustración de corte de viruta.

El maquinado no es solamente un proceso, sino una familia de procesos. La característica común es el uso de la herramienta de corte que forma una viruta, la cual se remueve de la parte del trabajo. Para realizar la operación, se requiere del movimiento relativo, que se logra en la mayoría de los casos por medio de un movimiento primario, llamado VELOCIDAD y un movimiento secundario, denominado el AVANCE.

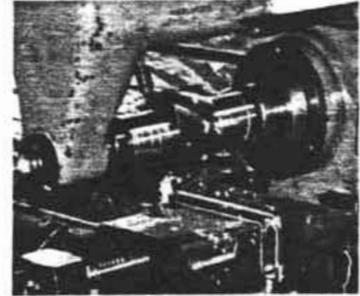
Hay muchas operaciones de maquinado, cada una de las cuales es capaz de generar una cierta geometría y textura superficial. Los tres tipos más comunes de maquinado son: *TORNEADO*, *FRESADO* Y *TALADRADO*, estos tipos de

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

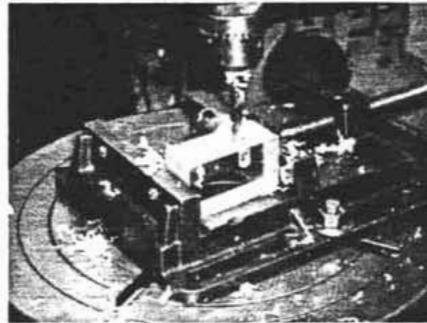
operaciones de maquinado son muy utilizados en diferentes industrias, o en algunas pequeños talleres de maquinado,



● TORNEADO



● FRESADO



● TALADRADO

Figuras I.20.- Diferentes operaciones de maquinado.

### I.5.-Centros de maquinado

En forma tradicional, las operaciones de maquinado se ejecutan pasando la pieza de una a otra máquina hasta terminar todo el maquinado. Es un método variable de manufactura que se puede automatizar en gran parte; es la base de las *líneas de transferencia*. Estas líneas de transferencia, que son frecuentes en la producción de grandes cantidades, o en masa, consisten en varias máquinas herramientas dispuestas en un orden. La pieza, que puede ser un bloque de un motor de automóvil, pasa de estación a estación, y en cada estación se efectúa una operación específica de maquinado. A continuación, la pieza pasa a la siguiente máquina, para otra operación, y así sucesivamente.

Sin embargo hay productos y casos donde no son posibles o económicas las líneas de transferencia, en especial cuando se cambian con frecuencia las clases de productos por maquinar. Un concepto importante, desarrollado a fines de la década de 1950, es el de los centros de maquinado. Un **centro de maquinado** es una máquina-

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

herramienta controlada por computadora capaz de efectuar diversas operaciones de corte sobre diversas superficies y distintas direcciones en la pieza (ver figura 1.21). En general, la pieza es estacionaria y las herramientas de corte giran, como en las operaciones de fresado y taladrado.

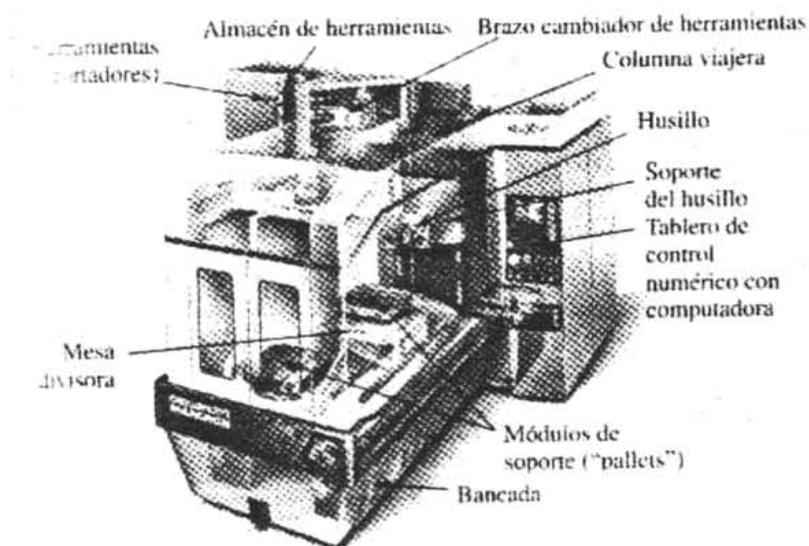


Figura 1.21.- Ilustración de un centro de maquinado con husillo horizontal y cambiador automático de herramientas.

### 1.6.-Origen y concepto del centro de maquinado

El centro de maquinado ha sido el resultado de la evolución lógica de la "maquina- herramienta de fresar" en un contexto donde se ha precisado aumentar la productividad, la flexibilidad y la precisión, al tiempo que se mejoraban las condiciones de seguridad de los trabajadores, todo ello lógicamente acompañado por la incorporación de la electrónica.

Lo dicho hasta ahora nos puede permitir introducir el concepto de "centro de mecanizado". Un centro de mecanizado es ante todo una máquina herramienta de conformado por arranque de material, esto es, una máquina no portable que, operando con la ayuda de una fuente de energía exterior, es capaz de modificar la forma del material o pieza a mecanizar mediante el arranque de pequeñas porciones del mismo o virutas, de forma continua o discontinua.

Sin embargo, las características esenciales de un centro de mecanizado y que por tanto deben servirnos para diferenciarlo de otro tipo de máquina son las siguientes:

- Está dotado de un control numérico.
- Puede realizar otras operaciones de mecanizado además del fresado.
- Dispone de un cambiador de herramientas automático.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

a) *Esta dotado de un control numérico.*

La primera de estas llamadas propiedades esenciales o definitorias significa que los centros de mecanizado son el producto de la evolución tecnológica que ha supuesto en el mundo de la mecanización la introducción de la tecnología del control numérico. No existe centros de maquinado (en el sentido admitido actualmente para esta expresión) anteriores a la tecnología del control numérico.

b) *Puede realizar otras operaciones de maquinado además del fresado.*

La transformación de la fresadora clásica en un centro de maquinado ha sobrevenido como consecuencia de dotarla de potencialidad para desarrollar operaciones de trabajo que tradicionalmente se realizaban en otro tipo de máquinas. Es el caso del taladro y del roscado fundamentalmente. En efecto, este tipo de operaciones no son cinemática y conceptualmente hablando distintas del fresado, dado que aunque tengan implicaciones mecánicas y tecnológicas bien distintas, todas ellas se ejecuta mediante un movimiento del corte circular, con la ayuda de una herramienta rotativa. Esto es lo que hizo posible que en un momento dado se integrasen este tipo de operaciones en una misma máquina que conocemos como centro de maquinado. Por lo tanto, y hasta aquí, un centro de maquinado es una máquina herramienta dotada de control numérico que permite realizar distintas operaciones de maquinado como fresado, taladrado y roscado. En este sentido se debe establecer la diferencia entre centros de maquinado y fresadoras de control numérico, dado que éstas últimas son máquinas herramienta que si están dotadas de control numérico pero sólo están destinadas a realizar operaciones de fresado.

c) *Dispone de un cambiador de herramientas automático*

La segunda de las características esenciales mencionada implica prácticamente a la tercera, en el sentido de que se hace prácticamente ineludible la existencia de un sistema que facilite el cambio automático de las herramientas que permitan efectuar las distintas operaciones posibles. Lógicamente, el sistema de cambio de herramienta está gobernado por el control numérico de la máquina. Los sistemas de cambio de herramienta responden a conceptos estructurales, necesidades y soluciones de diseño bien distintas, pero en cualquier caso deben asegurar la posibilidad de efectuar un cambio de herramienta en el transcurso de ejecución de un programa pieza, sin la necesidad de intervención por parte del operario.

Finalmente y respetando otras posibles opiniones, podemos definir un centro de maquinado como *una máquina-herramienta de control numérico que puede realizar otras operaciones de maquinado además del fresado y que dispone de un cambiador de herramientas automático.*

Un centro de maquinado es una máquina En *microempresas* y pequeñas empresas se herramienta de control numérico que puede requiere una preparación mayor y más completa

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

realizar otras operaciones de mecanizado además del fresado, y que dispone de un cambiador de herramientas automático.

de los operadores de máquina que en las empresas medianas o grandes. Podría ocurrir que todas las tareas tuvieran que ser desempeñadas por una misma persona.

### **I.7.-Centros de maquinado y centros de fresado frente a centros de torneado**

El concepto de "centro de fresado" es muy similar al de "fresadora de control numérico". No obstante cabe una distinción que podría pasar desapercibida y que en ocasiones, de forma voluntaria o involuntaria no se considera. Las "fresadoras de control numérico" propiamente dichas, no disponen de un cambiador automático de herramientas. Dicho de otro modo, si a una fresadora de control numérico le añadimos un cambiador de herramientas automático controlado por el propio control numérico de la máquina, el resultado es un centro de fresado.

El centro de torneado es algo bien distinto, y que no debe confundirse en ningún caso con los dos anteriores. Un centro de torneado es una máquina herramienta de control numérico que puede efectuar operaciones de torneado y de fresado. Para dar una explicación más clara del tipo de máquina al que nos referimos diremos que un centro de torneado es un torno de control numérico al que se le ha dotado con la posibilidad de realizar operaciones de fresado. Esto se consigue con la incorporación de una o varias posiciones para herramientas motorizadas.

En resumen, un centro de torneado procede y mantiene una gran similitud formal con un torno de control numérico, mientras que los centros de mecanizado y los centros de fresado son producto de la evolución de las fresadoras convencionales (aunque el carenado exterior y la presencia de otros elementos hacen que su apariencia sea bien distinta a la de las fresadoras clásicas o convencionales).



*Figuras 1.22.-Almacén de herramientas giratorio. Posiblemente el sistema más utilizado en los centros de mecanizado.*

### I.8.-Tipos de centros de maquinado y su selección

Difícil cuestión. De momento, podemos concluir que se trata de un problema complejo por el número de variables implicadas y la diversidad de los factores a considerar.

En cualquier caso hay algunos factores clave:

- La tipología de las piezas a producir (tamaño, complejidad)
- El tamaño de los lotes de producción
- Las especificaciones técnicas (tolerancias de las piezas)
- El entorno donde ha de ubicarse y trabajar la máquina.

En efecto, todos estos factores y otros derivados, relacionados e incluso adicionales a los mismos intervienen en una decisión que puede ser de importancia para la empresa. En cualquier caso, vayamos por partes, si la primera cuestión es:

#### 1. ¿Qué tipo de máquina necesito?

La respuesta puede ser trivial: torno, taladro, fresadora, etc. A partir de aquí (y suponiendo que se precise una máquina para realizar operaciones de fresado) podemos plantearnos la opción siguiente:

#### 2. ¿Con o sin control numérico?

La respuesta vendrá condicionada básicamente por tres aspectos:

El tamaño de los lotes de producción: para tiradas medias y largas, el control numérico puede ser la opción más rentable.

La complejidad de las piezas: en muchas ocasiones el control numérico es ineludible para la fabricación de piezas de cierta complejidad geométrica.

La precisión requerida: cuando se estrechan los márgenes de tolerancia, el control numérico suele ser la opción preferible, sobretodo si se trata de series de piezas donde se precisa además asegurar una buena repetibilidad.

#### 3. ¿Centro de mecanizado, centro de fresado o fresadora de control numérico?

La respuesta a esta pregunta está implícita en la argumentación realizada para la definición de los centros de mecanizado y la diferenciación con otros tipos de máquinas.

Llegados a este punto, si la elección es un centro de mecanizado, deberemos plantear la selección apuntada a las posibles variantes dentro de los mismos por motivo de:

- Tamaño de la mesa de trabajo
- Sistema de cambio de *tarima* (palets)
- Número de ejes
- Tipo y tamaño del almacén de herramientas
- Características del control a equipar

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- Orientación del husillo
- Husillo orientable
- Plato divisor
- Posibilidades de comunicación
- Aplicaciones de verificación y digitalización de piezas
- Sistema de evacuación de la viruta
- Sistema de proyección de "taladrina"
- Robustez mecánica
- Rapidez
- Potencia
- Par
- Fuerza de avance
- Gamas de husillo
- Precisión y repetibilidad
- Comportamiento dinámico (estabilidad, vibraciones)
- Calidad de los componentes y accesorios
- Sistemas de seguridad para la máquina
- Cuestiones de mantenimiento
- Sistemas de seguridad para el operario
- Ergonomía
- Dimensiones generales de la máquina
- Carenado
- Peso
- Cuestiones estéticas

La elección de una u otra variante vendrá en función de estos "factores clave" y de otros como las preferencias del comprador respecto de un determinado fabricante de máquina o de control, y las posibilidades económicas y financieras de la empresa.

El centro de maquinado ha permitido diversificar enormemente el número de operaciones a realizar en una misma máquina, así como aumentar el número de operaciones a realizar con la misma sujeción de pieza, lo que redundará en un incremento de la relación calidad/coste de las piezas producidas



Figura I.23.- Maquinado de una pieza.

### I.9.-Características específicas de los controles de los centros de maquinado

Desde el punto de vista de su estructura y de su concepto de diseño y funcionamiento interno, no existen grandes diferencias entre el control de un centro de mecanizado y el de otro tipo de máquina. Obviamente como su aplicación es distinta, sus funciones, a nivel de usuario, también lo son. Las diferencias estriban básicamente en la aplicación específica a la que van destinados y en otros factores dados por la evolución de la tecnología.

- Capacidad para gobernar tres o más ejes de control numérico.
- Mayor potencia de cálculo (en la medida que aumente el número de ejes a controlar).
- Pueden estar dotados de sistemas para el copiado y la digitalización.
- La presencia de opciones de programación específicas como la "función espejo" y el "cambio de escala".



Figura I.24.- La ergonomía y funcionalidad de los controles se ha visto notablemente incrementada por el uso de unidades como la mostrada en la figura, que con un tamaño y peso reducido, y su conexión por medio de un cable extensible, permiten controlar ciertas funciones de la máquina con mayor rapidez de respuesta y precisión mientras que el operador puede seguir con más detalle y comodidad las evoluciones del mecanizado.

Así, para encontrar características definitorias a la hora de elegir un control habría que plantear cuestiones como:

- Número de ejes a controlar de forma sucesiva
- Número de ejes a controlar de forma simultánea
- Velocidad de proceso y capacidad de cálculo
- Memoria
- Posibilidades de comunicación y e integración en entornos robotizados
- Facilidad de operación.
- Interfase amigable para el operador
- Lenguaje de programación
- Posibilidad de utilizar varios lenguajes de programación
- Ayudas gráficas para la programación.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- Visualización de programas
- Información de herramientas y parámetros de funcionamiento de la máquina
- Funciones que faciliten la utilización de programas procedentes de aplicaciones CAD / CAM.
- Gestión de herramientas
- Control de trayectorias
- Ciclos de medida.

### I.10.-Tipos de centros de maquinado

Aunque hay varios diseños de centros de maquinado, los dos tipos básicos son de husillo vertical y husillo horizontal; muchas máquinas pueden usar los dos ejes. Las dimensiones máximas que pueden estar al alcance de las herramientas en torno a una pieza, en un centro de maquinado, se llama **volumen de trabajo o envolvente de trabajo**; este término se usó por primera vez en relación con los autómatas o robots industriales.

Los **centros de maquinado de husillo vertical**, o *centros de maquinado vertical* son adecuados para efectuar diversas operaciones de maquinado en superficies planas con cavidades hondas, por ejemplo, en la fabricación de moldes y matrices o dados. En la siguiente figura se muestra una de estas máquinas, que se parecen a una fresa de husillo vertical. El carrusel de herramientas está a la derecha de la figura, y todas las operaciones y movimientos se dirigen y modifican a través del tablero de control computarizado del lado derecho.

Como en el maquinado vertical los empujes se dirigen hacia abajo, estas máquinas tienen gran rigidez y producen piezas con buena precisión dimensional. En general, son menos costosas que las de husillo horizontal.

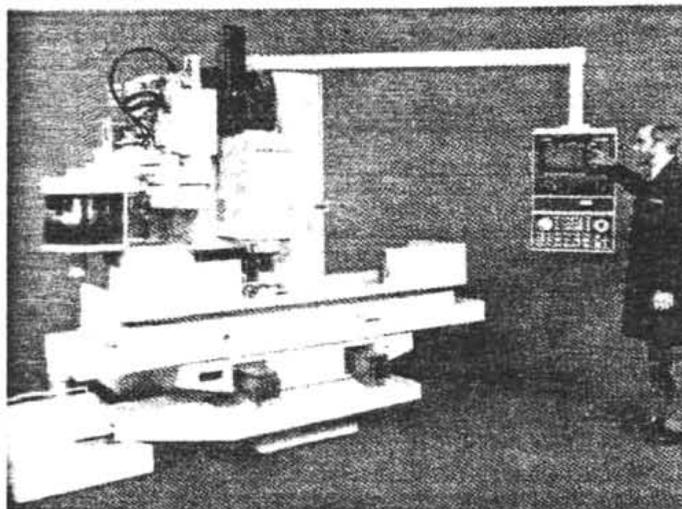


Figura I.25.-Centro de maquinado con husillo vertical.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Los **centros de maquinado de husillo horizontal**, o *centros de maquinado horizontales*, son adecuados para piezas grandes y altas, que requieren maquinarse en varias de sus superficies. El módulo se puede inclinar respecto a ejes diferentes (siguiente figura) y ocupar diferentes posiciones angulares.

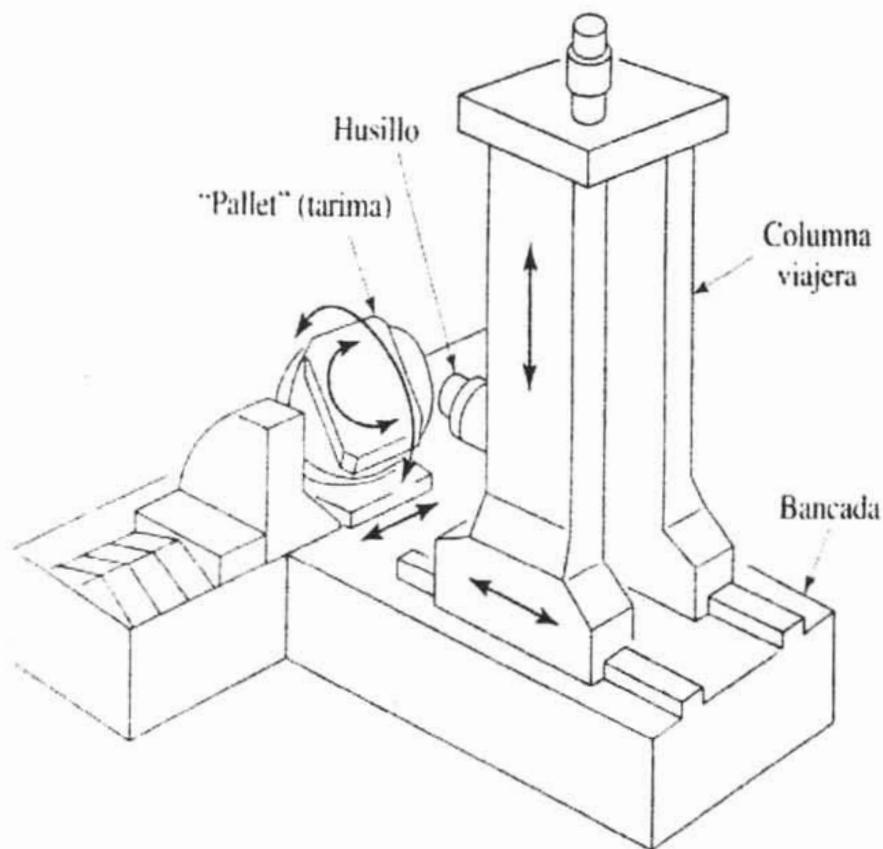


Figura I.26.-Esquema de un centro de maquinado de cinco ejes.

Otra categoría de máquinas de husillo horizontal es la de **centros de torneado**, que son tornos controlados por computadora con varias funciones. En la siguiente figura se muestra un centro de torneado con tres torretas y un control numérico computarizado. Estas máquinas tienen dos husillos horizontales y tres torretas equipadas con una diversidad de buriles, para efectuar varias operaciones en la pieza giratoria.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

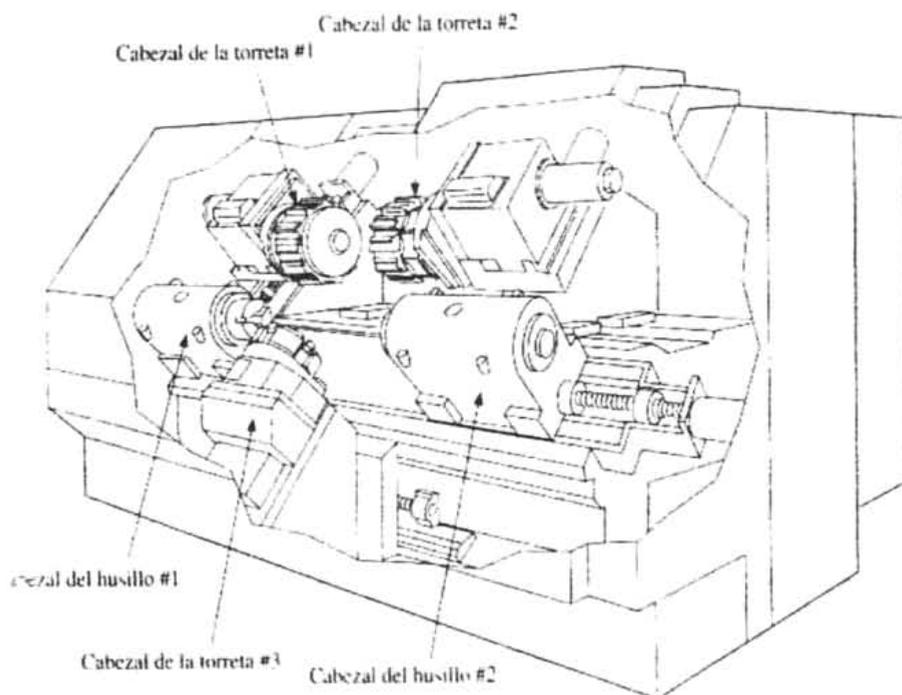


Figura I.27.-Esquema de un centro de torneado con tres torretas, dos husillos y un CNC.

### I.11.-Habilidades requeridas para operar correctamente un centro de maquinado

La situación será muy distinta en función del grado de estructuración de los puestos de trabajo dentro de la empresa. En cualquier caso conviene distinguir varias tareas asociadas al trabajo con un centro de mecanizado:

- La programación
- La preparación de la máquina y de las herramientas
- La carga, descarga, selección y eventual modificación de los programas pieza a pieza de máquina.
- La asistencia y vigilancia durante la ejecución del programa y el cambio de piezas a mecanizar.
- El mantenimiento mecánico, hidráulico, neumático eléctrico y electrónico (hardware y software).

Debido a que la división (o estructuración del trabajo) se suele acentuar en las empresas más grandes, podría concluirse que para *microempresas* y pequeñas empresas se requiere una preparación mayor (más completa) de los operadores de máquina que en las empresas medianas o grandes. En el primer caso puede llegarse a la situación extrema en la que todas las tareas anteriores tengan que ser desarrolladas por una misma persona. Para empresas medianas o grandes lo habitual es que el

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

operador no requiera grandes conocimientos de programación ni de mantenimiento, aunque unas mínimas nociones pueden resultar muy útiles.

Lógicamente, en cualquier caso, es deseable que el operador de la máquina tenga una especialización y experiencia profesional que le permitan hacer frente a posibles eventualidades que se produzcan durante la mecanización. De no ser así, el operador de la máquina se convierte en un "cambiador de piezas" y "apretador de botones", que no requiere ninguna preparación específica más allá del aprendizaje de un procedimiento de trabajo.

### I.12.-Tendencias futuras de un centro de maquinado

Las tendencias futuras para los centros de maquinado pueden englobarse en dos líneas. Por una parte tenemos el aumento de las prestaciones actuales o mejoras cuantitativas, y por otra parte, las innovaciones o mejoras cualitativas.



Figura I.28.-Centro de mecanizado de referencia SPT-H500S

En una relación no exhaustiva de las mismas podemos incluir:

- La utilización de estructuras tipo hexápodo
- El desarrollo de sistemas de accionamiento y control para el mecanizado a alta velocidad.
- La utilización de pantallas táctiles como medio de programación y control.
- Los sistemas de corrección automática de la trayectoria basados en las variaciones de temperatura, el desgaste de las herramientas o la medición en proceso de las piezas mecanizadas
- La incorporación de funciones de comunicación para la integración de los centros de mecanizado en entornos robotizados: comunicación con otras máquinas, robots, brazos manipuladores, vehículos guiados automáticamente, almacenes centralizados de herramientas, ordenadores, etc. Se trata de funciones de transmisión, sincronismo, chequeo y mando.

Las herramientas de corte convencionales, son quienes dan pauta a máquinas de mayor tecnología como los centros de maquinado, centros de fresado, centros de torneado y por supuesto, a las máquinas de CNC, en donde hablaremos de la fresadora DYNA 4M.

En el siguiente capítulo hablaremos acerca de las herramientas de corte para la fresadora de CNC DYNA 4M, sus propiedades y estado de las herramientas para un mejoramiento del acabado de la pieza.

## CAPÍTULO II

### **“Propiedades y materiales de las herramientas de corte de la fresadora de CNC DYNA 4M”**

El CNC tuvo su origen a principio de los años cincuenta del siglo XX en el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), en donde se automatizó por primera vez una gran fresadora. En esa época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el ocupado por la máquina. El control numérico es un ejemplo de automatización programable. Se diseñó para adaptar las variaciones en la configuración de los productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción bajos y de medios. Uno de los ejemplos más importantes de automatización programable es el control numérico en la fabricación de partes metálicas.

El control numérico (CN) es una forma de automatización programable en la cual el equipo de procesado se controla a través de números, letras y otros símbolos. Estos números, letras y símbolos están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión cambia, se cambia el programa de instrucciones. La capacidad de cambiar el programa hace que el CN sea apropiado para volúmenes de producción bajos o medios, dado que es más fácil escribir nuevos programas que realizar cambios en los equipos de procesado.

El primer desarrollo en el área de control numérico se le atribuye a John Parsons. El concepto de control numérico implicaba el uso de datos en un sistema de referencia para definir las superficies de contorno de las hélices de un helicóptero.

La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Aquí se dividen las aplicaciones en dos categorías: (1) aplicaciones con máquina-herramienta, tales como el taladrado, laminado, fresado, torneado, etc, y (2) aplicaciones sin máquina-herramienta, tales como el ensamblaje, trazado e inscripción. El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesado con respecto al objeto a procesar.

Con el objetivo de conocer las propiedades y materiales de las herramientas de la fresadora de CNC DYNA 4M, presentamos, a continuación, una fotografía de la fresadora.

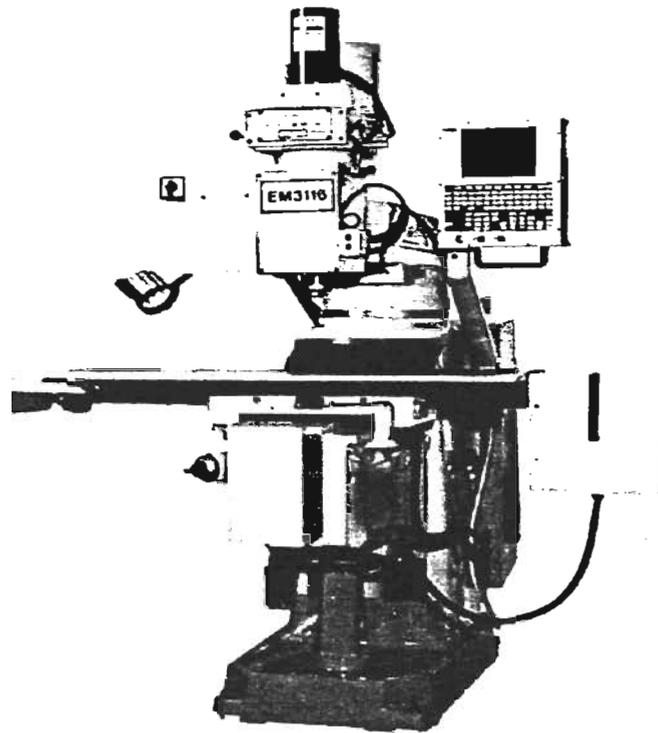


Figura II.1.-Fresadora de CNC DYNA 4M.

Entre los factores más importantes de las operaciones de maquinado esta la selección de materiales de herramientas de corte para determinada aplicación, así como la selección de los materiales de molde y de matriz para procesos de moldeado y formado. Las herramientas de corte deben poseer ciertas características específicas, entre las que se destacan: *resistencia mecánica, dureza, tenacidad, resistencia al impacto, resistencia al desgaste y resistencia a la temperatura*. La selección de la herramienta de corte va a depender de la operación de corte a realizar, el material de la pieza, las propiedades de la máquina, la terminación superficial que se desee, etc.

Para cumplir cada uno de estos requerimientos han surgido herramientas formadas por diferentes aleaciones. Los materiales para las herramientas de corte incluyen aceros al carbono, aceros de mediana aleación, aceros de alta velocidad, aleaciones fundidas, carburos cementados, cerámicas u óxidos y diamantes.

## II.1.- Teoría de corte de metales.

### II.1.1.-Definición de maquinabilidad

"La facilidad con la que una pieza es formada con una herramienta de corte".

La comparación de todas las variables que afectan durante el proceso de corte, como la composición de elementos metalúrgicos, tratamiento térmico, aditivos, inclusiones, acabado superficial, etc, afectan la maquinabilidad de una pieza, así como elafilado de

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

la herramienta, soporte de la misma, máquina herramienta usada y condiciones de operación y maquinado.

Generalmente, las prioridades de costo por componente, tasa de producción, acabado deseado, vida de la herramienta y seguridad en el maquinado, establecen la base para determinar el concepto muy particular de maquinabilidad.

Aunque las variables típicas a considerar en la maquinabilidad son: vida de la herramienta, formación de viruta, textura superficial, tasa de remoción de material, potencia y fuerza de corte y tendencia a generar el filo recreado, la relación entre éstas no siempre es la misma aún en condiciones similares de manufactura.

Para conocer las aleaciones de aceros para herramientas hay que saber las funciones que cumplen cada uno de los elementos que forman la aleación. El resumen de las siguientes características se entrega en el siguiente cuadro. Los elementos se agregan para obtener una mayor dureza y resistencia al desgaste, mayor tenacidad al desgaste, mayor tenacidad al impacto, mayor dureza en caliente en el acero, y una reducción en la distorsión y pandeo durante el templado.

Elemento	Cantidad	Propiedades
Carbono, C	0.6 % - 1.4 %	- Forma carburos con el hierro - Aumenta la dureza - Aumenta la resistencia mecánica - Aumenta la resistencia al desgaste.
Cromo, Cr	0.25 % - 4.5 %	- Aumenta la resistencia al desgaste - Aumenta la tenacidad
Cobalto, Co	5 % - 12 %	- Se emplea en aceros de alta velocidad - Aumenta la dureza en caliente. - Permite velocidades y temperaturas de operación más altas manteniendo la dureza y los filos.
Molibdeno, Mo	hasta 10 %	- Elemento fuerte para formar carburos. - Aumenta la resistencia mecánica. - Aumenta la resistencia al desgaste. - Aumenta la dureza en caliente

		- Siempre se utiliza junto a otros elementos de aleación
Tungsteno, W	1.25 % - 20 %	- Mejora la dureza en caliente. - Aumenta la resistencia mecánica
Vanadio, V	Aceros al Carbono 0.20 % - 0.5 % Aceros Alta Veloc. 1 % - 5 %	- Aumenta la dureza en caliente. - Aumenta la resistencia a la abrasión

Cuadro II.1.-Propiedades de los aceros.

**II.2.- Materiales para las herramientas.**

El desarrollo en los materiales para herramientas ha evolucionado continuamente desde los años 30's del siglo pasado. Actualmente existe un material de herramienta adecuado para optimizar el corte en una cierta pieza, bajo condiciones específicas.

Desde los tiempos en que la industria militar fue la responsable del empuje en el desarrollo de maquinaria y métodos hasta nuestros días, el manejo de las herramientas y sus materiales han contribuido al desarrollo tecnológico del corte de metal.

Materiales para las herramientas	Periodo y/o comentarios
Acero al alto carbón y acero aleado	1900 Se reblandecían muy rápido, debido al calor generado inclusive a bajas velocidades de corte. Una operación típica de corte duraba 100 minutos
Acero alta velocidad	1910 El desarrollo en la metalurgia dio origen al acero alta velocidad (HSS), y en conjunción con los estudios de maquinado de Fredrick Taylor y Maunsel White se dieron los pasos decisivos en la tecnología de corte. La misma operación que antes duraba 100 minutos, se llevaba a cabo en 26 solamente.
Aleaciones no ferrosas	1915 Aleaciones con el 50% de carburos, basadas en cobalto, cromo y tungsteno. Eran muy duras y resistentes a altas temperaturas (800 grados centígrados), pero muy frágiles.  La operación de 26 minutos requería solamente 15.
Super HSS	1930 Velocidades de corte de hasta 70 m/min eran posibles, así como el maquinado de aluminio y magnesio.
Carburo cementado / sinterizado	Inicia en 1930 y la operación de maquinado típica de 26 minutos se llevaba a cabo en 6 únicamente. Los primeros desarrollos tenían carburo de tungsteno (Wc) como la base dura y al cobalto como el aglomerante.  Sin embargo, en el maquinado de acero se formaban cráteres.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Herramientas con insertos de carburo soldados	1940 , 1950 Eran costosas y el reafilado era necesario. Se definen grados de material de herramienta para los diferentes tipos de aplicación.
Coronite, Cermets y nueva generación de carburos recubiertos	Desde 1955 hasta nuestros días se han desarrollado rápidamente nuevos materiales con la misma tendencia global: La posibilidad de cortar a velocidades altas sin pérdida del filo, así como maquinar materiales más duros.

Cuadro II.2.- Materiales para las herramientas.

En general, la herramienta corta el material porque es mas dura y está afilada, sin embargo, los principales factores que intervienen en el proceso de corte son:

**Tipo de operación:** Desbaste ó acabado, sobre material y tipo de corte.

**Material y forma de la pieza:** Estructura, dureza, tenacidad, inclusiones, y textura de la superficie.

**Condiciones de la máquina herramienta:** Potencia disponible, rigidez, sistema permisible de sujeción.

**Parámetros de corte:** Temperatura, sistema de enfriamiento y esfuerzos en el filo de corte.

**Tipo de acabado:** Dependiendo de la operación que sigue al maquinado, el acabado superficial está relacionado a la geometría de la herramienta.

**Costos del maquinado:** La vida de la herramienta, consideraciones de inventario y en general los costos directos e indirectos.

La relación directa de los factores con las propiedades de las herramientas se resume en tres características principales:

Propiedad	Descripción
Resistencia al desgaste	Es la habilidad del material de la herramienta, para asegurar que el filo cortante retenga su habilidad para desempeñarse como se esperaba (Vida de la herramienta)
Tenacidad (Resistencia a la ruptura)	Esta propiedad es importante durante la operación real, pues el contacto de la herramienta con la pieza genera altas temperaturas y esfuerzos.
Dureza en caliente	La habilidad para mantener sus propiedades de corte en altas velocidades.

Cuadro II.3.- propiedades de los materiales.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

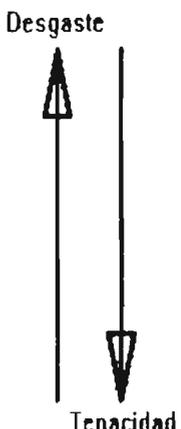
De acuerdo a lo anterior, el material de la herramienta ideal debe cumplir con habilidades específicas:

- Suficientemente duro para resistir el desgaste y deformación, pero tenaz para resistir los cortes intermitentes e inclusiones.
- Por ejemplo, el HSS (High Speed Steel) es el doble de tenaz que el carburo cementado, que a su vez es tres veces más tenaz que la cerámica.
- Ser químicamente inerte en relación al material de la pieza de trabajo y estable para resistir la oxidación, para evitar que se genere el filo recrecido (built-up edge) y desgaste prematuro.
- Tener una buena resistencia a los choques térmicos.

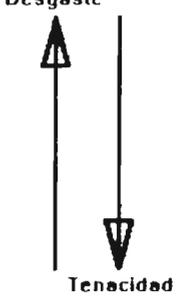
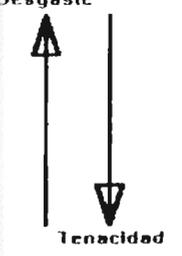
Ya que los carburos cementados (recubiertos y no recubiertos), son los más usados en las aplicaciones de maquinado, la organización internacional de normalización (ISO), establece un criterio de aplicación basado en tres grados fundamentales. En esta clasificación no se consideran los materiales cerámicas, coronite, CBN o PCD.

Los fabricantes de insertos para herramientas usan esta clasificación para indicarle al usuario principalmente la aplicación de maquinado. El fabricante elige su manera propia de clasificar sus insertos en relación a su composición química, dando lugar a la clasificación de los grados de los insertos propiamente dicha.

Es muy común que los grados de los insertos de dos diferentes compañías (Ej.: Sandvik y Kennametal), usen el mismo código ISO, pero su apariencia, composición y rendimiento pudieran ser completamente diferentes.

Clasificación	Aplicación	Operaciones y condiciones de corte	Tenacidad/Dureza
Azul P	Para el maquinado de materiales de viruta larga como el acero y el hierro maleable	<p>P01: Torneado de acabado y barrenado, alta velocidad de corte, sección pequeña de viruta, alta calidad superficial de acabado, tolerancias cerradas, libre de vibraciones</p> <p>P10: Torneado, copiado, roscado, fresado, alta velocidad de corte, sección de viruta pequeña a mediana.</p> <p>P20: Torneado, copiado, fresado, velocidad de corte media, sección de viruta media, condiciones medianamente no favorables de corte</p> <p>P30: Torneado, fresado, velocidad de corte media a baja, sección de viruta media a larga, condiciones de corte no favorables.</p> <p>P40: Torneado, fresado, ranurado, tronzado, planeado,</p>	<p>Desgaste</p>  <p>Tenacidad</p>

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

		<p>baja velocidad, sección grande de viruta, condiciones de trabajo muy desfavorables.</p> <p>P50: Donde se requiere una alta tenacidad en torneado, planeado, ranurado y tronzado. Baja velocidad de corte, sección grande de viruta, condiciones de maquinado extremadamente desfavorables.</p>	
<b>Amarillo M</b>	<p>Aplicable en el maquinado de materiales más duros como el acero inoxidable austenítico, materiales resistentes al calor, acero al manganeso, hierro aleado, etc.</p>	<p>M10: Torneado, velocidad de corte media a alta, sección de viruta pequeña a mediana.</p> <p>M20: Torneado, fresado, velocidad de corte media, sección de viruta media.</p> <p>M30: Torneado, fresado, planeado, velocidad de corte media, sección de viruta media a grande.</p> <p>M40: Torneado, torneado de perfiles, tronzado, usado especialmente en máquinas automáticas.</p>	<p>Desgaste</p>  <p>Tenacidad</p>
<b>Rojo K</b>	<p>Para el maquinado de materiales de viruta corta como la fundición gris y materiales no ferrosos: aluminio, bronce, plásticos, etc.</p>	<p>K01: Torneado, torneado de acabado y barrenado de acabado, fresado de acabado.</p> <p>K10: Torneado, fresado, barrenado, mandrinado, etc.</p> <p>K20: Torneado, fresado, planeado, mandrinado, brochado, operaciones que requieran una herramienta muy tenaz.</p> <p>K30: Torneado, fresado, planeado, mandrinado, ranurado, condiciones no favorables.</p> <p>K40: Torneado, fresado, planeado, tronzado y condiciones altamente infavorables para el maquinado.</p>	<p>Desgaste</p>  <p>Tenacidad</p>

Cuadro II.4.- Operaciones de las herramientas de corte.

### II.3.- Condiciones de corte en fresado

Los siguientes apartados introducen y explican los datos referentes a las **operaciones de fresado**.

Los datos establecidos por el programador para operaciones de fresado son: **velocidad de giro, avance, profundidad y anchura de corte, y esfuerzos de corte**. Estos factores han de ser coordinados durante la programación.

Para ello han de considerarse tres criterios:

#### II.3.1.-Tiempo de ciclo cortó

El factor más importante que debe ser controlado por el programador en relación con el tiempo de ciclo es el **volumen de viruta extraído por minuto**. Esto resulta de multiplicar la velocidad de avance por la acción de corte y la profundidad o anchura de corte; cuanto más elevados sean dichos factores mayor volumen de viruta será extraído por minuto. En cualquier caso, debe aclararse que altas velocidades de extracción de viruta conducen a mayor uso de la herramienta, lo que conlleva un incremento del tiempo medio de ciclo debido a cambios en la herramienta o en la punta.

#### II.3.2.-Bajos costos de máquina (herramienta)

Cualquier aumento en los datos de corte que conlleven una **reducción en el tiempo de pieza**, reducirá los costos de máquina. En cualquier caso, los costos de herramienta aumentan a un mayor uso. Los datos de corte de metal deberán escogerse de tal forma que los costos de herramienta relativos al uso no exceden de un determinado nivel. En este contexto, es necesario considerar el uso de refrigerante para aumentar la vida de la herramienta.

#### II.3.3.-Bajos costos de pieza

La elección de los datos de corte está restringida a las **exigencias en la calidad** del producto. Esto afecta particularmente al acabado de la superficie y a las tolerancias dimensionales de la pieza acabada.

- La elección de los datos de corte de metal debe de coordinarse con:
- El modo de fresado (convencional, en contraposición o frontal),
- La forma de la fresa,
- El tipo de perfiles de corte empleados (forma del filo de corte, material de corte),

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- La capacidad de carga de la máquina.

Los desplazamientos en fresado son generalmente generados por desplazamientos y rotación de cortes simultáneos. Sin embargo, el fresado se programa como si la bancada estuviera quieta y la fresa se desplazará (movimiento de herramienta relativo).

Para realizar una operación de maquinado es necesario que se de un movimiento relativo de la herramienta y la pieza de trabajo. El movimiento primario se realiza a una cierta VELOCIDAD DE CORTE; además, la herramienta debe moverse lateralmente a través del trabajo. Este es un movimiento mucho mas lento, llamado AVANCE, la dimensión restante del corte es la penetración de la herramienta de corte dentro de la superficie original de trabajo, llamada PROFUNDIDAD DE CORTE. Al conjunto de velocidad, avance y profundidad de corte son llamadas: **condiciones de corte.**

Para herramientas de punta simple, podemos obtener la velocidad de remoción del material con la siguiente fórmula:

$$Q = V_c f_r d$$

Donde  $Q$  = velocidad de remoción de material ( $\text{mm}^3/\text{seg}$ );  $V_c$  = velocidad de corte ( $\text{mm}/\text{seg}$ );  $f_r$  = avance (mm) y  $d$  = profundidad o penetración (mm).

Las unidades pueden cambiar dependiendo del tipo de operación, por ejemplo en el proceso de TALADRADO, la profundidad viene dada por la profundidad del agujero, además la profundidad va medida en la misma dirección que el avance, al igual que el proceso de TRONZADO.

Generalidades del fresado:

La elección del avance (con velocidad de giro fijada) afecta al espesor de viruta y al acabado de la superficie.

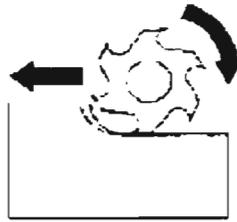


Figura II.2.- Fresado convencional

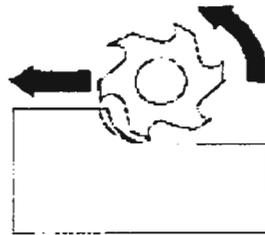


Figura II.3.- Fresado en contraposición

La elección entre el fresado convencional y en contraposición afecta a la formación de la viruta y a la presión de corte. En el fresado convencional, el espesor de viruta y la presión de corte aumentan gradualmente en la raíz del diente de fijación y alcanza un máximo junto antes de que el diente se aparte del material.

Cuando la fresa se aparta del material, ocurre lo siguiente:

La presión de corte se elimina de repente de forma que la fresa salta hacia delante y el siguiente diente penetra el material con una acción de arranque. Estas operaciones suelen producir marcas de muescas.

En el fresado en contraposición, la viruta se forma en secuencia inversa si lo comparamos con el fresado convencional. Cuando el diente penetra, el espesor de viruta y la presión de corte adoptan su valor máximo. Cuando la fresa se retira de la pieza, la viruta producida es menor y la presión de corte en su valor es mínima.

Por lo tanto, se producen pocas muescas y el acabado de superficie es el mejor posible. Si se compara con el fresado convencional, este fresado requiere menos potencia, una máquina más rígida y una bancada que no presente vibraciones.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

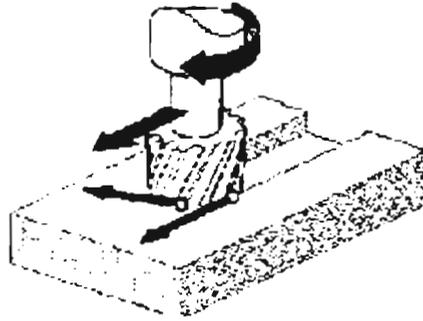


Figura II.4.- Avance y velocidad de giro

### II.4.- Avance y profundidad de corte en fresado

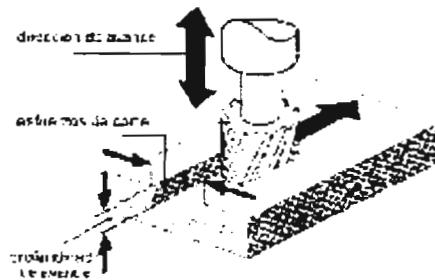


Figura II.5.- Fresado convencional

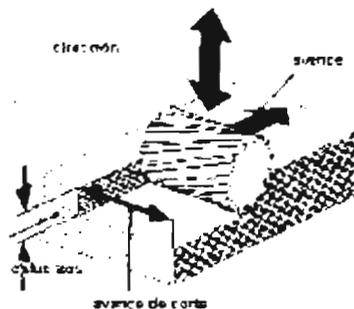


Figura II.6.-Fresado en contraposición.

La **profundidad** o **anchura de corte** describe cuanto se introduce en la fresa en la pieza en la dirección de avance.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La **profundidad de corte** en un fresado con giro vertical.

**Anchura de corte** en fresado con giro horizontal.

Los esfuerzos de corte de la fresa es la anchura de la fijación de la herramienta con la pieza medida en el plano de trabajo en ángulo recto a la dirección de avance.

Tanto la profundidad o anchura de corte como la fijación de la fresa provienen de:

- El desplazamiento programado de la fresa,
- Tamaño y forma de la fresa.

Cuando se programa el recorrido de la fresa en la pieza, es necesario coordinar profundidad y anchura de corte, así como la fijación de la fresa:

- Con la velocidad de mecanizado posible, con la fresa usada y el material ha ser fresado, con el acabado de superficie requerido.

### II.5.- Velocidad de giro y corte en fresado

La velocidad de fresado se introduce:

- Bien directamente en revoluciones por minuto,
- Por códigos numéricos que se asignan a las varias velocidades disponibles en la máquina.

En el programa de control numérico, la velocidad de giro tiene la letra código S.

**Ejemplos:**

- S= 630 rpm, significa 630 revoluciones por minuto.
- SII denota una introducción de velocidad de giro codificada (Por ejemplo, SII=500 rpm).

La elección de velocidad de giro determina la **velocidad de corte**. La velocidad de corte es equivalente a la velocidad en superficie de la fresa. Esto no sólo depende de la velocidad de giro, sino también del diámetro de la fresa (Cuanto mayor velocidad de giro y mayor diámetro de fresa, mayor velocidad de corte).

Cuando se introduce una velocidad de giro es esencial asegurar que se ha designado el **sentido de rotación correcto**.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

El **avance** es el movimiento de la cuchilla en la dirección de trabajo.

La velocidad de avance es generalmente especificada introduciendo un desplazamiento por minuto. En cualquier caso, también puede introducirse como un desplazamiento por revolución de fresa o por diente de corte.

En el programa CN, el avance está caracterizado por la letra de código F.

### Ejemplos:

- $F= 100 \text{ mm/min}$ , significa una velocidad de avance de 100 milímetros por minuto.
- $F= 0.1 \text{ mm/rev}$ , significa una velocidad de avance de 0.1 milímetros por revolución de corte
- $F= 0.02\text{mm/T}$ , significa una velocidad de avance de 0.02 milímetros por diente

La cuchilla usada no debería ser mayor que la requerida para la operación concreta. Cuanto mayor es la herramienta se produce un mayor número de desviaciones dimensionales, debidas, en su mayoría, a la deflexión por la inclinación del flanco de corte de la fresa.

### II.6.- Cambiadores de herramienta

Mecanizar productos en MHCN requiere diferentes **operaciones** sucesivas sin soltar la pieza de su sistema de amarre (**fase**) lo que supone incorporar un dispositivo que permita cambiar de forma automática las herramientas durante el proceso. Es poco habitual llevar a cabo un trabajo de mecanizado sin cambiar de herramienta.

El cambio de herramientas puede ejecutarse **manualmente** por el operario, sin embargo, esto solo se realiza en la práctica con fresadoras y taladradoras dotadas de cabezales con adaptadores portaherramientas de acceso rápido y sencillo.

Los tornos CN y **centros de mecanizado** de gran producción utilizan cambiadores automáticos de herramientas que pueden albergar un número variable de útiles dependiendo de su diseño.

Los cambiadores de herramientas reciben los nombres de:

- **Torreta** de herramientas (tornos)
- **Carrusel** de herramientas (fresadoras/centros de mecanizado)

El cambio de herramienta se controla por programación CN caracterizándose por un **giro de la torreta** hasta que coloca en la **posición de trabajo** aquella que se le solicita

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

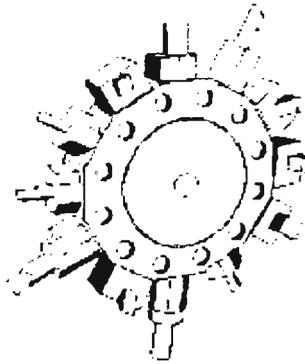


Figura II.7.- Torreta de herramientas de un torno.

En el caso de los **carruseles** (almacenes) de herramientas, para cambiar la herramienta se emplea un **manipulador** o garra adicional. La UC de la máquina interrumpe el mecanizado para que el manipulador extraiga del carrusel, que ha girado hasta colocar al útil deseado en la posición de cambio, la nueva herramienta. Simultáneamente la garra opuesta del manipulador extrae la herramienta en uso del cabezal. Un **volteo** del manipulador coloca la nueva en el cabezal y a la usada en el hueco (**estación**) dejado por la primera en el almacén. La operación solo dura segundos.

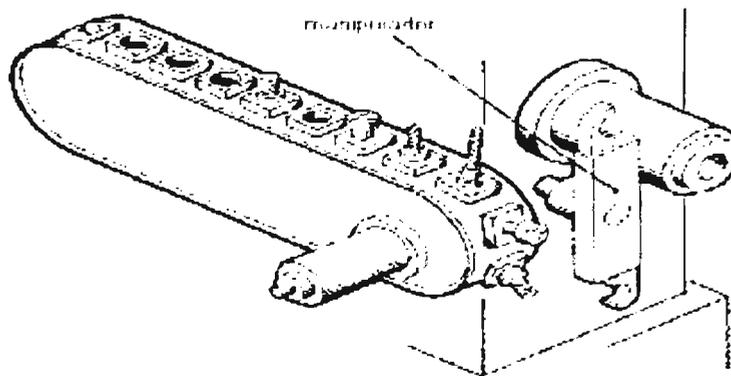


Figura II.8.- Carrusel de herramientas de una fresadora.

### Información adicional:

Los cambiadores de herramientas incorporan frecuentemente el "**posicionado lógico**", que se basa en realizar giro de la torreta o el carrusel en el sentido que permite ubicar el útil deseado de forma más **rápida** desde la posición actual. En el caso de la

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

fresadora DYNA 4M, se pueden utilizar herramientas de fresadoras convencionales y el cambio de las herramientas es de forma manual.

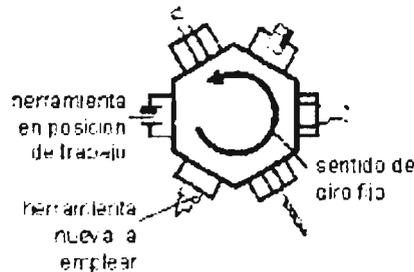


Figura II.9.- Torreta de sentido de giro fijo.

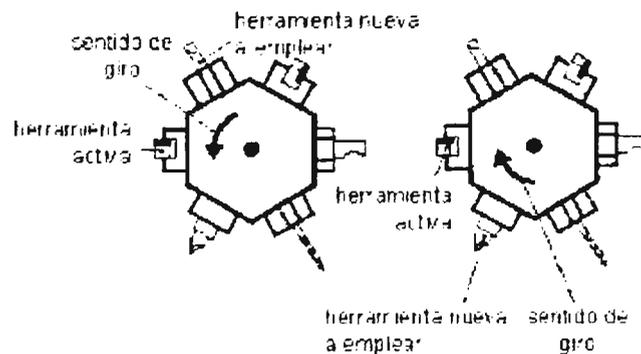


Figura II.10.- Torreta con giro lógico.

### II.7.-Consideraciones de los ejes coordenados

Para efectos de mantener un ordenado uso de los ejes coordenados en lo que sigue, se observará una serie de convenciones, las cuales se detallan a continuación:

- Se definen como ejes para la máquina y sus rotaciones X, Y y Z, A, B y C. Para las rotaciones en particular se observará la regla de la mano derecha para el sentido positivo de estas.
- Se definen como ejes para la herramienta y sus rotaciones X', Y' y Z', A', B' y C'.
- En cualquier máquina se definirá primero el eje Z y este irá paralelo al eje de rotación del husillo.
- Si la máquina no tiene husillo, el eje Z se define perpendicular a la superficie en que se trabaja.
- El sentido del eje Z es positivo cuando la herramienta se aleja de la pieza.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- El eje X se define horizontal (cuando se pueda), por ejemplo, en el torno es radial.
- En las máquinas sin husillo el eje X es paralelo a la dirección principal de movimiento.
- Si gira la herramienta, y el eje Z es horizontal, el eje X es horizontal también.
- El sentido del eje X se define positivo cuando la herramienta se aleja del eje de rotación.
- Finalmente, el eje Y se impone manteniendo el orden conocido de los tres primeros dedos de la mano derecha.

### II.8.-Fluidos de corte

Los fluidos de corte; como antes mencionamos, son líquidos que se utilizan durante el mecanizado; aplicándose en la zona de formación de viruta, para mejorar las condiciones de corte en comparación con un corte en seco. Estas mejoras van en pos de enfriar la herramienta, la pieza y la viruta, lubricar y reducir la fricción, minimizar la posibilidad de crear cantos indeseables en la herramienta, arrasar con la viruta y proteger la pieza de la corrosión. Los hay de tres tipos:

- Enfriadores y lubricantes, sobre una base de petróleo mineral.
- Aceite y agua, que enfrían por tener una gran capacidad de transferir calor.
- Aceites puros, que lubrican solamente, para mecanizados de baja velocidad.

#### Ventajas de los enfriadores.

1. Aumentan la vida de la herramienta bajando la temperatura en la región de filo principal.
2. Facilitan el manejo de la pieza terminada.
3. Disminuyen la distorsión térmica causada por los gradientes de temperatura producidos durante el mecanizado.
4. Realizan una labor de limpieza por arrastre, al ayudar a remover las virutas de la región de corte.

Las ventajas 2 y 3 se manifiestan más claramente al realizar operaciones con muelas abrasivas.

#### Ventajas de los lubricantes.

1. Disminuyen la resistencia friccional al movimiento, aminorando el consumo de potencia, alargando la vida de la herramienta y mejorando la calidad superficial del acabado.
2. Tienen un ingrediente reactivo que forma un compuesto de baja resistencia al corte, el cual actúa como un lubricante en los bordes.
3. Son suficientemente estables como para mantener sus propiedades bajo las condiciones de temperatura y presión existentes en la interfase viruta-herramienta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Sin embargo, la efectividad de todos los lubricantes para corte disminuye a medida que aumenta la velocidad de corte.

### II.9.-Aplicación de los fluidos de corte

La forma en que se aplique un fluido de corte tiene una influencia considerable en la vida de la herramienta, así como en la operación de mecanizado en general. A pesar de que existen equipos muy complejos y efectivos para dosificar los fluidos en la zona de corte, estos no son necesarios para lograr buenos resultados.

Incluso el mejor fluido de corte puede no cumplir su función con éxito sino es distribuido correctamente en la zona de corte. La idea es que el fluido forme una película sobre la superficie en roce, diganse la pieza y la herramienta en la siguiente figura.

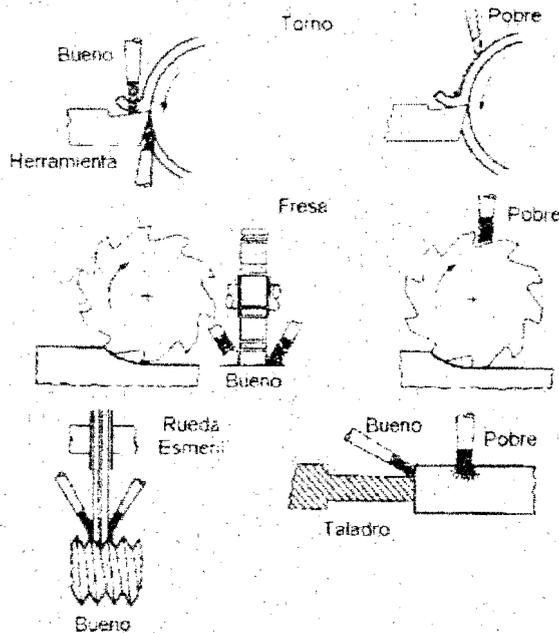


Figura II.11.- Diferentes tipos de aplicación de los fluidos de corte.

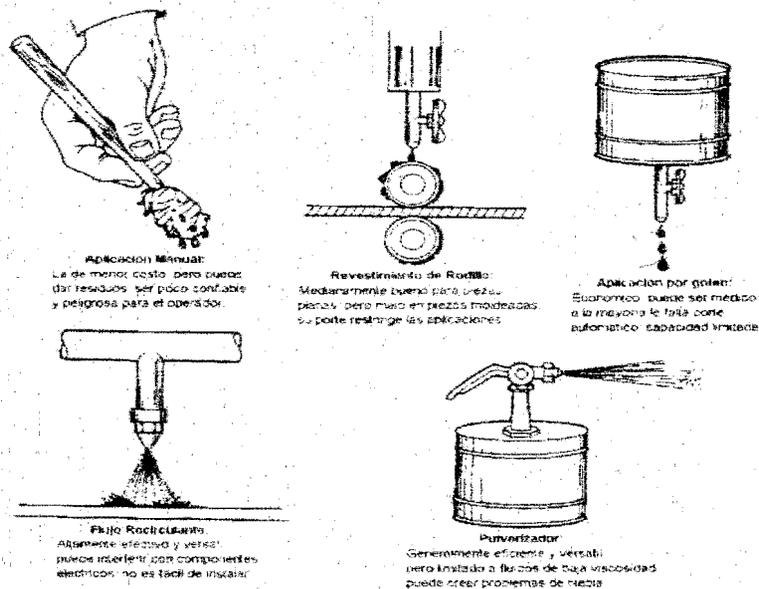
Es preferible que el fluido llegue en forma continua a la pieza antes de que llegue de manera intermitente, pues de esta última manera puede producirse ciclos de temperatura letales para la micro estructura tanto de la pieza como de la herramienta.

Una buena aplicación de fluido de corte permite además una adecuada remoción de viruta, lo cual ayuda a alargar la vida de la herramienta.

Existen diversas maneras de aplicar el fluido de corte (siguientes figuras), sin embargo destacarán tres:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- **Manual:** Se aplica el fluido con una brocha, lo que produce una aplicación intermitente, con una baja remoción de viruta y un limitado acceso a la zona de corte.
- **Automática de chorro continuo (o por goteo):** Se trata de una boquilla apuntada a la herramienta que chorrea constantemente a baja presión el fluido. Logra una buena penetración a nivel de herramienta y pieza.
- **Niebla (pulverizador):** Se aplica un rocío constante con aire comprimido sobre el área de corte. Presenta un riesgo a la salud si no se toman las medidas de seguridad correspondientes, ante la eventual inhalación de gotitas aceitosas.



Figuras II.12.- (continuación).-Diferentes tipos de aplicación de los fluidos de corte.

El sistema de enfriamiento que utiliza la fresadora DYNA 4M para los materiales de corte es un sistema externo a la máquina, y lo aplica en forma de rociador:

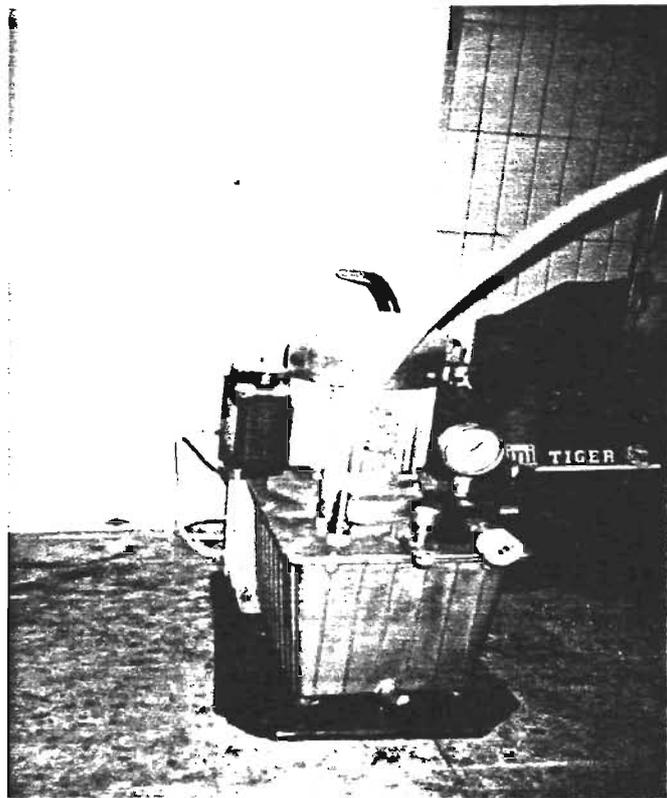


Figura II.13.-Sistema de enfriamiento de la fresadora DYNA 4M.

### II.10.-Teoría de la formación de viruta

Para poder explicar el proceso de la formación de la viruta en el maquinado de metales, se hace uso del modelo de CORTE ORTOGONAL. Aunque el proceso de maquinado es tridimensional, este modelo solo considera dos dimensiones para su análisis.

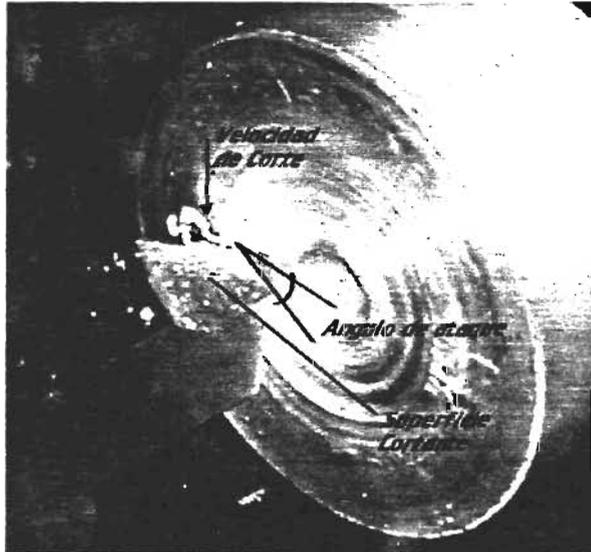
El modelo de corte ortogonal asume que la herramienta de corte tiene forma de cuña, y el borde cortante es perpendicular a la velocidad de corte, cuando esta herramienta se presiona contra la pieza de trabajo se forma por deformación cortante la viruta a lo largo del plano de corte (ver figura) y es así como se desprende la viruta de la pieza. La herramienta para corte ortogonal tiene dos elementos geométricos, el ángulo de ataque ( $\alpha$ ) y el ángulo del claro o de incidencia que es el que provee un claro entre la herramienta y la superficie recién generada.

La distancia a la que la herramienta se coloca por debajo de la superficie original de trabajo es  $t_0$  Y luego que la viruta sale con un espesor mayor  $t_c$ ; y la relación de  $t_0$  a  $t_c$  se llama: *relación del grueso de la viruta*.  $r = t_0 / t_c$ .

La geometría del modelo de corte nos permite establecer una relación importante entre el espesor de la viruta, el ángulo de ataque y el ángulo del plano de corte, siendo  $L_s$  la longitud del plano de corte. Así:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

$$\tan \phi = \frac{r \cos \alpha}{1 - r \sin \alpha}$$



En el caso del torneado (a excepción del tronchado) la herramienta se encuentra en un plano perpendicular a la superficie que se está cortando, así como se ilustra en la fotografía, se puede observar también el sentido de la velocidad de corte, el cual es el mismo que el de la fuerza de corte. El ángulo de ataque está medido sobre el plano de la superficie que se está cortando, es este ángulo el que determina la salida de la viruta.

Figura 2.14.- velocidad de corte, fuerza de corte  
Y ángulo de ataque.

En el torneado (refrentado y cilindrado)  $t_o$  viene dado por el avance, mientras que el ancho  $w$ , es la profundidad de corte. En el caso del tronchado, se cumple los mismos valores que los asumidos por la teoría de formación de viruta.

El tipo de viruta producida durante el corte de metales depende del material que se esté mecanizando y en las condiciones de corte utilizadas. Sin embargo, existen tres tipos básicos de formación de virutas que se encuentran en la práctica: *la viruta continua*, *la viruta continua con recrecimiento del filo* y *la viruta discontinua*.

La figura No. II.15 muestra la formación de *viruta continua*. Este tipo de viruta es común cuando se mecanizan la mayoría de los materiales dúctiles, tales como hierro forjado, acero suave, cobre y aluminio. Puede decirse que el corte de estas condiciones es un proceso estable, pues es básicamente un cizallamiento del material de trabajo con el consecuente deslizamiento de la viruta sobre la cara de la herramienta de corte. La formación de la viruta tiene lugar en la zona que se extiende desde el filo de la herramienta hasta la unión entre la superficie de la pieza; esta zona se conoce como zona de deformación primaria. Para deformar el material de esta manera, las fuerzas que se transmiten a la viruta en la interfase existente entre ella y la cara de la herramienta son suficientes para deformar las capas inferiores de la viruta a medida que ella se desliza sobre la cara de la herramienta (zona de deformación secundaria). A pesar de que generalmente con esta viruta se logra un buen acabado superficial, especialmente en máquinas automáticas, existe un grave peligro, cual es la posibilidad

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

de que la viruta se enganche ya sea en el portaherramientas, la ropa del operador o incluso en la misma pieza. Esto se puede remediar usando “quebradores de viruta” en conjunto con las herramientas.

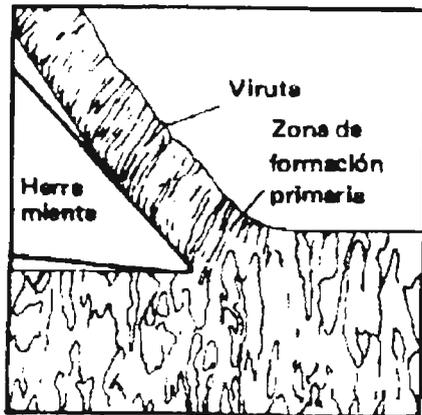


Figura II.15

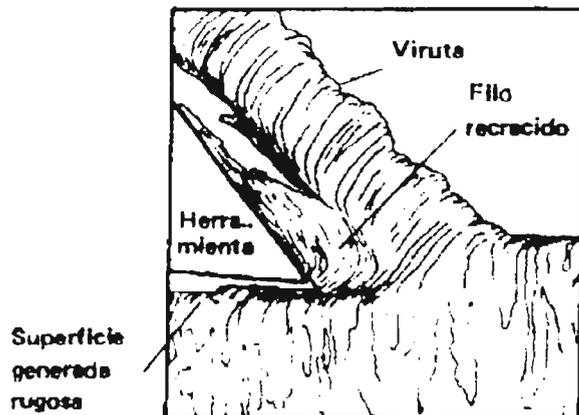


Figura II.16

La figura no.II.16 muestra la formación de *viruta continua con recrecimiento del filo*. Bajo ciertas condiciones, la fricción entre la viruta y la herramienta es suficientemente grande para que la viruta se suelde a la cara de la herramienta. La presencia de este material soldado aumenta aun más la fricción, y este aumento induce el auto soldado de una mayor cantidad de material de la viruta.

El material apilado restante es conocido como filo recrecido. A menudo el filo recrecido continúa aumentando hasta que se aparta a causa de su inestabilidad. Los pedazos son entonces arrastrados por la viruta y por la superficie generada en la pieza. La figura muestra una superficie rugosa obtenida en estas condiciones. El recrecimiento del filo es uno de los principales factores que afectan el acabado superficial y puede tener una influencia considerable en el desgaste de las herramientas. Sin embargo, a pesar de ser generalmente indeseable, una capa delgada y estable de filo recrecido puede llegar a proteger y alargar la vida de una herramienta.

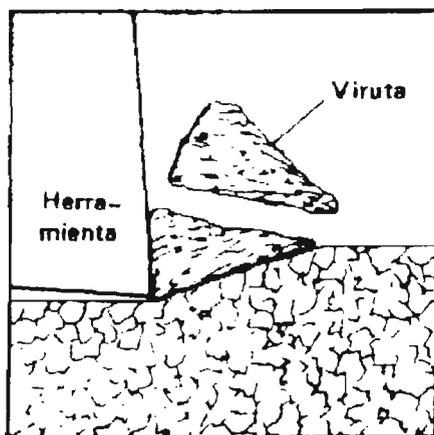


Figura II.17 Viruta discontinua

La figura no. II.17 muestra la formación de *viruta discontinua*. Durante la formación de la viruta, el material es sometido a grandes deformaciones, y si es frágil, se fracturará en la zona de deformación primaria cuando la deformación de viruta es incipiente, segmentándose. Esta segmentación puede presentarse como serrucho o definitivamente discontinua. Se producen virutas discontinuas siempre que se mecanicen materiales tales como el hierro fundido o bronce fundido, pero también puede producirse cuando se mecanizan materiales dúctiles a muy baja velocidad y avances grandes. Debido a la naturaleza discontinua de esta viruta, las fuerzas varían continuamente durante el corte. Consecuentemente, la rigidez del portaherramientas y otros elementos debe ser suficiente, de lo contrario la máquina-herramienta comenzará a vibrar, lo cual afecta adversamente la terminación superficial y la exactitud dimensional de la pieza. Además pueden existir daños o acortarse la vida útil de las herramientas.

Gran parte de lo anteriormente discutido para metales se aplica también a materiales no metálicos. Se pueden obtener diversas virutas al cortar termoplásticos, dependiendo del tipo de polímero y los parámetros del proceso, digase profundidad de corte, geometría de la herramienta y velocidad de corte. Debido a su naturaleza, los plásticos y cerámicas en su mayoría producirán viruta discontinua.

### II.11.-Fuerzas y potencia de corte

Es importante conocer las fuerzas y la potencia en las operaciones de corte, por las siguientes razones:

- 1.- Se deben conocer los requerimientos de potencia, para seleccionar una máquina herramienta de potencia suficiente.
- 2.- Se requieren datos sobre fuerzas de corte para:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- a. Poder diseñar en forma correcta las máquinas herramientas, y evitar distorsiones excesivas de sus elementos, manteniendo las tolerancias dimensionales necesarias en la parte acabada, las herramientas y sus sujetadores, así como los soportes de piezas.
- b. Poder determinar, antes de la producción real, si la pieza es capaz de resistir las fuerzas de corte sin deformarse demasiado.

Las fuerzas que actúan sobre la herramienta en el corte ortogonal se ven en la siguiente figura. Las **fuerzas de corte**,  $F_c$ , actúa en la dirección normal a la velocidad de corte  $V$ , y suministra la energía necesaria para cortar. La **fuerza de empuje**,  $F_t$ , actúa en una dirección normal a la velocidad de corte, esto es, perpendicular a la pieza. Estas dos fuerzas producen la **fuerza resultante**,  $R$ .

Nótese que la fuerza resultante se puede descomponer en dos fuerzas sobre la cara de la herramienta: una **fuerza de fricción**,  $F$ , a lo largo de la interfase entre herramienta y viruta, y una **fuerza normal**,  $N$ , perpendicular a ella. De acuerdo con la siguiente figura se puede demostrar que:

$$F = R \operatorname{sen} \beta,$$

Y que

$$N = R \operatorname{cos} \beta.$$

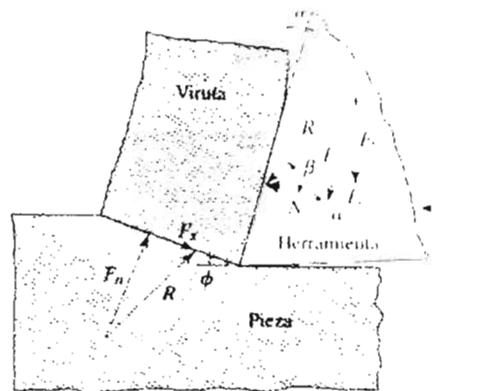


Figura II.18.-Fuerzas que actúan sobre una herramienta de corte bidimensional.

Nótese también que la fuerza resultante es equilibrada por una fuerza igual y opuesta a lo largo del plano cortante, y se descompone en una **fuerza de cizallamiento**,  $F_s$ , y una **fuerza normal**,  $F_n$ . Se puede demostrar que estas fuerzas se expresan como sigue:

$$F_s = F_c \operatorname{cos} \phi - F_t \operatorname{sen} \phi$$

y

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

$$F_n = F_c \sin \phi + F_t \cos \phi$$

Ya que se puede calcular el área del plano cortante conociendo el ángulo de dicho plano y la profundidad del corte, se pueden calcular los esfuerzos cortante y normal en el plano cortante.

La relación de F a N es el **coeficiente de fricción**,  $\mu$ , en la interfaz entre herramienta y viruta, y el ángulo  $\beta$  es el **ángulo de fricción**. Se puede expresar a  $\mu$  en la siguiente forma:

$$\mu = \frac{F}{N} = \frac{F_t + F_c \tan \alpha}{F_c - F_t \tan \alpha}$$

El coeficiente de fricción en el corte de metales está, en general, entre 0.5 y 2, lo que indica en la viruta se encuentra con una considerable resistencia de fricción al moverse cuesta arriba por la cara de ataque de la herramienta.

Aunque la magnitud de las fuerzas en las operaciones reales de corte es en general del orden de algunos cientos de newtons, los *esfuerzos* locales en las zonas de corte, y las presiones sobre la herramienta son muy grandes, porque las áreas de contacto son muy pequeñas. La longitud de contacto entre viruta y herramienta es, por ejemplo, del orden de 1 mm (0.04 pulg.) normalmente. Así, la herramienta está sometida a esfuerzos muy grandes que producen su desgaste y a veces su despostillamiento y fractura.

### II.12.-Fuerza de empuje

Es importante conocer la fuerza de empuje en el corte, porque el portaherramientas, los sujetadores de la pieza y la máquina-herramienta deben ser suficientemente rígidos para reducir al mínimo las flexiones causadas por esta fuerza. Por ejemplo, si la fuerza de empuje es demasiado alta o si la máquina-herramienta no es suficientemente rígida, la herramienta será empujada y apartada de la superficie que se está maquinando. Este movimiento, a su vez, reducirá la profundidad de corte y ocasionará falta de exactitud dimensional en la parte maquinada. Si observamos la figura anterior, observaremos que la fuerza de empuje actúa hacia abajo. Al aumentar el ángulo de ataque y/o disminuir la fricción en la cara de ataque, esta fuerza puede actuar hacia arriba. Se puede visualizar este caso observando cuando  $\mu = 0$  (esto es,  $\beta = 0$ ), la fuerza resultante R coincide con la fuerza normal N. En este caso, R tendrá un componente de empuje dirigido hacia arriba. Notamos también que cuando  $\mu = 0$  y  $\beta = 0$ , la fuerza de empuje es cero.

### II.13.-Medición de las fuerzas de corte

Las fuerzas de corte se pueden medir con **dinamómetros** adecuados (celdas de deformación con alambre de resistencia) o con **transductores de fuerza** (como

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

cristales piezoeléctricos) montados en la máquina-herramienta. También se pueden calcular partiendo del **consumo de potencia** durante el corte, que con frecuencia se mide con un potenciómetro, siempre que se pueda determinar la eficiencia de la máquina-herramienta.

### II.14.-Potencia

La potencia es el producto de la fuerza y la velocidad. En la figura anterior se ve que el consumo de potencia en el corte es:

$$\text{Potencia} = F_c V$$

Esta potencia se disipa principalmente en la zona de cizallamiento (por la energía necesaria para cizallar el material) y en la cara de ataque de la herramienta (por la fricción en la interfase herramienta-viruta). Se puede ver en la figura anterior que la potencia disipada en el plano cortante es:

$$\text{Potencia cortante} = F_s V_s$$

Si se define a  $w$  como el ancho del corte, la **energía específica cortante**,  $u_s$ , está definida por:

$$U_s = \frac{F_s V_s}{w t_0 V}$$

De igual manera, la potencia disipada en la fricción es:

$$\text{Potencia para fricción} = F V_c,$$

y la **energía específica para fricción**,  $u_f$ , es:

$$u_f = \frac{F V_c}{w t_0 V} = \frac{F r}{w t_0}$$

La **energía específica total**  $u_t$  es, entonces:

$$U_t = u_s + u_f$$

Ya que intervienen tantos factores, una determinación confiable de las fuerzas y la potencia de corte se basa todavía en datos experimentales, como el de la siguiente tabla. Los amplios límites de valores que se muestran se pueden atribuir a diferencias en resistencia dentro de cada grupo de materiales, así como diversos factores, como la fricción, el uso de fluidos de corte y las variables de procesamiento.

### II.15.-Temperatura de corte

Como en todas las operaciones de trabajo en metales, la energía disipada en la operación de corte se convierte en calor, que a su vez eleva la temperatura en la zona

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

de corte. Es importante conocer el *aumento de temperatura*, por los siguientes fenómenos:

- Una temperatura excesiva afecta negativamente la resistencia, dureza y desgaste de la herramienta de corte.
- Al aumentar el calor se provocan cambios dimensionales en la parte que se maquina, y se dificulta controlar la exactitud dimensional.
- La misma máquina-herramienta se puede exponer a temperaturas elevadas y variables, causando su distorsión y, en consecuencia, mal control dimensional de la pieza.

Debido al trabajo efectuado para cizallar y superar la fricción en la cara de ataque de la herramienta, las fuentes principales generadoras de calor son la zona primaria de corte y la interfase herramienta-viruta. Además, si la herramienta está desafilada o gastada, también se genera calor cuando su punta frota la superficie maquinada.

Las temperaturas de corte aumentan con la resistencia del material de la pieza, la velocidad de corte y la profundidad de corte; disminuyen al aumentar el calor específico y la conductividad térmica del material de la pieza. Se ha visto que la **temperatura media** en el fresado es proporcional a la velocidad de corte y al avance, es decir:

Temperatura media  $\propto V^a f^b$ ,

Donde  $a$  y  $b$  son constantes que dependen de los materiales de la herramienta y de la pieza,  $V$  es la velocidad de corte y  $f$  es el avance de la herramienta, esto es, lo que se mueve la herramienta en cada revolución de la pieza. Los valores aproximados de los exponentes  $a$  y  $b$  son los siguientes, para dos materiales distintos:

Material de la herramienta	$a$	$b$
Carburo	0.2	0.125
Acero rápido	0.5	0.375

En la siguiente figura se muestra una distribución típica de temperaturas en la zona de corte. Notamos la presencia de grandes gradientes térmicos, y que la temperatura máxima se presenta más o menos a la mitad del recorrido por la cara de la herramienta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

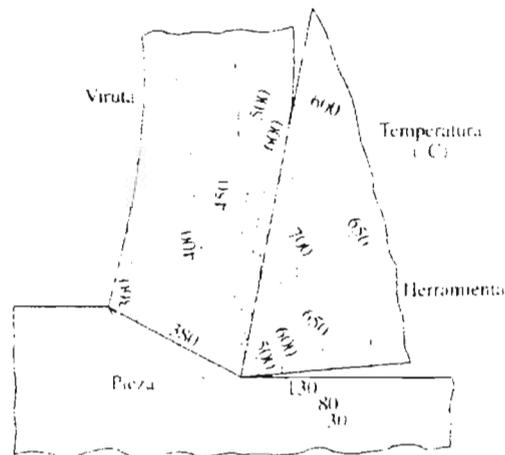


Figura II.19.-Distribución típica de temperaturas en la zona de corte.

La viruta se lleva gran parte del calor generado (siguiente figura). Al aumentar la velocidad de corte, la viruta aparte una mayor proporción del calor generado y pasa poca cantidad a la pieza. Es una de las razones por las que las velocidades de maquinado, en la práctica, se han incrementado al paso de los años; otra razón es por los beneficios económicos de reducir los costos de maquinado.

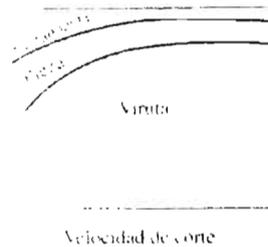


Figura II.20.-Porcentaje del calor generado en el corte.

### II.16.-Técnicas para medir la temperatura

Se pueden determinar las temperaturas y su distribución en la zona de corte mediante **termopares** embebidos en la herramienta y/o la pieza. Esta técnica se ha aplicado con éxito, aunque implica esfuerzos considerables. Es más fácil determinar la temperatura promedio con la **fem térmica** (fuerza electromotriz térmica) en la interfase herramienta-viruta, que actúa como empalme caliente entre dos materiales distintos: de la herramienta y de la viruta.

Se puede vigilar la **radiación infrarroja** de la zona de corte con un pirómetro de radiación. Sin embargo, con esta técnica sólo se indican temperaturas superficiales; la exactitud de los resultados depende de la emisividad de la superficie, que es difícil de determinar con exactitud.

## II.17.-Herramientas de corte para MHCN

Al igual que en los tornos de CNC, la operación de una máquina de corte para cualquier tipo de máquina herramienta de fresado, se fundamenta en una teoría común para todos los procesos de maquinado. El propósito de cualquier operación de corte consiste en obtener un buen acabado superficial con velocidad y avance adecuados al material en cuestión, siendo mínimos el esfuerzo y el costo de la herramienta.

Cuando la herramienta corta el metal es impulsada por la fuerza necesaria para superar la fricción y las fuerzas que mantienen unido al metal. Cuando por primera vez la herramienta encuentra al metal, lo comprime y hace que fluya la cara de la herramienta. La presión que se ejerce en contra de la cara de la herramienta y la fuerza de fricción que se opone al flujo del metal se acumulan en grandes cantidades.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de la acción en un solo plano de una herramienta de corte que está formando una viruta. La formación de la viruta es una función de la herramienta, y depende de la naturaleza del material de trabajo.

El punto A es cortado por el avance de la herramienta o es arrancado mediante el doblado de la viruta para iniciar el corte. La tensión del material que se encuentra delante de la herramienta alcanza un valor máximo, y se observa como un plano es aproximadamente perpendicular a la cara de la herramienta. Este plano se conoce como plano de corte, y en la figura se representa por la línea AB.

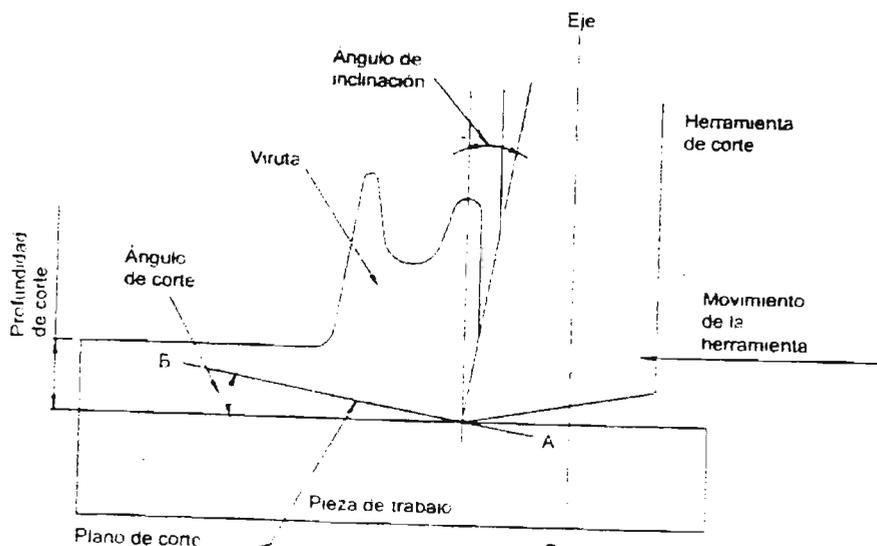


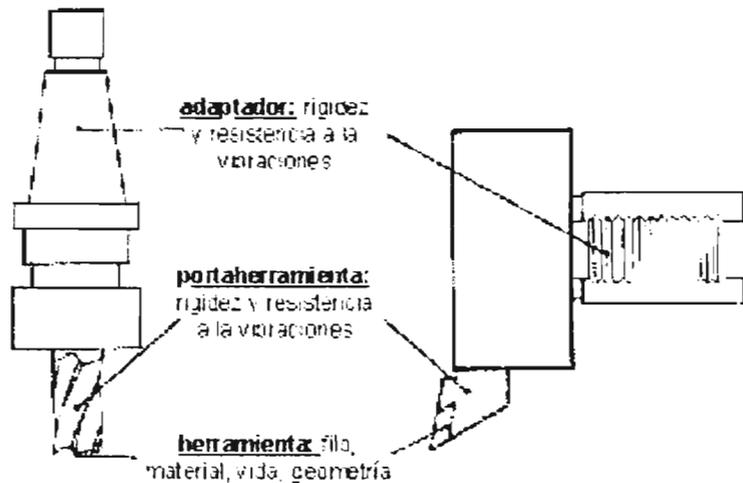
Figura II.21.- Representación del corte.

Cuando se rebasa la resistencia del metal, ocurre la ruptura o deslizamiento a lo largo del plano de corte. Con movimiento adicional, la herramienta oprime nuevo material y se repite el ciclo una y otra vez.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Uno de los objetivos de la tecnología de herramientas es maximizar su utilización. La falla de una herramienta bien diseñada y construida adecuadamente puede ocurrir por el desgaste de su filo, que altera su geometría. Si el movimiento relativo de la herramienta con respecto a la pieza es excesivo, por fricción se desprende el material del filo y se presenta la falla.

La lubricación apropiada del corte, la selección de las velocidades de corte, avances y RPM de la herramienta son convenientes y el buen posicionamiento de la herramienta con respecto a la pieza, contribuyen a prolongar su durabilidad. Debemos entender por duración de la herramienta el tiempo durante el cual opera sin fallas. En las siguientes figuras vemos las partes básicas de las herramientas para fresa y torno.



Figuras II.22.- Partes básicas de las herramientas de torno y fresa.

### II.18.-Áreas de aplicación ISO del metal duro (carburo) para el fresado de materiales

En el corte de metales las necesidades de tenacidad y de resistencia al desgaste varían según el tipo de operación a realizar. Ha sido necesario, por consiguiente, clasificar en cierta forma las distintas calidades del metal duro en relación con la exigencia operacional o de material a maquinarse. Con el fin de ayudar a la industria metalmeccánica con la selección de las calidades del metal duro se ha creado una clasificación ISO.

En el área P se localizan los materiales de viruta larga; en el área K los de viruta corta, tales como fundición, latón, aluminio, cobre, plástico; el área M, situada entre las áreas P y K, incluye la mayor parte de los materiales de difícil maquinado, como son los inoxidables y los materiales resistentes al calor, así como los aceros austeníticos y la fundición aleada.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<i>Área de aplicación ISO</i>	<i>Material (Descripción)</i>	<i>Dureza Brinell (HB)</i>
P	Acero no aleado	110-250
	Acero de baja aleación	125-450
	Acero de alta aleación	150-350
	Acero inoxidable Ferrítico, martensítico	150-270
	Fundición de acero	150-250
M	Acero inoxidable austenítico	150-220
	Aleaciones Termorresistentes	130-300
	Aleaciones de titanio	300-400
K	Fundición maleable Y fundición gris	110-230
	Fundición nodular	150-250
	Aleaciones de aluminio	30-180

Cuadro II.- Áreas de aplicación del metal duro (Carburo).

Como generalmente la resistencia al desgaste (WR) desciende cuando aumenta la tenacidad (T), la clasificación ISO también indica la escala de cómo estas dos propiedades varían, una con respecto de la otra. La clasificación ISO se refiere únicamente a las condiciones operacionales del corte del metal, y no tiene que ver con la composición del carburo.

### II.19.-Clasificación ISO de insertos o plaquitas para fresado

Las denominaciones que indican diversos tipos de plaquitas o insertos intercambiables para las herramientas rotativas de fresado han sido y son, en cierto modo, la causa de muchos problemas. Anteriormente la mayoría de los fabricantes de insertos o plaquitas de metal duro (carburo) tenían su propia denominación, lo que producía la existencia de plaquitas intercambiables con diferentes descripciones. Los estándares internacionales de la organización ISO crearon un sistema en que los insertos con la misma forma básica y misma geometría tenían la misma denominación.

El sistema ISO clasifica las plaquitas con dimensiones métricas. Las siguientes tablas ilustran con un ejemplo la construcción del sistema extracto de ISO 1832-1985.

# PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

## CLAVE DE CÓDIGOS

S	P	K	N	12	03	ED	R	Ejemplo
1	2	3	4	5	6	7	9	Secuencia de cuadros

- Tabla II.6.- Insertos intercambiables para fresado

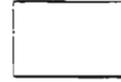
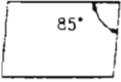
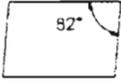
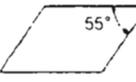
					
H	O	P	R	S	T
					
C	D	E	M	V	W
					
L	A	B	K		

Tabla II.7.- Forma de la plaquita.

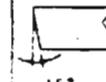
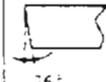
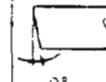
			
A	B	C	D
			
E	F	G	N
	Indicada para otros ángulos de incidencia que precisan descripción específica		
P	O		

Tabla II.8.- Ángulos de incidencia en arista de corte principal.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<i>Símbolo de letra</i>	M	S	C.I.
A	$\pm 0.005$	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$
F	$\pm 0.005$	$\pm 0.025$	$\pm 0.013$
C	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$
H	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$	$\pm 0.013$
E	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$
G	$\pm 0.025$	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$
J	$\pm 0.005$	$\pm 0.025$	$\pm 0.05^*$ $\pm 0.13^*$
K	$\pm 0.013$	$\pm 0.025$	$\pm 0.05^*$ $\pm 0.13^*$
L	$\pm 0.025$	$\pm 0.025$	$\pm 0.05^*$ $\pm 0.13^*$
M	$\pm 0.08^*$ $\pm 0.18^*$	$\pm 0.13$	$\pm 0.05^*$ $\pm 0.13^*$
N	$\pm 0.08^*$ $\pm 0.18^*$	$\pm 0.025$	$\pm 0.05^*$ $\pm 0.13^*$
U	$\pm 0.13^*$ $\pm 0.38^*$	$\pm 0.13$	$\pm 0.08^*$ $\pm 0.25^*$

Cuadro II.9.- Tolerancias.

### C.I. Diámetro teórico del circuito inscrito

S Espesor de la plaquita

M Véase figura

\* La tolerancia depende del tamaño de la plaquita, y debe indicarse para cada una de acuerdo con la tolerancia estándar para el tamaño correspondiente.

El código ISO consta de nueve símbolos de los cuales 8 y/o 9 sólo se utilizan cuando es necesario. Además, el fabricante puede añadir símbolos que unan al código ISO con un guión (ejemplo: - wc para identificar el diseño rompe virutas). Generalmente un metal duro recubierto proporciona una vida a la herramienta de dos a cinco veces mayor que la de un metal duro convencional. Se garantiza una menor fricción, y por consiguiente, una temperatura más baja en el filo del corte, lo que representa una vida de herramienta más larga.

Antes de continuar es necesario mencionar los siguientes conceptos básicos:

Fresado.- Es el corte de metales con una herramienta que gira (fresa), y un avance lineal de la pieza de trabajo. El arranque de material se efectúa con una cierta profundidad a través de la pieza, tanto creando un plano (maquinar una superficie o planear), como maquinando periféricamente (contorneado).

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Velocidad de corte.- Es la distancia que una herramienta corta en un minuto, o la velocidad con la que el diámetro exterior de la fresa pasa sobre la pieza de trabajo. El diámetro exterior de una fresa se mide entre filos de corte diametralmente; su fórmula es:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} ; \quad \left| \frac{\text{m}}{\text{min}} \right|$$

donde:

$V_c$  = velocidad de corte

$D$  = diámetro de la fresa

$n$  = revoluciones por minuto

$\pi$  = 3.1416

### II.20.-Tipos de avances

Avance de la mesa.- Es la distancia recorrida por la pieza de trabajo cada minuto (mm/min), en relación con la herramienta.

Avance por revolución.- Es la distancia que recorre la pieza de trabajo por cada revolución de la fresa.

Profundidad de corte.- Es la distancia entre la superficie mecanizada y la no mecanizada; es la profundidad con que la fresa corta el material. Los esfuerzos de corte de la fresa es la anchura de la fijación de la herramienta con la pieza medida en el plano de trabajo en ángulo recto a la dirección de avance.

Tanto la profundidad o anchura de corte como la fijación de la fresa provienen de:

- El desplazamiento programado de la fresa.
- Tamaño y forma de la fresa.

Cuando se programa el recorrido de la fresa en la pieza, es necesario coordinar profundidad y anchura de corte, así como la fijación de la fresa:

- Con la velocidad de mecanizado posible, con la fresa usada y el material a ser fresado,
- Con el acabado de superficie requerido.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

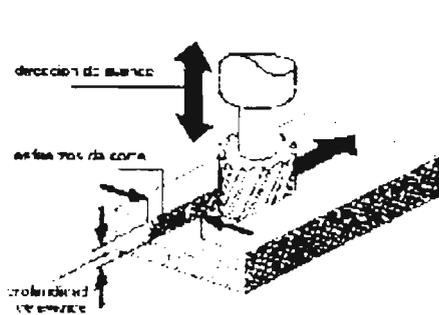


Figura II.23.- Fresado convencional

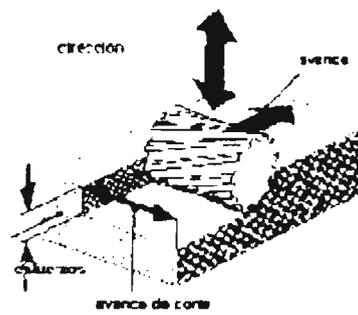


Figura II.24.-Fresado en contraposición

### II.21.-Compensación de herramienta

Para fresar un contorno, la fresa debe ser guiada de forma que sus filos sigan el contorno. Esta trayectoria del centro de la fresa es equivalente a una “trayectoria equidistante”.

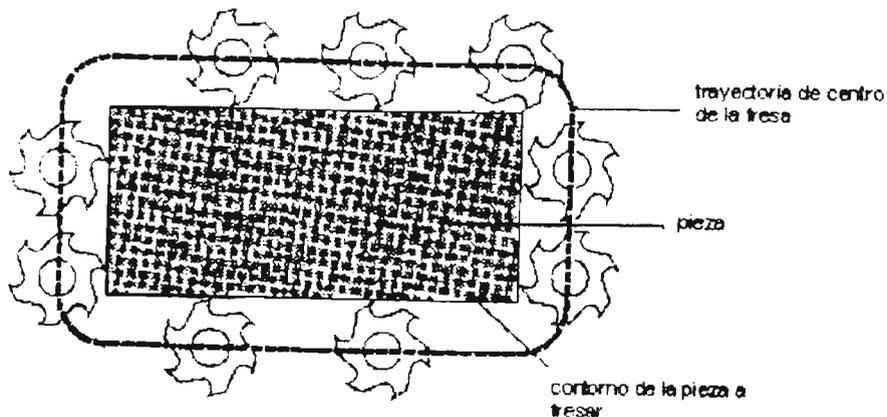


Figura II.25.-trayectoria de fresa con compensación.

Para asegurar que el contorno de la figura es el fresado, el centro de la fresa debe desplazarse a lo largo de la ruta mostrada en línea cortada. Esta ruta de la herramienta se denomina “trayectoria equidistante”. Sigue el contorno de acabado a una distancia uniforme que depende del radio de la fresa.

En la mayoría de los sistemas CNC modernos, la trayectoria equidistante se calcula automáticamente mediante la compensación del radio de la herramienta. Esta compensación requiere la entrada dentro del almacén de datos de herramientas del programa CN de los siguientes datos:

- La dimensión del radio de la fresa.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

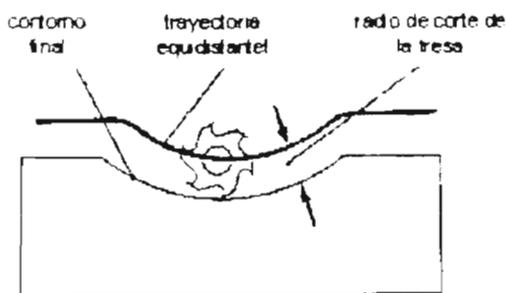


Figura II.26.-Compensación del radio de corte.

- A qué lado del contorno de acabado programado (referido a la dirección de mecanizado) se sitúa la herramienta.

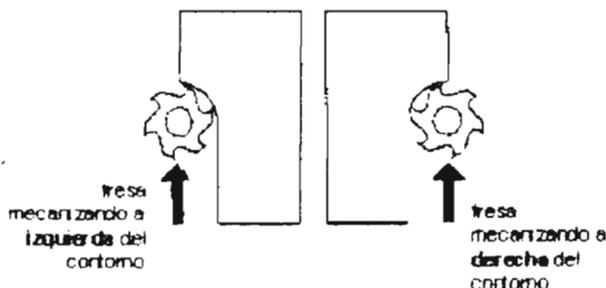


Figura II.27.-Trayectoria de fresa a izquierda y derecha.

En el fresado, el radio de la fresa se reemplaza por la punta radial de la herramienta de torneado. Durante la programación del contorno de acabado se asume que la punta de la herramienta es un punto agudo en contacto con la pieza. Sin embargo, en la realidad la punta de la herramienta está redondeada y el control debe compensar el espacio entre la punta teórica de la herramienta y el filo cortante de la misma, calculando la apropiada trayectoria equidistante.

Para asegurar que esta trayectoria equidistante se asigna siempre al lado correcto del contorno, es necesario introducir en el control el "cuadrante" correcto (por ejemplo 1 a 4, ver la siguiente figura). Y dicha información determina la dirección por la cual la punta de la herramienta sigue el contorno.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

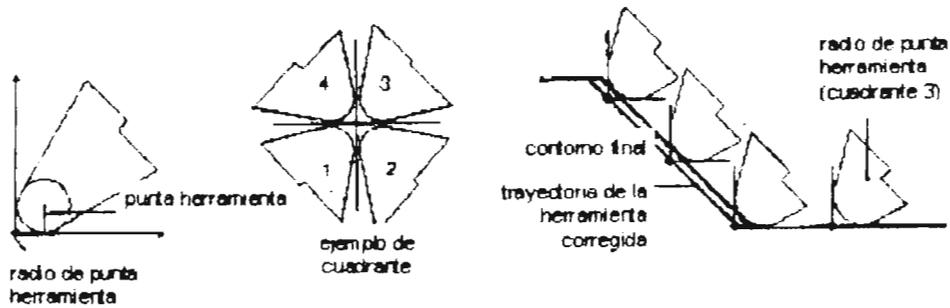


Figura II.28.-Punta de herramienta en torno y cuadrantes.

Las trayectorias equidistantes se obtienen mediante cálculos de puntos auxiliares. Estos cálculos determinan todos los puntos importantes que componen las trayectorias equidistantes. Tales puntos son los comienzos y finales de rectas y arcos de circunferencia así como los radios de estas últimas. En la siguiente figura, se muestra los puntos auxiliares de una trayectoria equidistante.

En ciertos controles, el cálculo automático de trayectorias equidistantes sólo es posible para desplazamientos paralelos auxiliares.

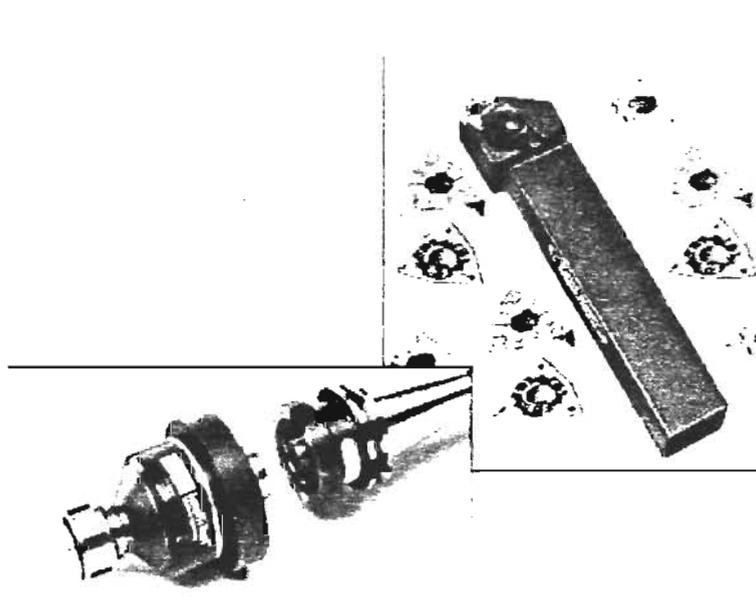
Cuando se activa el cálculo automático de trayectorias equidistantes (compensación de herramienta o de radio de herramienta), generalmente es necesario se satisfagan condiciones especiales para que la herramienta se anticipe al contorno. Fijándonos especialmente en las esquinas y rincones marcados. No hay trayectoria equidistante para el rincón ya que puede ser fresado completamente sin dañar el contorno. Respecto a la esquina, la trayectoria equidistante consiste en un arco de círculo alrededor de la misma. Algunos controles extienden la trayectoria hasta la intersección.



Figura II.29.-Cálculo de puntos auxiliares en trayectorias equidistantes.

### II.22.-Sistema de fresado con insertos intercambiables

Este sistema de fresas fue introducido al comienzo del año 1960; incluye fresa de refrentar, de escuadrar, de ranurar, y de achaflanar. Las herramientas en este programa son un sistema muy eficiente para resolver todo tipo de problemas en fresado. Con el paso del tiempo, las herramientas se han modificado para obtener mayores ahorros económicos en el mecanizado y mejores resultados.



Figuras II.30.- Sistema de plaquitas intercambiables.

### II.23.-Fresas para ranurar

Estas fresas para ranurar son pequeñas fresas de escuadrar, poseen un ángulo de incidencia de  $90^\circ$  y plaquitas rectangulares. Existen también fresas de ranurar con punta esférica y plaquitas redondas, y fresas de taladrar.

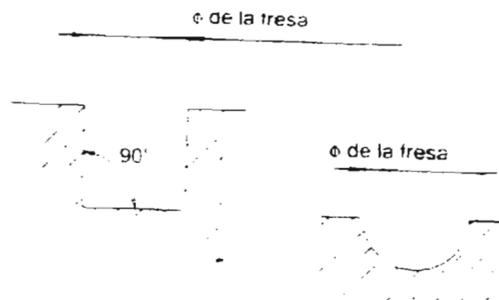


Figura II.31- Angulo de fresa.

A continuación presentamos una breve descripción de las fresas más comunes, sus aplicaciones y tipo de inserto que usan;

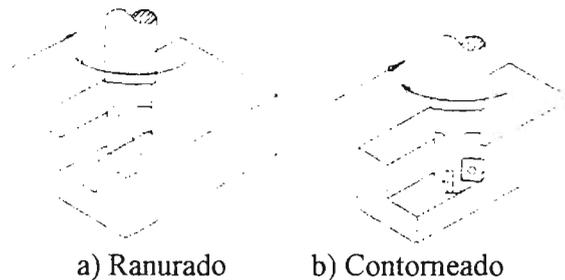
Aplicaciones.- El concepto de herramientas para fresado con insertos intercambiables aporta:

- Amplios diámetros de herramientas.
- Número óptimo de dientes efectivos.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

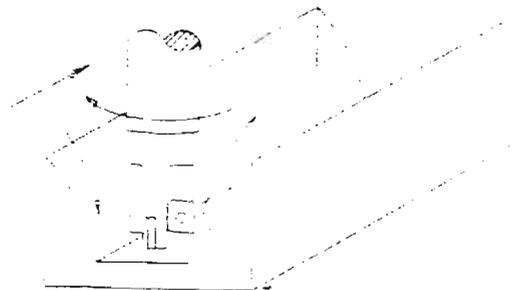
- Herramientas cortas y rígidas.

Las fresas de ranurar y barrenar son herramientas universales capaces de operaciones de taladro, de ranurado o de la combinación de ambos. Estas herramientas han sido creadas para ranuras internas, las cuales por ser muy rápidas, no justifican el uso de brocas y fresas de ranurar por separado. A continuación ejemplificaremos algunas de sus aplicaciones y posteriormente mostraremos algunas fresas comerciales tanto de insertos intercambiables como de aceros rápidos.



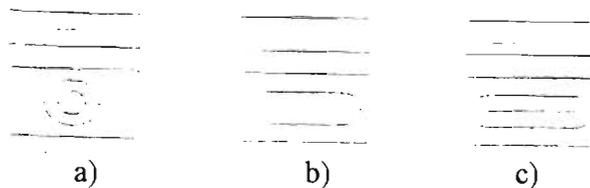
a) Ranurado

b) Contorneado



c) Fresado de rampa

Figuras II.32.-Aplicaciones Básicas



a)

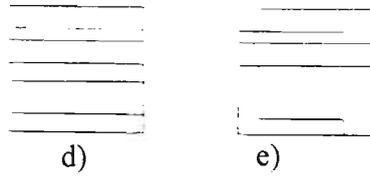
b)

c)

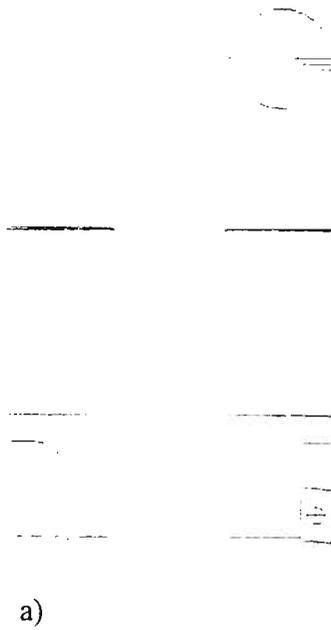
- a) Operaciones de barrenado y rebarrenado
- b) Operaciones en rampa

# PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

c) Fresado de rebajes

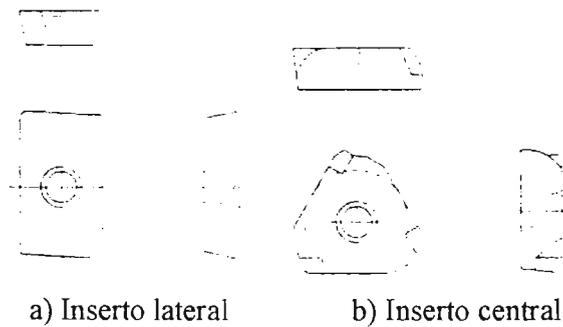


d) Fresado de ranuras  
e) Fresado periférico



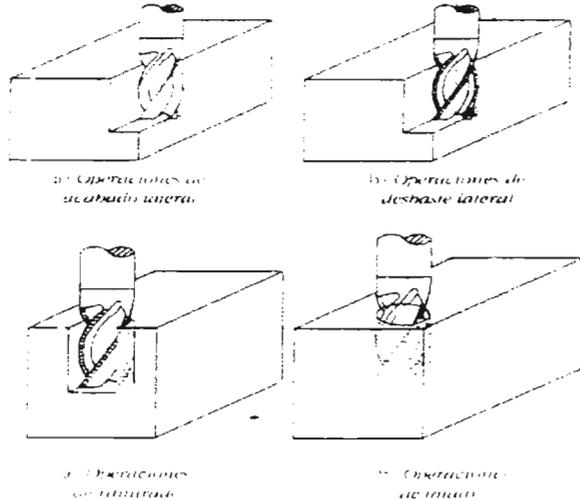
Fresa para ranurar

a) Inserto para fresa de ranurado  
b) Fresa de barrenar y ranurar



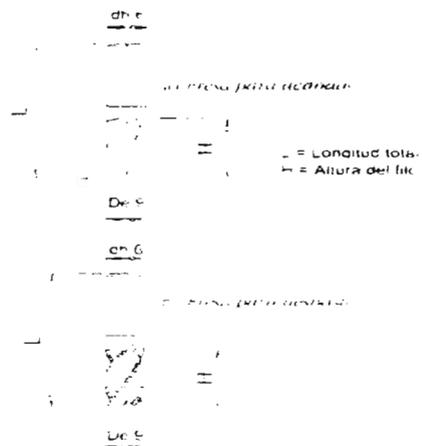
## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Fresas de ranurar en acero  
Rápido (HSS)



Fresas de ranurar en acero  
Rápido (HSS)

Forma comercial de  
Fresa de acero rápido



Figuras II.33.-Aplicaciones de fresa para taladrar y ranurar

### II.24.-Fresas para ranurar de punta esférica

Las fresas para ranurar de punta esférica han sido diseñadas para conseguir una seguridad y un rendimiento elevado en la industria metalmecánica. Son adecuadas para todo tipo de máquinas convencionales de control numérico y de fresado de copia.

Las formas complicadas, por ejemplo los perfiles internos de doble curva, son operaciones sencillas con la fresa de ranurar de punta esférica.

La posibilidad de trabajar en todas direcciones, hace de ella la herramienta ideal para operaciones de copiado y para perfiles cóncavos y convexos, con un contacto continuo en la pieza.

Aplicaciones:

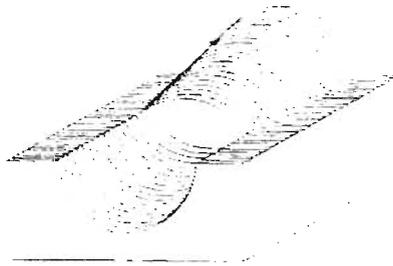


Figura II.34.-Fresado de doble curva, interno y externo

Las plaquitas periféricas se emplean para proteger los cuerpos de fresa en moldes muy profundos.

### II.25.-Fresas de planear y de escuadrar

Las fresas frontales o de planear son ideales para el desbaste y semiacabado de superficies planas de considerables dimensiones, llamando a este proceso “planear”; con esta herramienta se logran grandes profundidades de corte, mientras el esfuerzo ocasionado sea admisible por la máquina herramienta en cuestión. Las fresas de escuadrar, son utilizadas para el acabado de superficies planas, éstas poseen un ángulo de incidencia de  $90^\circ$ , logrando superficies ortogonales entre sí durante el maquinado, las presentamos en las siguientes figuras:



Figura II.35.- Fresa para ranurar con punta esférica.

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

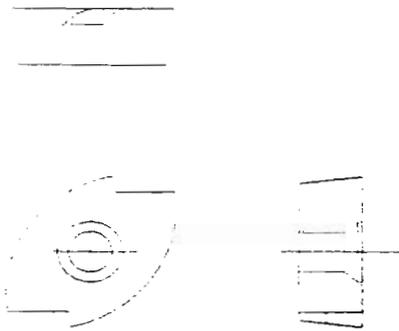


Figura II.36.- Inserto para fresa esférica.

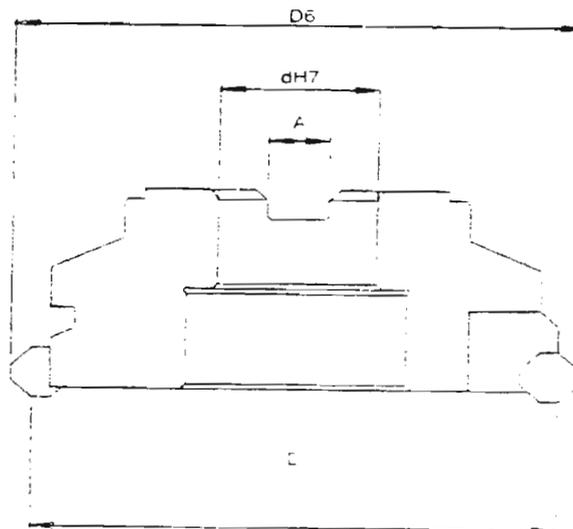


Figura II.37.- Forma comercial fresa frontal o de planear



Figura II.38.- Inserto para fresa frontal

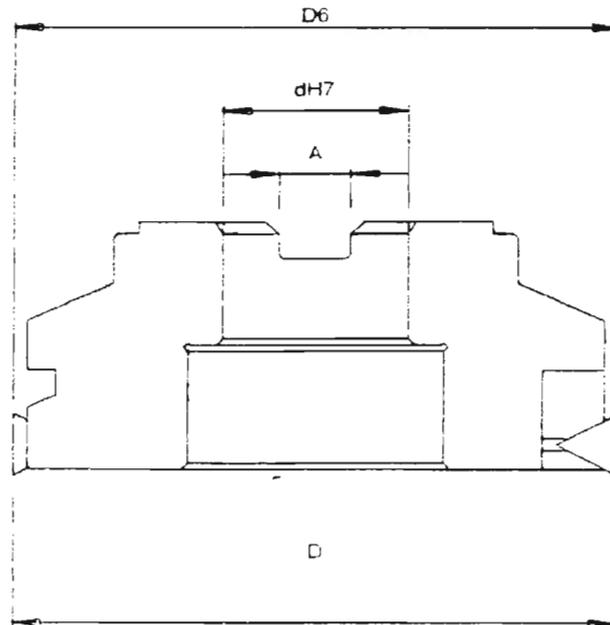


Figura II.39.- Forma comercial fresa de escuadrar

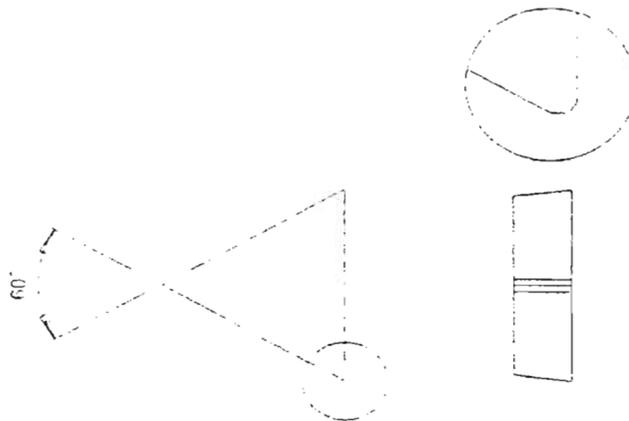


Figura II.40.- Inserto para fresa de escuadrar

## II.26.-Herramientas para barrenado (taladrado)

Barrenado (taladrado) significa utilizar ciertos métodos para realizar agujeros cilíndricos en una pieza de trabajo. En el taladrado existen dos movimientos: rotación y avance lineal. Por lo general, en las fresadoras la herramienta gira, y simultáneamente, una de las dos avanza hacia la otra. Este tipo de broca se puede emplear sin efectuar un taladrado previo (centrado), como lo indican las siguientes figuras.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

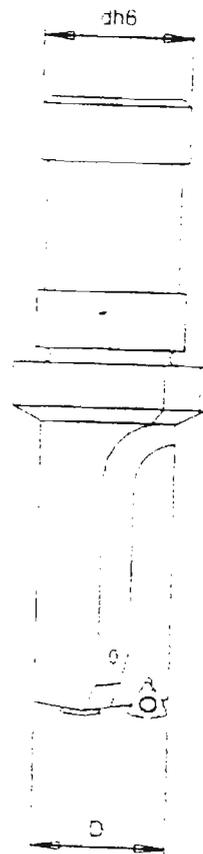


Figura II.41.- Forma comercial broca con insertos

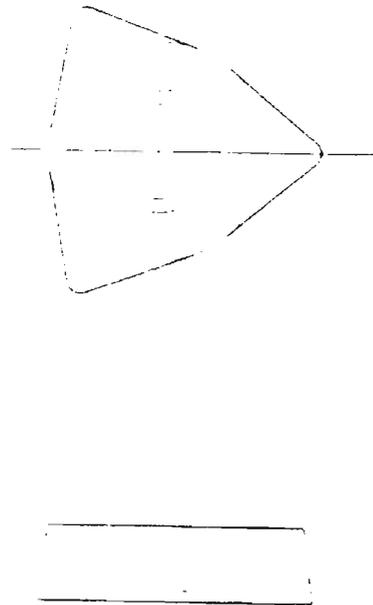


Figura II.42.- Inserto para broca

### II.27.-Sistema de sujeción de herramientas

Debido a la gran variedad que existe de herramientas de mecanizado para MHCN los acoplamientos para herramientas, ya sea para su conexión a cabezales o a torretas, siguen ciertos **estándares** de diseño.

Las dimensiones del acoplamiento deben **coincidir** de forma exacta con las del hueco (en el extremo del cabezal o en la torreta) garantizando rigidez, precisión de posicionado y fácil extracción.

En herramientas para fresadoras, y en general para todas las rotativas, se utilizan **acoplamientos cónicos estándar** (ISO). Este método garantiza la rapidez en el cambio y el auto centrado el eje del husillo principal y la herramienta. El tipo de sujeción de la fresadora DYNA 4M, es de tipo de sujeción de fresadora convencional, como veremos en la siguiente figura:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

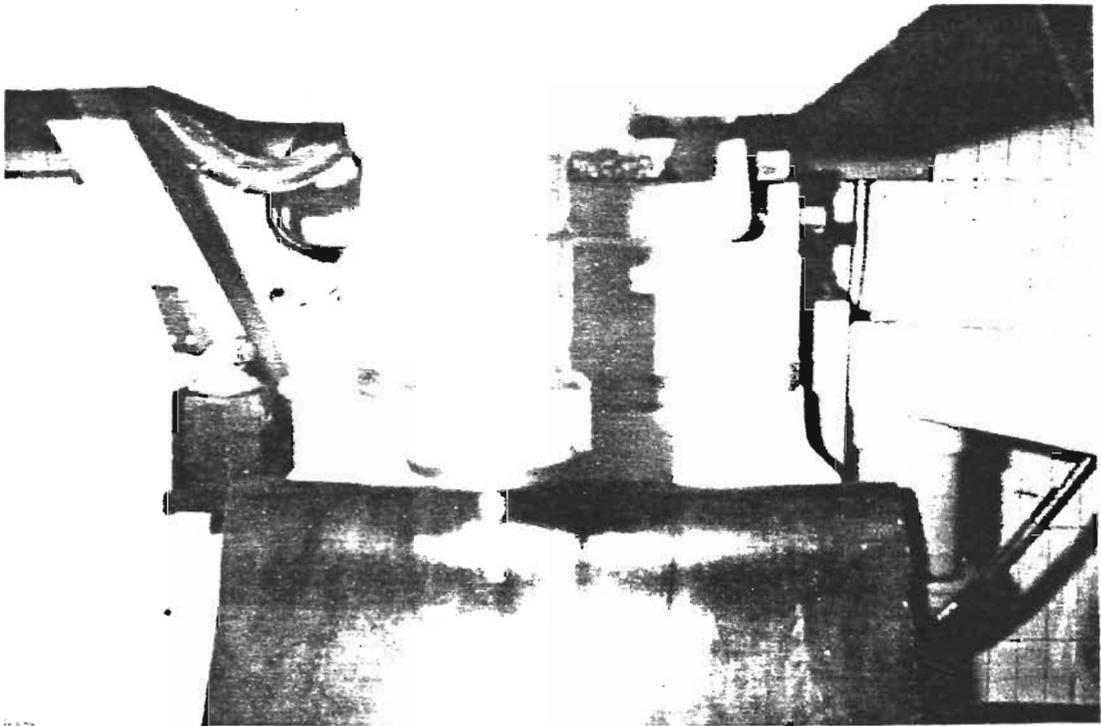


Figura II.43.- sujeción de las herramientas de la fresadora DYNA 4M.

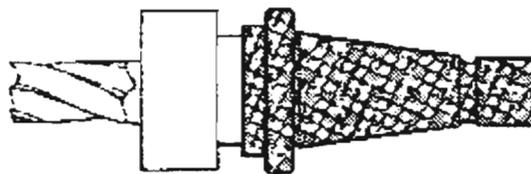


Figura II.44.- Acoplamiento para fresadoras

En torneado los acoplamientos están conformados por bloques roscados estándar con conexión por "snap" u otro sistema al portaherramientas. Este diseño proporciona a la herramienta un plano de apoyo respecto de la torreta muy estable.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

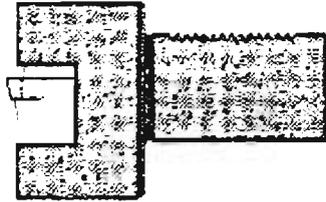


Figura II.45.- Acoplamientos para tornos

### Información adicional:

Las elevadas velocidades de corte que se recomiendan en el aprovechamiento óptimo de las MHCN hacen necesaria la intervención de **refrigerantes** que, además, mejoran la lubricación y remoción de la viruta.

Para la refrigeración precisa de pieza y herramienta en la zona de contacto se emplean convencionalmente **tuberías flexibles** o manguitos que orientan la aspersión hacia la zona deseada.



Figura II.46.- Tuberías flexibles para refrigeración

Muchas MHCN permiten la **refrigeración directa** del mecanizado a través de **canales** que incorpora el cuerpo de la herramienta. Este sistema permite una refrigeración óptima de las zonas de corte.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Debido a la proyección de las virutas y a las salpicaduras que conlleva el uso de refrigerantes es muy común que las MHCN dispongan de paneles de protección o **carenados** que aislen la zona de trabajo.

Consideraciones:

Las **dimensiones básicas** de una fresa son la longitud (L) y el radio de corte (R). En herramientas de torno dichos parámetros son la longitud (L) y el movimiento transversal (Q).

Las **dimensiones básicas de la herramienta** quedan referidas respecto del **punto de montaje** del acoplamiento con el hueco correspondiente del cabezal (o torreta) de la MHCN.

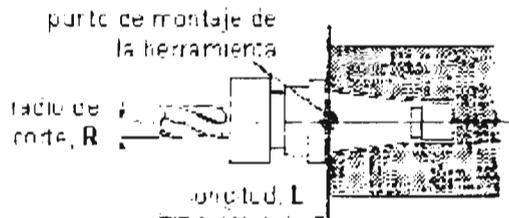


Figura II.47.- Dimensiones básicas de una fresa

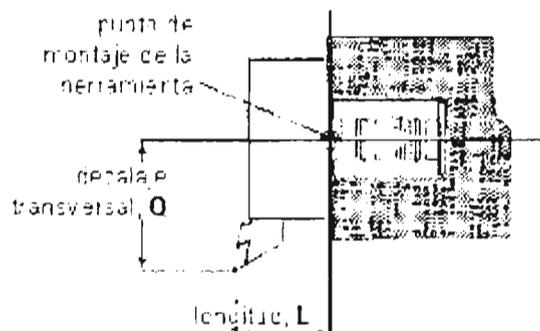


Figura II.48.- Dimensiones básicas de una herramienta de torno.

El establecimiento de las dimensiones básicas (**reglaje**) de las herramientas en las MHCN se realiza de dos formas:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- **Mediante una prueba de mecanizado**: En este caso se almacenan unas dimensiones aproximadas de la herramienta. Después se lleva a cabo una operación de mecanizado sencilla que es verificada dimensionalmente. Las desviaciones en las dimensiones de la operación real sobre las teóricas se pueden calcular e incorporar seguidamente, como datos para el reglaje correcto de útil.
- **Mediante un equipo de prereglaje** (externo o incorporado a la MHCN): Estos dispositivos verifican dimensionalmente las herramientas calculando directamente sus dimensiones básicas respecto del punto de montaje.

Los sistemas **externos de prereglaje** de herramientas utilizan un sistema de montaje y fijación idéntico al existente en la MHCN. Las dimensiones se calculan por procedimientos ópticos o mecánicos. Los datos se incorporan dentro de un sistema informático al que puede conectarse a través de una pastilla electrónica de datos o mediante comunicación por cable.

Información adicional:

Para determinar las dimensiones básicas de una herramienta, se requiere un conjunto de **apoyos externos** como puntos de contacto o patrones de referencia, paradas de los indicadores de recorrido, mandriles de centrado, sensores de medida, etc.

La asignación del "**cero de herramienta**" se lleva a cabo de la siguiente forma:

En primer lugar, se hace contacto en una superficie de la pieza a mecanizar con una **herramienta de referencia** o palpador almacenando la información en la máquina la medida obtenida como la altura "cero" o de referencia.

A continuación se deberán introducir en la máquina las **diferencias** entre las alturas de las herramientas de trabajo y la de referencia.

Durante el mecanizado la máquina **corrige de forma automática** las trayectorias de cada herramienta con esas diferencias, describiendo un recorrido único sobre la pieza ajustada a la altura de referencia o "cero".



Figura II.49.-Diferencia de longitud de varias herramientas respecto a la referencia o "cero".

## II.28.-Propiedades de la pieza

Un programador debe determinar qué propiedades de la **pieza** requieren atención especial a la hora de confeccionar el programa CN partiendo de su plano.

El **tamaño** y **la forma** de la pieza afectan a:

- La elección del método y sistema de sujeción, así como, a la presión de apriete requerida.
- La determinación de las herramientas y su forma de actuación (contornos especiales, internos o externos, etc.).

Información adicional:

Una amarre carente de **rigidez** puede suponer la aparición de vibraciones o deflexiones en la pieza (esta es la justificación del contrapunto o las lunetas en el torneado, o de algunos amarres especiales en fresado).

Para conseguir buenos **acabados superficiales** se debe garantizar la formación de viruta favorable (mediante rompe virutas) y emplear una geometría de herramienta adecuada para el material. Se recomienda en este caso además:

- velocidades de corte elevadas,
- profundidades de corte bajas,
- avances reducidos.

Las **tolerancias** a conseguir en la pieza acabada determinan el nivel de precisión con que se debe ejecutar el mecanizado (por ejemplo, estableciendo los periodos en los que se debe realizar una inspección o cambiar un útil).

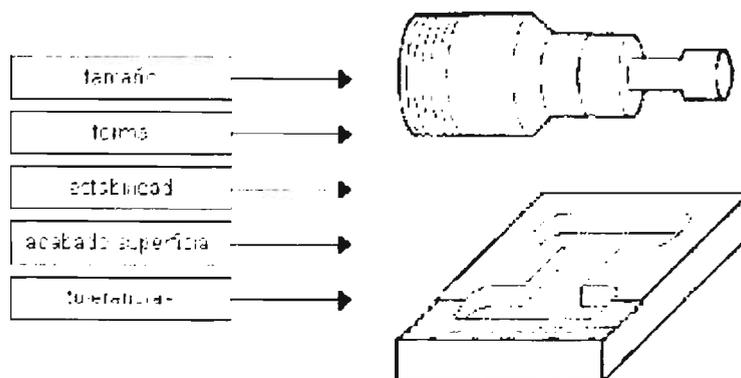


Figura II.50.-Resumen de los factores pieza.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Con referencia al **material** de la pieza las características esenciales que deben ser tenidas en cuenta son la resistencia y la maquinabilidad.

La **resistencia** a la compresión es importante a la hora de seleccionar el sistema de amarre y las presiones de apriete (cuando se trata de un sistema hidráulico).

La **maquinabilidad** afecta a la elección de herramientas y a las fuerzas de corte a aplicar.

Un síntoma característico de un mecanizado correcto es la formación de viruta favorable a velocidad de corte elevada, combinado con un bajo desgaste de herramienta y un buen acabado superficial.

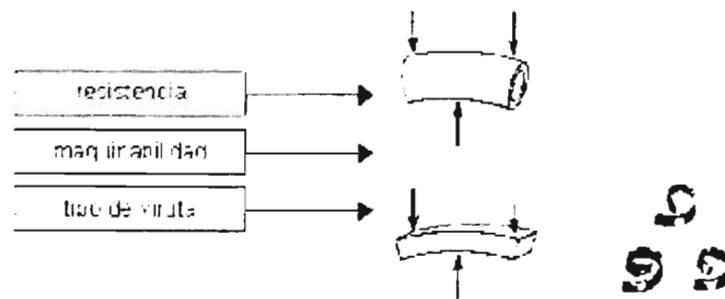


Figura II.51.-Resumen de los factores material

La geometría y el acabado superficial de la pieza determinan la **elección de las plaquitas** de mecanizado:

- La forma de la punta suele ser función del tipo de contorno a obtener.
- Las dimensiones y materiales de la plaquita se eligen en concordancia con las velocidades de corte y avances.

El estado superficial deseado se obtiene mediante la selección del radio de punta de la herramienta y el avance.

## II.29.-Vida de las herramientas: desgaste y fallas

**Vida de las herramientas:** Las herramientas de corte se deterioran después de un cierto tiempo de uso lo que conlleva su reafilado o cambio. Este tiempo recibe el nombre de vida de la herramienta.

Los parámetros que afectan la vida de la herramienta son:

- La **velocidad de corte** empleada.
- El material de la herramienta.
- El material pieza.
- La sección de viruta removida (área de la sección de viruta una vez que ha sido cortada)
- Alternancia en el corte.

Los fabricantes de herramientas suelen suministrar en la mayoría de los casos este dato según diversas condiciones de corte. Las herramientas de vida larga son generalmente más costosas, pero reducen las pérdidas por tiempos de cambio.

### II.29.1.-Selección y composición de las herramientas

La **selección** de las herramientas para operaciones de mecanizado con MHCN depende de:

- Del **sistema de fijación** del adaptador existente en la torreta, cabezal o cambiador de herramientas.
- Fundamentalmente, del tipo de operación, **geometría** o contorno que se va a mecanizar.

Las torretas y cabezales deben garantizar:

- Fuerzas de amarre herramientas elevadas,
- Rapidez en el cambio de herramientas,
- Rigidez mecánica,
- Un diseño favorable para soportar vibraciones.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

El mecanizado depende en gran medida del **estado del filo** de la herramienta.

En la actualidad predomina el empleo de **plaquitas intercambiables** por razones tipo económico.

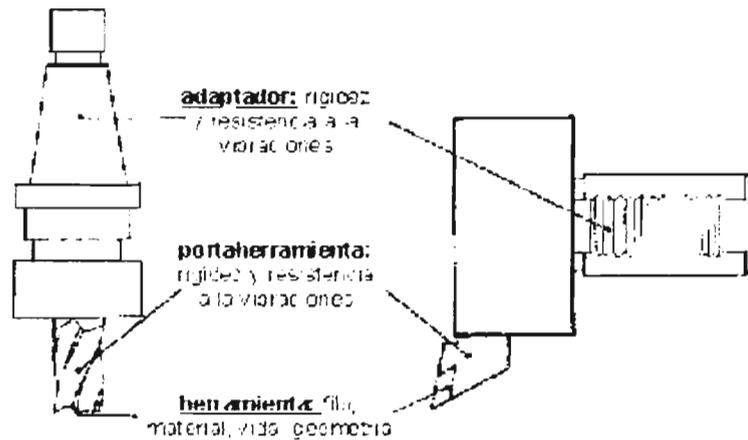


Figura II.52.- Partes básicas de las herramientas de torno y fresa

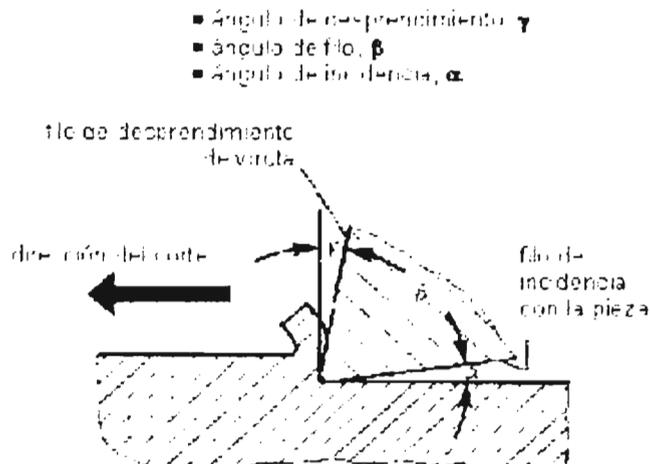


Figura II.53- Geometría del filo de corte (plano de trabajo)

La **geometría del filo** de corte afecta al proceso de remoción del material. Los parámetros más significativos son:

- ángulo de **desprendimiento**,  $\gamma$

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

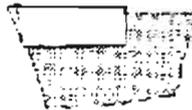
- ángulo de **filo**, **b**

- ángulo de **incidencia**, **a**

El **rompe virutas** es un elemento adicional que suele aparecer en el flanco de desprendimiento que evita la formación de virutas largas de difícil extracción.

El desgaste de la herramienta es un proceso gradual, muy parecido al desgaste de la punta de un lápiz ordinario. La rapidez del desgaste depende de los materiales de la herramienta y de la pieza, la forma de la herramienta, los fluidos de corte, los parámetros del proceso (como la velocidad de corte, avance y profundidad de corte) y de las características de la máquina-herramienta. Hay dos tipos básicos de desgaste, que corresponden a dos regiones de una herramienta: *desgaste de flanco* y *desgaste de cráter*.

holgura en el flanco de  
incidencia



cráter



holgura en el flanco de  
desprendimiento



redondeo del filo



Figura II.54.- Tipos de desgaste (plano de trabajo)

La herramienta sufre, por causas diversas, un **desgaste** paulatino en los flancos de contacto con la pieza.

Un **esfuerzo mecánico excesivo** puede originar la rotura de la herramienta.

El filo de la herramienta está sometido a:

- **Compresión,**
- **Fricción,**
- **Solicitación térmica,**
- **Ataque químico.**

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La resistencia a estos esfuerzos se consigue con el empleo de una amplia variedad de **materiales** y geometría de herramientas.

### II.29.2.-Desgaste de flanco

El desgaste de flanco se presenta en la superficie de incidencia de la herramienta y el ángulo de incidencia lateral y en general se atribuye a:

- a) Frotamiento de la herramienta sobre la superficie maquinada, que causa desgaste adhesivo y/o abrasivo, y
- b) Alta temperatura, que afecta las propiedades del material de la herramienta y la superficie de la pieza.

En un estudio clásico, debido a F.W.Taylor, sobre aceros para maquinado, que se publicó en 1907, se establece la relación aproximada:

$$VcT^n = C,$$

En la que  $Vc$  es la velocidad de corte,  $T$  es el tiempo, en minutos, que tarda en desarrollarse cierta **cara de desgaste** en el flanco,  $n$  es un exponente que depende de los materiales de herramienta y de la pieza, así como de las condiciones de corte, y  $C$  es una constante.

Nótese que  $C$  es la velocidad de corte cuando  $T = 1$ . En consecuencia, cada combinación de materiales de pieza y de herramienta, y cada condición de corte, tiene sus propios valores de  $n$  y  $C$ , y ambos se determinan experimentalmente. Los límites de los valores de  $n$  observados en la práctica, se muestran en la siguiente tabla.

Aceros rápidos	0.08 – 0.2
Aleaciones fundidas	0.1 – 0.15
Carburos	0.2 – 0.5
Cerámicas	0.5 – 0.7

Tabla II.10.-Límites de valores de  $n$  en la ecuación para diversos materiales de herramienta.

### II.29.3.-Desgaste de cráter

El desgaste de cráter se presenta en la cara de ataque de la herramienta, y ya que cambia la geometría de la interfase entre viruta y herramienta, afecta al proceso de corte. Los factores más importantes que influyen sobre el desgaste de cráter son:

- a) La temperatura en la interfase herramienta-viruta y

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- b) La afinidad química entre los materiales de herramienta y viruta. Además, los factores que influyen sobre el desgaste de flanco influyen sobre el desgaste de cráter.

Se ha descrito el desgaste de cráter en términos de un mecanismo de **difusión**, esto es, del movimiento de los átomos a través de la interfase entre herramienta y viruta. Como la rapidez de difusión se incrementa al aumentar la temperatura, el desgaste de cráter se incrementa al aumentar la temperatura.

Al comparar las siguientes figuras, se ve que la ubicación de la profundidad máxima del cráter coincide con el lugar de la temperatura máxima en la interfase herramienta-viruta. Observe la ubicación de la figura de desgaste de cráter, y la figura de la mancha en la herramienta, debida a altas temperaturas.

### II.29.4.-Desportillamiento

Desportillado es el término que se usa para describir la rotura y expulsión de una pequeña parte del filo de la herramienta, fenómeno parecido a cuando se rompe la punta de un lápiz aguzado. Las partes desportilladas de la herramienta de corte puede ser muy pequeñas (**microdesportillado o macrodesportillado**) o pueden ser relativamente grandes (**desportillado grueso o fractura**). A diferencia del desgaste, que es un proceso gradual, el desportillamiento da como resultado una pérdida repentina del material de la herramienta y un cambio correspondiente de forma, y tiene un gran efecto negativo sobre el acabado superficial, la integridad superficial y la exactitud dimensional de la pieza.

Dos causas principales del desportillado son **choque mecánico** (impacto por interrumpir el corte, como cuando se talla o se tornea un eje estriado) y la **fatiga térmica** (variaciones cíclicas de temperatura de la herramienta de corte interrumpido. Las grietas térmicas suelen ser perpendiculares al filo cortante de la herramienta). El desportillamiento puede ser consecuencia de grandes inconsistencias en la composición del material de la pieza o su estructura. El desportillamiento se puede presentar en una región de la herramienta donde ya existe una grieta o un defecto pequeño.

Los ángulos de ataque positivos grandes también pueden contribuir al desportillamiento, por el ángulo incluido pequeño de la punta de la herramienta. También es posible que la región de desgaste de cráter avance hacia la punta de la herramienta, debilitándola y causando su desportillamiento. El desportillamiento o la fractura se pueden reducir seleccionando materiales de herramienta con gran resistencia al impacto y al choque térmico.

### II.29.5.-Acabado e integridad de la superficie

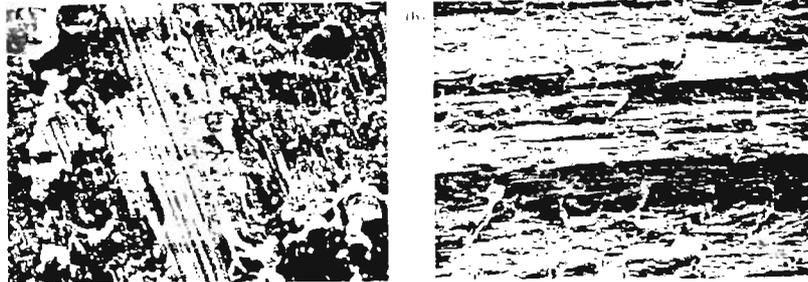
El acabado superficial no sólo influye sobre la exactitud dimensional de las partes maquinadas, sino también sobre sus propiedades. Mientras que en el *acabado superficial* describe las características *geométricas*. La *integridad superficial* pertenece a las *propiedades*, como la vida de fatiga y la resistencia a la corrosión, que están muy

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

influidas por el tipo de superficie producida. Los factores que influyen sobre la integridad superficial son:

- a) Las temperaturas generadas durante el procesamiento,
- b) Los esfuerzos residuales,
- c) Las transformaciones metalúrgicas (de fase) y
- d) La deformación plástica, desgarramiento y agrietamiento superficiales.

Las siguientes figuras muestran las superficies obtenidas en dos operaciones distintas de corte. El daño por borde acumulado se manifiesta por las marcas abrasivas que se desvían de los surcos rectos que produciría un maquinado normal. Obsérvese los daños considerables a las superficies, debidos al borde acumulado. En general, las herramientas de cerámica y de diamante producen mejor acabado superficial que las demás, principalmente debido a su tendencia mucho menor a formar un borde acumulado.



Figuras II.55.-Superficies producidas sobre acero por corte, según se observa bajo un microscopio electrónico: a) superficie torneada y b) superficie producida por formado.

Una herramienta que no está afilada tiene un radio grande en su arista, así como un lápiz o una navaja romos. La siguiente figura ilustra la relación entre el radio de la orilla cortante y la profundidad de corte, en el corte ortogonal. Nótese que a pequeñas profundidades de corte, el ángulo de ataque puede volverse negativo de hecho; simplemente la herramienta puede cabalgar sobre la superficie de la pieza, sin sacar viruta.

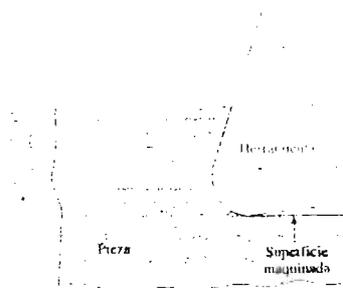


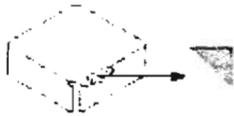
Figura II.56.- Ilustración esquemática de una herramienta sin afilar en un corte ortogonal (exagerado).

## II.29.6.-Desgaste de las plaquitas

En los siguientes ejemplos veremos los diferentes tipos de desgaste de plaquitas (insertos en la herramienta) en fresado y sus soluciones, así como fotografías de desgastes reales.

### Fresado

#### 1.- Desgaste en incidencia



El desgaste en incidencia debe ser uniforme y no muy rápido; en caso contrario, es necesario reducir la velocidad de corte sin modificar el avance o utilizar una calidad de plaquita con mayor resistencia al desgaste.

#### 2.- Craterización



La craterización puede producirse en el fresado de acero. Si va sincronizada con el desgaste en incidencia, no es necesario modificar nada. Si la craterización es prematura, reducir la velocidad de corte o seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste.

#### 3.- Desgaste por entalladura



Este desgaste puede producirse por el roce de la plaquita con alguna zona abrasiva de la pieza; para minimizar el problema, seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste. Inclusiones de arena en la pieza también pueden originar este desgaste; en este caso, utilizar plaquitas con recubrimiento.

#### 4.- Fisuras térmicas



Las fisuras perpendiculares al filo de corte, originadas por variaciones de temperatura, se denominan fisuras térmicas. Para solucionar este problema: Utilizar una fresa de menor diámetro. Reducir la velocidad de corte y el avance por diente si fuera necesario. Seleccionar una plaquita más tenaz.

#### 5.- Astillamiento



El astillamiento consiste en el desprendimiento de pequeñas partículas de metal duro procedentes del filo de corte. Cuando el astillamiento del filo de corte afecta seriamente la vida de la herramienta: Incrementar la velocidad de corte. Reducir el

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

avance por diente. Seleccionar una calidad de metal duro más tenaz o una plaquita con filos reforzados. Mejorar la estabilidad del mecanizado.

### 6.- Fisuras mecánicas



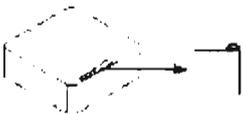
Las fisuras mecánicas se producen por variación de las fuerzas de corte. A diferencia de las fisuras térmicas, éstas aparecen paralelas al filo de corte. La viruta gruesa en la salida puede originar este tipo de fisuras y provocar la rotura del filo.

### 7.- Deformación plástica



La combinación de una elevada temperatura del filo y excesivas fuerzas de corte puede originar una deformación plástica del filo. Para evitar este problema, reducir los datos de corte o utilizar una plaquita con mayor resistencia al desgaste.

### 8.- Filo de aportación



El filo de aportación aparece principalmente en el fresado de materiales blandos, como pueden ser aluminios y algunos aceros inoxidable. El material de la pieza se «suelta» al filo, y al desprenderse puede arrastrar partículas de metal duro. Para evitar el filo de aportación, aumentar la velocidad de corte, teniendo en cuenta no disminuir la vida de la herramienta. Para aceros inoxidables y con bajo contenido en carbono no utilizar refrigerante. Para aluminios, utilizar refrigerante aplicándolo en forma de chorro o nebulizador.

II.29.7.- DESGASTES REALES



Figura II.57.- Desgaste de flancos

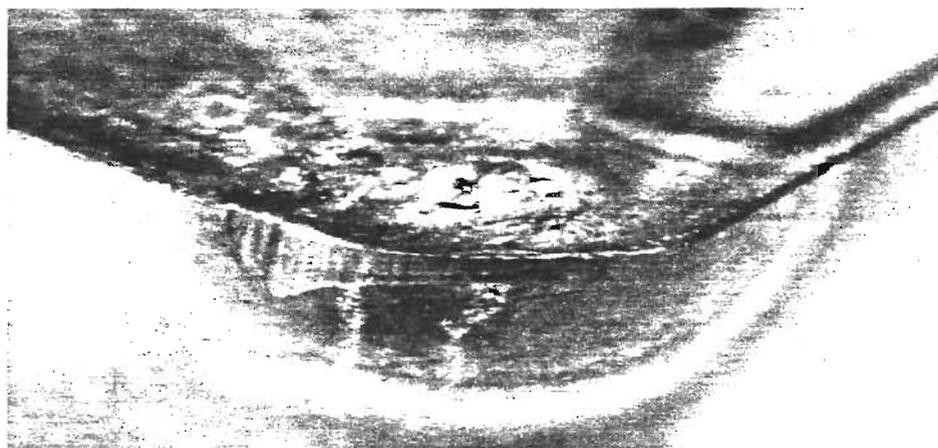


Figura II.58.- Desgaste de cráter

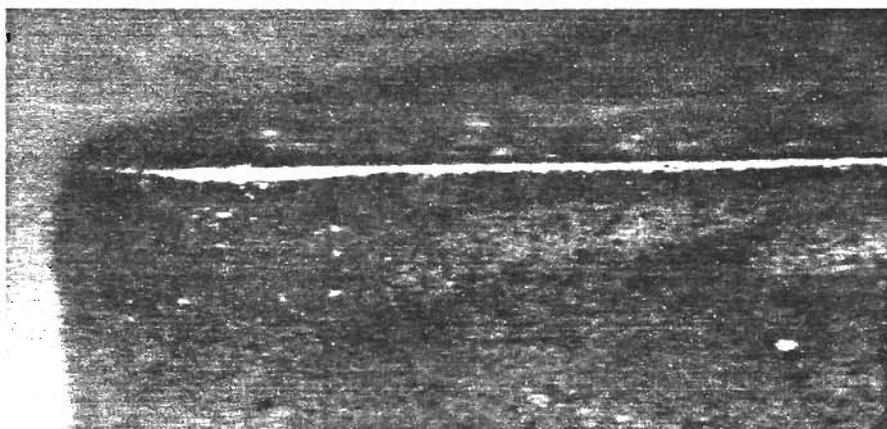


Figura II.59.- Deformación plástica

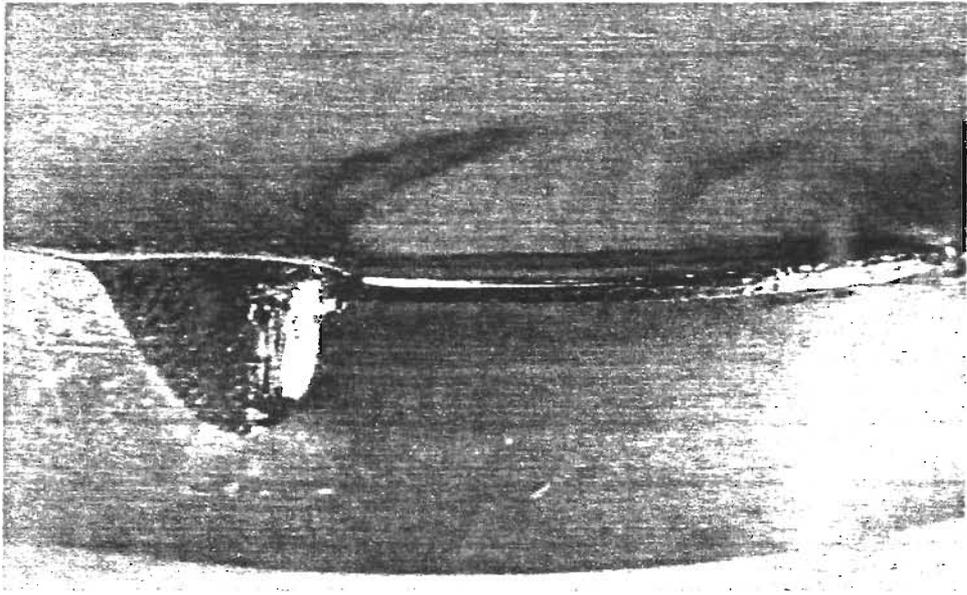


Figura II.60.- Desgaste de mella en la parte posterior del filo

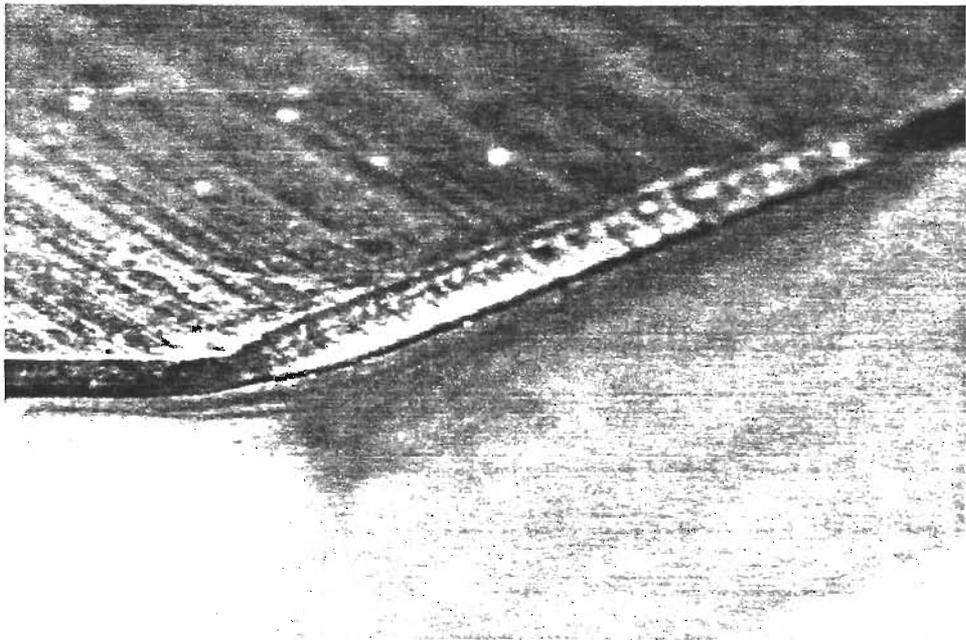


Figura II.61.- Fisuras térmicas

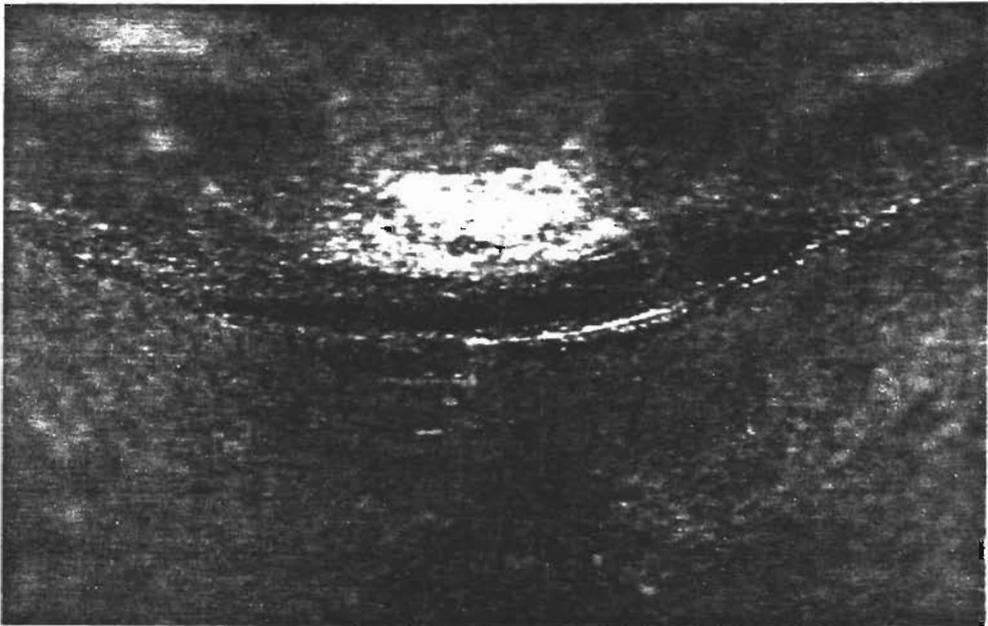


Figura II.62.- Fisuras por fatiga térmica

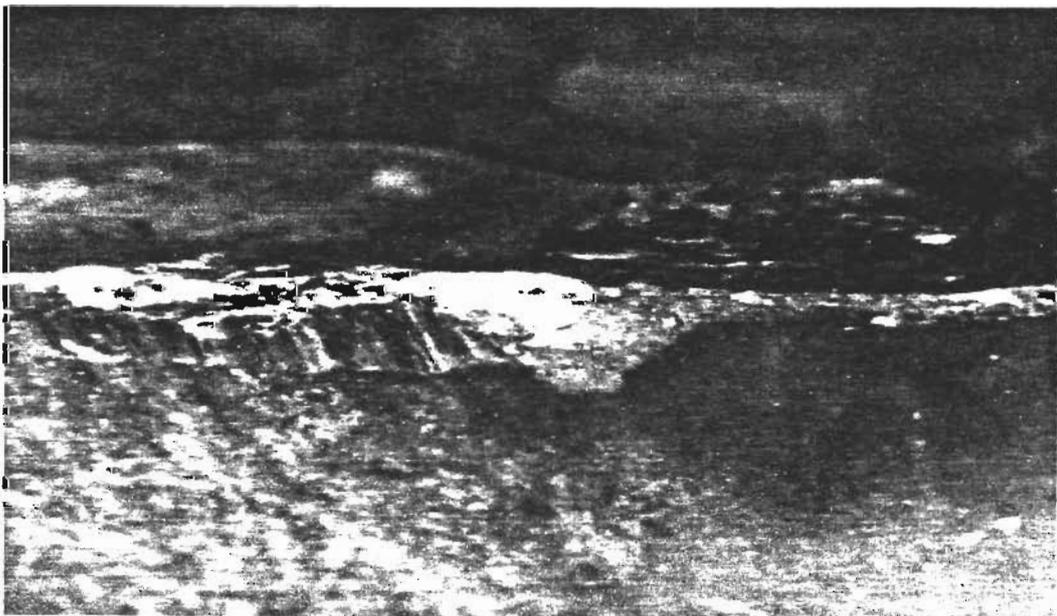


Figura II.63.- Astillamiento de filo



Figura II.64.- Fractura

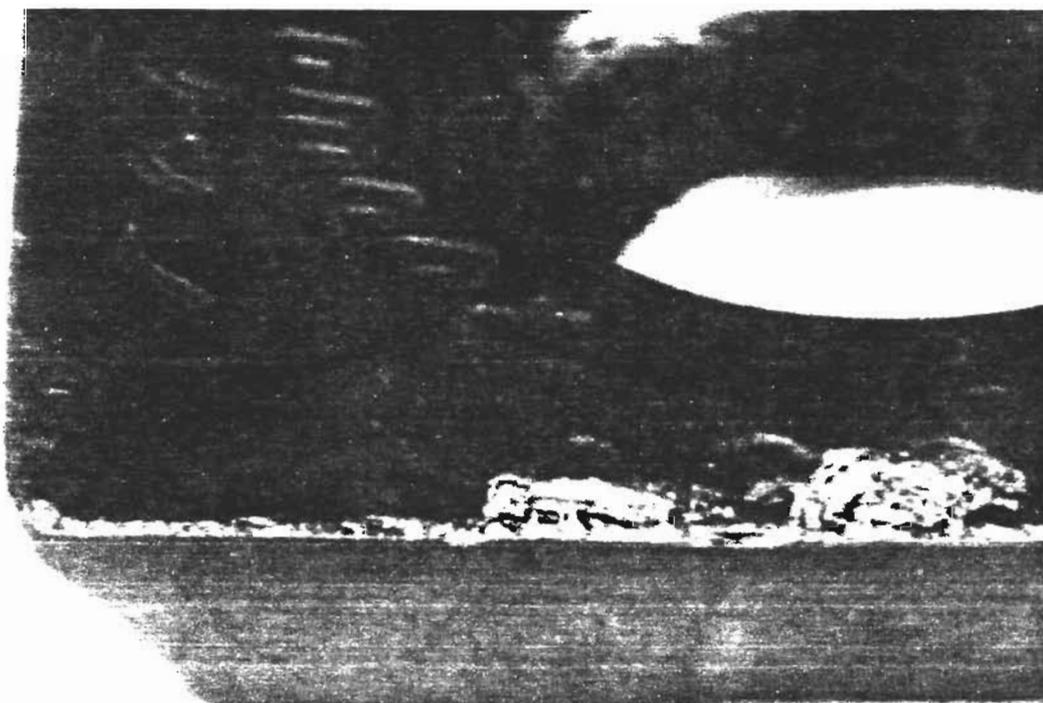


Figura II.65.- Formación de filo de aportación

### II.30.-Vigilancia del estado de la herramienta.

Con el rápido aumento de las máquinas herramientas controladas por computadora y la implementación de manufactura automatizada, el desempeño confiable repetible de las herramientas de corte se ha vuelto una consideración importante. Como se describirá en los siguientes capítulos, la mayor parte de las máquinas herramientas modernas, una vez bien programadas, trabajan con poca supervisión directa de un operador. En consecuencia, la falla de una herramienta de corte puede tener graves efectos sobre la calidad de las partes maquinadas, así como la eficiencia y economía de la operación general de maquinado.

Por lo anterior, es esencial vigilar en forma continua e indirecta el estado de la herramienta de corte para notar, por ejemplo, si hay desgaste, desportillamientos o falla generalizada. En la mayor parte de las máquinas herramientas modernas se integran sistemas de vigilancia del estado de herramientas en el control numérico computarizado y en los controladores lógicos programables. Las técnicas para vigilar el estado de las herramientas suelen caer en dos categorías generales: **directas e indirectas**.

El método **directo** para observar el estado de una herramienta de corte implica la medición óptica del desgaste, como en una observación periódica de cambios en el perfil de la herramienta. Es la técnica más común y confiable, y se hace con un microscopio (**microscopio de herramentista**). Sin embargo, este procedimiento requiere parar la operación de corte.

Los métodos **indirectos** de medición del desgaste implican la correlación del estado de la herramienta con variables de proceso, como fuerzas, potencia, aumento de temperatura, acabado superficial y vibraciones. Un desarrollo importante es la **técnica de emisión acústica**, que usa un transductor piezoeléctrico fijo a un portaherramientas. El transductor siente las emisiones acústicas (en forma característica, sobre los 100 KHz) que se producen por las ondas de esfuerzo generadas durante el corte. Al analizar las señales se puede vigilar el desgaste y el desportillamiento de la herramienta.

### CAPÍTULO III

#### “Preparación básica de la fresadora de CNC DYNA 4M”

##### INTRODUCCION:

El tiempo de preparación de una máquina cualquiera para realizar una serie de trabajo en alguna pieza lo compone el tiempo para la preparación de la maniobra y el tiempo de sujeción y ajuste de la maquina. En muchos casos, además, debe añadirse el tiempo para el montaje del elemento de sujeción de la pieza el utillaje.

Cuando la maniobra disponible para realizar este trabajo está equipada con control numérico, el tiempo de cambio de la maniobra es extraordinariamente reducido, ya que en la mayoría de los casos se limita a la introducción de un disco de 3 ½” con el programa ya realizado y solo cargándolo a la maquina en su cpu, siempre y cuando el programa sea de la capacidad disponible en los discos flexibles de 3 ½”.

La reducción del tiempo de equipado de herramientas en la máquina se puede conseguir, en primer lugar, ajustando previamente estas fuera de la propia máquina, y por otra parte, planeando el menor cambio de las herramientas posibles al realizar la operación.

También se consigue reducciones importantes de tiempo realizando el mayor número de operaciones con herramientas estándar y estableciendo un orden lógico de ejecución de las diferentes piezas, de tal manera que ello suponga el mínimo tiempo de preparación.

Otra ventaja importante de tiempo representa el empleo de un elemento de sujeción de piezas semejantes.

En muchos casos, además, y cuando la máquina dispone de un cambiador automático de pieza por plataforma (pallet), la preparación de la máquina para la siguiente serie anterior, obteniéndose de esta manera un importante adelanto de tiempo en lo que a preparación de equipo se refiere.

La preparación del trabajo tiene la finalidad de reducir el precio de los productos fabricados por la empresa.

Actuando sobre los siguientes Aspectos:

- La producción de las maquinas mediante disminución de los tiempos en que la máquina esta improductiva por esperar utillaje, cálculos de costos por el operario, y verificación.
- El análisis de las materias primas empleadas, así como el modo de obtención de la pieza, para establecer el proceso de maquinado en función de las condiciones de partida. Es decir se considera si la pieza es de fundición, placa soldada, preformada, etc.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- La reducción del porcentaje de rechazos. Para ello se analizar la elección de los puntos de partida de maquinado, definición de una gama que permite respetar las tolerancias de los planos.

### III.1.- Para preparar un trabajo preciso

- Definir la continuidad de las operaciones de maquinado, estableciendo un adecuado proceso de fabricación.
- Elegir las máquinas y las herramientas para que:
  - Las piezas fabricadas sean buenas;
  - El costo sea lo más bajo posible.
- Calcular los tiempos necesarios, a fin de:
  - Establecer una carga máquina
  - Establecer un plan;
  - Calcular el costo.
- Realizando los documentos necesarios para informar al operario del método que se ha de seguir en la ejecución del trabajo.

### III. 2.- Recepción y análisis del plan

La recepción y análisis del plan tiene por finalidad el conocimiento por completo del trabajo por realizar, de forma que más tarde se puedan establecer planes de trabajo y tomar decisiones que permitan su resolución.

Básicamente, existen dos fases para el estudio de este punto: por un lado se tiene la obtención de todos los datos de partida, y, por otro, se debe establecer el plan de trabajo con base en estos datos.

Para la obtención de los datos de partida se estudiará:

- El tipo de que se trate, torno o fresadora.
- La rigidez de la pieza para la fijación y maquinado.
- Características del material para establecer las condiciones de corte,
- Superficies maquinadas, puntos de referencia.
- Sobreespesores, creces.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- Naturaleza del material de partida (moldeado, estampación, etc.).
- Tratamientos térmicos y tratamientos de superficies eventuales.
- Las tolerancias exigidas sobre dimensiones y geometría.
- Calidad superficial requerida o rugosidad.
- Además, el preparador debe de ser informado de:
  - La cantidad total de piezas por realizar;
  - La cadencia mensual por realizar;
  - Plazo acabado de las primeras piezas.

Una vez realizado el análisis de estos puntos, el preparador elaborará un bosquejo del plan de trabajo lo suficientemente profundo, de forma que se le permita seleccionar los medios de producción adecuados para este trabajo.

En este plan de trabajo se debe especificar:

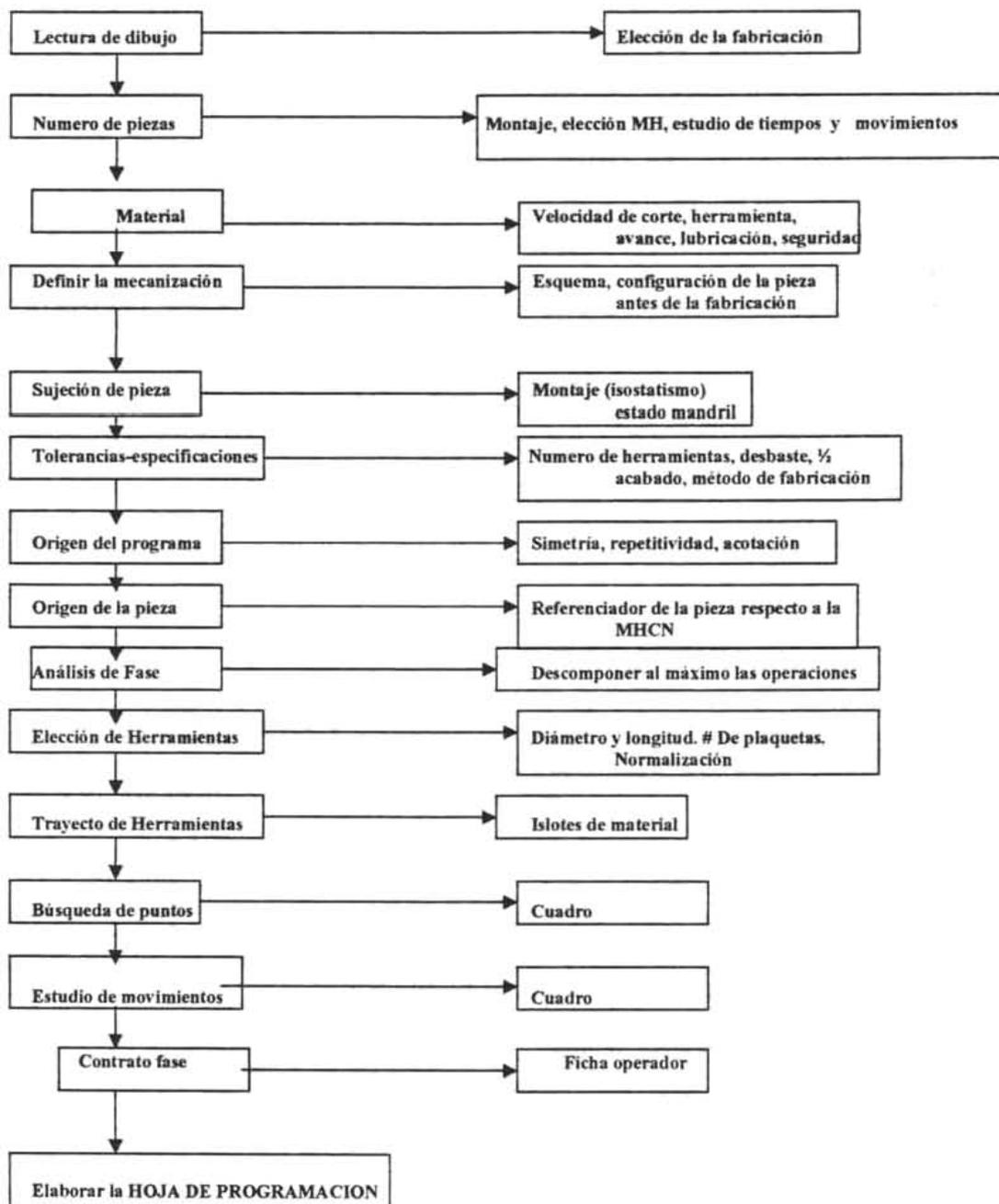
- Las superficies de partida y puntos de referencia, considerando también el utillaje requerido.

Estas superficies están impuestas generalmente por el tipo de acotado y por la funcionalidad de la pieza dentro del conjunto para el que ha sido diseñado.

- El establecimiento del proceso de maquinado por ejecutar con las correspondientes estimaciones de tiempos de este proceso y de la preparación de la máquina.
- La determinación de las herramientas necesarias. Cuando se requieran herramientas especiales, se realizara su diseño y se estimara el tiempo necesario para su realización.

En la siguiente tabla de puede ver como son los pasos a seguir para poder elaborar LA HOJA DE PROGRAMACION en base a un **análisis preliminar del Trabajo**.

### III. 2. 1. - Análisis preliminar del trabajo



### III. 3.- Número de piezas

El número de piezas, así como su complejidad (lectura de dibujo) son factores decisivos a la hora de seleccionar la máquina herramienta:

- Máquina Tradicional
- Máquina automática
- MHCN.

#### 1. Grandes Series ( > 500,000 piezas)

En estos casos, la economía incide en el tiempo de montaje de la pieza en la máquina. El tiempo de regulación de la MH dividido entre el número de piezas puede ser muy elevado. La utilización de máquinas de transferencia o máquinas automáticas es preferible a la de MHCN.

#### 2. Series medias

En el caso de series medias o pequeñas, renovables periódicamente, la utilización de MHCN se muestra muy rentable. En efecto, el lanzamiento de una etapa de mecanización mediante la ayuda de un programa es muy rápida. Se obtienen tiempos aceptables de puesta a punto y regulación de la MHCN. La fabricación resulta casi inmediata.

#### 3. Series pequeñas – piezas únicas

El empleo de una MHCN sólo resulta rentable cuando la pieza a fabricar es compleja. En efecto, la programación del proceso permite economizar los tiempos de montaje y regulación sobre la MH tradicional.

La exigencia de precisión y calidad de las piezas, a menudo prototipos, justifica igualmente la elección de una MHCN.

Para este ejercicio no es necesario hacer el cálculo de números de piezas, ya que, sólo es ejemplo del uso de la fresadora Dyna 4M.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### III.4. - Material

En la programación de la fabricación de una pieza hay que considerar el material a utilizar. Ello permite, entre otras cosas:

- La elección de la herramienta.
- La elección de la velocidad de corte.
- La elección de la velocidad de avance.
- El valor de la profundidad de la pasada.
- La elección del lubricante
- La duración de las herramientas.
- La potencia de la máquina (metalmecánica)

En las MHCN, consideradas como potentes y robustas, es aconsejable trabajar con herramientas de carburos metálicos, que permiten alcanzar velocidades de corte elevadas, del orden de 100 a 400 mm/min. Además, un sistema de plaquetas fijas facilita la sustitución de la parte cortante de la herramienta.

N = Número de revoluciones por minuto (rev/min)

$$\boxed{N = \frac{1000V_c}{\pi D}} \Rightarrow \begin{array}{l} V_c = \text{Velocidad de corte en metros por minuto (m/min)} \\ D = \text{Diámetro de la fresa o pieza en milímetros (mm).} \end{array}$$

A = Velocidad de avance en milímetros por minuto( mm/min )

$$\boxed{A = a Z N} \Rightarrow \begin{array}{l} a = \text{Avance por dientes, en milímetros.} \\ Z = \text{Número de dientes} \\ N = \text{Numero de revoluciones por minuto (rev/min)} \end{array}$$

### III. 4. 1. - Lubricantes

Es aconsejable, antes de adquirir las herramientas, considerar los parámetros de corte indicados por el fabricante. Anotar su valor real en la fabricación y crear un fichero de ambos. En las MHCN una lubricación adecuada permite:

- Incrementar la velocidad de corte de la herramienta
- Aumentar la duración de la herramienta
- Disminuir los esfuerzos del corte (potencia absorbida)
- Refrigerar la pieza (características dimensionales)
- Eliminar virutas de la zona de fabricación.

Un buen lubricante debe ser:

- No corrosivo para la máquina, las pinturas y para el operador.
- Estable a lo largo del tiempo (sin sedimentación ni desarrollo bacteriano).
- Fácil de eliminar de la pieza y de la máquina.

Es común que se empleen tres tipos de lubricantes en la industria que son:

- “Petrolosos” o “emulsión”, adicionados con agua (2 a 10%). Emulsión blanca, lechosa:
- “Semi-sintéticos”, adicionados con agua (23 a 10%). Emulsión traslúcida.
- “Sintéticos”, que no contienen aceites minerales.

En la Fresadora Dyna 4M se recomienda utilizar líquidos semi-sintéticos, por el tipo de material que es el aluminio y para alargarla vida de la herramienta de corte.

### III. 5.- Sujeción de la pieza

En términos generales, los montajes de fabricación en MHCN son más sencillos que los empleados en la MH tradicionales (por ejemplo: eliminación de collarines de taladro...).

- Cualidades mecánicas y geométricas

A fin de conservar la geometría de la pieza, un montaje de fabricación no debe deformarse durante el proceso y bajo las fuerzas de corte. Por otro lado, debe posicionarse correctamente la pieza respetando las reglas de la isostasia.

- Bloqueo de la pieza

Como en las máquinas de transferencia o automatizadas, conviene minimizar los tiempos de montaje y desmontaje de piezas. Tratar de realizar el máximo de fabricación sin desmontar. Realizar varias piezas simultáneamente o en serie.

- Concepto de montaje

A fin de reducir el número de horas de fabricación del montaje, es importante utilizar al máximo los componentes estándar (pies de posición, bridas de pivotantes, tornillos articulados...).

- Precauciones

El programador debe tener en mente, con claridad y prever precisión, la estructura espacial del montaje de fabricación con objeto de prever las liberaciones y los desplazamientos. Poner cuidado para no mecanizar las cabezas de los tornillos y no golpear la estructura del montaje.

- Isostatismo

- 

Con referencia a un triedro OXYZ, una pieza puede desplazarse en bases a seis movimientos elementales:

- ❖ 3 traslaciones
- ❖ 3 rotaciones

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

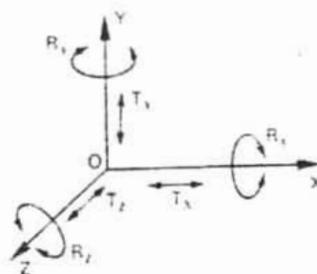


Figura. III.1. Representación del Isotatismo

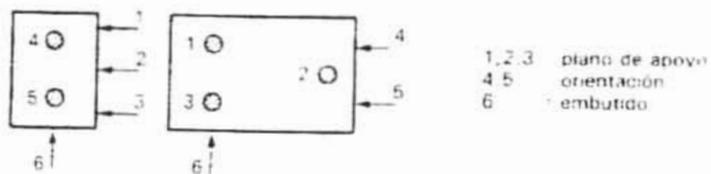
Así pues una pieza posee **6 grados de libertad**.

Cada vez que se suprime un movimiento se elimina un grado de libertad.

- Inmovilización isostática

Cuando se suprimen los seis grados se dice que la pieza está inmovilizada isostáticamente.

- *Pieza prismática*



- *Pieza cilíndrica*

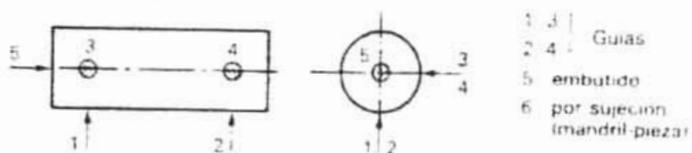


Figura. III.2. Representación simbólica

### III.5.1.- Formas de sujeción

En fresado se emplean las siguientes formas de sujeción:

- Sargentos y **apoyos** con formas escalonadas, ajustables en altura o bloques con varias facetas de contacto, con pernos y resortes de apriete de montaje-desmontaje rápido.
- **Placas** angulares de apoyo.
- Palancas de apriete. **Mordazas** mecánicas autocentrables
- Platos o mesas **magnéticas**.
- Mesas y dispositivos **modulares** de uso universal.
- Apoyos de diseño específico o **especial**.

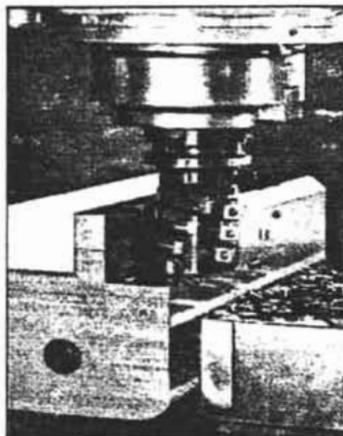


Figura III.3.- Forma de sujeción en fresado.

Consideraciones:

Los dispositivos de sujeción permiten **asegurar** la pieza a la mesa de trabajo (fresado)

El número de **funciones controlables** que están relacionadas con estos sistemas depende de la forma de alimentación de piezas (manual o automática) y de la complejidad del sistema de amarre.

En los tornos el plato de garras se puede **abrir** y **cerrar** mediante instrucciones programadas de CN.

También se puede establecer por programa la **presión de cierre** de las garras. La elección de la fuerza de apriete depende generalmente de la velocidad de giro del cabezal; velocidades elevadas demandan las presiones mayores al aumentar la acción de la fuerza centrífuga. Como es habitual que las MHCN trabajen a velocidades de giro (corte) elevadas y esto podría suponer presiones que dañasen la pieza, estas incorporan **mecanismos de compensación** de las fuerzas centrífugas. El diseño de las

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

mismas se basa de mantener una presión estable del accionamiento de cierre hidráulico a velocidades de giro elevadas.

En fresado las presiones de apriete **no resultan tan críticas**. El aspecto más crítico en la sujeción en estas máquinas es la rapidez de montaje/desmontaje y la precisión en el posicionado de la pieza en la mesa de trabajo.

El sistema de amarre debe permitir una **fácil carga/descarga** de la pieza de trabajo y garantizar la **repetibilidad** en la colocación **estable y precisa** de la misma en el seno de la MHCN. Compatibilizar todo ello puede resultar costoso en tiempo y dinero.

Los **sistemas de sujeción específicos** mediante componentes normalizados y modulares se utilizan frecuentemente. Estos dispositivos deben permitir el **mecanizado completo** sin operaciones de montaje/desmontaje.



Figura III.4. Mesa de fresadora con tornillos de apriete

Información adicional:

En numerosas ocasiones es conveniente equipar las fresadoras con un **sistema dual de mesas de trabajo** que permite realizar operaciones de transporte y amarre de piezas fuera de máquina.

La **colocación** de la mesa en la posición de trabajo puede realizarse con funciones CN específicas, así como las paradas y comienzo de los bloques de mecanizado propiamente dichos.



Figura III.5. Mesas transportables de una fresadora.

### III. 6.- Tolerancias - especificaciones

El respecto a las tolerancias y especificaciones particulares, contempladas en el dibujo de definición de la pieza a fabricar, constituyen el objetivo principal del operador que trabaja en una MH tradicional o de control numérico. La diferencia consiste en el aumento considerable de precisión de desplazamiento en una MHCN: repetitividad y precisión del orden de 0.01mm. Ello permite obtener la mayoría de cotas a efectuar sobre piezas corrientes programando a cota media.

Ejemplo:

A las tolerancias dimensionales de la pieza se añaden las geométricas y estados de la superficie. Conviene, en base a ello, tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Blocaje de la pieza (montaje indeformable).
- Desgaste de guías.
- Fenómeno de “bombeo” del eje: servomecanismo mal regulado en bucle cerrado; el calculador verifica permanentemente su posición, lo que implica un desplazamiento muy débil. Fácilmente verificable montando un comparador de maquina.
- Desgaste de tornillos de bielas.
- Desgaste de los rodamientos del mandril.
- Desgaste de herramientas
- Lubricación

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### ■ Tolerancias geométricas

#### • De forma

	Superficie cualquiera
	Línea cualquiera
	Plano
	Rectitud
	Cilindricidad
	Círculo

#### • De posición

	Inclinación
	Paralelismo
	Perpendicularidad
	Localización
	Coaxialidad Concentricidad
	Simetría

### ■ Estados de superficie

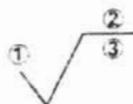


Figura. III.6. Tolerancias geométricas

### III. 7.- Origen del programa

La fijación de una pieza a la máquina CNC se puede comparar con la ubicación del plano de la pieza dentro del sistema de coordenadas. Cada máquina-herramienta CNC dispone de un sistema de coordenadas. Dicho sistema se define mediante los posibles movimientos y el sistema de medida que llevan asociados dichos movimientos.

La figura muestra el plano de una pieza en el sistema de coordenadas de una máquina-herramienta. El taladro A, con cotas 23 y 10 mm, tiene las coordenadas  $x=71$  e  $Y=35$  en el sistema de coordenadas de la máquina-herramienta. Por tanto, el punto origen de las dimensiones acotadas en el plano se ha trasladado en  $X=48$  y en  $Y=25$  en relación al sistema de coordenadas de la máquina-herramienta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

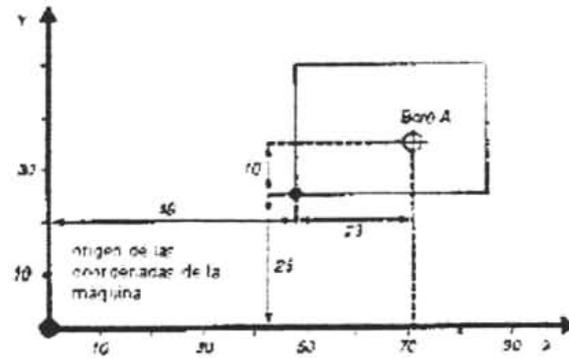


Figura. III.7. Croquis de una pieza en el sistema de coordenadas de la MHCN

### Consideraciones:

El **cero máquina** está establecido por el fabricante de la misma. Es el **origen del sistema de coordenadas de la máquina** y es el punto de comienzo para todo el resto de sistemas de coordenadas y puntos de referencia de la máquina.

En los **tornos**, el cero máquina está generalmente en el centro de la nariz del husillo principal, alineado con su cara. El eje del husillo principal (línea central) representa el eje Z, el eje horizontal, perpendicular al anterior determina el eje X. Las direcciones positivas de los ejes X y Z van hacia el área de trabajo. Esto es, cuando la herramienta se aleja de la pieza, entonces se mueve en dirección positiva.

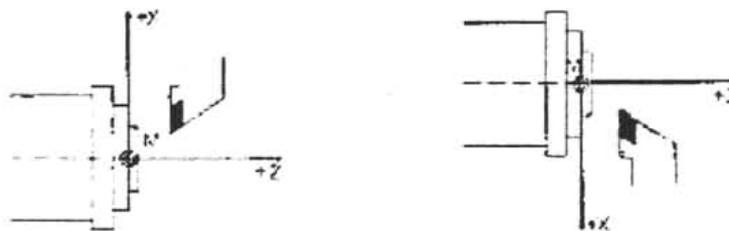


Figura. III. 8. Posición del origen máquina en tornos CN

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

En las fresadoras, la posición del cero máquina varía según el fabricante. La posición precisa del cero máquina así como la dirección positiva del eje X tienen que tomarse del **manual de instrucciones** de cada máquina en particular.

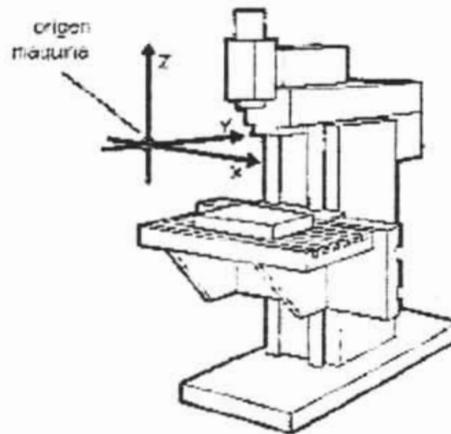


Figura. III. 9. Posición del origen máquina en fresadoras de CNC DYNA 4M

### Información adicional:

Las ilustraciones presentan ejemplos adicionales de la posible localización de los puntos de origen de máquina en diferentes tipos de máquina-herramienta, así como los sistemas de referencias asociados.

En las fresadoras, el origen de máquina (cero máquina) puede estar situado en el centro de la mesa o en un punto a lo largo del borde del recorrido de la misma.

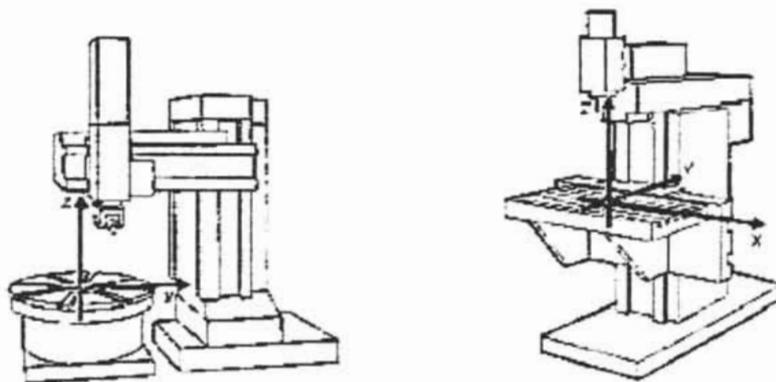


Figura. III.10. Ejemplo de la ubicación del origen máquina en MHs

### III.8.- Puntos de referencia

La finalidad de un punto de referencia puede ser comparada con la de un mojón kilométrico. Imagine la siguiente secuencia de sucesos (ver la figura III. 30):

- 1) Al comienzo del viaje no conoce lo lejos que está el destino
- 2) A lo largo del camino puede ver un mojón kilométrico (punto de referencia) que aporta la distancia precisa hasta el destino. Entonces, se pone el cuentakilómetros a cero.
- 3) De ahora en adelante, puede establecer, en cualquier momento, lo alejado que está del destino o del punto de referencia (mojón kilométrico).

Las tres situaciones dentro de esta secuencia pueden relacionarse con una máquina-herramienta del siguiente modo:

- 1) Puesta en marcha de la máquina.
- 2) Posicionamiento en el punto de referencia y calibración del sistema de medición de los movimientos.
- 3) Continua indicación de la posición de la herramienta en cada instante.

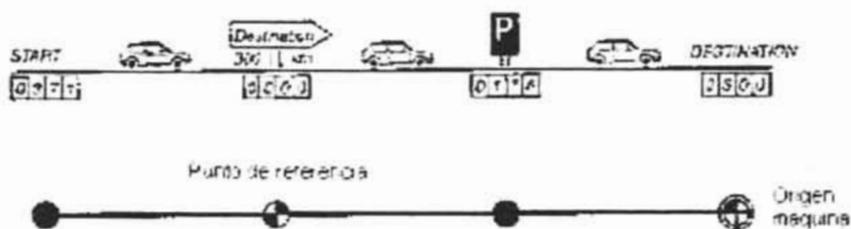


Figura. III. 11. Objeto de los puntos de referencia

Consideraciones:

El **punto de referencia de máquina R**, sirve para **calibrar** y para **controlar el sistema de medición** de los desplazamientos de los carros y los recorridos de las herramientas.

La posición del punto de referencia está predeterminada con precisión en cada uno de los ejes de desplazamiento mediante taqués y finales de carrera. De esta forma, las coordenadas del punto de referencia siempre son las mismas y su valor numérico respecto al cero máquina es conocido con precisión.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

**Importante:** Después de inicializar el sistema de control siempre hay que llevar la máquina al punto de referencia, en todos sus ejes, con el fin de calibrar el sistema de medición de los desplazamientos.

Si se perdiesen los datos de posición de carros y herramientas debido a un fallo en el suministro eléctrico, por ejemplo, la máquina-herramienta tiene que volverse a posicionar en el punto de referencia para restablecer los apropiados valores de posición.

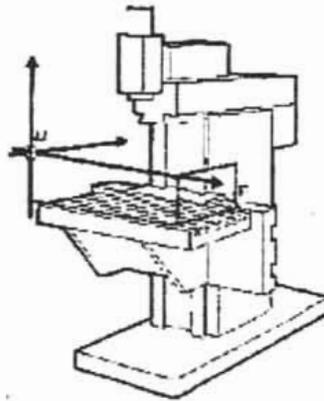


Figura. III.12. Punto de referencia de la fresadora DYNA 4M

### Información adicional:

Las máquinas-herramienta equipadas con captadores de posición absolutos no requieren el punto de referencia de máquina debido a los precisos valores de las coordenadas de los recorridos en cada eje y a que dichos valores pueden obtenerse directamente en cualquier momento.

Sin embargo, la mayoría de las máquinas-herramienta CNC utilizan sistemas de medición de recorridos incrementales que necesariamente demandan un punto de referencia para su calibración. Cuando el taqué activa el final de carrera en el punto de referencia, el sistema de medición se resetea a cero o a un valor predeterminado. Para obtener el nivel de precisión necesario, la aproximación al punto de referencia situado en los últimos tramos de los recorridos de la máquina se efectúa a baja velocidad y siempre en la misma dirección de avance.

En cierto tipo de máquinas, por ejemplo las fresadoras, el sistema de medición también se puede calibrar mediante el posicionamiento en el origen máquina. Sin embargo, en la mayoría de los casos el cero máquina no puede alcanzarse estando presentes las piezas y las herramientas. En estos casos se tiene que utilizar un punto de referencia.

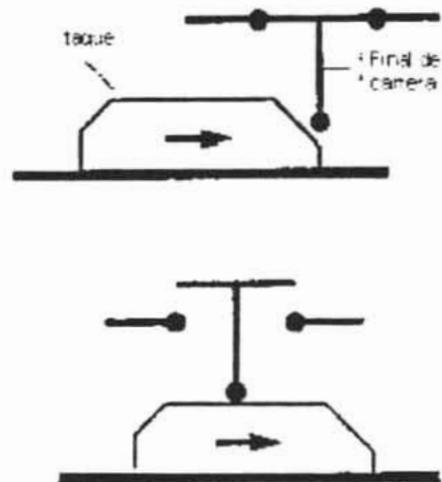


Figura. III.13. Posicionado en punto de referencia

### III.9.-Origen de pieza (PO)

Las figuras muestran cómo es posible simplificar las coordenadas de la pieza eligiendo una posición favorable del sistema de coordenadas.

La figura "a" presenta un cuadrado posicionado en un punto arbitrario del sistema de coordenadas. La figura "b" muestra el mismo cuadrado con dos de sus bordes coincidiendo con los ejes X e Y. Así, los valores de las coordenadas pueden tomarse directamente de las dimensiones del plano de la pieza y de esta forma chequearse más fácilmente, evitando cálculos adicionales.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

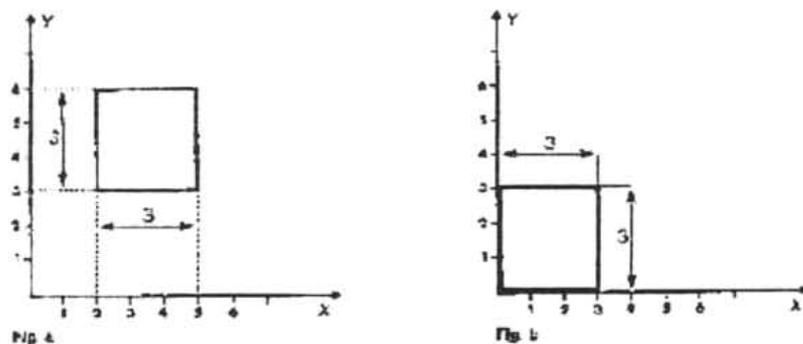


Figura. III.14. Posiciones favorables del sistema de referencia

Consideraciones:

El **punto de referencia de máquina W**, representado por  $\odot$ , determina el **sistema de coordenadas de la pieza** en relación con el origen máquina. El origen de coordenadas de la pieza lo elige el programador y se introduce en el sistema CNC al preparar la máquina.

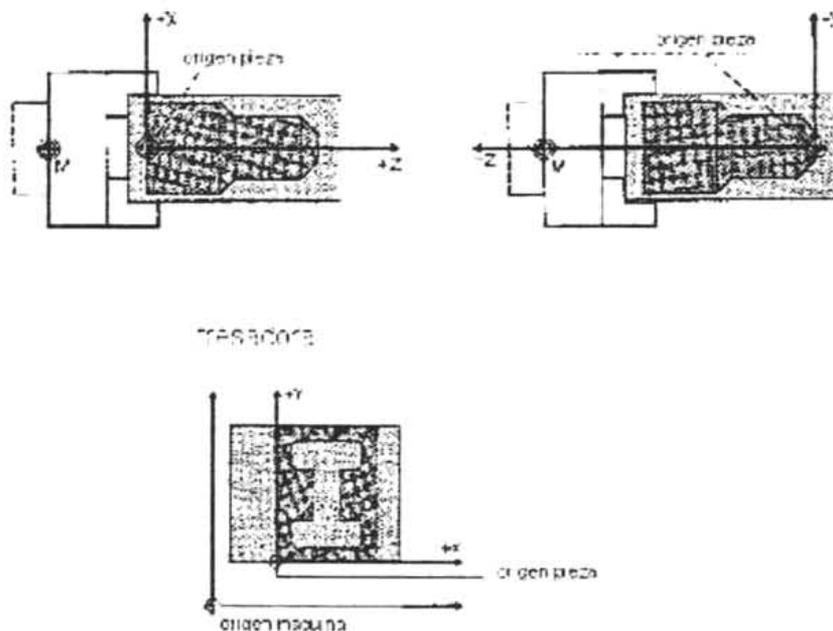


Figura. III.15. Ejemplo de la localización del origen pieza en torno y fresadora

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La posición del cero pieza puede ser libremente asignada por el programador dentro del espacio de trabajo de la máquina. No obstante, es conveniente situarlo de forma que las dimensiones de la pieza puedan transformarse fácilmente en valores de coordenadas.

Para **piezas torneadas**, el cero pieza suele ubicarse a lo largo del eje principal (línea central), en la superficie acabada extrema, ya sea la izquierda o la derecha. Para piezas fresadas, se recomienda situarlo en general en una esquina extremo de la pieza.

A veces, el cero pieza también se llama **punto cero de programación**.

**Nota:** La posición del cero pieza debe elegirse de forma que:

- los valores de las coordenadas puedan extraerse del plano de la pieza, tan directamente como sea posible.
- la orientación al sujetar y soltar la pieza, al preparar y comprobar el sistema de medición de los desplazamientos, pueda establecerse fácilmente

### III.10.- Elección del origen pieza

Cuando se programa el contorno de una pieza, los datos dimensionales sobre el plano se convierten en coordenadas. Compare el plano de la figura con las dos tablas de coordenadas.

La primera tabla hace referencia al punto 1 como cero pieza. Los valores de las coordenadas se corresponden con las cotas.

La segunda tabla hace referencia al punto 2 como cero pieza. Todos los valores de las coordenadas deben ser transformados.

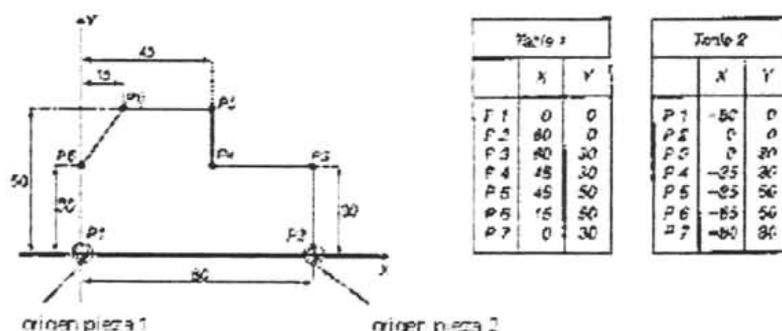


Figura. III.16. Ejemplo de plano pieza

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### Consideraciones:

El cero pieza es el punto en el que se ubica el origen de coordenadas durante la programación. Fundamentalmente, este punto puede elegirse libremente, aunque debería, por razones prácticas, coincidir con el punto de referencia para las cotas absolutas (Figura III.16. arriba) o con el punto inicial para las cotas incrementales (Figura III.16. abajo).

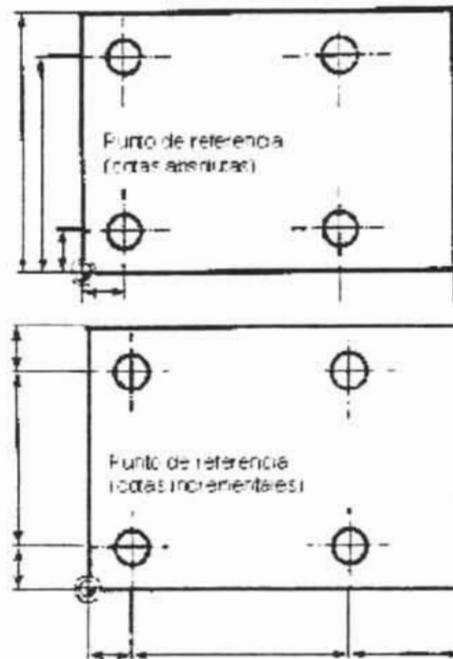


Figura. III.17. Origen pieza absoluto. e incremental

El diseñador debería acotar los planos de forma que se simplificase la conversión de cotas a coordenadas. Se debería prestar especial atención a que el tipo de acotación y la elección del correspondiente cero pieza causasen la **mínima necesidad de modificaciones** (figura 62). La conversión de cotas a coordenadas provocan frecuentemente errores de programación.

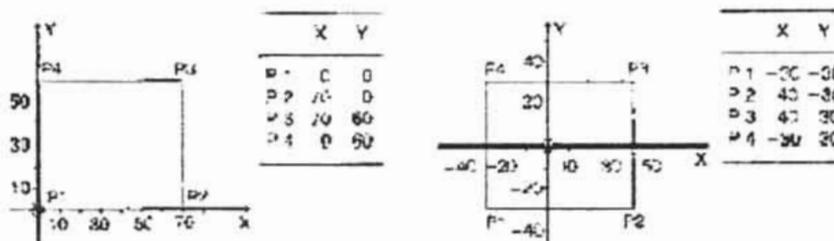


Figura. III.18. Ejemplo de origen sin conversión de cotas y con conversión

### Información adicional:

En piezas simétricas la programación puede generalmente simplificarse, debido a que el control tiene funciones espejo para reproducir la geometría de la pieza.

En lugar de situar el cero pieza en una esquina, se posicionará en el centro de la pieza y la acotación en el plano se dispondrá consecuentemente.

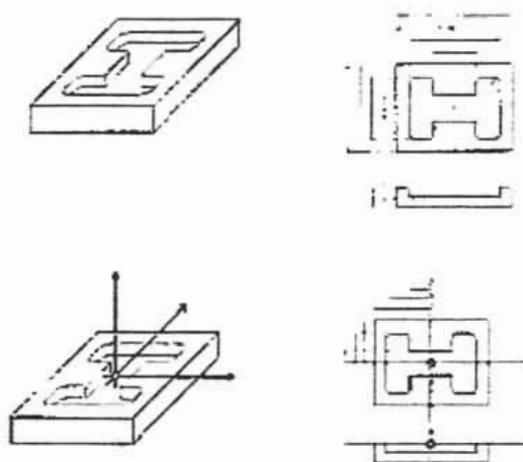


Figura.III.19. Origen en pieza simétrica

Es la posición sobre (los dos o tres) ejes de la pieza respecto al origen del programa (OP). Cuando no es posible acceder directamente al OP (eje de una alisadura no ejecutado...) es conveniente tomar otra superficie de referencia e indicar el desplazamiento a la máquina. De la misma forma, no es posible, como en las MHT, mecanizar tangencialmente una pieza con el eje de la broca es preciso recurrir a una pínura o a una lamina calibradora, conviene tener en cuenta tales desplazamientos e introducirlos en PO.

En la mecanización tangencial se determina la cota XM. Cota de origen medida en el eje de la broca.

O, para posicionar correctamente la pieza hay que conocer la cota A. Se obtiene inicializando el desplazamiento =  $(-XM) - (-A)$ , en PO.

Gráficamente prolonga a XM.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

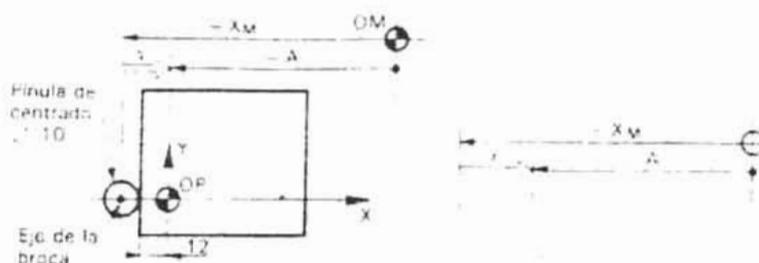


Figura. III. 20. Origen de la pieza gráficamente

En ciertos casos, OP y PO pueden confundirse. Para posicionar la pieza, como en fabricación tradicional, se utiliza un comparador montado sobre un soporte. El eje de la broca se sitúa en el eje del agujero  $\varnothing 50H7$ .

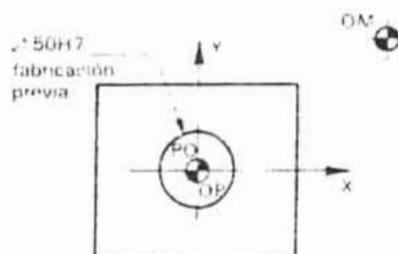


Figura. III. 21. Referencia del OP y PO

### III.11.- Elección de las herramientas

La elección de las herramientas de corte influye en la programación y fabricación de una pieza. Así, no basta con la concepción de un buen programa sino que también es importante elegir cuidadosamente las herramientas que lo acompañan y tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Trabajar, preferiblemente, con una gama de herramientas Standard cuyas características son bien conocidas. No olvidar que un útil "casero" resulta caro y es difícil de reproducir, en tanto que una plaqueta inmóvil se reemplaza fácilmente.
- Trabajar con herramientas siempre bien afiladas. Es preferible cambiar de plaquetas o fresas antes de empezar a mecanizar una pieza. Los cambios durante el proceso de fabricación son operaciones delicadas, y siempre largas.
- Trabajar con herramientas suficientemente dimensionadas. Una herramienta de sección muy pequeña cederá a los esfuerzos de corte y las cotas obtenidas estarán

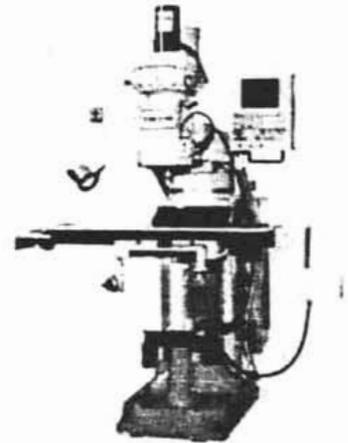
## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Fuera de tolerancia pese a que el programa sea correcto. Conviene tener en cuenta tales reflexiones y, si es necesario, prever una pasada de acabado.

### III. 12.- Referencias de la maquina fresadora Dyna

Tenemos la fresadora de EM-3116 " DYNA ", una máquina de 4 ejes de trayectorias.

La fresadora EM-3116 de DYNA ofrece el paquete completo para producir piezas de la alta calidad, a las tolerancias de la precisión, con finales excelentes y lo hace a una velocidad asombrosa. La fresadora de DYNA puede hacerlo todo, hace los prototipos que se convertirán en piezas de la producción o porciones de una pieza y produce el código estándar que se puede entonces utilizar en sus máquinas de la producción. Las ayudas del control de DYNA 4M incluso el operador más inexperto del CNC escriben los programas más complicados con a bordo un paquete conversacional de la leva. Termine con el grabado, 4ta capacidad del eje, 3 1/2 " la impulsión floja, 5.000.000 de la memoria y puede hacer el eje 3 que contornea a las velocidades de 1.000 bloques por segundo. la fresadora " Dyna " puede trabajar a máquina los aceros o el aluminio difíciles con exactitud de la precisión y alisar finales. Esta máquina es rígida construido en todas partes del uso a base. Los tornillos de gran tamaño de la bola, doblan pesadamente emparedada la construcción acanalada de la caja, " manera y columna de la rodilla 22 " ensille de par en par y 14 toda la fabricación rugosa de las piezas del diseño y de la calidad.



Beneficios de la fresadora dyna EM3116

USO 1: El soporte solamente El EM3116 se diseña para: cuartos de la herramienta: a los accesorios de estructura y útiles. Para las piezas de la cuba o el funcionamiento de producción cortas. Y mucho el otro uso.

USO 2: Conjuntamente con su CAD/CAM

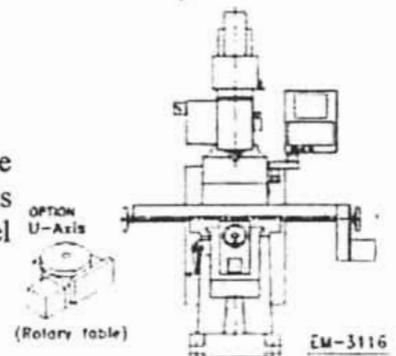


Figura. III.23 dyna.

Para las piezas formadas complicadas una puede utilizar un sistema de CAD/CAM para generar el programa que se puede almacenar en un disco flexible o descargar directamente a través de Internet " al control de la fresadora DYNA". Es también ideal cuando está utilizada reducir el tamaño de los moldes para una verificación verdadera del prototipem.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### USO 3: PROTOTIPO

La " DYNA " es excelente para el trabajo del prototipo y para la prueba del programa. Usted puede liberar sus Centros que trabajan a máquina existentes apenas para la producción Corriente.



Fig. III.25. vista de la fresadora

### III.13.-Preparación básica de operación de fresadora Dyna EM3116

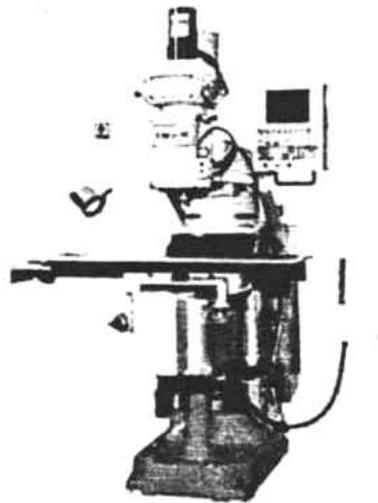


Figura. III.26. fresadora dyna

Una vez retomando la referencia los datos de la fresadora Dyna EM3116 que se acaban de mencionar, con la máquina de esta manera nosotros haremos un énfasis en una breve explicación acerca de sus funciones más comunes, es decir, tratar de familiarizarse con las funciones más comunes de la fresadora.

1. Encendido del interruptor principal. Como principio se necesita dar alimentación de corriente a la maquina por lo cual se enciende el interruptor principal
2. Activar el encendido de la máquina total

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

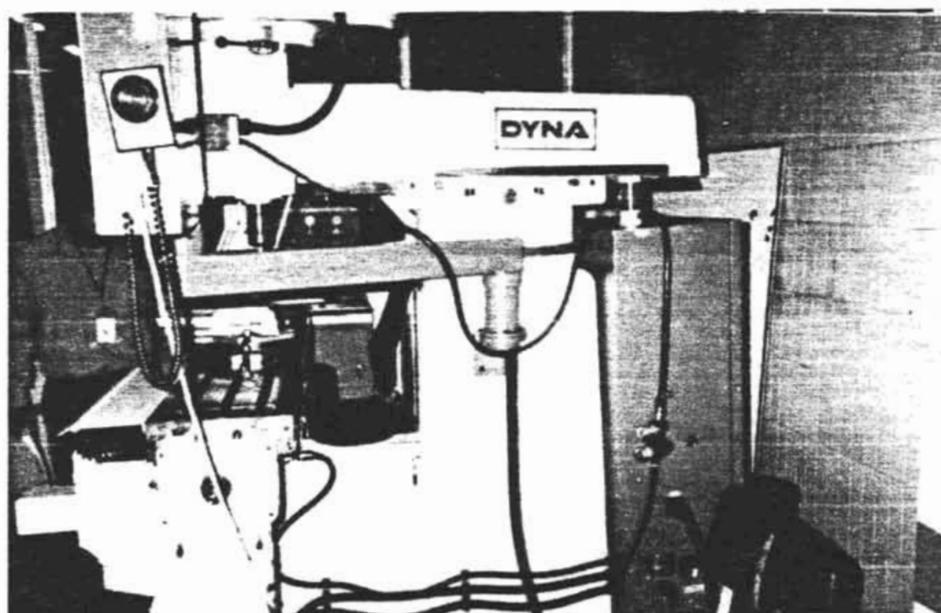


Fig. III.27. Vista Lateral de la fresadora DYNA 4M

Para familiarizarse con la pantalla del panel de control se da la siguiente explicación de estas funciones del sistema. El mando consiste en dos grupos de funciones básicas. Ellos son MENÚ y MONIT. La selección entre los dos grupos puede bascularse apretando el MENU/MONIT codificado en la esquina superior del tablero del director o resaltando el MENÚ o MONIT abrochando en la más baja esquina correcta de la pantalla y ENTRADA urgente.

El plan de las páginas es consistente en el formato usado. Como mostrado debajo, la pantalla es dividida en 4 secciones. Ellos son: el área del título, área Principal, área del mensaje, y función el área importante. El área del título muestra el nombre de la página coexistente, el nombre del programa activo actual, y pasó tiempo desde que el sistema se impulsó a. el área principal despliega los datos y gráficos relacionados al funcionamiento actual. El área principal despliega los datos y gráficos relacionados al funcionamiento actual. El área del mensaje proporciona los funcionamientos indirecta arena error mensajes actuales si un error ocurre.

Área de título	
Área principal	
Área de mensaje	
Área de funciones	

Figura. III.28. Pantalla principal

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Ahora se muestra el teclado del panel de control con el cual vamos a trabajar para introducir los datos de las condiciones iniciales que debe tener nuestro programa.

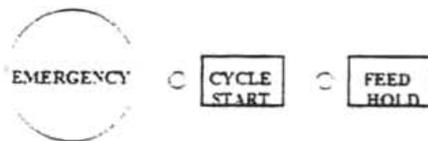
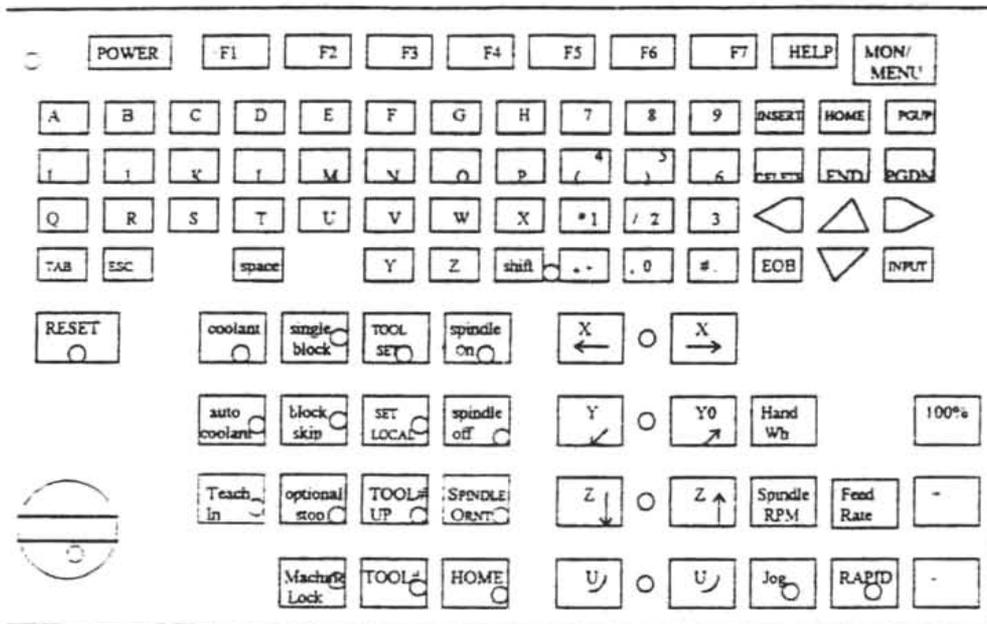


Fig. 3.29. Panel de control de la fresadora DYNA

3. Para iniciar se Pulsar la tecla de encendido (Power), iniciar programa de la fresadora.

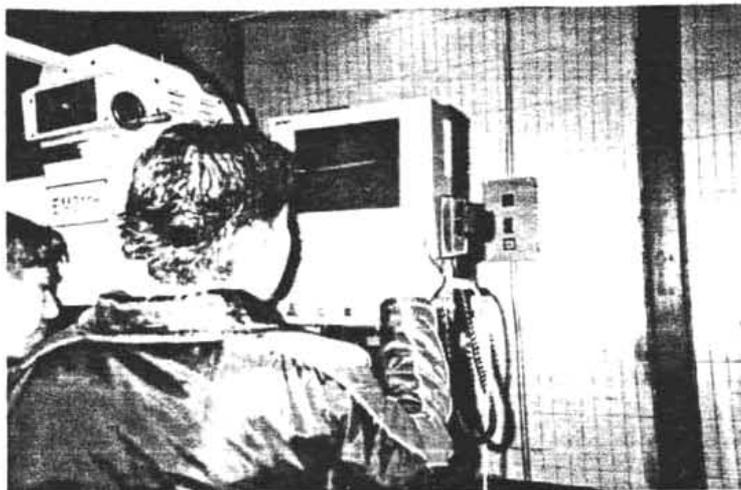


Figura. III.30. Panel de control de la fresadora

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

4. Lo siguiente es Pulsar Mon o Menú principal. con lo cual se desplegó la pantalla donde se pulsa la tecla de home para tener la maquina en sus condiciones iniciales

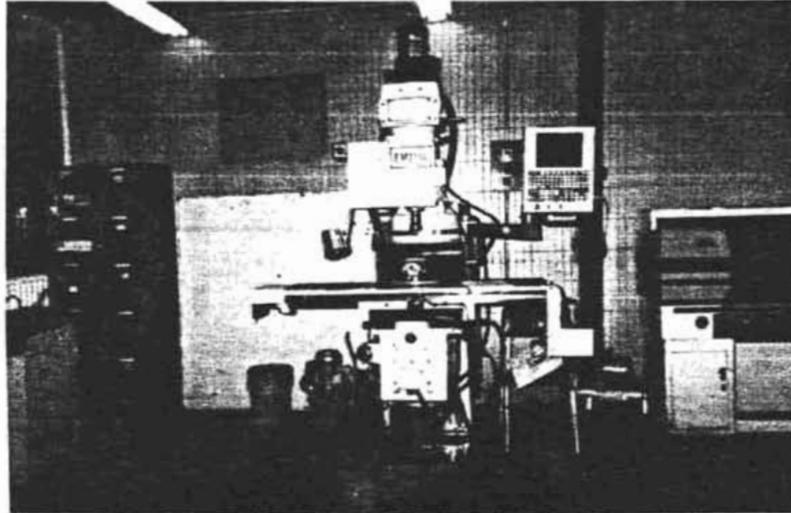


Fig. 3.31. Vista frontal de fresadora DYNA 4M

5. Mandar la máquina a su Home. Para lo cual pulsamos la tecla home, que de esta manera, nos localiza al Punto inicial de la maquina en este ejercicio que se utilizó las siguientes coordenadas, pero, estas se pueden modificar dependiendo del tipo de ejercicio se este realizando.

X = -101.600

Y = 25.400

Z = 0.00

V = 0.00

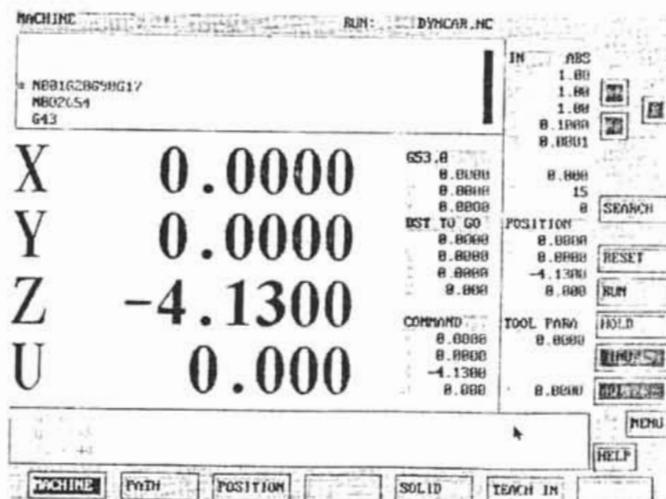


Figura. III.31. Pantalla de coordenadas de fresadora

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Cabe mencionar que en la pantalla aparecen cuatro ejes ya que la fresadora Dyna tiene un eje opcional que se representa con la letra U la cual vamos a presentir de este eje para nuestro ejercicio.

6. Necesitamos establecer la velocidad del husillo (Spindle on) al presionar la tecla introducimos el dato con la cual va a trabajar la velocidad del husillo, en este caso le damos de 1600 mm/min, esto depende del tipo de material que se este utilizando.

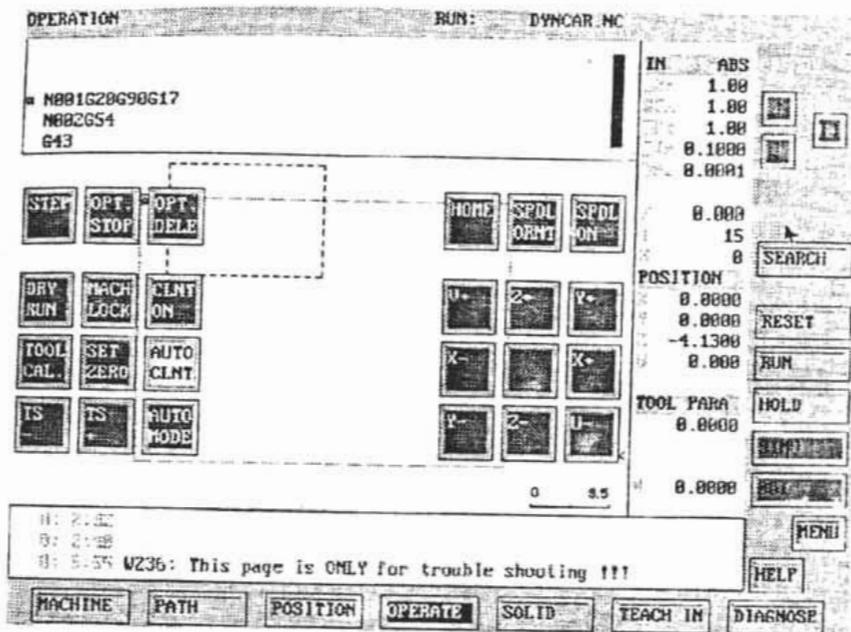


Figura. III.32. Pantalla de inicio

7. El control de mano de la herramienta (Hand Wheel), se pulsa esta tecla, el cual nos da el mando de este control de mano con el propósito de acercar el cortador o alejar de la pieza de una manera mas precisa con lo cual evitaremos algún error y así no poner en riesgo nuestra herramienta de corte.

8. A continuación se pone la pieza en la base, debemos de cuidar que la pieza este bien colocada ya que esto interviene con el resultado final de la pieza, dando como consecuencia que si no esta en los parámetros establecidos en el programa, tendrá repercusiones con el resultado final del trabajo de nuestra pieza de trabajo.

9. Lo siguiente es tomar el punto de referencia o cero de programa acercando la pieza al cortador con los datos obtenidos por el control de mano de la herramienta (Hand Wheel), con lo que debemos de tener en consideración la posición que tiene la pieza con respecto a la maquina y el radio del cortador, con lo cual nos auxiliamos de las siguientes formulas

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

$$X_{pso} = X_{maq} + \text{rad del cortador}$$

$$Y_{pso} = Y_{maq} + \text{rad del cortador}$$

$$Z_{pso} = Z_{maq}$$

Donde:

$X_{pso}$  es la posición cero del programa en el eje X

$Y_{pso}$  es la posición cero del programa en el eje Y

$Z_{pso}$  es la posición cero del programa en el eje Z

$X_{maq}$  es la posición que tiene la pieza con respecto a la maquina en el eje X

$Y_{maq}$  es la posición que tiene la pieza con respecto a la maquina en el eje Y

$Z_{maq}$  es la posición que tiene la pieza con respecto a la maquina en el eje Z

Rad del cortador es el radio del cortador

10. Estos resultados de estas ecuaciones se ingresan en la pantalla de la maquina pulsando la tecla MENU y luego se pulsa F5 en el codigo G59 se escribe los datos obtenidos anteriormente en los ejes X, Y, y Z. con esto se obtiene la posición cero de programa.

11. Se pulsa en el menú Edit y en el commando Prog. New, se le pone el nombre al programa (con máximo de 8 caracteres) para finalizar se pulsa la tecla input que es como se registra en el Panel de control.

12. Se inicia el programa nuevo con algún número, y se escribe el programa mediante el teclado de manera que al término de cada bloque de programa se pulse input, se recomienda ir en bloque de 10 en 10 por si se tiene que regresar a corregir alguna instrucción del programa. Por ejemplo:

N10G90G17640 '

N20G21G94

Cabe mencionar que hay que escribir el programa sin espacios solo al final de una fila de instrucción teclear la función input. (Se puede capturar el programa de manera manual si es que el programa es muy grande y no se puede almacenar en el disco flexible de 31/2 ).

13. Al finalizar el programa se pulsa el comando de Salvar (Save) para guardar el programa con lo cual lo almacena en el disco duro de la fresadora, en consecuencia pulsamos MENU y vamos a la tecla del commando Editar

14. Vamos de nuevo al comando Editar (Edit) para revisar el programa que no tenga problemas de redacción u cualquier otro problema. Al revisar minuciosamente el programa, vamos al MENU se sigue el siguiente paso

15. se pulsa en camino ( path) con lo cual inicia la fresadora a trabajar la pieza con el programa establecido con nuestras condiciones iniciales y especificaciones de nuestra pieza de trabajo. Para finalizar es necesario quitar la escoria de la pieza,

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

desmontarla e iniciar con la hoja de programación para tenerlo al final como una hoja de trabajo para mandarlo a producción si es que se va a trabajar en la industria.

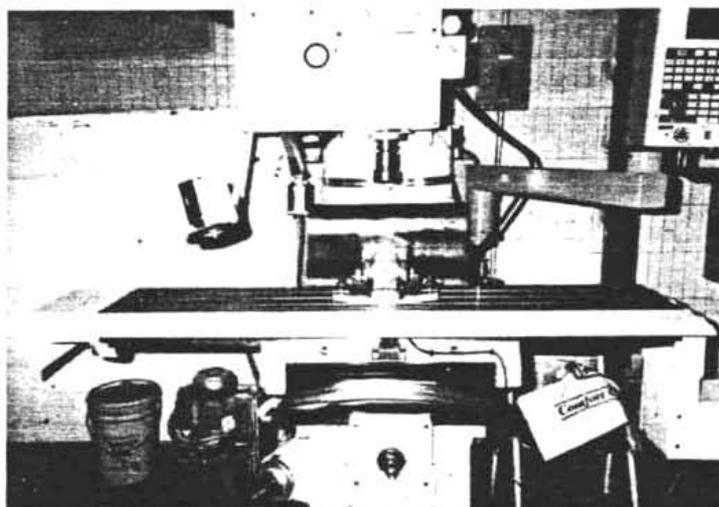
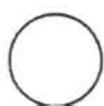
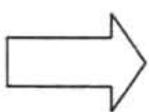
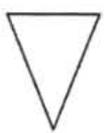


Fig. III.34. Elaboración de la pieza con la fresadora DYNA 4M

Para tenerlas actividades resumidas se elaboro un diagrama bimanual el cual es un cursograma en que se consigna la actividad de las manos (o extremidades) del operario indicando la relación entre ellas.

Los símbolos que se utilizan son generalmente los siguientes:

-  Operación  
Se emplea para los actos de asir, sujetar, utilizar, soltar, etc., una herramienta, pieza o material
-  Transporte  
Se emplea para representar el movimiento de la mano(o extremidad) hasta el trabajo, herramienta o material o desde uno de ellos.
-  Espera  
Se emplea para indicar el tiempo en que la mano o extremidad no trabaja (aunque quizá trabajen las otras).
-  Sostenimiento  
("almacenamiento") con los diagramas bimanuales no se emplea el termino almacenamiento, y el símbolo que le correspondía se utiliza para indicar el acto de sostener alguna pieza, herramienta o material con la mano cuya actividad se está consignando.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### III. Diagrama bimanual de elaboración de una pieza en la fresadora DYNA 4M

Descripción de la mano izquierda		Descripción de la mano derecha
Se sostiene la pieza		Encendido de la fresadora
Hasta la prensa de la fresadora		Calibración de la prensa
Entra la pieza a la prensa		Se monta la pieza en la prensa
se acomoda lo mejor posible la pieza en la prensa		Se aprieta la pieza en la prensa
Sostiene la hoja del programa de la pieza		Captura del programa en la fresadora
Se sostiene el control manual de la herramienta de corte		Se aproxima la herramienta de corte con el control
Se deja el control manual de la herramienta de corte		
Se sostiene una hoja de datos		Se escriben los datos obtenidos
Se sostiene una hoja de apuntes		En la hoja de apuntes se obtienen datos del posición cero del programa
Se sostiene la hoja de apuntes		Se capturan los datos en la fresadora

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Se lleva una brocha a la fresadora									Se verifican las condiciones iniciales del programa
Se sujeta una brocha									Se Inicia del programa
Se limpia la pieza de escoria con la brocha									se afloja la prensa
Se lleva a el almacén									Se desmonta la pieza de la fresadora
Resumen									
Método	Actual								
	Izq.	Der.							
Operaciones	4	12							
Transportes	3	1							
Esperas	7	1							
Sostenimientos									
Inspecciones	-	-							
Totales	14	14							

En el siguiente capítulo exponemos como se hace la programación para la elaboración de la pieza en la fresadora.

## CAPÍTULO IV

### **“Programación aplicada a la fresadora de cnc dyna 4M”.**

Un sistema de control numérico (CN) contiene las instrucciones necesarias para realizar un maquinado a una máquina. El trabajo se lleva a cabo por medio de una herramienta de corte (fresa) en forma automática y precisa. El sistema se programa fácilmente para el trabajo a su alcance. Cuando se termina un trabajo, se introduce un programa nuevo y el sistema realiza el nuevo maquinado, y así sucesivamente.

Puesto que el control numérico es un sistema automático mediante números, se utiliza para controlar la posición relativa entre la pieza y la herramienta, así como los avances, RPM, el tipo de interpolación, etc.

Los controles numéricos por computadora (CNC) son controlados por dispositivos electromecánicos, y el software dirige el control. Un CNC tiene una unidad central de proceso (CPU), que realiza los procesos aritméticos y lógicos, y las funciones requeridas por el control. El CNC también tiene una memoria en la cual almacena un programa ejecutivo (software) que dirige el CPU para llevar a cabo las funciones de control. El software ofrece numerosas ventajas al CNC, pudiéndose actualizar, revisar y editar los programas almacenados en la memoria con más facilidad. El propósito de cualquier sistema de Control Numérico es incrementar la producción a bajo costo, sin disminuir la precisión y aumentar la calidad. La mecanización de una sola pieza es posible y factible por naturaleza del sistema de control. Los programas requeridos se pueden memorizar directamente a la máquina por medio de su panel de control; el programa se puede editar para corregir errores, o cuando sea necesario efectuar cualquier cambio en el mismo.

El costo de los dispositivos es considerablemente menor en el caso del CN que en el maquinado convencional. La precisión del CN elimina la necesidad de dispositivos costosos, al contar con ejes de referencia ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ), y teniendo la mesa de la máquina como plano de referencia vertical (plano  $X$ - $Y$ ), la precisión del posicionamiento en el CN es de  $\pm 0.001$  mm. Los errores de un punto a otro no son acumulativos.

La precisión del CN hace que se reduzcan los costos asociados con el alistamiento y tiempo de operación; la preparación de la máquina se concreta al cambio de programa y a la definición tanto del nuevo punto de referencia como del juego de herramientas a utilizar.

Se debe tener en cuenta que el costo inicial de la maquinaria de control numérico es elevado, pero se puede justificar con mayor producción de alta calidad. Ahora bien, como se ha mencionado, podemos controlar con gran precisión y en menor tiempo el maquinado de piezas únicas o de un volumen considerable de producción de piezas iguales; pero esto sólo será posible si se cuenta con la elección de un buen proceso, puesto que una mala selección de éste puede originar tiempos excesivos de maquinado o, simplemente, tener que repetir alguna pieza en su totalidad, ya sea por la falta de atención del operador, mala información de diseño o la elaboración errónea del programa. Por lo

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

tanto, para obtener una pieza maquinada o un lote de piezas iguales manufacturadas por CN de alta calidad, a bajo costo y en menor tiempo posible, se requiere de lo siguiente:

- Contar con la información necesaria y suficiente plasmada en un dibujo de definición proporcionado por diseño.
- La elección del mejor proceso de maquinado, así como de las herramientas necesarias para la fabricación deseada y de dispositivos de sujeción adecuados.
- Con base en el diseño y al proceso elegido, desarrollar los programas necesarios.
- Que cada persona incluida en la fabricación y maquinados a realizar sea responsable de su trabajo, teniendo para ello una buena capacitación.

El lenguaje de programación que trataremos es el DYNA 4M, utilizado en fresadoras con control numérico, así como el lenguaje G/M (ISO) Y DYNA, aplicable a este tipo de control, debido a que puede operar en ambos formatos modificando un parámetro de máquina. Es necesario aclarar que los ejemplos que se desarrollan están diseñados a partir de fresadoras CNC con cambio manual de herramientas. La programación con sistemas de control 4M, es un método sencillo para elaborar programas de mecanizado, estos controles numéricos (CN) están diseñados para que el programador introduzca directamente su programa en el control, por esta razón se llama TNC (Tipp-NC), esto implica que la secuencia de introducción de un programa se realiza con los comandos correspondientes (teclas del control), y después el TNC despliega en la pantalla una serie de iconos preguntando los datos que definen al proceso. Estos controles también pueden programarse externamente a partir del sistema DNC (RS-232 interno y externo) según normas DIN/ISO.

### IV.1.- Definición de control numérico

Existen diversas definiciones de lo que es un control numérico (CN) entre las que se pueden citar las siguientes:

- Es todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas a partir de las instrucciones codificadas en un programa.
- Es todo dispositivo que realiza un mando mediante números, haciendo que las máquinas desarrollen su trabajo automáticamente mediante la introducción en su memoria de un programa en el que se definen las operaciones a realizar por medio de combinaciones de letras y números.
- Son sistemas que, en base a una serie de instrucciones codificadas (programa), gobierna todas las acciones de una máquina o mecanismo al que le ha sido aplicado haciendo que este desarrolle una secuencia de operaciones y movimientos en el orden previamente establecido por el programador.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Quizá la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas-herramienta sea la siguiente:

“Sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de las mismas, entre las que se encuentran:

- Los movimientos de los carros y el cabezal,
- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte,
- Los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar,
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina (bloqueos, refrigerantes, lubricación, etc.),
- El estado del funcionamiento de la máquina (averías, funcionamiento defectuoso, etc.),
- La coordinación y el control de las propias acciones del CN (flujos de información, sintaxis, de programación, diagnóstico de su funcionamiento, comunicación con otros dispositivos, etc.).”

De todo ello se deduce que los elementos básicos de un sistema de control numérico son, con carácter general (ver Figura IV.1).

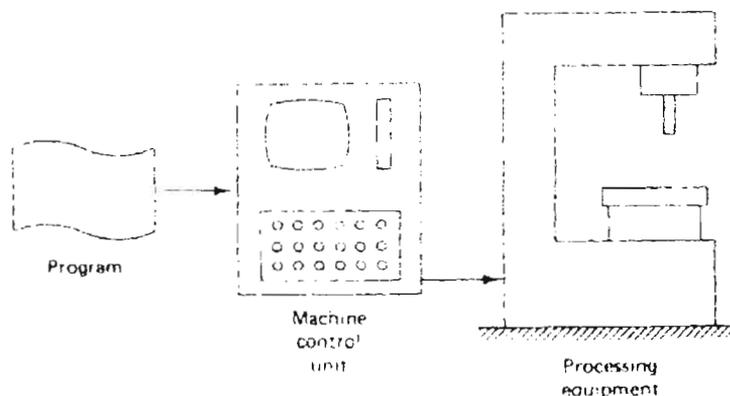


Figura IV.1.- Sistema de Control Numérico.

El programa, que contiene la información precisa para que se desarrollen estas tareas. El programa se escribe en un lenguaje especial (código) compuesto por letras y números y se graba en un soporte físico (cinta magnética, disquete, etc.) o se envía directamente al control vía RS-232.

El control numérico (CN), que debe interpretar las instrucciones contenidas en el programa, convertirlas en señales que accionen los dispositivos de las máquinas y comprobar su resultado.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

El equipo de procesamiento es el componente que realiza el trabajo útil, y lo forman la mesa de trabajo, las máquinas-herramienta así como los motores y controles para moverlas.

El control numérico puede aplicarse a una gran variedad de máquinas, entre las que podemos citar:

- ❖ Tornos,
- ❖ Fresadoras,
- ❖ Centros de mecanizado,
- ❖ Taladradoras,
- ❖ Punteadoras,
- ❖ Mandrinadoras,
- ❖ Rectificadoras,
- ❖ Punzonadoras,
- ❖ Dobladoras,
- ❖ Plegadoras,
- ❖ Prensas,
- ❖ Cizallas,
- ❖ Máquinas de electroerosión,
- ❖ Máquinas de soldar,
- ❖ Máquinas de oxicorte,
- ❖ Máquinas de corte por láser, plasma, chorro de agua, etc.,
- ❖ “Plotters” o graficadores,
- ❖ Máquinas de bobina,
- ❖ Máquinas de medir por coordenadas,
- ❖ Robots y manipuladores,

### IV.2.- Clasificación del control numérico según la tecnología de control

Si atendemos a la clasificación según la forma física de realizar el control encontramos los siguientes tipos de CN:

- Control Numérico (CN)
- Control Numérico Computarizado (CNC)
- Control Numérico Adaptativo (CNA)

#### Control Numérico (CN).

La denominación de Control Numérico (CN) se utiliza para designar aquellos controles donde cada una de las funciones que realiza el control es implementada por un circuito electrónico específico únicamente destinado a este fin, realizándose la interconexión entre ellos con lógica cableada.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Sus características principales son las de trabajar sin memoria, con una cinta perforada como medio de introducción del programa que se ejecuta de forma secuencial. Los armarios de control son de gran volumen y difícil mantenimiento.

### Control Numérico Computarizado (CNC).

El tipo de controles basados en circuitos específicos y lógica cableada (CN) ha caído en desuso con la aparición de los Controles Numéricos Computarizados (CNC), basados en el uso de uno o varios microprocesadores que sustituyen a los circuitos de lógica cableada de los sistemas CN, poco fiables y de gran tamaño.

Los CNC incluyen una memoria interna de semiconductores que permite el almacenamiento del programa pieza, de los datos de la máquina y de las compensaciones de las herramientas. Por otra parte, incorporan un teclado que facilita la comunicación y el grado de interactividad con el operario y permiten la ruptura de la secuencia de los programas, la incorporación de subrutinas, los saltos condicionales y la programación paramétrica. De esta forma, se facilita una programación más estructurada y fácil de aprender. Por otra parte, se trata de equipos compactos con circuitos integrados, lo que aumenta el grado de fiabilidad del control y permite su instalación en espacios reducidos y con un nivel de ruido elevado.

Actualmente, todos los controles que se fabrican son del tipo de CNC, quedando reservado el término CN para una referencia genérica sobre la tecnología, de tal forma que se utiliza la denominación CN (Control Numérico) para hacer referencia a todas las máquinas de control numérico, tengan o no computador.

### Control Numérico Adaptativo (CNA).

El Control Numérico Adaptativo (CNA) es la tendencia actual de los controles. En ellos el controlador detecta las características del mecanizado que está realizando y en función de ellas optimiza las velocidades de corte y los avances; en otras palabras, adapta las condiciones teóricas o programadas de mecanizado a las características reales del mismo. Para ello, hace uso de los sistemas sensoriales de fuerza y deformación en la herramienta, par, temperatura de corte, vibraciones, potencia, etc.

Las razones de la introducción del CNA residen en la variación de las condiciones de corte durante el mecanizado por varios motivos:

- Geometría variable de la sección de corte (profundidad y anchura) por la complejidad de la superficie a mecanizar, típico de las operaciones de contorno.
- Variaciones en la dureza y en la maquinabilidad de los materiales.
- Desgaste de las herramientas, incrementándose el esfuerzo de corte.

#### IV.3.- Ventajas y desventajas del uso del control numérico.

El uso de la tecnología del CN aplicada a las máquinas-herramienta presenta una serie de ventajas y desventajas que se pueden resumir como sigue:

##### a) **Ventajas.**

Entre las ventajas podemos enumerar las siguientes:

- Reducción de los tiempos de fabricación, pues:
  - Los tiempos muertos se reducen al encadenarse de forma automática los movimientos, por la rapidez de los movimientos en vacío y por el control automático de las velocidades del cabezal.
  - Los tiempos de reglaje se ven reducidos al disminuir el número de reglajes de máquina y de pre-reglajes de herramienta hechos fuera de máquina.
  - Los tiempos de control y medida disminuyen debido a la elevada precisión de los mecanizados y a la reproducción fiel de las cotas a partir de la primera pieza.
  - Los tiempos de cambio de pieza también se reducen.
  - Los tiempos de espera entre máquinas bajan, al poder realizar sobre una misma máquina mayor número de operaciones que con las convencionales; esto se relaciona con la disminución de la superficie ocupada de taller.
  - Se reduce el número de verificaciones entre operaciones.
- Reducción del tamaño del lote económico y, por lo tanto, del nivel de almacenes.
- Aumento de la flexibilidad de producción expresada en términos de fácil adaptabilidad a la realización de distintos tipos de fabricados, respondiendo ágilmente a las necesidades del mercado.
- Disminución de rechazos de piezas, como consecuencia de la precisión de las máquinas.
- Mayor duración de las herramientas, debido a su mejor aprovechamiento.
- Supresión de ciertas herramientas y disminución del número de herramientas de forma (ahorro de herramientas y utillaje); se utilizan herramientas más universales.
- Supresión del trazado de piezas antes del mecanizado.
- Ahorro de utillaje, al realizar en una misma máquina mayor número de operaciones.
- Posibilidad de realizar de manera económica piezas de geometría complicada.
- Mejora de la gestión de la fabricación (tiempos más uniformes).
- Mejora de la seguridad al reducirse el grado de interactividad máquina-operario durante los procesos de mecanizado.
- Menor número de operarios y de menor calificación, para manejo de las máquinas.
- Atracción y motivación del personal hacia las nuevas tecnologías.

### b) Desventajas.

Entre las desventajas podemos citar:

- ✦ Coste horario elevado por la importante inversión de adquisición de una MHCN, debido no sólo al precio de la MHCN sino al de los elementos auxiliares. Ello obliga a asegurar un alto nivel de ocupación de la máquina y la puesta a varios turnos del equipo para conseguir una amortización razonable.
- ✦ Necesidad de un personal más cualificado en programación y mantenimiento, lo que se traduce en mayores costes en formación y en salarios.
- ✦ Alto coste del servicio postventa y de mantenimiento de los equipos en razón de su mayor complejidad. Se estima que el coste de mantenimiento de una MHCN es un 50% más elevado que en las convencionales.
- ✦ Necesidad de un tiempo de adaptación y de un cambio en la estructura organizativa y de gestión de la fabricación. No es fácil adaptar a los empleados a las nuevas técnicas exigidas por el CN.
- ✦ Alto coste de inversión, adquisición, mantenimiento y reposición de herramientas.

### IV.4.- Características de las Máquinas-Herramienta de Control Numérico (MHCN)

Las condiciones de funcionamiento de las máquinas de CN y sus requerimientos de precisión y fiabilidad obligan a una tecnología de fabricación distinta a la empleada para las máquinas convencionales. Los puntos más importantes en los que hay que fijar la atención son los siguientes:

- ✦ Mecanismos de posicionamiento.
- ✦ Sistemas de medida.
- ✦ Diseño de máquinas.
- ✦ Sistemas de cambio de herramientas y piezas.

#### IV.4.1.- Mecanismos de posicionamiento

Los mecanismos de posicionamiento tienen como objeto conducir los dispositivos móviles (carros, husillos, etc.) automáticamente a una posición determinada según una trayectoria especificada con unas condiciones adecuadas de precisión, velocidad y aceleración.

Los componentes básicos de los mecanismos de posicionamiento son los accionadores y el propio sistema de control de posicionamiento.

Por accionadores se entienden aquellos dispositivos que permiten realizar algún movimiento (motores, válvulas, etc.), incluyendo todos los dispositivos asociados de regulación y amplificación de la señal de mando.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

El control de posicionamiento de una máquina-herramienta de CN puede realizarse mediante el uso de dos sistemas de servomecanismos de posicionado:

- ♣ Sistema de bucle cerrado.
- ♣ Sistema de bucle abierto.

### Sistema de bucle cerrado.

En este tipo de servomecanismos, las órdenes suministradas los motores proceden de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo del CN y de los datos suministrados por el sistema de medida de la posición real (captador de posición) y de la velocidad real (captador de velocidad) montado sobre la máquina.

El principio de los servomecanismos de posición en bucle cerrado consiste en comparar en todo momento la posición del móvil con la orden dada. La señal enviada al accionador es función de la relación entre la posición y la orden.

Usualmente se utilizan dos bucles de retorno de información, uno para el control de posición y otro para el control de la velocidad de desplazamiento del móvil, debido a que antes de llegar a la cota deseada se disminuye la velocidad para alcanzar el posicionado correcto.

Para la mayoría de los accionamientos de las MHCN con control de posicionamiento en bucle cerrado se utilizan motores de corriente continua de imán permanente y de baja inercia debido a su funcionamiento flexible, con aceleraciones rápidas y regulaciones de velocidad proporcionales a la tensión. La tendencia actual, sin embargo, es hacia la incorporación de motores de corriente alterna a los sistemas de accionamiento por sus mejores prestaciones y menor mantenimiento.

### Sistema de bucle abierto.

En este tipo de sistemas se elimina el retorno de la información de posición y velocidad del móvil.

Se utilizan forzosamente motores paso a paso para el movimiento de los ejes, debido a que un motor de este tipo tiene un rotor que efectúa una rotación de un ángulo determinado cada vez que recibe un impulso eléctrico.

El motor paso a paso permite el control de desplazamientos y de velocidades de manera muy simple. Se alimenta con trenes de impulsos eléctricos cuyo número tiene relación con la posición que se desea alcanzar, y su cadencia (número de impulsos por unidad de tiempo) establece la velocidad de giro.

Este tipo de sistemas se utiliza en general para aquellas máquinas en las que no es necesario controlar en todo momento la velocidad del avance y la posición de la herramienta como es el caso de punteadoras, taladradoras, plegadoras, etc.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Los inconvenientes principales que presentan este tipo de motores son:

- La posible pérdida de pasos en el desplazamiento por un esfuerzo elevado en el eje del motor, lo que conduce a un error de posición.
- Limitaciones de potencia y par intrínsecas a las características del motor.
- Debido a su avance por impulsos producen un peor acabado de las piezas a mecanizar.

La ventaja principal que tiene es su bajo coste.

### IV.4.2.- Sistemas de medida

Los sistemas de medida de posición y velocidad son la base para los CN que utilizan un sistema de posicionamiento de bucle cerrado. También existen máquinas que incorporan sistemas de medida de herramientas y piezas.

Para la medida de los desplazamientos y velocidades se utilizan los captores.

Un captador de posición mide una magnitud geométrica, transformándola en una señal eléctrica capaz de ser analizada por el equipo de control.

Existen diversas maneras de clasificar los captores de posición en función de los siguientes conceptos:

- ✚ Naturaleza de la información proporcionada: analógicos o digitales.
- ✚ Relación entre las magnitudes mecánica y eléctrica: absolutos o incrementales.
- ✚ Emplazamiento del captador sobre la cadena cinemática: directos o indirectos.
- ✚ Forma física del captador: lineal o rotativo.

Los analógicos proporcionan información de la medida con magnitudes continuas como tensiones o fases eléctricas. En cambio los digitales facilitan un número finito de valores de posición de forma digital.

Los captadores absolutos dan una señal ligada unívocamente al valor medido, para lo cual a lo largo del desplazamiento se identifican una serie de posiciones mediante un código correspondiente a cada posición que representa la medida de la misma respecto a un origen fijo. Los incrementales o relativos emiten una señal o impulso para cada desplazamiento elemental, calculando el sistema de control el desplazamiento en función del número de impulsos recibidos.

Los captadores directos miden la posición sobre el mismo desplazamiento que se desea medir, sin ningún elemento mecánico intermedio. Los indirectos miden el desplazamiento del móvil a través del de algún elemento intermedio de la cadena cinemática de accionamiento del mismo.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Los captadores lineales basan su principio de funcionamiento en el desplazamiento lineal relativo de dos elementos. Los rotativos miden desplazamientos de rotación.

Las clasificaciones anteriores se han hecho en base a la forma de medir, pero también pueden clasificarse los captadores atendiendo a la técnica que utilizan para la medición, es decir, según el fenómeno físico en el que se basan:

- ↓ Inducción.
- ↓ Fotoeléctricos.
- ↓ Opto eléctricos.

Aunque existe una amplia variedad de captadores, los más utilizados en MHCN en la práctica son los tipo “resolver” (captador analógico, absoluto, rotativo, normalmente indirecto y basado en la inducción electromagnética) y el “Inductivo” (captador analógico, absoluto, lineal, directo y también basado en la inducción electromagnética).

Las características principales de un captador de posición se pueden resumir en las siguientes:

- ↓ Campo de medida.
- ↓ Poder de resolución.
- ↓ Precisión.
- ↓ Precisión de repetición.
- ↓ Sensibilidad.
- ↓ Ruido.
- ↓ Velocidad máxima de detección.

### IV.4.3.- Diseño de las MHCN

En principio un Control Numérico se puede adaptar a cualquier tipo de máquina- herramienta convencional, tanto de arranque de viruta como de trazado y deformación. Sin embargo, las características de precisión y de fiabilidad exigidas en estas máquinas en condiciones duras de utilización hacen que sea necesario de modificar las características de diseño de las máquinas.

Estructuralmente, las Máquinas-Herramienta de Control Numérico (MHCN) son máquinas más rígidas y con menos vibraciones que las convencionales, gracias al uso de bastidores de chapa soldada y de hormigón (sustituyendo a la clásica fundición) y de construcción modular, como podemos observar en la siguiente figura.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

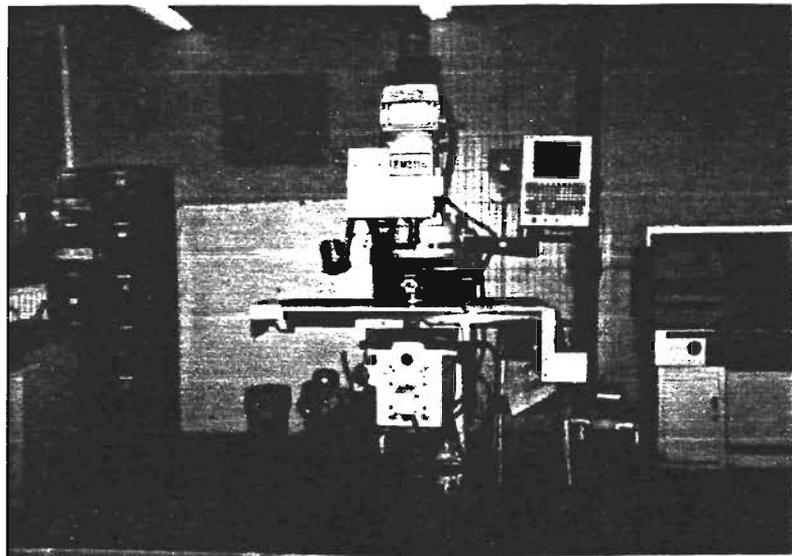


Figura IV.2.- Fresadora de CNC DYNA 4M.

En el diseño de su cadena cinemática se busca disminuir los juegos, rozamientos, vibraciones e inercias de las masas móviles para mejorar las características de precisión y de repetitibilidad del posicionado de la herramienta, aumentando la rigidez de las guías y utilizando materiales con bajo coeficiente de fricción o sistemas hidrostáticos de rodadura, husillos a bolas, etc.

Asimismo, se ha mejorado la estabilidad y la uniformidad térmica de las máquinas mediante sistemas de refrigeración de herramienta, pieza y máquina, además de incluir sistemas de evacuación de viruta.

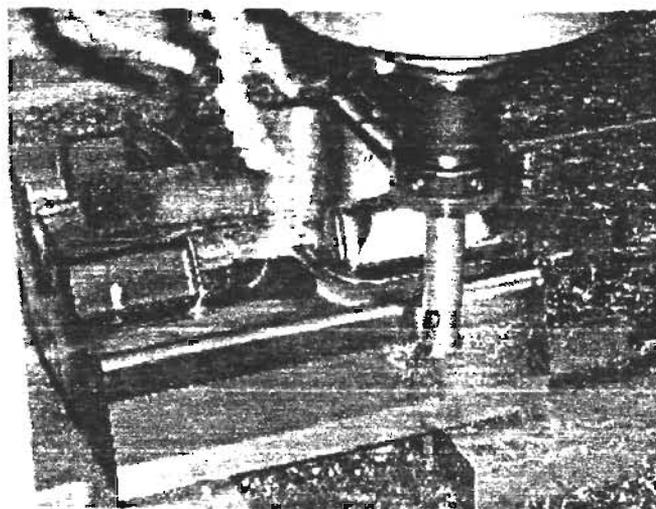


Figura IV.3.- Sistema de refrigeración para fresadora de CNC DYNA 4M.

### IV.4.4.- Sistemas de cambio de herramientas y piezas

En la línea de proporcionar a la máquina el mayor grado de automatismo, se hace necesario incluir algún sistema que permita reducir al mínimo los tiempos en los que no está mecanizado. Entre los sistemas utilizados se encuentran los de cambio automático de herramientas y de piezas.

#### Cambio de herramienta.

Los cambiadores automáticos de herramientas permiten reducir al mínimo los tiempos de cambio de útiles evitando el proceso de reglaje en el cambio y permitiendo realizar distintos tipos de piezas con una preparación mínima de la máquina.

Básicamente, hay dos tipos de sistemas de cambio de herramientas:

- Torreta giratoria.
- Almacén de herramientas.

El primero es utilizado normalmente en tornos y taladros, pudiendo contener hasta 12 herramientas entre las que se pueden encontrar útiles motorizados para realizar taladros y operaciones de fresado, convirtiendo al torno en un centro de torneado.

Girando la torreta se sitúa la herramienta en posición de trabajo, siendo el tiempo de cambio de la herramienta del orden de un segundo. La identificación de la herramienta se hace en base a la posición que ocupa dentro de la torreta, por lo que está debe ser tenida en cuenta cuando se carga la torreta.

El almacén de herramientas se utiliza para aquellas máquinas que precisan un elevado número de útiles para realizar un trabajo (caso típico de los centros de mecanizado). Físicamente se trata de almacenes de tambor o de cadena con un manipulador asociado que se encarga de trasladar la herramienta desde el almacén hasta el husillo de trabajo. En este caso, se suelen utilizar sistemas de identificación que consisten de disponer de un código sobre la herramienta y un procedimiento de la lectura de este código. Algunos códigos utilizados son los de anillos montados en el mango del útil que presionan una fila de interruptores reproduciendo un código binario o el basado en cápsulas magnéticas incorporadas sobre la propia herramienta.

#### Cambio de piezas.

El cambio automático de piezas es otro sistema que han incorporado algunas MHCN para reducir los tiempos de carga y descarga de la pieza.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Existe una amplia variedad de sistemas entre los que se puede citar:

- Robots y manipuladores.
- Alimentadores automáticos.
- Sistemas de cambio de pallets.

### Sistemas de control.

La arquitectura del sistema de control de un Control Numérico comprende los siguientes elementos:

- ↳ Unidad de entrada-salida de datos.
- ↳ Unidades de memoria fija (ROM) y volátil (RAM)
- ↳ Uno o varios microprocesadores.
- ↳ Visualizador de datos.
- ↳ Unidad de enlace con la maquina.

#### a) Unidad de entrada-salida de datos.

La entrada y salida de datos en los equipos CN se puede realizar de varias formas:

- ↳ Por cinta perforada (ya obsoleto)
- ↳ Por panel de control.
- ↳ Por cintas magnéticas (tipo casete), ya en desuso y sustituidas por disquetes informáticos.
- ↳ Por comunicación con un ordenador externo.

#### 1.- Por cinta perforada.

El material de cinta perforada empleado puede ser papel, plástico o cinta "Mylar" bonificada con plástico; corrientemente se emplea la cinta de papel.

La información se halla contenida en la cinta perforada en forma de agujeros, que están dispuestos en canales e hileras transversales, tal como se muestra a continuación.

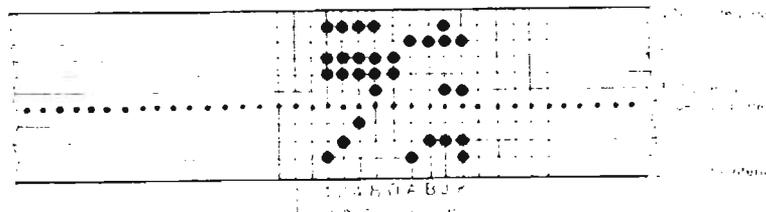


Figura IV.4.- Cinta perforada.





## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

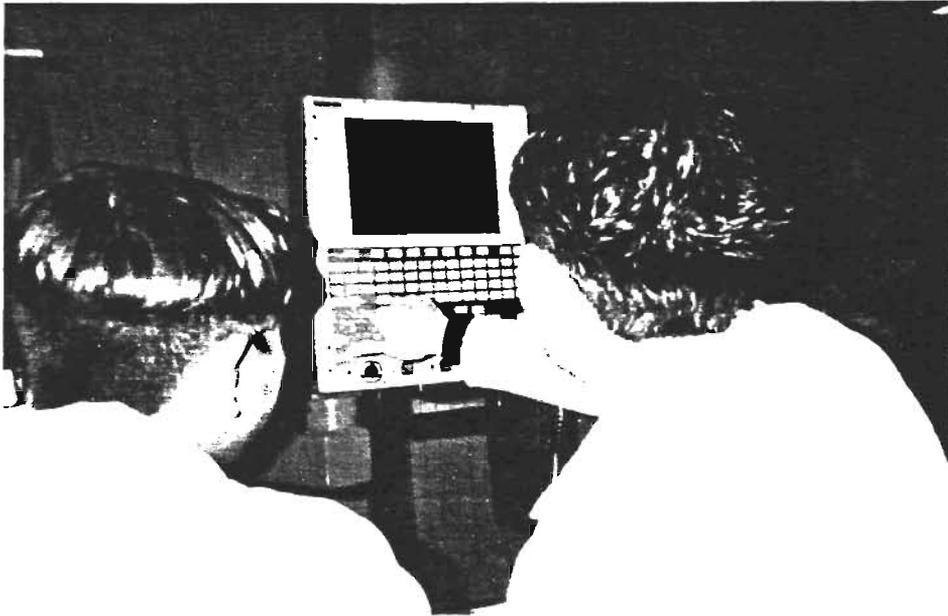


Figura IV.6.- Programación manual en la fresadora DYNA 4M.

La interacción que permite el uso de teclado del panel de control permite la fácil corrección de programas, la introducción de correctores de herramientas, su uso en trabajos normalmente reservados a máquinas convencionales con alto grado de interactividad hombre-máquina (matricería) y el control total de la máquina desde un puesto centralizado.

Como inconvenientes principales de la programación a pie de máquina se encuentran el que todavía debe disponerse en documentos de papel con el programa, en un ambiente de taller poco propicio para su manejo y la limitación de memoria de los CN, que requiere la carga y descarga de programas en producción de seis cortas, por saturación de su capacidad de almacenamiento.

### 3.- Cintas magnéticas.

La solución a una parte de los inconvenientes que presenta la introducción de datos vía teclado o por cinta perforada viene de la mano de uso de periféricos de cinta magnética (tipo cassette), con una alta capacidad de almacenamiento de programas en un volumen reducido y con alta transportabilidad.

El lector-grabador de cinta se conecta al CN mediante un cable (usualmente RS-232C V24), pudiendo cargar y descargar los programas en ellos almacenados o que piensan ser usados. Con ello se evita la repetición de una tarea engorrosa y poco fiable, como es la del tecleo sobre el propio CN, y la saturación de la memoria con programas de mecanizado de piezas que no son lo suficiente repetitivas como para tenerlos permanentemente.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### 4.- Comunicación con ordenador externo.

Básicamente consiste en la transmisión y repetición de programas entre un ordenador externo y el Control Numérico de una o varias máquinas-herramienta. La comunicación se realiza a través de un cable de conexión usando, normalmente, la norma RS-232C, de modo que el desarrollo y almacenamiento de los programas se efectúa utilizando los recursos del ordenador más apto que los del CN.

Este tipo de técnica conocida con el nombre de Control Numérico Directo (CND o DNC en inglés) permite no solo la carga y descarga de programas de una manera mucho más rápida y fiable que los métodos anteriores, sino que, además permite la gestión de las MHCN desde un puesto no situado en taller, para realizar labores de gestión y de control de datos de producción de varias máquinas.

La edición y corrección de programas en un teclado más ergonómico que el del CN y la conexión de sistemas de diseño y generación automática de programas de mecanizado (CAD/CAM).

El impacto que provoca el uso de ordenadores externos a la propia máquina ha sido un paso fundamental hacia la fábrica del futuro, con el objeto de conseguir una planificación de la fabricación automatizada.

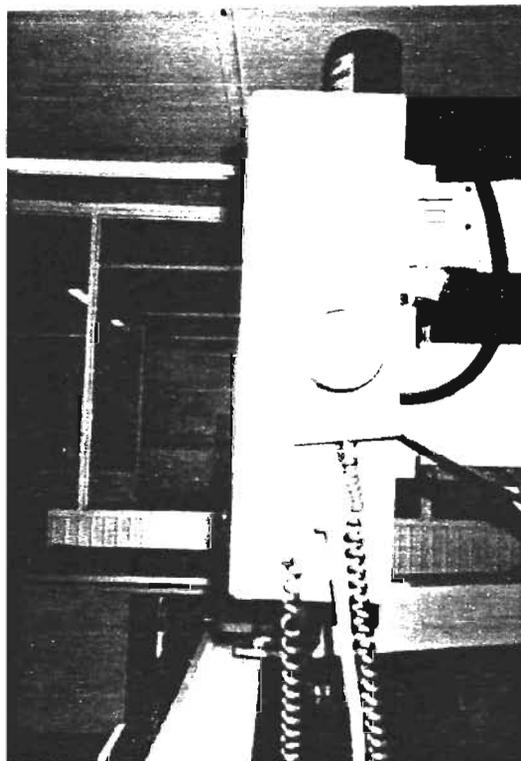


Figura IV.7.- Sistema de comunicación de la fresadora DYNA 4M (RS-232C y Disquete).

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### a) Unidades de memoria fija (ROM) y volátil (RAM).

La *unidad de memoria fija* o ROM (Ready Only Memory, memoria de sólo lectura) incluida en los CN, tiene como función almacenar los instrucciones, funciones y subprogramas registrados por el fabricante y que no deben ser modificados para el uso de la máquina. Como su nombre indica, es una memoria de datos que sólo puede leerse y no modificarse por el usuario o por la máquina.

La tecnología usada es la de transistores MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) y permite conservar los datos durante un tiempo muy superior al de la vida de la máquina.

La *memoria volátil* o RAM (Random Acces Memory, memoria de acceso aleatorio) se puede leer y escribir, y por lo tanto, posee la capacidad de ser modificada por el usuario. En ella se registran los programas de usuario y es utilizada internamente por el control.

La capacidad de las memorias RAM o el almacenamiento de programas es muy variable dependiendo del fabricante, existiendo memorias de 8 Kb hasta memorias de varios miles de Kb e incluso más.

Lo normal es una memoria de 32 Kb, puesto que, aunque la mayor parte de los CN permiten su ampliación, la capacidad de trabajar en DNC en modo infinito (el ordenador envía el programa por bloques manejables por la memoria del CN) de muchos controladores evita el problema de las limitaciones de capacidad de memoria.

### b) Microprocesadores.

El microprocesador o Unidad Central de Proceso (CPU) es el encargado del control de los elementos que componen la máquina en función del programa que ejecuta. Básicamente, accede a las instrucciones del programa, las decodifica y ejecuta las acciones especificadas.

Existen microprocesadores de 8, 16 y hasta 32 bits, en función del grado de complejidad y de la rapidez requerida. Una instrucción completa puede codificarse mediante 1, 2 y 3 bytes.

Entre sus funciones están también las de calcular todas las operaciones aritmético-lógicas que precise, de lo cual se encarga la u Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Existen CN que disponen de varios microprocesadores, cada uno de los cuales se encarga de una función específica y que trabaja de una forma coordinada.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### c) Visualizadores de datos.

Son monitores que permiten que el operador controle la marcha de programación o del proceso de mecanizado, además de conocer el estado de la máquina a través de los mensajes que aparecen en el mismo.

Actualmente, casi todos los visualizadores de datos son monitores de video TRC (Tubo de Rayos Catódicos) o de pantallas de cristal líquido LCD similares a la de numerosos ordenadores, permitiendo incluso la posibilidad de generar imágenes en color y gráficos.

### e) Unidad de enlace con la máquina.

El CN está enlazado con la máquina-herramienta a través de los órganos de mando y control sobre los motores que accionan los órganos móviles (husillos de los carros y mesas) para que su movimiento se ajuste a lo programado.

Otro tipo de enlaces son los que se establecen con el armario eléctrico de la máquina-herramienta para controlar la velocidad del husillo, el cambio de herramienta y otras funciones como la marcha-parada, la conexión del refrigerante, etc.

## IV.5.- Programación de la fresadora de CNC DYNA 4M

De todos los factores que concurren a la utilización eficaz y rentable de las máquinas con control numérico, la programación es uno de las más importantes, pero es también aquel cuya complejidad real es la peor comprendida, es uno de los temores del control numérico.

La palabra programación ha evocado a menudo la palabra computadora, que tiene del programador una idea que no corresponde a la realidad.

En efecto, la programación no es más que la codificación de un modo operativo y riguroso en sus menores detalles. El programador deberá poseer, en primer lugar, conocimiento profundo de la tecnología del maquinado complementado con el conocimiento de la codificación, bajo la cual las informaciones deben ser sometidas al equipo de control numérico. La programación corresponde, pues, dos fases:

- El establecimiento de un modo operativo detallado.
- Su transcripción, ya bajo una forma directa asimilable por el equipo de control, o ya en lenguaje de una computadora para hacer el programa de fabricación. En el primer caso se habla de programación manual; en el segundo de programación asistida o automática.

Las técnicas de programación están en constante evolución, sobre todo desde la aparición de las mini computadoras y microcomputadoras que día con día facilitan la tarea de la programación.

#### IV.6.- Comunicación de Instrucciones a las Máquinas de CNC

De la misma manera que al utilizar máquinas herramienta convencionales resulta necesario el ajuste y preparación de las mismas, como pueden ser la preparación del utillaje necesario, el seleccionar y ajustar las herramientas más adecuadas para el trabajo a realizar, así como la puesta a punto de la máquina, valiéndonos para ello del armario de control.

Para resolver este problema se han inventado diversos lenguajes alfanuméricos (letras, números y signos) accesibles al hombre e interpretables por las máquinas por medio de sus controles computarizados. Estos lenguajes poseen su propia sintaxis codificada y se les llama lenguajes de programación.

La información geométrica es la que contiene los datos referentes a las superficies de referencia, origen de los movimientos, desplazamientos por recorrer, etc.

La información tecnológica describe los datos referentes a las condiciones de maquinado, los materiales, el modo de funcionamiento de la máquina, etc. Es decir, la información tecnológica es toda aquella que no tiene que ver con la geometría de la pieza.

Antes de entrar en más detalle de lo que es la programación y para tener idea más clara de lo dicho anteriormente, representamos en la siguiente figura un programa típico de control numérico indicando el nombre de cada columna y el tipo de información que corresponde.

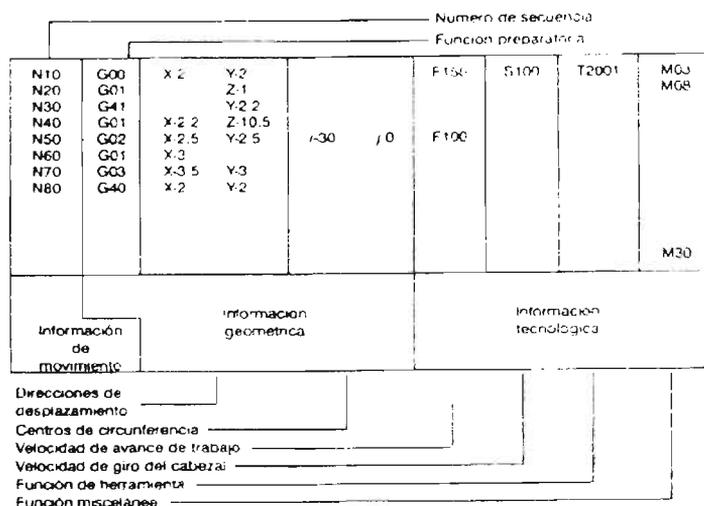


Figura IV.8.- Programa típico de control numérico.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Como se indicó al principio del presente trabajo, para la realización del programa del CN, el programador debe conocer en toda su dimensión tanto la máquina y sus accesorios como las características de la pieza, esto es:

- La capacidad y característica de la máquina herramienta con CN, potencia, velocidades y esfuerzos admisibles.
- Las características del control numérico: tipo de control, número de ejes, formato del bloque, lista de funciones codificadas, etc.
- El plano de la pieza, tamaño del lote y número de piezas.
- El dimensionado de la pieza antes de su montaje de la máquina herramienta con CN.
- Los maquinados por realizar en la máquina.
- La situación de los puntos y superficies de referencia.
- Los tipos de herramientas disponibles en el taller para la máquina con CN, así como las coordenadas de su utilización y dimensiones.

A partir de toda esta información se deben seguir los siguientes pasos:

1.- Definir el orden cronológico de las fases de operación elaborando un croquis con la situación de los puntos y superficies de trabajo.

En general y con el objeto de reducir el tiempo de la operación, se intenta minimizar de forma aproximada:

- El número de trayectorias de la herramienta.
- La longitud de esas trayectorias.
- Número de pasadas de la herramienta sobre la pieza, etc.

2.- Determinar las herramientas y utillaje necesario así como sus condiciones de trabajo. Para ello, el programador suele disponer de un fichero numerado con las características geométricas y de uso de cada una de las herramientas.

En la hoja de instrucciones se apuntan los códigos de cada una de las herramientas elegidas indicando su tipo y características, así como la numeración asignada para el programa.

3.- Realizar los códigos necesarios para la definición de las trayectorias de las herramientas calculando las coordenadas de los puntos de trabajo, las cuales se indican en el croquis realizado en la primera fase.

En el caso de que la pieza necesite más de un programa, como sucede cuando son necesarios distintos montajes, las cuotas calculadas se escriben únicamente en el croquis correspondiente a cada programa.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

4.- Escritura del programa de acuerdo con las características del control numérico y de la máquina herramienta, por lo que se procede a escribir, según un convenio de signos y código determinado, la operación que debe realizar la máquina.

Es frecuente que, a fin de evitar errores en la programación, ésta se realice en una hoja común o en una hoja impresa especial, llamada hoja de programación.

### **IV.7.- Fundamentos de Programación**

En la actualidad han aumentado los fabricantes de controles numéricos, y por lo tanto, cada fabricante utiliza diversos códigos de fabricación, estos códigos podrán variar de un control a otro encontrándose, por lo general, muchas similitudes.

Es importante tomar en cuenta que cada fabricante de controles numéricos diseña sus controles para usos y aplicación de códigos específicos, esto quiere decir que no todos los controles aceptan los mismos códigos de programación. A manera de ejemplo mencionaremos algunas marcas de fabricantes: Control General Electric, Control Fanuc, Control Anilam, Control Mazatrol, Control Siemens, Control Milacron, Control Denford, etc.

### **IV.8.-Estructura o configuración del programa**

En primer lugar diremos que en la actualidad se fabrican dos tipos de controles, uno con pantalla de tubos de rayos catódicos (TRC) y otro con pantalla de exhibiciones. Así, la estructura o configuración del programa dependerá del tipo de control existiendo gran similitud entre ellos.

El control de CNC 4M, consiste en dos grupos básicos de la función. Son MENÚ y MONIT. La selección entre los dos grupos se puede accionar la palanca por la llave MENU/MONIT en la esquina derecha superior del panel del regulador hiahlighting (alta iluminación) del MENÚ o MONI en la esquina derecha más baja y que presiona la ENTRADA.

El diseño de las páginas es constante en el formato usado. Según lo demostrado abajo, la pantalla se divide en 4 secciones. Son: Título del área, el área principal, el área de mensaje, y el área de la llave de funcionamiento. El área del título demuestra el nombre de la página actual el nombre actual del programa activo, y a tiempo transcurrido puesto que el sistema fue accionado para arriba. El área principal exhibe los datos y los gráficos relacionados con la operación actual. El área de mensaje proporciona indirectas de la operación y mensajes de error actuales si ocurre un error. La llave de funcionamiento exhibe el propósito de las llaves de funcionamientos.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

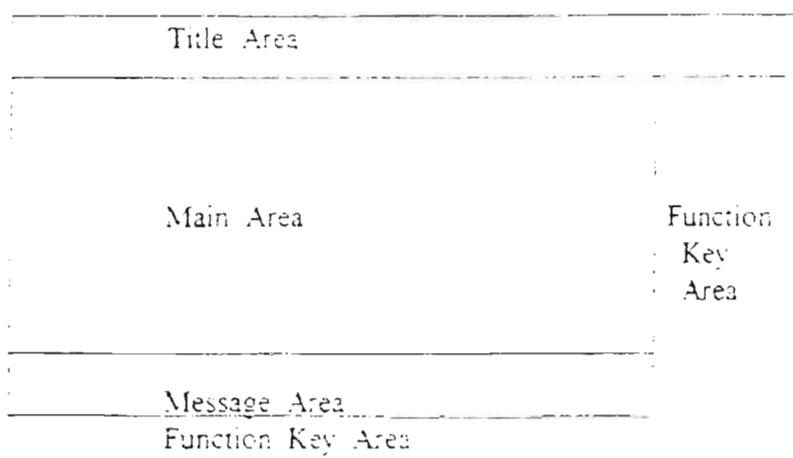


Figura IV.9.- Diseño de páginas de la fresadora de CNC DYNA 4M.

Estructura del programa elaborado en un control con pantalla de TRC:

- 1.- Número de programa.
- 2.- Nombre del programa.
- 3.- Desarrollo del programa principal.
- 4.- Desarrollo de subprogramas o subrutinas (en caso necesario).

### TABLA VI.1.- FORMATO DEL PROGRAMA

#### Caracteres De Dirección

Carácter	Significado
A	paralelo rotatorio adicional del eje y alrededor del eje de X
B	paralelo rotatorio adicional del eje y alrededor del eje de Y
C	paralelo rotatorio adicional del eje y alrededor del eje de Z
D	Número compensado del radio de la herramienta Profundidad del corte para los ciclos repetitivos múltiples
E	carácter de la macro del usuario Designación exacta del plomo del hilo de rosca
F	Nivel de entrada Designación exacta del plomo del hilo de rosca
G	Función preparatoria
H	número de la compensación de longitud de herramienta
I	coordenada X incremental del centro del círculo o parámetro del ciclo fijo
J	coordenada Y incremental del centro del

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

	círculo
K	coordinada Z incremental del centro del círculo o parámetro del ciclo fijo
L	Número de repeticiones
M	Función Miscelánea
N	Número de bloque o secuencia
O	Número de programa
P	Corrección discontinua del radio de útil según X
Q	Corrección discontinua del radio de útil según Y
R	Corrección discontinua del radio de útil según Z Designación de Radio de un ciclo de un arco
S	Velocidad de rotación o de corte
T	Función de la herramienta
U	Eje adicional lineal paralelo al eje X
V	Eje adicional lineal paralelo al eje Y
W	Eje adicional lineal paralelo al eje Z
X	Coordenada X
Y	Coordenada Y
Z	Coordenada Z

Además deberá contener:

- 5.- Determinación de offsets y radios de herramienta.
- 6.- determinación de los puntos de referencia sobre la pieza de trabajo que es precisamente un punto de referencia que se eligió para el desarrollo del programa.

Para los controles con pantalla de exhibiciones el programa deberá contener:

- 1.- Determinación de offsets y radios de herramientas.
- 2.- Desarrollo del programa principal.
- 3.- Desarrollo de subprogramas o subrutinas (en caso necesario).

### IV.9.-Número de programa

Es aquel número que sirve para diferenciar un programa de otro, es usado en controles cuya capacidad pueda almacenar varios programas. En otros casos, cuando el control no tiene capacidad de memoria para almacenar programas, es posible grabarlos en un medio como casetes, cinta magnética, etc. En estos casos es importante el número de programa, ya que en un casete es posible almacenar varios programas que pueden volver a cargarse a la memoria del control numérico seleccionando el número de programa requerido.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

El número de programa se coloca siempre al inicio y según el tipo de control este número puede ser de 1 a 4 dígitos o indicarse por medio de un bloque alfanumérico de hasta 6 dígitos precedidos por un código de identificación.

### **IV.10.- Nombre del programa**

Este nombre se da a los programas para distinguirlos uno de otros de manera específica.

Según el control, el nombre del programa puede contener un bloque de hasta 20 caracteres alfanuméricos encerrados en paréntesis enseguida del número del programa.

En algunos controles el número y el nombre del programa se colocan en el mismo paréntesis.

### **IV.11.- Programa principal**

A excepción de algunos controles como el Denford, que no utiliza subprogramas, todos los demás programas se dividen en programa principal y subprogramas. El programa principal es una secuencia de bloques de información ordenados incluyendo los bloques de información para el llamado de una subrutina. Cuando dentro del programa principal se llama a una subrutina, esta se ejecuta para, inmediatamente, volver al programa principal.

El programa principal contendrá generalmente:

- Número de offsets de herramientas.
- Velocidades en revoluciones por minuto (RPM) del husillo para cada herramienta.
- Secuencia de operaciones a ejecutar por cada herramienta.
- Comandos para el llamado de subrutina.
- Parámetros de corte para cada herramienta.
- Comandos para ejecutar cambios de herramienta.
- Comandos para encendido y apagado del husillo principal y refrigerante.
- Comandos para cambio de pieza de trabajo, etc.

#### IV.12.- Subprogramas o Subrutinas

A menudo en una pieza se requiere realizar las mismas operaciones varias veces así sean de taladrado, fresado o torneado. Para estos casos, los subprogramas ahorran mucho tiempo de programación, ya que es necesario hacer un subprograma una sola vez y únicamente llamarlo y ejecutarlo dentro del programa principal cuando así lo requiera.

Los códigos para llamar a un subprograma son característicos de cada fabricante. En la siguiente tabla se muestran los códigos que diversos controles utilizan para especificar un subprograma.

Como se ha repetido en varias ocasiones, a los subprogramas también se les conoce como subrutinas, pero el procedimiento para su asignación es el mismo según sea el control.

Una subrutina o subprograma puede tener a su vez otra subrutina integrada formándose así los niveles de subprogramas, que pueden ser de hasta 10 niveles según la capacidad de memoria de control.

Observemos cómo se programan los niveles de las subrutinas en un control Anilam.

Programa principal

01 TOOL 2001

02 Z-3.4671

.30 CALL 1

.45 END

Subrutina nivel 1

50 SUBR 1

.58 CALL 2

.65 END

Subrutina nivel 2

70 SUBR 2

.79 CALL 3

.91 END

Subrutina nivel 3

**100 SUBR 3**

.105 END

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### IV.13.- Número de secuencias

A cada bloque de información se le asigna un número de secuencia, esto con la finalidad de facilitar la precisión y corrección del programa cuando así se requiera.

Las subrutinas deben tener un número de secuencia superior al último bloque del programa principal, no se le debe asignar un número de secuencia contenido en el programa principal.

Controles como el Anilam, el General Electric y el Denford proporcionan automáticamente un número de secuencia en el momento de teclear un programa o subprograma.

Otros controles como el Fanuc no proporcionan el número de secuencia, sin embargo, es recomendable asignarlo para facilitar las futuras revisiones y correcciones. El método más común para asignar números de secuencia es en progresiones de 10.

### IV.14.- Puntos de referencia

Al usar las máquinas de CNC, cualquier localización de la herramienta es controlada dentro del sistema coordinado. La exactitud de esta información posicional es establecida por los puntos del específico cero (puntos de referencia). El primer es cero de la máquina, un punto fijo establecido por el fabricante que es la base para todas las medidas coordinadas del sistema. En un torno típico, ésta es generalmente la línea de centro del husillo en el eje de X, la cara de la nariz del husillo para el eje de Z. Para una máquina que muele, esta posición está a menudo en el final más futuro del recorrido en los tres ejes en las direcciones positivas. De vez en cuando, esta posición del eje de X está en el centro del recorrido de la tabla.

Este punto cero de la máquina establece el sistema coordinado para la operación de la máquina y comúnmente se llama Home Machine (la posición casera). Se encuentra arriba de la máquina, todos los ejes necesitan ser fijados a esta posición primero, al igual que en el caso de la fresadora de DYNA 4M. El punto cero de la máquina identifica al regulador de la máquina donde se localiza el origen para cada eje.

El manual del operador provisto de la máquina se debe consultar para identificar donde está esta localización y cómo está correctamente el punto Home Machine.

El segundo punto cero se puede situar dondequiera dentro del sobre del trabajo de máquina y se llama pieza de trabajo que se utiliza como la base para los valores coordinados programados usados para producir la pieza de trabajo. Es establecido dentro del programa de pieza por un código especial y es dependiente en la máquina punto cero. El código en el programa identifica los valores compensados de la

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

localización al control de la máquina donde está la distancia coordinada exacta de los ejes de X, de Y y de Z de la pieza de trabajo en la relación a la máquina cero. Todos los datos dimensionales sobre la pieza serán establecidos exactamente fijando el objeto cero. Una manera de mirar el objeto cero es como otro sistema coordinado dentro del sistema de la coordenada de la máquina, establecido por la posición casera.

Las compensaciones de la herramienta también se consideran ser puntos cero y se compensan para con las compensaciones de la longitud y del diámetro de la herramienta. La herramienta que fija el punto para un torno tiene dos dimensiones; la distancia en diámetro de la extremidad de herramienta a la línea central de la torrecilla de la herramienta, y la distancia de la cara de la torrecilla de la herramienta a la viruta de la herramienta. La herramienta que fija el punto para el molino es la distancia de la cara del husillo a la extremidad de herramienta, y la distancia de la extremidad de herramienta a la línea central del husillo.

### **IV.15.- Relación del modelo al CNC**

El estándar llamado ASME Y14.5-1994 establece un método para comunicar valores dimensionales de la parte en una manera uniforme en el dibujo o el modelo de la ingeniería. La información de dibujo será traducida al sistema coordinado en la orden para que los valores dimensionales y las características de la parte sean fabricados.

En el modelo, las características del dato se identifican como primario(a), secundario (b) y (c) terciario. Las dimensiones para el objeto se derivan de estas características del dato. En el dibujo, el punto donde la reunión de estas tres características del dato se llama el punto del origen o cero para la pieza. Cuando es posible, este mismo punto se debe utilizar para el objeto cero. Esto permite el uso de las dimensiones reales del modelo dentro del programa de pieza y da lugar a menudo a pocos cálculos. La mayoría de los dibujos son el usar desarrollado en el sistema absoluto de la dimensión basado en las dimensiones del dato derivadas del mismo punto fijo (punto del origen o cero). De vez en cuando, algunas características se pueden dimensionar de la localización de otras características. Un ejemplo de esto pudo ser una fila de agujeros exactamente una mitad de una pulgada separada. Este tipo de dimensión se llama relativo o incremental.

Nota: Un conocimiento cuidadoso de la lectura del modelo se requiere para los resultados acertados usando el manual o el equipo del CNC.

#### IV.16.- Máquina Cero

Cada máquina de CNC se asigna un punto fijo, que se refiere como la máquina cero (o máquina a casa). Para la mayoría de las máquinas, la máquina cero se define como la posición de la extremidad de los componentes principales de la máquina que se orientan en un sistema coordinado dado. De la máquina cero, podemos determinar los valores de las coordenadas que, alternadamente, determinan la posición del punto ordenado en un programa de CNC. Los sensores electromecánicos llamados las microcomputadores están situados en las posiciones de la extremidad de se activan y así fijando la posición casera, en la caja de máquinas que muelen, el husillo se fija con respecto al eje de Z. La máquina cero del portador de herramienta en las fresadoras es determinada realizada manualmente así como con el uso del panel de control o directamente en el programa, empleando una función de la máquina cero. Después de dar vuelta a la energía de la máquina en ella se requiere para colocar los componentes de la máquina en la máquina cero antes de progresar. De ese punto encendido, todos los componentes de la máquina volverán siempre automáticamente a la misma posición exacta cuando están requeridos.

La máquina cero es con frecuencia la posición en la cual los cambios de la herramienta ocurren. Por lo tanto, si usted se prepone cambiar la herramienta antes de una operación dada, entonces la máquina se debe colocar en la máquina cero para el eje de Z en las máquinas verticales y el eje de Y en las máquinas horizontales.

La coordenada local son las posiciones cero temporales que se pueden fijar para permitir el programar de flexibilidad. Pueden ser fijadas y ser canceladas según lo deseado. Se fijan concierne a los coordenadas actuales del trabajo. Se irán despejando cuando un diverso trabajo compensado se llama a los extremos de un programa. Los códigos son G52 y G92.

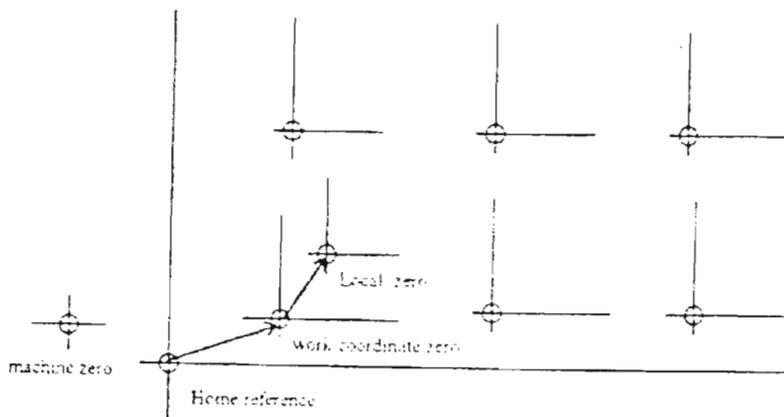


Figura IV.10.- La relación de casa, cero máquina, cero coordinado de trabajo y cero local.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### IV.17.- Objeto Cero

Hasta ahora, para todos los componentes que viajaban principales de máquinas numéricamente controladas, hemos asignado un eje orientado dentro del sistema coordinado. Cualquier movimiento de los componentes de la máquina debe ser descrito por los puntos, que determinan realmente la trayectoria que viaja de la herramienta. Los cambios en la herramienta de la posición se determinan con respecto al punto de referencia inmóvil de la máquina cero.

Para entender mejor este concepto, esta situación se puede ilustrar con una placa rectangular en la cual todas las coordenadas se describan en sus cuatro esquinas:

(P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>).

P<sub>1</sub> = X-15.0, Y-10.0

P<sub>2</sub> = X-15.0, Y-12.0

P<sub>3</sub> = X-20.0, Y-12.0

P<sub>4</sub> = X-20.0, Y-10.0

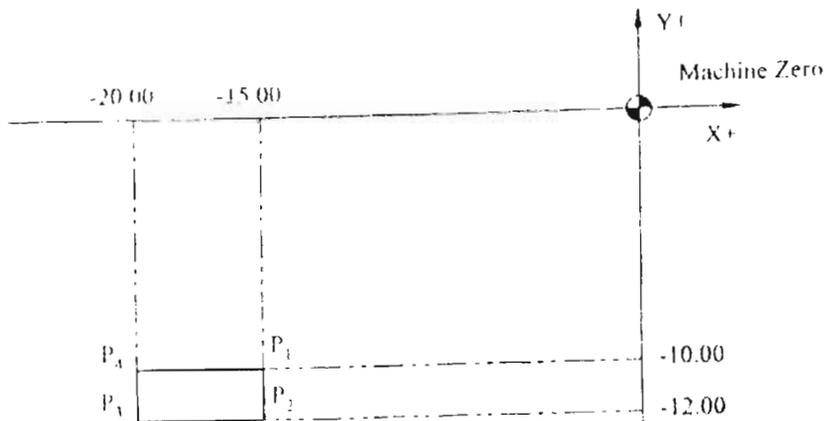


Figura IV.11.- Objeto cero.

Todas las coordenadas programados del punto, que valores se determinan con respecto a la máquina cero, se deben dar cada tiempo a consumir. Puede también causar los errores debido al hecho de que todas las dimensiones dadas que determinan los puntos no refieran siempre a éstos en el dibujo. Según lo mencionado previamente, para determinar los coordenadas para las cuatro esquinas de la parte rectangular ilustrada, es necesario encontrar la distancia entre la máquina cero y un punto específico de la referencia. Entonces, todos los datos dimensionales restantes que se utilizarán se toman del modelo.

### IV.18.- Códigos de entrada o referencia

Son códigos que por lo general son usados antes de insertar un programa en el control; estos códigos sirven para cancelar algunos otros que hayan quedado en el control y que pudieran ocasionar movimientos extraños durante la ejecución.

Algunos códigos de referencia que deben de indicársele al control para que traduzca los valores del programa son: el sistema de unidades, es decir, si los valores están dados en el sistema decimal o sistema inglés (milímetros o pulgadas), las unidades de avance programado (milímetros o pulgadas por minuto o por revolución) y el tipo de sistema sobre el cual se programará (absoluto o incremental).

Algunas unidades como las de los avances y el sistema de programación (absoluto o incremental) pueden ir variando durante el desarrollo del programa, mas es recomendable indicar unidades al inicio del programa.

### IV.19.- Programación Absoluta e Incremental

Programación Absoluta G90.

Es un sistema de programación en el cual el conjunto de cotas de la pieza por fabricar parte de un mismo origen, de aquí que todas las cotas partan de un punto de referencia absoluto. La función preparatoria utilizada en este modo de programación es G90.

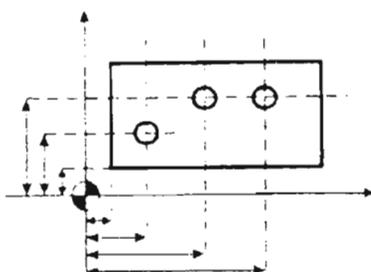


Figura IV.12.- Programación absoluta.

Programación incremental G91.

En este sistema de programación las cotas de la pieza por fabricar se siguen una después de la otra. La función preparatoria utilizada para este modo de programación es G91.

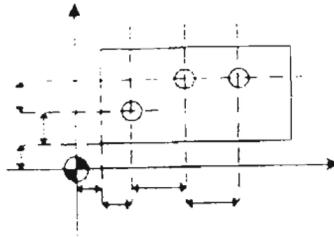


Figura IV.13.- Programación incremental.

#### IV.20.- Sistema de ejes coordenados de máquina

Todas las máquinas herramienta tienen movimientos lineales y de rotación; por ejemplo, una fresadora vertical tiene tres movimientos lineales y un movimiento de rotación del husillo (siguiente figura). Para la programación de una máquina con CN es muy importante la identificación exacta de estos movimientos.

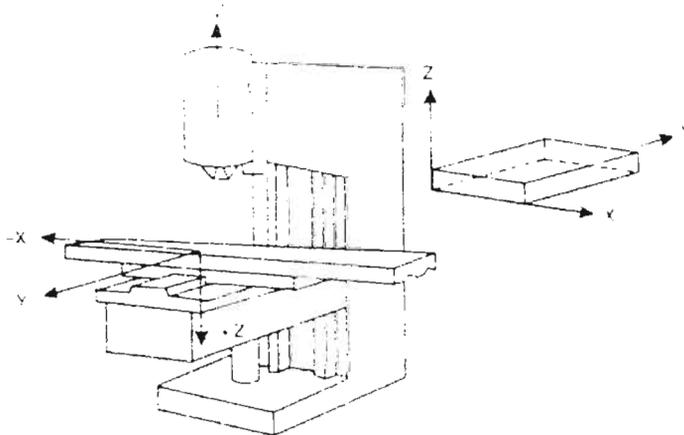
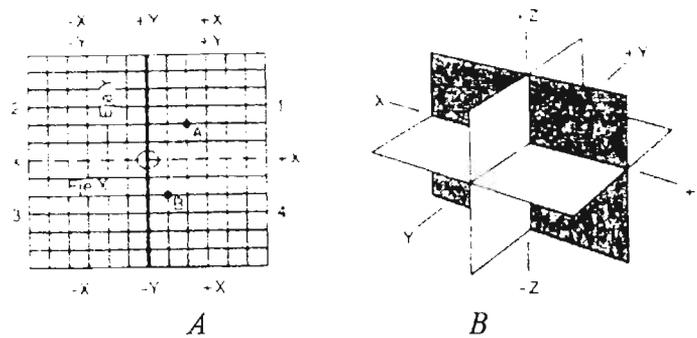


Figura IV.14.- Sistema de ejes coordenados de máquina.

El sistema de coordenadas rectangulares X, Y y Z hace posible establecer el posicionamiento exacto de cualquier punto sobre un solo plano o en otro tridimensional.

La localización de cualquier punto sobre una superficie plana puede posicionarse exactamente en un sistema coordenado X, Y.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M



Las palabras X, Y y Z se refieren a los movimientos coordinados de la máquina herramienta para propósitos de posicionamiento y maquinado. En la figura A están localizadas dos unidades en el eje X positivo y dos unidades en el eje Y positivo; así, el punto A se localiza en la intersección de estas dos líneas, es decir, X 2 Y 2. A las líneas  $-X$ ,  $+X$  y  $-Y$ ,  $+Y$  se les llama ejes, y donde se interceptan se llama origen o punto cero. Así, todos los puntos pueden ser medidos a partir de este punto de origen, como podemos ver en la siguiente figura.

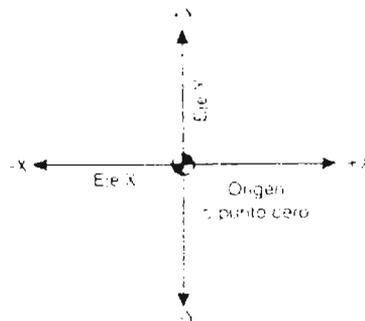


Figura IV.15.- Establecimiento del origen o punto cero de un sistema de ejes X, Y.

Para que la información establecida en un sistema coordenado pueda ser entendida correctamente por la unidad de control de la máquina es importante considerar lo siguiente:

✦ **Movimiento de ejes.**

Se deben especificar los ejes X, Y y Z. Cuando un movimiento requiera la utilización de más de un eje, programar primero el valor del eje X, después del eje Y, y al último el eje Z.

✦ **Dirección del movimiento.**

La información debe indicar si los movimientos son positivos (+) o negativos (-) a partir del punto de origen.

✦ **Dimensión del movimiento.**

Esto usualmente es un número de siete dígitos donde el punto decimal está colocado en el formato de cinta cuatro lugares a la derecha de la cifra. Esto quiere decir que los puntos decimales se escriben en la cifra tal cual es, incluyendo el punto decimal. En controles modernos sí se permite la escritura del punto decimal.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### ✦ Selección de profundidad (eje Z).

En operaciones de maquinado tales como el taladrado de agujeros, fresado de ranuras y escalones o el fresado superficial de una pieza de trabajo se involucra el eje Z. El eje Z de movimiento es siempre paralelo al husillo de la máquina y perpendicular a la superficie de trabajo. El movimiento del eje Z puede ser controlado por el operador por medio del panel de control o de la cinta perforada.

### IV.21.- Planos de trabajo

También conocidos como sistemas de coordenadas de trabajo, son aquellos planos cuyo punto cero es posible preseleccionar en la sección de offsets de trabajo de la máquina. Se caracterizan porque su localización se inserta al control de una manera muy sencilla y ésta puede variarse o ajustarse sin afectar el programa de una manera rápida. Además en el programa pueden ordenarse movimientos dentro de un plano de trabajo a otro, tantas veces sea necesario, basta con referirse a cada plano con el código correspondiente.

### IV.22.- Sistema de coordenadas locales

Un sistema de coordenadas locales es un sistema auxiliar formado dentro de un sistema coordinado de trabajo. El número de sistemas locales estará en función de la capacidad del CN y será proporcional al número de sistemas de trabajo que posea el control. Estos sistemas deben prefijarse siempre a una distancia fija a partir del punto cero del sistema de trabajo. El código empleado para programar un sistema local es el G52. La siguiente figura ilustra un sistema de coordenadas.

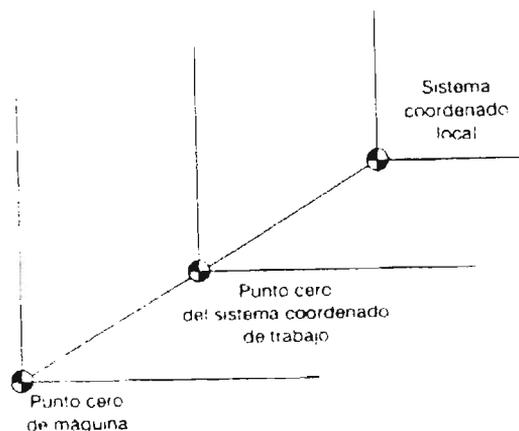


Figura IV.16.- Sistema de coordenadas locales.

#### IV.23.- Giro de sistemas de coordenadas

Cuando en una pieza por maquinar existen formas iguales cuya forma es repetida alrededor de un punto fijo, no es necesario programar esta sección, ya que el control numérico calcula la nueva trayectoria de la herramienta a partir del nuevo offset y el ángulo de giro donde se repetirá la forma por maquinar. El nuevo offset de repetición puede ser programado en modo absoluto o incremental. El código G68 es el utilizado en muy diversos CN para ordenar un giro de un sistema coordinado. Para cancelar el efecto

De giro se utiliza el código G69.

La siguiente figura muestra el giro de un sistema de coordenadas.

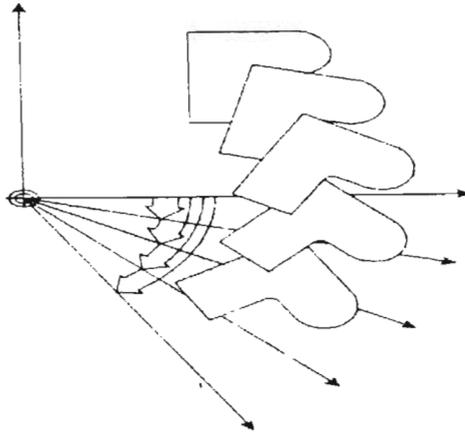


Figura IV.17.- Giro de sistemas de coordenadas.

#### IV.24.- Desplazamiento del sistema de coordenadas

Un programa memorizado en el control numérico puede ser desplazado de un punto a otro dentro del sistema coordinado de la máquina mediante el código G92 pudiéndose programar en modo absoluto o incremental.

Sólo es necesario que la herramienta se encuentre en algún punto conocido por coordenadas del nuevo sistema trasladado.

Esta función se aplica por lo general en máquinas de tres o más ejes de movimiento.

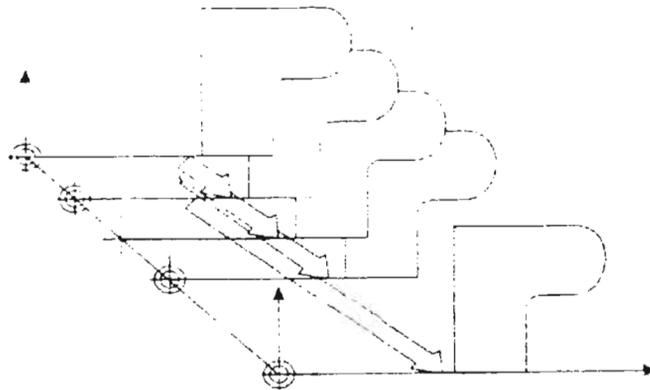


Figura IV.18.- Desplazamiento del sistema de coordenadas.

1.- Espejo.

La función espejo permite ahorrar mucho tiempo de programación en piezas donde existen formas y contornos iguales, sólo que reflejados en uno o dos ejes del plano de mecanizado. La función espejo es muy útil en el mecanizado de moldes y matrices. En controles numéricos como el Anilam, se utilizan las funciones auxiliares AUX 100, AUX 200, y AUX 300 para reflejar algún contorno en el eje X, eje Y y ejes X y Y respectivamente. La función auxiliar AUX 800 cancela las funciones anteriores.

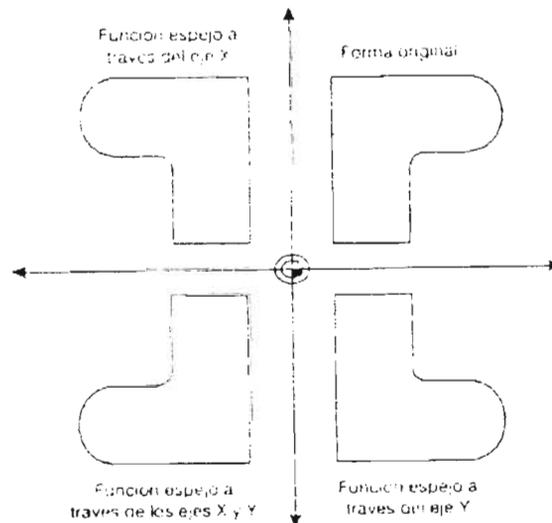


Figura IV.19.- Espejo

2.- Escala.

Las dimensiones del programa memorizado pueden ser reducidas o ampliadas, además de que pueden ser recorridas dentro del mismo sistema coordinado reduciendo la escala de programación de todo el sistema coordinado. Para algunos sistemas de control numérico la escala va desde 0.001 a 99.999; en otros sistemas la reducción o ampliación se da en un porcentaje que es desde 0.01 hasta 650%. La escala puede ser

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

programada dentro o fuera del programa con el código G51 y su efecto es similar al del empleo de escalas de dibujo usadas en dibujo mecánico. Únicamente es necesario especificar el centro de referencia donde se desea producir la escala. Para cancelar el efecto del código de escala G51 se deberá programar el código de cancelación G50.



Figura IV.20.- Escala.

Esta función es muy usada en la fabricación de matrices para la industria del plástico en las que debe tenerse en cuenta el coeficiente de contracción de estos materiales.

### 3.- Velocidades y Avances.

#### Velocidad de corte.

La velocidad de corte se elige en función de la naturaleza del material mecanizado y el material componente útil.

A la hora del mecanizado en las máquinas herramienta con control numérico, los motores de corriente continua aseguran la rotación de los husillos dentro de las gamas de velocidad muy graduales. Las velocidades se pueden programar en vueltas por minuto, o en el caso del torneado, en metros por minuto.

En este último caso, el número de vueltas por minuto en función del diámetro se ajusta por realimentación. La velocidad de corte es constante. En principio, estas velocidades están programadas con la ayuda de una función G y de las direcciones S y M.

### IV.25.- Función de Alimentación (F WORD)

La palabra de F se utiliza para determinar los niveles de entrada del trabajo. Esta palabra del programa se utiliza para establecer nivel de entrada valora y precede una entrada numérica para la cantidad de la alimentación en pulgadas por minuto (in/min) (mm/min) o, las pulgadas por revolución (in/rev) (mm/rev). El valor que es fijado por las estancias de este comando eficaces hasta cambiado entrando un nuevo valor de nuevo para la palabra de F.

Ejemplo:

F20 = una alimentación de 20 pulgadas por minuto (in/min)

F0.006 = un nivel de entrada de 0.0006 pulgadas por revolución (in/rev)

Si la función G20 (datos en pulgadas) es activa, tal notación refiere a la alimentación imitada de 20 in/min; mientras que, con la función G21 (datos en milímetros), la notación refiere a un nivel de entrada de 20 mm/min.

La travesía rápida, G00, de la máquina se atraviesa en el nivel de entrada posible más alto que se especifica en memoria del control (las tarifas reales dependen del diseño de la máquina). En el caso del movimiento del nivel de entrada, G01, los valores del nivel de entrada debe ser especificado exactamente. El valor del nivel de entrada se determina en una de dos maneras: pulgadas por minuto o, pulgadas por revolución del husillo. El ajuste de la alimentación del defecto es pulgadas por minuto.

Velocidad de avance.

La velocidad de avance de los movimientos se programan con la ayuda de las funciones declaradas al inicio del programa o al inicio de un bloque de información. Se tiene que identificar de la forma siguiente:

- avance en mm/vuelta G95 → seguido de la dirección F,
- avance en mm/min G94 → seguido de la dirección F,
- avance en 0.1 mm/min G98 → seguido de la dirección F.

#### IV.26.- Interpolaciones

##### Interpolación lineal G01.

La interpolación lineal es una característica de los controles numéricos que permite que la herramienta de corte se desplace sobre la pieza de trabajo, no solamente en forma diagonal sobre un plano determinado por una máquina de dos ejes, sino también diagonalmente en el espacio de una máquina de tres o más ejes. Únicamente es necesario indicar al control las coordenadas del punto al cual se quiere que se traslade la herramienta y el control calcula automáticamente los puntos necesarios para unir en forma lineal los puntos involucrados.

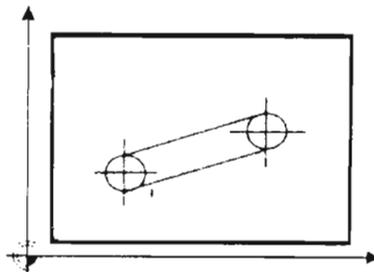
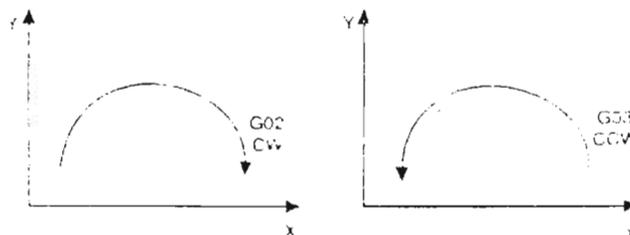


Figura IV.21.- G02 y G03 interpolación circular.

##### Interpolación circular G02 y G03.

Las funciones preparatorias G02 y G03 permiten el mecanizado de contornos circulares. Cuando el sentido de giro de la trayectoria programada sea en el sentido de las manecillas del reloj, se programa el código G02 o la tecla cw para algunos controles como el Anilam. Si el sentido del giro de la trayectoria programada está dado en sentido horario a las manecillas del reloj, se programa el código G03 o su equivalente ccw usado en algunos controles. En las siguientes figuras se representa gráficamente la interpolación circular.



Figuras IV.22.- G02 y G03 interpolación circular.

Para poder programar el movimiento circular, éste puede estar definido de dos maneras:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- a) Deben conocerse las coordenadas del punto final y las del centro del giro, tomando como referencia el punto inicial y el sentido del giro.
- b) Pueden programarse también si se conocen, el radio del giro, las coordenadas del punto final y el sentido del giro.

### IV.27.- Interpolación Helicoidal

La interpolación helicoidal permite el mecanizado de:

- a) Roscas de gran diámetro, internas o externas.
- b) Ranuras de lubricación.
- c) Levas.
- d) Puede fresarse sobre superficies cilíndricas.

Una gran ventaja de la interpolación helicoidal es que para realizarla no se requiere equipo auxiliar tal como una mesa giratoria o un cabezal divisor.

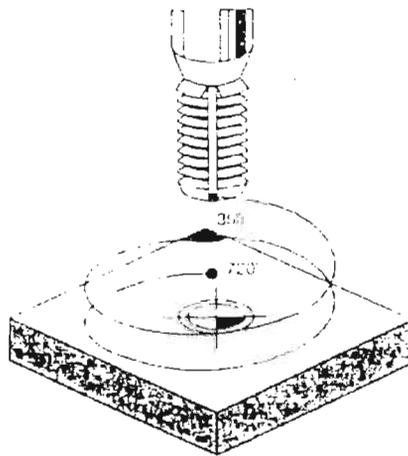


Figura. IV.23.- Interpolación helicoidal.

La interpolación helicoidal se presenta cuando en una trayectoria circular se interpolan tres ejes en forma sincronizada, prácticamente es una interpolación circular en un plano seleccionado interpolada a un movimiento recto en el tercer eje seleccionado, dando por resultado un movimiento helicoidal.

Para programar esta interpolación por supuesto que varía de control a control, pero casi todos utilizan el mismo principio, que es el siguiente:

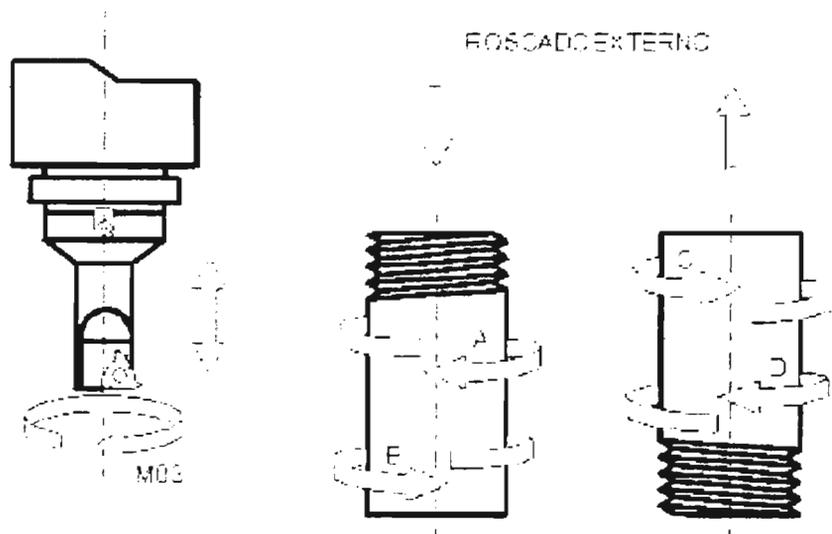
- 1.- Se programan las coordenadas del centro.
- 2.- Se da el ángulo total de rotación.
- 3.- Se da la altura o profundidad total de las hélices.

#### IV.28.- Fresado de roscas por interpolación helicoidal

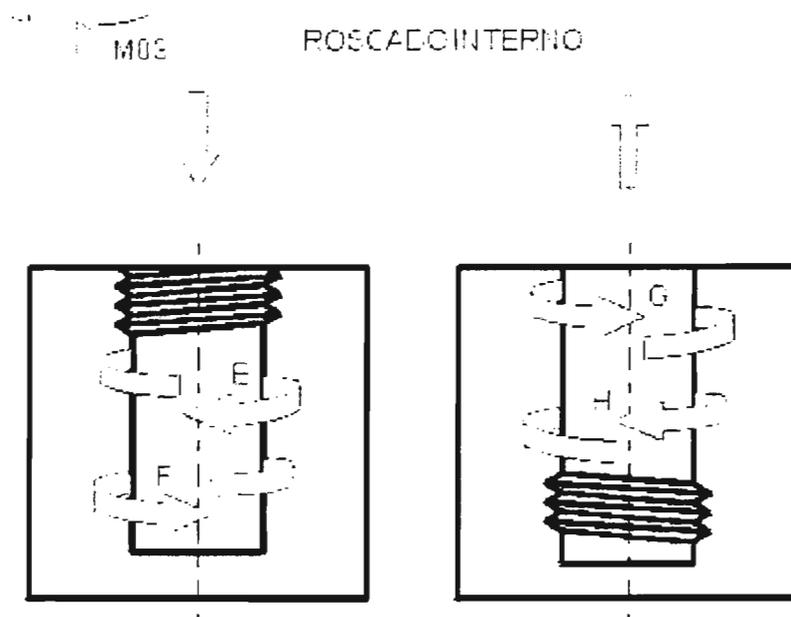
El fresado de roscas en máquinas de control numérico es un procedimiento muy utilizado, ya que presenta importantes ventajas:

- Gran productividad, al utilizar plaquitas que permiten velocidades de corte elevadas.
- Se pueden obtener roscas de grandes profundidades.
- Evita los problemas de evacuación, ya que las virutas que se forman son pequeñas.
- Se pueden obtener roscas exteriores o interiores, a derecha o izquierda y de cualquier diámetro.

Existen en el mercado varias herramientas para fresar roscas (uno o varios filos, etc.); la elección de una herramienta debe hacerse teniendo en cuenta el material, la profundidad del filete, longitud de la rosca, potencia de la máquina, etc.



## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M



Figuras IV.24.- Métodos de fresado de roscas

A: Rosca a derecha. Avance en sentido de las agujas del reloj (G02). Fresado en concordancia.

B: Rosca a izquierda. Avance en sentido antihorario (G03). Fresado en contraposición.

C: Rosca a derecha. Avance en sentido antihorario (G03). Fresado en contraposición.

D: Rosca a izquierda. Avance en sentido de las agujas del reloj (G02). Fresado en concordancia.

E: Rosca a derecha. Avance en sentido de las agujas del reloj (G02). Fresado en contraposición.

F: Rosca a izquierda. Avance en sentido antihorario (G03). Fresado en concordancia.

G: Rosca a derecha. Avance en sentido antihorario (G03). Fresado en concordancia.

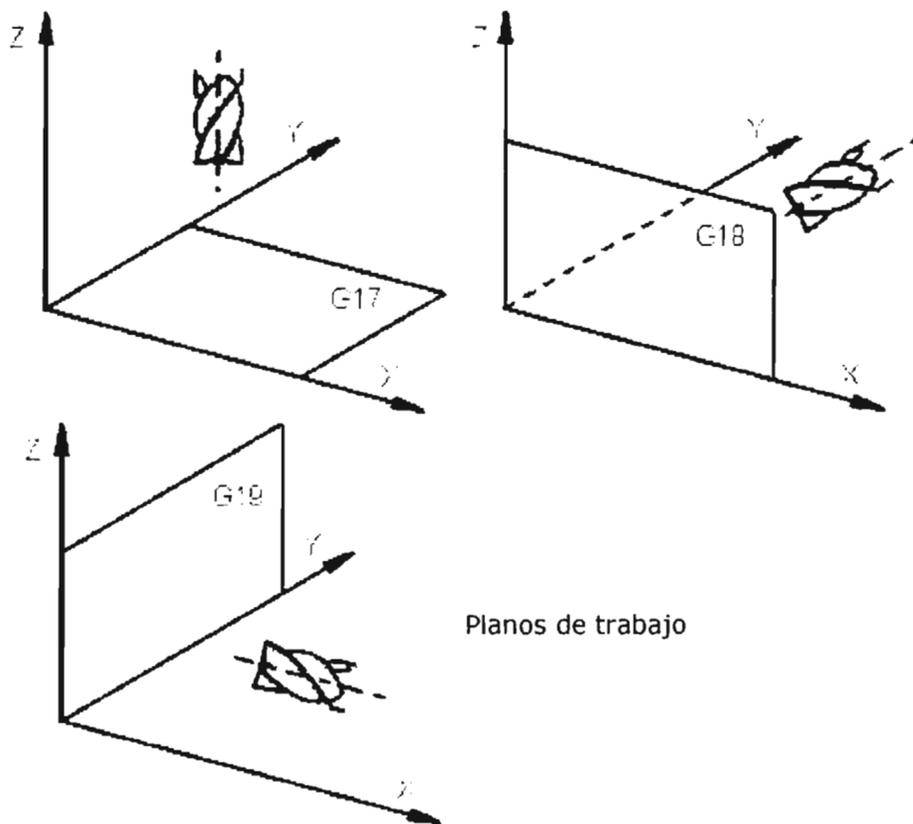
H: Rosca a izquierda. Avance en sentido de las agujas del reloj (G02). Fresado en contraposición.

### IV.29.- Selección de planos. G17/G18/G19

El plano principal de trabajo debe seleccionarse cuando se pretende realizar el mecanizado utilizando las funciones de interpolación circular, redondeo controlado de aristas, entrada y salida tangencial, achaflanado, ciclos fijos de mecanizado, giro del sistema de coordenadas, y cuando se utiliza la compensación de radio o longitud de herramienta.

Mediante G17 se indica el plano XY, con G18 el plano XZ y con G19 el plano YZ.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M



Figuras IV.25.- Planos de trabajo.

Al programar la compensación del radio de la herramienta, ésta se aplica a los dos ejes del plano seleccionado y la compensación de longitud al eje perpendicular a dicho plano.

### IV.30.- Tiempo de espera o pausa G04

Esta función hace posible detener el movimiento de los ejes por un tiempo determinado mientras se realiza la operación que se describe en el bloque donde aparecen.

Estas detenciones ocurren según las necesidades del maquinado y del operario, como por ejemplo cuando va a realizar alguna de las siguientes operaciones:

- 1.- Para pulir alguna superficie sin que la herramienta arranque material.
- 2.- Cambio de herramienta en aquellas máquinas que no poseen cambio automático.
- 3.- Para sincronizar el movimiento con algún accesorio externo de la máquina.
- 4.- Cambio de posición de la pieza.
- 5.- Medición y control del trabajo realizado.
- 6.- verificar la herramienta de corte.
- 7.- Desalojo de la viruta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La duración de la pausa se programa en algunos CN con la letra F que corresponde a la función de velocidad de avance. Otros utilizan los códigos G94 y G95 para programar la pausa en segundos o en revoluciones, respectivamente; pero en ambos casos deberá incluirse el código G04. Para controles Anilam el código DWELL surte el mismo efecto pero la pausa se da en décimas de segundo, que puede variar desde 0.01 hasta 9999.

### IV.31.- Giro del sistema de coordenadas. G73

La función G73 permite girar el sistema de coordenadas, tomando como centro de giro el origen pieza (W) del plano principal (figura 4.26). El formato de programación es el siguiente:

N4 G73 A+/-3.3 (mediante A se indica el ángulo de giro en grados, valor máximo 360°)

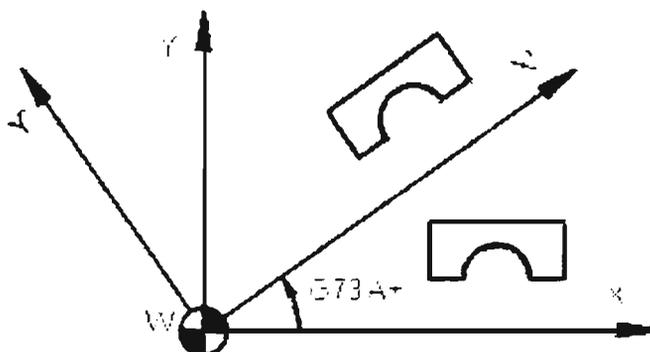


Figura IV.26.- Giro en el plano XY

La función G73 es incremental; es decir, cada vez que se ejecute un bloque con G73, el sistema de coordenadas girará desde la posición en que se encuentre el valor del ángulo programado. Si el valor del ángulo se programa con signo positivo, el sistema de coordenadas gira en sentido antihorario, y si se programa con signo negativo, en sentido horario. La función G73 debe programarse sola en un bloque. Estando activa la función G73, no se pueden programar bloques que contengan la definición de un punto mediante el ángulo y una coordenada cartesiana en coordenadas absolutas. Programando en un bloque la función G73, sin el valor del ángulo, se anula el giro activo en ese momento, también mediante G17, G18, G19, M02, M30 o al ejecutarse un RESET o EMERGENCIA.

### IV.32.- Ciclos fijos de fresado

Los ciclos fijos de fresado, al igual que los de torneado, facilitan la programación de algunas operaciones muy frecuentes en el mecanizado. Al programar un ciclo fijo, éste se ejecuta en el plano seleccionado, realizándose la profundidad en el

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

eje perpendicular a dicho plano. Los bloques comprendidos entre la definición de un ciclo fijo y la anulación del mismo se encuentran en la llamada zona de influencia del ciclo, y, por tanto, en el punto final de cada desplazamiento programado en uno de estos bloques se ejecuta automáticamente el mecanizado correspondiente al ciclo fijo definido. Para que el ciclo fijo no se ejecute al final de un desplazamiento, en el bloque correspondiente se programa N0 (número de veces que se repite el bloque).

Al programar la función G80 se anula cualquier ciclo fijo activo en ese momento; también, con las funciones G32, G53/G59, G74, G92, al seleccionar un nuevo plano mediante G17, G18 o G19 y al ejecutarse M02, M30, RESET o EMERGENCIA.

Cuando el CNC ejecuta un bloque que contiene la definición de un ciclo fijo, anula la compensación del radio.

Mediante la función G79 se puede dar la categoría de ciclo fijo a cualquier subrutina paramétrica definida por el usuario (G23 N2); por tanto, los bloques que están a continuación del bloque de llamada (G79 N2) se encuentran dentro de la zona de influencia del ciclo fijo. El formato del bloque de llamada es el siguiente:

N4 G79 N2 P2 = K\_\_ P2 = K\_\_.....N2 corresponde al número de la subrutina paramétrica.

P2 = K\_\_ representa los valores asignados a los parámetros definidos en la subrutina.

Si la subrutina paramétrica contiene algún ciclo fijo, no puede ser ejecutada mediante G79.

### IV.33.- Funciones Preparatorias

La función preparatoria se refiere a alguna forma de operación de la máquina herramienta con CN. Generalmente se trata de alguna acción sobre los ejes X, Y o Z. Es una práctica muy común proporcionar primeramente los ejes X y Y y, posteriormente, el eje Z. En la programación del CN la palabra dirección, letra G, se refiere a una función preparatoria y es seguida por dos dígitos, por ejemplo, la función G00 se refiere a un posicionamiento punto a punto con un movimiento rápido. Algunas funciones preparatorias comunes incluyen operaciones tales como: posicionamiento punto a punto, interpolación lineal, interpolación circular, interpolación parabólica, helicoidal, programación absoluta o incremental, programación en sistema métrico o inglés, y ciclos fijos o establecidos. Cada una de las operaciones anteriores se designa por un código G, que es reconocido por la unidad de procesamiento central (CPU) y la máquina herramienta actúa de acuerdo con el código.

Los ciclos fijos o prearreglados identificados por las funciones preparatorias G81 a G89, son una combinación de operaciones preajustadas que causan que los ejes

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

de las máquinas se muevan o que el husillo de la máquina complete operaciones tales como taladrado, barrenado, rimado y roscado.

La mayoría de los fabricantes de máquinas herramienta con CN y sistemas de control usan la norma EIA para representar los ciclos fijos\*. Las siguientes funciones preparatorias están dadas de acuerdo con la norma EIA-274-D.

\* Steve Krar v Arthur Gill, p. 101.

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G00</b>	Posicionamiento Punto a punto.	Posicionamiento punto a punto en movimiento rápido.
<b>G01</b>	Interpolación lineal.	Para proporcionar a la herramienta un movimiento rectilíneo manteniendo la velocidad vectorial constante; es utilizada para dimensiones menores de 100 mm.
<b>G02</b>	Interpolación circular. Arcos en el sentido de las manecillas del reloj (dos dimensiones).	Un arco generado por el movimiento coordinado de dos ejes en el cual la curvatura de la trayectoria de la herramienta respecto a la pieza de trabajo es en la dirección de las manecillas del reloj. La velocidad de los ejes es variada por el control visto el plano de movimiento en la dirección negativa de los ejes perpendiculares para dimensiones pequeñas.
<b>G03</b>	Interpolación circular. Arcos en el sentido contrario a las manecillas del reloj (dos dimensiones).	Un arco generado por el movimiento coordinado de dos ejes en el cual la trayectoria de la herramienta respecto a la pieza de trabajo va en dirección contraria a las manecillas del reloj. La velocidad de los ejes es variada por el control. Visto el plano de movimiento en la dirección negativa de los ejes perpendiculares. Para dimensiones pequeñas.

Tabla IV.2.- Funciones preparatorias.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Nota: Se dice que la dimensión del desplazamiento es pequeña si es menor a 100 mm; media si está comprendida entre 100 y 1000 mm, y grande si lo está entre 1000 y 10000 mm.

En los sistemas modernos con mayor potencia de cálculo no se hace distinción del tamaño de la dimensión, considerando G01 para la interpolación lineal, G02 y G03 para la interpolación circular.

También es importante señalar que según la capacidad del control numérico, sólo es posible programar en un solo bloque corrido en un cuarto de circunferencia, una semicircunferencia o una circunferencia entera.

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G04</b>	Pausa temporizada.	Un tiempo de pausa programada con duración establecida. En algunos controles se programa con la letra F que corresponde a la velocidad de avance, pero interpretado ya sea en segundos, décimas de segundo y milisegundos. En otros controles se utiliza la tecla DWELL.
<b>G05</b>	Parada suspensiva.	Detiene el funcionamiento de la máquina hasta que el operador da nuevamente la orden de arranque. En algunos controles se utiliza la tecla HOLD.

Tabla IV.3.- (Continuación).

Nota: \* Estas detenciones se disponen a lo largo del programa según las necesidades de maquinado y del operario de máquina, como por ejemplo: cuando va a realizar alguna de las siguientes operaciones:

- 1.- Cambio de herramienta en aquellas máquinas que no poseen cambio automático.
- 2.- Cambio de la posición de la pieza.
- 3.- Medición y control del trabajo realizado.
- 4.- verificación del estado de la herramienta.
- 5.- desalajo de viruta.
- 6.- Limpiar y pulir con la herramienta las paredes y fondo de una cavidad.

\* Catálogo TNC controles numéricos, Heidenhain, noviembre de 1989.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G06</b>	Interpolación parabólica.	Modo de interpolación usado para producir un segmento de una parábola. Las velocidades de los ejes usadas para generar esta curva son variadas por el control.
<b>G08</b>	Aceleración.	Una velocidad controlada se incrementa inmediatamente hasta un valor programado.
<b>G09</b>	Desaceleración.	Una velocidad controlada se reduce inmediatamente hasta un valor programado, es efectuado sólo un bloque del programa.

Tabla IV.4.- (Continuación).

Nota: Siempre que se inicia un movimiento o cuando termina, se presenta un tiempo en el cual el movimiento de un eje acelera de cero al nivel programado y al detener el movimiento de presenta un tiempo de frenado en el cual el movimiento disminuye de velocidad hasta llegar a cero.

Esta aceleración o desaceleración también se presenta cuando se varía la velocidad o avance en un movimiento, produciendo así un efecto de movimiento suave. La figura muestra este efecto.

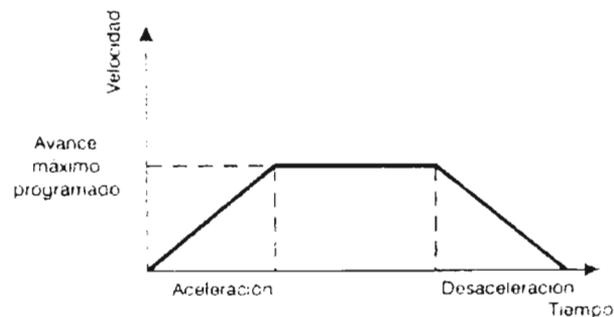


Figura IV.27.- G08 Y G09.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G12</b>	Interpolación en tres dimensiones.	Se utiliza cuando la trayectoria de la herramienta no está contenida en ningún plano coordenado y se desea programar en un solo bloque desplazamientos en el espacio.
<b>G13-G16</b>	Elección de ejes.	Usado para dirigir un control al eje o ejes como se especifica en la clasificación del formato. Así como en controles que trabajan en tiempo compartido.
<b>G17-G19</b>	Selección de planos de programación.	Se usan para identificar el plano sobre el cual se va a realizar una función, tales como : una interpolación lineal o circular, una compensación de herramienta u otra función que lo requiera.
<b>G17</b>	Elección del plano XY.	
<b>G18</b>	Elección del plano ZX.	
<b>G19</b>	Elección del plano YZ.	
<b>G20</b>	Interpolación circular (en dos dimensiones)	Generación de un arco en sentido de las manecillas del reloj, igual que G02 pero para dimensiones medianas.
<b>G21</b>	Interpolación circular (en dos dimensiones)	Igual que G03 pero para dimensiones medianas.

Tabla IV.5.- (Continuación).

Nota: En algunos controles como el Fanuc, General Electric y Anilam los códigos G20 y G 21 se usan para programar en sistema inglés o en sistema métrico respectivamente.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G25</b>	Limita la velocidad del husillo.	Limitar la velocidad del husillo representa el límite máximo admisible en RPM (véase G96).
<b>G26</b>	Interpolación helicoidal.	Una hélice se genera por el movimiento coordinado de tres ejes, en la cual la curvatura de la trayectoria de la herramienta respecto a la pieza de trabajo está dada en el sentido horario. Es una interpolación circular en un plano seleccionado G17, G18 o G19.
<b>G28</b>	Referencia de casa o punto cero de referencia.	Una vez que la máquina ha sido puesta en su punto de posición cero por medio de manuales, ya es posible regresar a ese punto una vez que se haya movido de él por medio del programa usando el código G28 el cual obliga a el eje especificado a retornar a su punto cero.
<b>G30</b>	Interpolación circular.	Igual que G02 pero para dimensiones grandes.
<b>G31</b>	Interpolación circular.	Igual que G03 pero para dimensiones grandes.
<b>G33</b>	Fileteado.	Generación de roscas a paso constante.
<b>G34</b>	Fileteado.	Generación de rosca con paso creciente.
<b>G35</b>	Fileteado.	Generación de roscas con paso decreciente.
<b>G36</b>	Interpolación helicoidal.	Igual que G26 pero en sentido contrario a las manecillas del reloj.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G40</b>	Cancela offset de compensación de herramienta.	Comando que cancela cualquier offset de compensación de herramienta que puede ser el radio o el diámetro.
<b>G41</b>	Offset de compensación a la izquierda.	La herramienta se encuentra a la izquierda de la superficie por maquinarse, según la dirección de avance. Los cálculos de la trayectoria real los realiza el CN únicamente a partir de esta instrucción.
<b>G42</b>	Compensación de la herramienta a la derecha.	Igual que G41, sólo que la herramienta se encuentra a la derecha de la superficie por maquinarse.
<b>G43</b>	Compensación de longitud de herramienta.	Este código indicará que la herramienta usada actualmente es más larga que la original, por lo que deberá compensar esa diferencia sumando a todos los valores de Z programados la diferencia de longitudes.
<b>G44</b>	Compensación de longitud de herramienta.	Indicará que la herramienta usada es más corta que la original por lo cual deberá compensar esa diferencia restando la diferencia de longitudes a todos los valores de Z programados.
<b>G49</b>	Cancela compensación de longitud de herramienta.	Cancela códigos G43 y G44.
<b>G45</b>	Compensación del radio de la herramienta en el fresado.	Aumenta la distancia programada por recorrer la herramienta un radio de la herramienta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<b>G46</b>	Compensación del radio de la herramienta en el fresado.	Disminuye la distancia programada por recorrer la herramienta un radio de la herramienta.
<b>G47</b>	Compensación del radio de la herramienta en el fresado.	Disminuye la distancia programada por recorrer la herramienta dos radios de la herramienta.

Tabla IV.6.- (Continuación).

Nota: Estos códigos son autocancelables y tienen validez únicamente en el bloque donde se programa.

<i>Funciones Preparatorias</i>	<i>Operación</i>	<i>Definición</i>
<b>G50</b>	Creación de un sistema coordinado y cancelación del código G51.	Se aplica principalmente en equipos de dos ejes como los tornos. La herramienta se coloca en algún punto de coordenadas conocidas del sistema coordinado que se desea crear indicando en el mismo bloque el código y las coordenadas conocidas.
<b>G51</b>	Escala.	Un programa establecido en un sistema coordinado puede recorrerse nuevamente pero a diferente tamaño ampliando o reduciendo la escala de programación de todo sistema coordinado. Para algunos sistemas de CN la escala puede variar de 0.001 a 99.999 veces.
<b>G52</b>	Sistema coordinado local.	Un sistema de coordenadas locales es aquel creado dentro de un sistema de coordenadas de trabajo dado por la limitada cantidad de sistemas de coordenadas de trabajo que presentan algunos controles. El sistema local debe prefijarse siempre a una distancia fija del punto cero

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

		del sistema coordinado de trabajo.
<b>G53</b>	Punto de “casa” de la máquina o coordenadas de la máquina.	Las coordenadas de máquina son las formadas por los ejes de coordenadas cuyo cero se localiza en el punto de “casa” de la máquina. Es un punto fijo dado por el fabricante.
<b>G54-59</b>	Sistema de coordenadas de trabajo.	Sistemas coordinados cuyo punto cero es posible preseleccionar en la página de offsets de trabajo de la máquina. Su localización puede ajustarse o variarse sin afectar el programa principal.
<b>G61</b>	Posicionado con precisión.	Se programa este código cuando se desea que toda una parte del programa se active con una desaceleración de casi cero. Se utiliza en partes de alta precisión donde se requieren filos de esquinas o formación de ángulos afilados y esto sólo es posible reduciendo al mínimo el contacto pieza-herramienta.
<b>G62</b>	Avance constante en esquinas y anula el código G61.	Se usa en los casos cuando se compensa el radio de la herramienta. Este código no produce desaceleración, sino que el avance inicial para perfilar una esquina es el mismo al final. Esto permite un perfil perfecto.
<b>G63</b>	Evita desaceleración en el eje Z y anula el código G61.	Es usado en operaciones de machuelado donde el cambio de rotación de la velocidad del husillo produce una desaceleración brusca en el movimiento del eje Z con lo cual el machuelo puede enterrarse y romperse.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<b>G64</b>	Produce movimiento suave en cambios de avance. Cancela el código G61.	Para la ejecución de una pieza se requieren diferentes avances de corte, estos cambios a veces se da de manera tan brusca que ocasionan perturbaciones tanto en la máquina como en la pieza. Este código hace que estos cambios no se manifiesten de una forma, sino que permite un movimiento suave de la máquina.
<b>G70</b>	Programación en pulgadas.	Modo de programación en unidades inglesas (pulgadas). Se recomienda que se establezca en el control al inicio este modo de operación. Todos los CN pueden operar en milímetros o en pulgadas.
<b>G71</b>	Programación en milímetros.	Modo de programación en unidades métricas. Este modo es cancelado por G70, M02 y M30.
<b>G72</b>	Interpolación circular en tres dimensiones (ARC CW).	Es un arco generado por el movimiento coordinado de tres ejes en el cual la curvatura de la trayectoria de la herramienta en relación con la pieza de trabajo está en sentido de las manecillas del reloj.
<b>G73</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de taladrado con desahogo de viruta.
<b>G74</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de machuelado izquierdo.
<b>G76</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de taladrado con salida orientada de la herramienta.
<b>G80</b>		Cancela ciclos fijos.
<b>G81</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de taladrado sin desahogo de virutas. Una vez que la herramienta llega al

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

		fondo se retira en avance rápido.
<b>G82</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de taladrado con pausa al fondo. Terminada la pausa la herramienta se retira en avance rápido.
<b>G83</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de taladrado con desahogo de viruta. La herramienta se retira completamente al plano Z0 de la pieza y regresa al nuevo plano de trabajo en avance rápido para barrenos profundos.
<b>G84</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de machuelado derecho.
<b>G85</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de taladrado sin desahogo de viruta; una vez que la herramienta llega se retira en avance de corte hasta el punto de inicio.
<b>G86</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de boreado. Inicia el movimiento del husillo en avance y gira según el reloj, ya en el fondo el husillo para y regresa a la posición de inicio en movimiento rápido.
<b>G87</b>	Ciclo fijo.	Igual que G86 excepto que el regreso a la posición de inicio es dado en movimiento rápido.
<b>G88</b>	Ciclo fijo.	Inicia ciclo de boreado con movimiento del husillo en avance. Una vez alcanzado se activa la pausa programada retirándose inmediatamente a la posición de inicio con un movimiento rápido.
<b>G89</b>	Ciclo fijo.	Ciclo de boreado con movimiento de avance en el corte y retroceso y pausa al fondo.
<b>G90</b>	Programación absoluta.	Un modo de programación en

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

		el cual la información entra en la forma de dimensiones absolutas.
<b>G91</b>	Programación incremental.	Un modo de programación en el cual la información entra en la forma de dimensiones incrementales.
<b>G92</b>		Desplazamiento de origen programado solo en un bloque.
<b>G93</b>	Velocidad de avance como la inversa del tiempo.	La información que sigue a este código será igual al recíproco del tiempo en minutos para ejecutar el block y es igual a la velocidad de cualquiera de los ejes divididos por el correspondiente incremento programado.
<b>G94</b>	Velocidad de avance en mm/min o plg/min.	Las unidades de avance puede programarse en mm/min o plg/min.
<b>G95</b>	Velocidad de avance en mm/rev o plg/rev.	Las unidades de avance pueden programarse en mm/rev o plg/rev.
<b>G96</b>	Velocidad de corte constante.	Las unidades de la velocidad del husillo son pies o metros superficiales por minuto y se especifica por la velocidad superficial tangencial de la herramienta relativa a la pieza de trabajo. La velocidad del husillo se controla automáticamente para mantener el valor programado.
<b>G97</b>	Revoluciones por minuto.	La velocidad del husillo se define por la expresión "velocidad del husillo".
<b>I</b>		Define la profundidad del mecanizado. Si se trabaja en G90, los valores son absolutos; es decir, están referidos al origen pieza del

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

		eje perpendicular al plano de trabajo. Si se trabaja en G91, los valores son incrementales; es decir, están referidos al plano de referencia.
K		Define el tiempo de espera en segundos, desde que alcanza el fondo del mecanizado hasta que comienza el retroceso. La programación de este parámetro sólo es obligatoria en el ciclo de taladrado con temporización (G82). En el resto de los ciclos, si no se programa, el CNC considera el valor K0.
N2		Define el número de veces que se desea repetir la ejecución del bloque. Indicar más de una repetición sólo tiene sentido si se está trabajando en G91; de lo contrario, el ciclo se repite en el mismo punto.
J		Define el número de pasos en que se realiza el mecanizado.

Tabla IV.7.- (Continuación).

A continuación presentaremos las igualdades entre los códigos G con los códigos de la fresadora DYNA 4M.

CÓDIG G	CÓDIGO DYNA	DESCRIPCIÓN	TIPO
G00	GOF	Travesía rápida	Modal
G01	GO	Interpolación lineal (alimentación)	Modal
G02	ARCL	Interpolación circular	Modal
G02.1	SPLL	Arco en	No modal

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

		espiral(CW)	
G03	ARCR	Interpolación circular (Contador de reloj)	Modal
G03.1	SPLR	Arco en espiral (CCW)	No modal
G04	DWELL	Dwell	No modal
G08	ARC	Arco (a través del punto medio)	No modal
G12	CIRL	Arco terminado (CW)	No modal
G13	CIRR	Arco terminado (CCW)	No modal
G16	Y_U	4to eje conversión a eje Y	Modal
G17	XY	Selección del plano XY	Modal
G18	XZ	Selección del plano XZ	Modal
G19	YZ	Selección del plano YZ	Modal
G20	IN	Selección del sistema en pulgadas	Modal
G21	MM	Selección del sistema en métrico	Modal
G22	CONTOUR	Ciclo de fresado en contorno	No modal
G23	PKT	Ciclo universal de fresado	No modal
G24	RECT_PKT	Ciclo rectangular	No modal
G25	CIR_PKT	Ciclo circular	No modal
G26	DIE_F	Ciclo de terminado hembra	No modal
G27	DIE_M	Ciclo de terminado macho	No modal
G28	GO_HOME	Regresar a cero	No modal
G34	CIR_CYC	Circulo de cerrojo	No modal
G35	LINE_CYC	Ciclo de agujeros en línea	No modal
G36	ARC_CYC	Ciclo de agujeros en un arco	No modal
G37	RECT_CYC	Ciclo de agujeros en una rejilla	No modal
G40	OFF_COMP	Cancela la compensación de corte XY	Modal

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

G41	COMP_L	Compensación de corte, lado izquierdo de la herramienta	Modal
G42	COMP_R	Compensación de la herramienta de corte, lado derecho	Modal
G43	COMP_TL	Compensación de corte, largo de la herramienta	Modal
G49	PFF_TL	Cancelación de la compensación de largo de la herramienta	Modal
G50	OFF_TRAN	Cancelación del ciclo trasladado	Modal
G51	SCALE	Traslación de ciclo-Escala	Modal
G51.1	MIRROR	Traslación de ciclo-Espejo	Modal
G51.2	XYZ	Ciclo de traslación-XYZ planos	Modal
G52	ZERO_AT	Cero local	Modal
G53	COORD0	Cordenada de la máquina	Modal
G54	COORD1	Primer trabajo coordinado	Modal
G55	COORD2	Segundo trabajo coordinado	Modal
G56	COORD3	Tercer trabajo coordinado	Modal
G57	COORD4	Cuarto trabajo coordinado	Modal
G58	COORD5	Quinto trabajo coordinado	Modal
G59	COORD6	Sexto trabajo coordinado	Modal
G68	ROTATE	Rotar	Modal
G73	STEP_CYC	Ciclo de fresado	Modal
G74	TAP_REV	Reversa de grifo	Modal
G76	BORDE F	Taladrado fino	Modal
G80		Cancelación de ciclo de taladrado	Modal
G81	DRILL	Ciclo de fresado	Modal
G82	DRILL_P	Ciclo de fresado con dar	Modal

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

G83	DRILL_Q	Ciclo de fresado picoteado	Modal
G84	TAP	Ciclo de tapado	Modal
G85	BORE	Ciclo de taladrado fino	Modal
G86	BORE_P	Ciclo de taladrado fino	Modal
G87	BORE_B	Ciclo de taladrado fino	Modal
G88	BORE_M	Ciclo de taladrado fino	Modal
G89	BORE_S	Ciclo de taladrado fino	Modal
G90	ABS	Modo absoluto	Modal
G91	INC	Modo incremental	Modal
G92	CURRENT	Cero	Modal
G94	F_MIN	Rango de alimentación en mm/Min.	Modal
G95	F_REV	Rango de alimentación en mm/Rev.	Modal
G98	END_Z0	Regreso al punto inicial	Modal
G99	END_R	Regreso al plano "R"	Modal
	SMOOTH=	Cambiar a rango suave	Modal
	ZFEED=	Cambiando alimentación en Z en ciclo necesitado	Modal

Tabla IV.8.- Similitudes con el control DYNA 4M.

### IV.34.- Funciones Miscelánea o auxiliar

Las funciones misceláneas del CN establecen una variedad de comando auxiliares, tales como un paro del programa, iniciar o parar el giro del husillo, cambio de herramienta, encendido y apagado del refrigerante, etc.

Por lo general, son funciones de encendido y apagado ON/OFF y son usadas al inicio o al final de un ciclo y son identificadas por la letra "M" seguida por dos dígitos.

En la mayoría de los casos los códigos misceláneos M00, M01, M02, M03 o M26 son efectivos únicamente en el bloque específico donde está programado; si se

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

necesitan dos bloques sucesivos deben programarse en cada bloque. La mayoría de las otras funciones misceláneas no requieren ser repetidas en bloques sucesivos.

Las siguientes funciones misceláneas han sido dadas por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) bajo su norma EIA-274-D y que por lo general son las más empleadas.

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
<b>M00</b>	Paro de programa.	Función miscelánea para cancelar la función del husillo y refrigerante.
<b>M01</b>	Paro opcional (planeado).	Función miscelánea similar al paro del programa, excepto que el control ignora la orden a menos que el operador la haya validado previamente.
<b>M02</b>	Fin de programa.	Función miscelánea que indica terminación de la pieza de trabajo. Detiene el husillo, el refrigerante y el avance después de completar todos los comandos en el bloque.
<b>M03</b>	Giro del husillo cw.	Inicia giro del husillo en el sentido de las manecillas del reloj.
<b>M04</b>	Giro del husillo ccw.	Inicia giro del husillo en sentido contrario al de las manecillas del reloj.
<b>M05</b>	Detiene el husillo.	Paro del husillo, en algunos controles se apaga simultáneamente el refrigerante.
<b>M06</b>	Cambio de herramienta.	Para el husillo y el refrigerante y la herramienta se aleja a la posición de casa.
<b>M07</b>	Enciende refrigerante.	Refrigeración con aire o spray.
<b>M08</b>	Enciende refrigerante.	Refrigeración con aceite a chorro.

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

<b>M09</b>	Cancela refrigerante.	Detiene el flujo del refrigerante.
<b>M21</b>	Soltar pieza.	Una vez terminada la pieza se suelta sobre el receptor de piezas.
<b>M22</b>	Sujeta pieza.	Una vez ajustada la pieza en la boquilla es sujeta por ésta.
<b>M23</b>	Carro auxiliar.	
<b>M24</b>	Carro tronizador.	Una vez realizados todos los maquinados sobre la barra, entra en acción el carro tronizador para desprender la pieza de la barra.
<b>M25</b>	Acciona receptor de piezas.	Regresa el receptor de piezas o el carro tronizador.
<b>M26</b>	Acciona receptor de piezas.	Activa el receptor de piezas.
<b>M30</b>	Fin de la cinta.	Fin del programa con retorno.

Tabla IV.9.- Funciones Misceláneas.

Presentamos a continuación, las funciones misceláneas que se utilizan en la fresadora DYNA 4M.

**CÓDIGOS M  
CÓDIGO**

**DESCRIPCIÓN**

M00	Parada del programa
M01	Parada opcional
M02	Extremo del programa
M03	Husillo adelante
M04	Revés del husillo
M05	Husillo apagado
M06	Cambio de la herramienta (opcional - no requerido)
M08	Líquido refrigerador encendido
M09	Líquido refrigerador apagado
M10	Cambio de repuesto automático de la herramienta
M19	Husillo oriente
M22	Envíe señal sinc del PLC
M23	Espere señal sinc del PLC
M24	Dé vuelta apagado a señal sinc del PLC
M25	Cargue al revés

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

M26	Comience la cuenta abajo
M30	Extremo del programa
M31	Gire la 2da bomba del liquido refrigerador
M32	Dé vuelta apagado a la 2da bomba del liquido refrigerador
M35	Salte el transportador delantero
M36	Salte el transportador posterior
M37	Pare el transportador de la viruta
M39	Energía automática apagado
M40	Cerradura del eje de U
M41	Lanzamiento del eje de U
M42	Disposición automática de la longitud de la herramienta
M60	Reajuste la bandera del estado
M61	Fije La bandera del estado
M62	Espere una señal
M64	Salto
M65	Comando directo al conductor
M70	Llamada del DNC
M71	Sí
M72	Goto
M73	Repetición
M74	Repita el extremo
M75	Final del programa del CNC
M76	Comience a ejecutar nuevo programa del CNC
M77	Marque un comienzo del bloque
M78	Marque un extremo del bloque
M79	Llame el mensaje de error
M80	Calcule la velocidad del husillo
M81	Filete el intercambio del parámetro
M82	Filete el intercambio de datos
M84	Crezca muy alto y delgado el modo del control
M85	Ajuste pasivo del parámetro que golpea ligeramente
M86	Escriba la variable del PLC
M87	Empuje el estado de sistema al apilado
M88	Haga estallar el estado de sistema para apilar
M89	Demuestre el mensaje
M90	Comienzo que golpea ligeramente pasivo
M98	Subprograma de la llamada
M99	Extremo del subprograma

Tabla IV.10.- Funciones misceláneas utilizadas en la fresadora DYNA 4M.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### IV.35.- Formato de comando

Cada programa del CNC consiste en una serie de comandos. Cada comando de CNC consiste en un código de comando y sus parámetros. El control de los 4M aceptará los códigos escritos en código de G/M o código de DYNA. Examine las muestras abajo.

EJEMPLOS:

CÓDIGO DE G/M:  
N1000GOOX100Y100;

CÓDIGO DE DYNA  
N1000GOX100 N1010 Y100

N1000 es el número de serie. Es señalado por la letra " N " y es opcional. Es solamente necesario si llama subprogramas, repeticiones del programa, definiciones del bloque, el etc...

### IV.36.- Reglas para los códigos de G y de M (ISO)

Cuando más de un código de G/M aparece en la misma línea de comando, la prioridad de secuencia el ejecutarse es S, F, T, M, G.

Más de un comando se puede incorporar en una línea de comando. Por ejemplo, si usted mira la muestra abajo, los comandos válidos son:

G54G40G21 G91 G17;

La longitud máxima de la línea de comando debe ser no más de 80 caracteres. Cada línea de comando se debe terminar por un punto y coma ";".

Los COMANDOS MODALES pueden también ser utilizados. Un comando modal es un comando que sigue habiendo activo hasta que está cancelado. Un buen ejemplo de comandos modales es G90, G91 o G00, G01. Cuando se ejecuta un G90 (absoluto que programa) sigue habiendo el sistema en el modo absoluto hasta cambiado por un comando G91.

### EJEMPLO USANDO EL COMANDO G01 QUE ES MODAL

G01	Z-10;	Mueva el eje de Z a 10
	X100;	Mueva el eje de X a 100
	Y100;	Mueva el eje de Y a 100
	XO;	Mueva el eje de X a 0
	YO;	Mueva el eje de Y a 0
	ZO;	Mueva el eje de Z a 0

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### IV.37.- Reglas para el código de DYNA

No más de un código de DYNA se permite en cada línea de comando y t debe ser por lo menos un espacio entre el código de DYNA y sus parámetros. El código de D y el código de G/M pueden aparecer en el mismo programa, pero no en la misma línea de comando. Cada comando indica si un movimiento es un movimiento absoluto que está concerniente al coordenada cero del trabajo (GO) o si el movimiento está concerniente a la posición actual. (GR) Observe por favor que " VA " el comando absoluto del movimiento es. Ésta es la letra " o " y no un cero.

### IV.38.- Una regla general del sistema

El sistema es sensible a la orden de comandos. Esto efectúa el proceso de los comandos de " M " y de algunos comandos de " G". Típicamente si un código de G y el código de M se contienen en el mismo comando el primer comando toma prioridad. Además, los siguientes no se recomiendan.

```
G01G99G17G20X10Y10
G81G99G21X10Y10
```

Se prefiere este formato de siguiente.

```
G99G17G20G01X10Y10    G99G21
G81X10Y10
```

O:

```
G99
G17
320
G01X10Y10
G99
G21
G81X10Y10
```

-Ejemplo de un Programa de fresado de CNC

```
P10115
N10 G90 G17 S500 T.01 M3 N150 G1 Y-13 F100 M8
N20 G0 X0 Y-30 N160 G93 I20 J0 (preselección origen polar B)
N30 G43 Z-10 N170 G91 G3 A1
N40 G1 G42 G37 R12 Y-4 F100 M8 N180 G18 (selección del plano XZ)
N50 X20 N190 G3 A180
N60 G3 Y4 R4 N200 G17 (selección del plano XY)
N70 G1 X-20 N210 G93 I-20 J0 (preselección origen polar A)
```

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

```
N80 G3 Y-4 R4 N220 G2 A-1  
N90 G1 G38 R12 X0 N230 G18 (selección del plano XZ)  
N100 G0 G40 X0 Y-30 M9 N240 G2 A-180  
N110 G44 Z200 M0 N250 G17 (selección del plano XY)  
N120 G90 G17 S400 T.02 M3 N260 G25 N160.250.89  
(Radio fresa 9 mm, compensación manual) N270 G90 G0 Y40 M9  
N130 G0 X20 Y-30 N280 G44 Z200  
N140 G43 Z0 N290 M30
```

Con el ejemplo antedicho del programa, repasemos un procedimiento que deba ser seguido para la programación y diseño de una pieza en la fresadora de CNC DYNA 4M.

Como hemos mencionado antes, al programar una pieza en la fresadora de CNC, se pueden utilizar diferentes tipos de programas de diseño, el más utilizado el programa llamado *Mastercam* el cual daremos una pequeña explicación de su utilización en la en la máquina de CNC.

### IV.39.- Programa MASTERCAM 9.0

En la siguiente figura ilustramos la ventana de trabajo del programa:



Figura IV.28.- Ventana de trabajo del programa Mastercam 9.0.

Explicación de la barra de herramientas.

**ANALYZE.-** (analizar); este comando se utiliza para analizar superficies, contornos, entre puntos, áreas, volúmenes y ángulos.

**CREATE.-** (crear); este comando se utiliza para crear líneas, puntos, arcos, curvas, superficies, rectángulos y aproximar al menu.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

FILE.- (documentos o archivo); este comando se utiliza para crear nuevo archivo, guardar, convertir, etc.

MODIFY.- (modificar); este comando se utiliza para modificar el diseño a modo de dejarlo según las especificaciones.

XFORM.- (forma x); este comando se utiliza para modificar la pieza o trabajarla lo más simple posible.

DELETE.- (borrar o suprimir); este comando es utilizado para llevar una secuencia en el diseño de la pieza, así se puede demostrar en la simulación del diseño.

SCREEN.- (pantalla); este comando se utiliza para hacer cambios en la ventana de trabajo, como color de fondo, nivel de color de trabajo, enumerar los trabajos diseñados.

SOLID.- (sólido); es comando es utilizado para extruir, filetear la pieza ya diseñada.

TOOLPATHS.- (camino de herramientas); este comando es utilizado para utilizar las diferentes herramientas que se encuentran disponibles en el programa.

NC UTILITIES.- (servicios de CN); este comando se utiliza para definir las herramientas, materiales, y operaciones disponibles en el programa.

En nuestro siguiente capítulo explicaremos un poco más de los comandos que se utilizan en el programa de diseño; además diseñamos una pieza en el programa de Mastercam, el programa final se introdujo en la fresadora de CNC DYNA 4M para obtener la pieza que nosotros deseamos. En este capítulo también explicaremos las formas de comunicación que existen para la introducción del programa en la máquina.

### CAPÍTULO V

#### **“Fabricación de una pieza en la fresadora DYNA 4M utilizando el programa de CAD/CAM”**

El diseño automatizado y la fabricación con ayuda de ordenador (CAD/CAM) que utilizan las computadoras para diseñar el dibujo de los límites de la característica de la parte para desarrollar la trayectoria y el código automático del CNC. Usando CAM, las herramientas son definidas y cómo deben ser utilizadas para el corte, y los datos específicos relacionados con él. El dibujo en el CAD es construir líneas que se usan de dibujo, arcos, círculos y puntos y la colocación de ellas concerniente al operador en la pantalla. Una de las ventajas principales de CAD/CAM es el tiempo ahorrado. Es una línea de código mucho más eficiente del CNC.

CAD/CAM ahora es el método convencional de crear los programas de los dibujos mecánicos y del control numérico por computadora (CNC) para las máquinas herramientas. El CAD es el estándar a través del mundo para generar dibujos de ingeniería. El ordenador personal se ha convertido en una herramienta de gran alcance usada fabricando para eso y muchos otros propósitos. Los ingenieros utilizan raramente al tablero de bosquejo para diseñar sus proyectos que ahora utilizan las computadoras extensivamente. Los diseñadores pueden crear los dibujos necesarios y compartirlos electrónicamente con el departamento de fabricación. Los dibujos se convierten a un formato del archivo común, tal como la especificación inicial del intercambio de los gráficos (IGES) o formato de dibujo del intercambio (DXF). Entonces, el ingeniero de fabricación puede crear la trayectoria de la herramienta y asignar la información de la herramienta de corte concerniente a los resultados deseados. El CAD es limitado, en naturaleza, a la generación de los dibujos de ingeniería, mientras que CAD/CAM combina capacidades del diseño y de la fabricación. Al usar CAD/CAM, el dibujo se puede crear en el mismo o importar de un programa del CAD. No es necesario tener el dibujo dimensionado para esta operación, pero la gama completa de la pieza se requiere. El operador de CAD/CAM asigna las herramientas y su orden del uso mientras que crea la trayectoria de la herramienta. Hay muchos programas de CAD/CAM sobre el mercado hoy. Los más populares son fáciles de utilizar, tienen un fondo y una confiabilidad sólida. Para hacer buen uso de esta energía, es importante entender completamente los procesos que se realizarán en la máquina. Apenas pues el CNC no cambia al trabajar como máquina manual, igual es verdad de CAD/CAM que debe generar la trayectoria de la herramienta para una máquina de CNC en la forma de un programa del CNC, como podemos ver en la siguiente figura.



Figura V.1.- Diseño asistido por ordenador.

Es imprescindible tener una comprensión completa de los sistemas coordinados rectangulares y polares. Es también necesario tener una comprensión completa de la selección, de las velocidades y de las alimentaciones de la herramienta de corte. Casi todos los programas de CAD/CAM desarrollarán automáticamente velocidades y alimentan los datos basados en la selección de la herramienta, sin embargo, los ajustes son con frecuencia necesarios.

Al construir la geometría de pieza, considere el tipo de operación que trabaja a máquina. Por ejemplo, si el resultado deseado es perforar un agujero usando un taladro estándar, la construcción solamente del punto que representa la localización del centro del agujero en el sistema coordinado es necesaria.

En este capítulo, Mastercam será ofrecido como ejemplo del software de CAD/CAM. Este capítulo es intentado solamente como introducción a CAD/CAM. Muchos otros programas de CAD/CAM utilizan técnicas similares para lograr el mismo resultado.

Lo que sigue es una descripción corta del proceso de usar Mastercam para crear geometría, la trayectoria de la herramienta y el código del programa para las máquinas del CNC.

### **V.1.- Ordenador Personal**

La computadora necesitada para funcionar este tipo de software tiene requisitos mínimos importantes. Normalmente, una pantalla grande es deseable para la facilidad de ver la geometría creada. Los programas de CAD/CAM requieren muchos de espacio de disco duro así que una impulsión dura grande también se recomienda. Porque CAD/CAM

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

se utiliza para crear dibujos complejos y para realizar simulaciones gráficas, la computadora tiene las necesidades básicas siguientes: La memoria que la computadora utiliza tener acceso a archivos mientras que trabaja en ellos se llama RAM, (memoria de acceso al azar). Para CAD/CAM a la cantidad grande de RAM se recomienda altamente (los fabricantes del software individual han recomendado minimos). Los controles de la tarjeta y de monitoreo de los gráficos de la computadora dan la resolución de la pantalla.

### V.2.- Windows

Estar acertados de usar CAD/CAM, es necesario entender el uso de los programas de un ordenador personal. Microsoft Windows es el sistema operativo lo más extensamente posible usado en los ordenadores personales.

Con CAD/CAM, el operador debe entender el sistema operativo y tener habilidades de los fundamentos para el uso del ratón, incluyendo, el doble-tecleo, el botón de ratón derecho y el indicador de ratón. Justo como la mayoría de los programas de computadora en uso hoy, Mastercam utiliza un interfaz utilizador gráfico para la facilidad de la entrada. El menú del icono de Mastercam en la tapa de la exhibición principal del menú requiere un solo tecleo con el botón de ratón izquierdo a activar un comando. Las mismas técnicas se utilizan para activar un comando de la lista principal del menú de Mastercam.

### V.3.- Arranque del Programa

Antes de arrancar con el programa, debemos mencionar que todo el proceso del programa será aplicado para la fabricación de una pieza en la fresadora de CNC DYNA 4M llamado "PLACA DE MONTAJE". De la pantalla principal de las ventanas, la vista en el tablero del escritorio a considerar es allí un icono del atajo para el Mill 9 de Mastercam; doble-tecleo y el botón de ratón izquierdo. Si no hay un icono del atajo, presione la tecla de partida en la esquina izquierda más baja con el botón de ratón izquierdo. Resbale el indicador de ratón hasta programas, hacia la derecha que usted verá una lista de todos los programas disponibles. Resbale el indicador de ratón hacia el hallazgo Mastercam 9 y otra lista aparecerá a la derecha.



Mill 9.Ink

Una vez más se resbala el indicador de ratón a través de la lista para encontrar el programa deseado. En este ejemplo, se utiliza el Mill 9. El solo tecleo del botón del ratón izquierdo, la pantalla de menú principal de Mastercam será exhibido según lo demostrado en figura.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M



Figura V.2.- Ventana de trabajo del programa.

Muchas de las funciones del programa son accesibles chascando el botón de ratón izquierdo mientras sobre el icono. Una lista de las mismas funciones está disponible en lo alto a la izquierda de la pantalla en la forma de un menú. Las funciones pueden ser activadas usando el ratón o usando los golpes de teclado del atajo, generalmente la primera letra de la palabra o, si no, los será identificado por una raya de la letra necesitada. En la descripción que sigue, las selecciones del menú en comparación con los iconos serán utilizadas, y el artículo de menú, será destacado y el golpe de teclado del atajo será subrayado al mach de la pantalla de Mastercam.

El menú secundario aparece debajo de la lista del menú. Los dos botones superiores son menú de reserva y principal. Utilice el botón principal del menú para volver al menú principal dondequiera dentro del programa. Cuando se presiona la reserva, el software camina detrás en nivel en el menú. Nota: La llave del escape (Esc) logra igual que presionando la reserva.

El área de trabajo principal de la pantalla es negra por defecto y se puede cambiar a otro color en caso de necesidad. A veces, el dibujo excede tamaño de la ventana. Utilice el icono apto (noveno de la izquierda en la barra del icono) para caber para defender. Enfoque adentro a las áreas específicas para magnificar difícilmente para ver puntos. Utilice la selección de crear a construir la pieza usando líneas, arcos, puntos y otros comandos. Utilice el menú de la modificación para limpiar encima de geometría existente.

Muchas de las funciones del programa son accesibles chascando el botón de ratón izquierdo mientras sobre el icono. Una lista de las mismas funciones está disponible en lo alto a la izquierda de la pantalla en la forma de un menú. Las funciones pueden ser activadas usando el ratón o usando los golpes de teclado del atajo, generalmente la primera letra de la palabra o, si no, los será identificado por una raya de la letra necesitada. En la descripción que sigue, las selecciones del menú en comparación con los iconos serán utilizadas, y el artículo de menú, será destacado y el golpe de teclado del atajo será subrayado al mach de la pantalla de Mastercam.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

El menú secundario aparece debajo de la lista del menú. Los dos botones superiores son menú de reserva y principal. Utilice el botón principal del menú para volver al menú principal dondequiera dentro del programa. Cuando se presiona la reserva, el software camina detrás en nivel en el menú. Nota: La llave del escape (Esc) logra igual que presionando la reserva.

El área de trabajo principal de la pantalla es negra por defecto y se puede cambiar a otro color en caso de necesidad. A veces, el dibujo excede tamaño de la ventana. Utilice el icono apto (novenos de la izquierda en la barra del icono) para caber para defender. Enfoque adentro a las áreas específicas para magnificar difícilmente para ver puntos. Utilice la selección de crear a construir la pieza usando líneas, arcos, puntos y otros comandos. Utilice el menú de la modificación para limpiar encima de geometría existente.

### V.4.- Creación De la Geometría

Para este ejemplo, toda la geometría demostrada en la figura será fabricada. La primera consideración al reconstruir geometría es donde fijar el origen. El material que se utilizará para la fabricación de la pieza es aluminio.

Para el diseño y fabricación de esta pieza, se utilizarán las siguientes operaciones:

- Desbaste
- Vaciado y acabado de ranuras
- Contorneado o acabado exterior
- Taladrado

Y las siguientes herramientas:

- Herramienta 1 = fresa cilíndrica de diámetro de 12.50 mm y 4 dientes
- Herramienta 2 = fresa cilíndrica de diámetro de 7.757 mm y 4 dientes
- Herramienta 3 = fresa cilíndrica de diámetro de 5.250 mm y 4 dientes
- Herramienta 4 = fresa cilíndrica de diámetro de 3.175 mm y 4 dientes
- Herramienta 5 = broca de diámetro de 10 mm

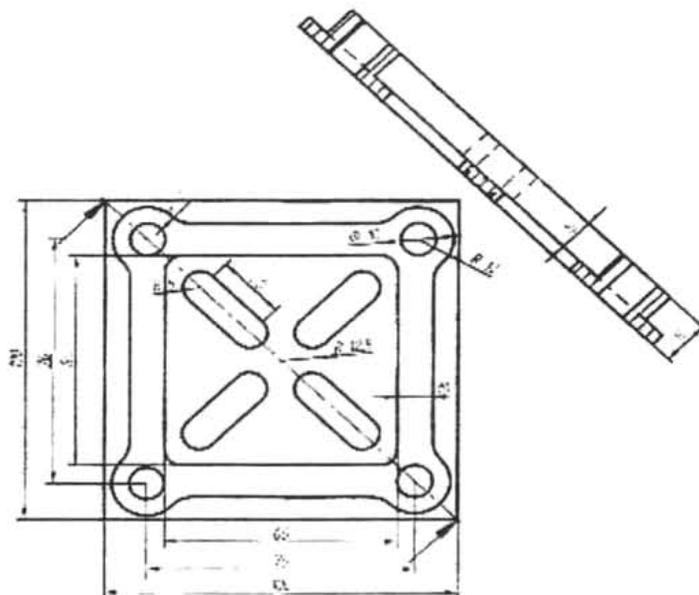


Figura V.3.- Planos de la PLACA DE MONTAJE.

Una localización de cero ha sido indicada en la impresión por el símbolo en la esquina más baja de la mano izquierda. Tiene buen sentido de utilizar esta misma localización para comenzar a dibujar.

#### V.5.- Disposición de trabajo

La disposición de trabajo, como el nombre implica, es el primer paso que se termina en el proceso antes de que se cree la geometría real. La información incorporada aquí establece los datos necesarios para el programa tal como origen común de las herramientas y de la pieza del tamaño.

- Del menú principal, solo teclee el botón de ratón izquierdo en toolpaths.
- Para tener acceso a la pantalla de la disposición de trabajo, sola chasca encendido el artículo de menú de la disposición de trabajo.

Las explicaciones se dan abajo para cada artículo en la ilustración siguiente.

Import... no prohíbe a la importación de la información de la disposición de trabajo de otros archivos ahorrados. Las operaciones importadas no incluirán geometría de parte porque los parámetros específicos se deben fijar para la nueva geometría.

Views... exhibe todas las visiones ahorradas para el fichero activo y su origen, si son sociables y el número compensado del trabajo.

Tools... este botón exhibe la lista del encargado de las herramientas para el archivo actual.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Si entonces no se importó ninguna disposición u operaciones de trabajo de otro archivo, no habrá ninguna herramienta presente. Cualquiera herramienta que sea de necesidad necesaria de la voluntad de ser creado a este tiempo. Presione el botón de las herramientas y exhibirán al encargado de las herramientas.

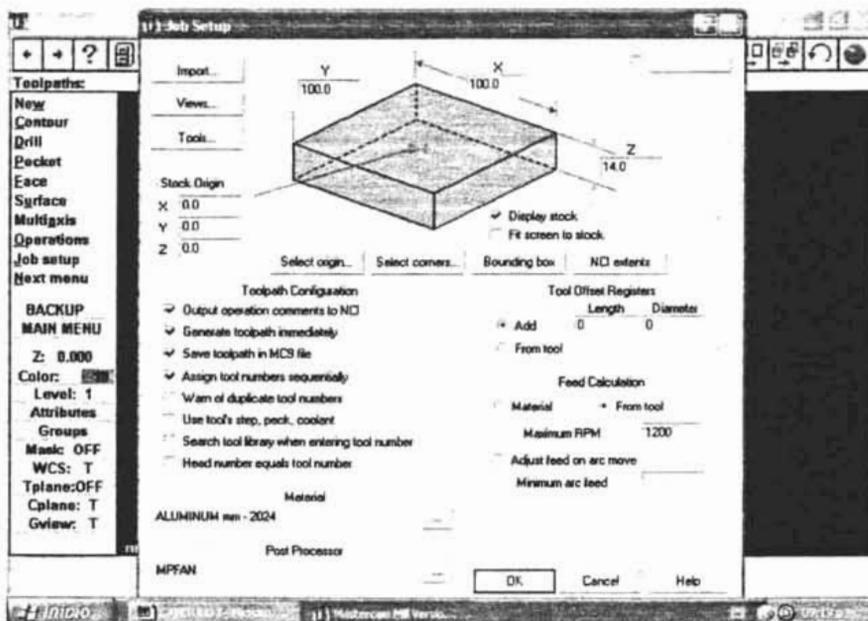


Figura V.4.- Encargado de las herramientas.

Agregar las herramientas a la lista, enderezan simplemente el teclado y entonces lo seleccionan, consiguen de biblioteca. El encargado de las herramientas, caja de diálogo aparecerá como en la figura.

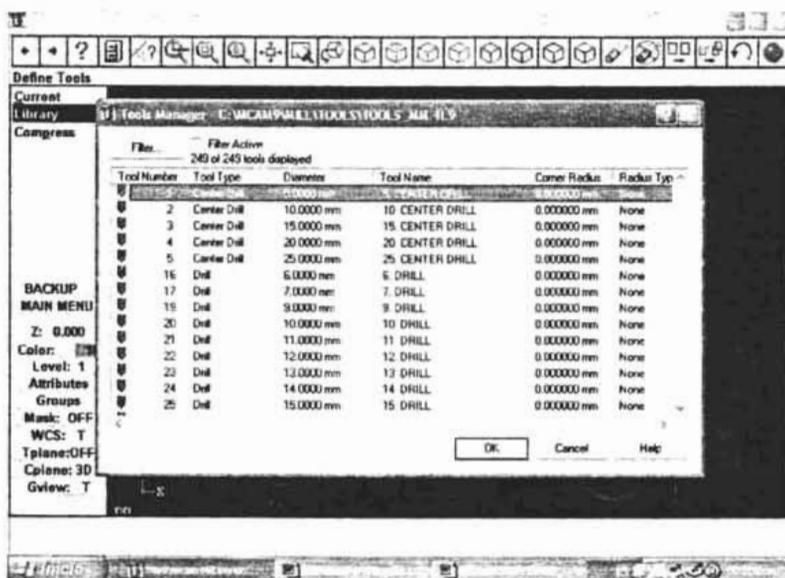


Figura V.5.- Biblioteca de herramientas.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

Hay un filtro del título del botón... y una caja de chequeo para activar el filtro. Si esta caja de chequeo no se comprueba, entonces las 315 herramientas en la base de datos estándar serán exhibidas en la lista. Comprobando esta caja para activar este filtro el número y el tipo de herramientas exhibidas pueden ser refinados.

- Posición del indicador de ratón en el área blanca entonces se tecléa.
- Se elige la biblioteca.
- Use la barra de voluta situada en la derecha de la ventana y de la voluta de encontrar una fresa plano del extremo de 3/16 pulgada.

Ésta es la única herramienta necesitada para el programa en nuestro ejemplo. Si las herramientas adicionales son necesitados el mismo proceso se puede seguir para agregarlas.

- use el ratón al tecléo izquierdo, entonces, presiona MUY BIEN (OK) o doble tecléo para aceptar la selección.

Origen común, sistemas la localización del origen común. El origen para la pieza se puede mover a una localización de la esquina deseada chascando y arrastrando la flecha roja. La localización numérica exacta se puede también entrar en el XY y el Z para lograr esto.

Las coordenadas de X y Y, definen el límite externo de la acción cruda de la pieza.

Seleccione el origen, cuando está presionado, abrirá el archivo de dibujo y permitirá la selección manual del origen común con el ratón directamente del dibujo.

- ✦ Creación de la característica de Mastercam gradualmente.

Por favor note; los pasos dados aquí es de ninguna manera el único método por el cual esta geometría puede ser creada. Las preferencias y la velocidad individuales serán en última instancia el factor de la determinación en cómo se crean los dibujos. Todos los valores dados para el trazado del dibujo están dados en mm.

### V.6.- Pasos Para el diseño y fabricación de la pieza PLACA DE MONTAJE

- Del menú principal, coloca el excedente del indicador de ratón **create** y presione el botón izquierdo, o presione la letra " C " para activar el menú del crear.

*Nota: Aunque muchas veces la letra del golpe de teclado del atajo está en mayúsculo es innecesario afinarlo esa manera. Es decir una " c minúscula " logrará la misma cosa.*

- Por el mismo método, elige **la línea** o presione la letra " L " para activar el menú de la línea.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- elige **horizontal** o la letra " H " para activar el menú de la línea horizontal.

En el área de la respuesta de sistema el aviso lee: " cree la línea, horizontal: Especifique el primer punto " (los defectos del sistema **a bosquejar** bajo entrada del punto).

- La llave en las coordenadas para el punto del comienzo de la línea: 0,0 y presiona Enter para introducir (donde 0,0 = valor de X, valor de Y) (el valor de Z es cero salvo especificación de lo contrario en el menú secundario).

El primer punto es exhausto y la línea horizontal se une a ella. Como el ratón se mueve las líneas estiran como una goma al punto. En el área de la respuesta de sistema el aviso lee: Longitud = (valor de la longitud de línea). El modo de defecto es bosquejo tan siempre que el ratón se mueva los cambios de la longitud de línea correspondientemente.

*Nota: Si se saben los valores coordinados, comience a mecanografiar los valores, y el software incorpora automáticamente ese modo y la voluntad de la ventana del punto de inserción pop-up donde los valores están afinando adentro.*

- La llave en: 62.0 para el segundo punto final y presione entran.
- Presione entra otra vez para aceptar la coordenada Y de cero.

Utilice el ratón para colocar el cursor sobre el botón secundario del menú etiquetado " reserva " (apenas debajo del menú principal) y para presionarlo.

- Para las dos coordenadas de debe de utilizar el valor de 100.0 (en Y, en X) y el espesor de nuestra placa es de 14.0 (Z).

### V.7.- Para Radio

- Seleccionar la función **create** , después seleccionar la función **arc**, y seleccionar la forma del arco (para este caso utilizamos la función de tres puntos). El valor del radio será automático al crear el arco.
- De la misma forma se debe seleccionar **arc** para poder hacer los cuatro agujeros de la placa; se selecciona **circ 2 pts** y el radio del agujero es automático. (Para nuestro ejemplo nosotros utilizamos cuatro agujeros de 10.0).

### V.8.- Para las líneas verticales y horizontales

- Para la realización de la línea horizontal, se selecciona **create**, después se selecciona **line** y por último **horizontal** o **vertical** según sea el caso y donde se encuentre el punto de diseño de la pieza. (Para nuestro diseño nosotros utilizamos dos líneas horizontales de 62.0 y dos verticales de 62.0).
- Para el diseño de las dos líneas horizontales y dos verticales, las cuales se encuentran adentro de la pieza, utilizamos un valor de 66.0 por 66.0.

### V.9.- Para el acabado de las ranuras

- Para el acabado y diseño de las ranuras, nosotros utilizamos los valores de radio de 5.0 y una longitud de 20.0 a un ángulo de  $12.5^\circ$ .

Al término de las explicaciones del diseño de nuestra pieza, obtendremos la pieza de la siguiente manera en nuestro programa de Mastercam V9:

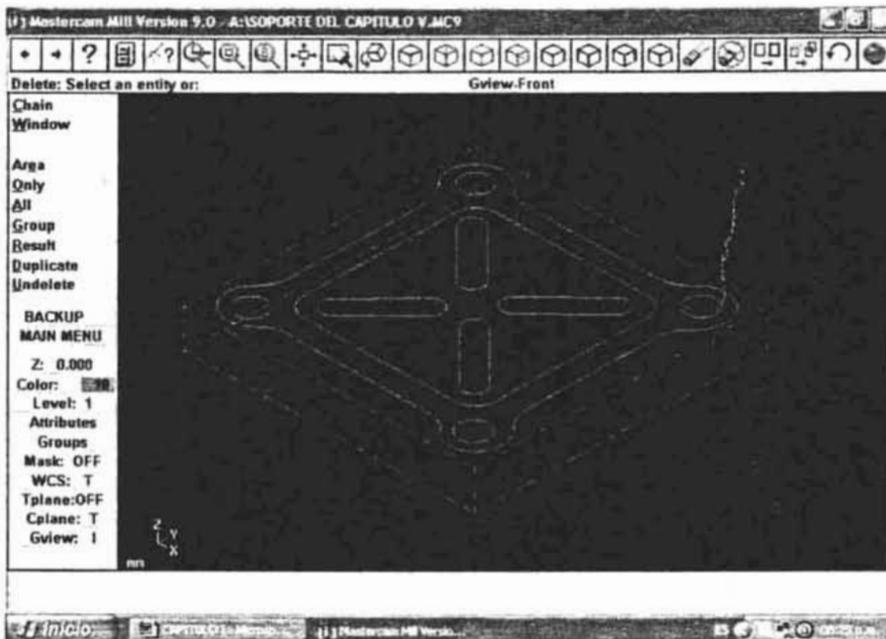


Figura V.6.- Vista isométrica.

NOTA: Se puede demostrar la figura de diferentes vistas; nosotros escogimos la VISTA ISOMÉTRICA.

### V.10.- Operaciones

#### V.10.I.-Contorneado o acabado exterior.

- Seleccionamos el comando **Toolpaths**, enseguida se selecciona el comando **contour** después se selecciona **chain** aquí aparecen dos comandos que son **tool parameters** y **contour parameters**, aquí se seleccionan los valores dados para el contorneado y los valores dados para la herramienta:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

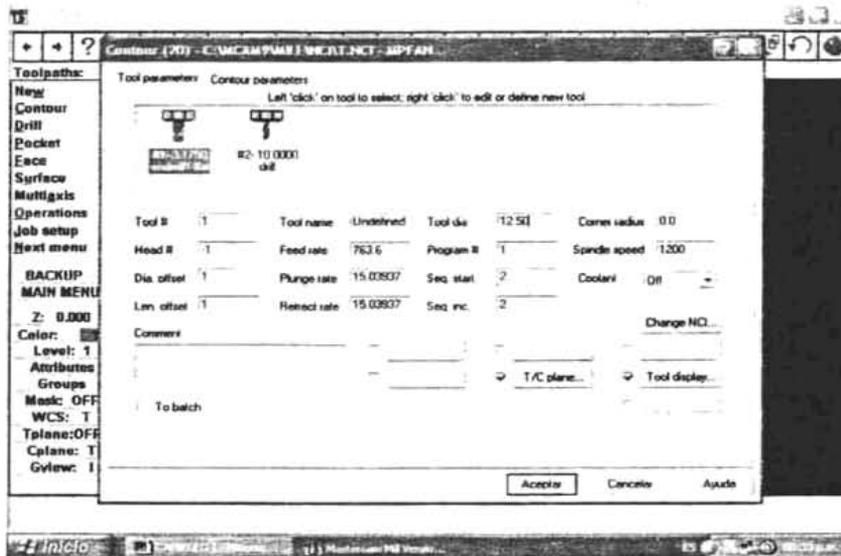


Figura V.7.- Selección de la herramienta.

- Después de seleccionar los parámetros, damos aceptar y veremos la forma de contorneado o acabado exterior (color azul):

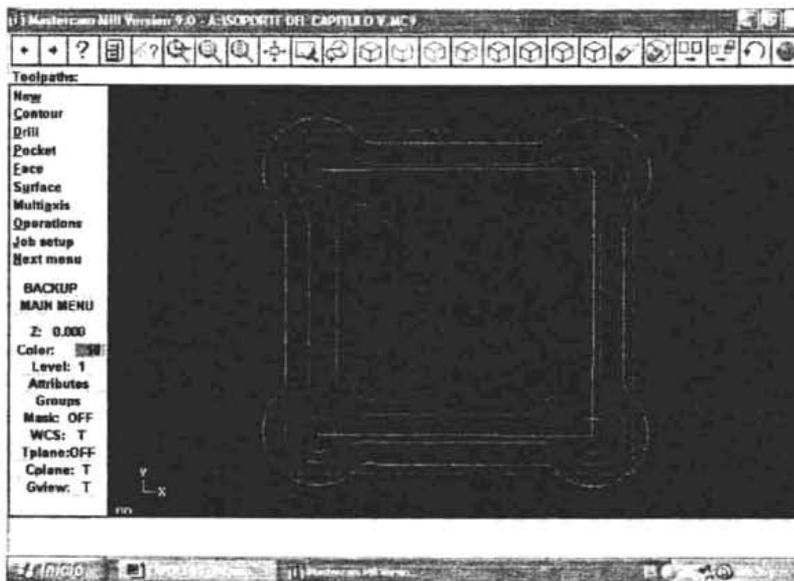


Figura V.8.- Contorneado.

### V.10.2.-Taladrado.

- En el mismo comando de **toolpaths**, se selecciona **drill**, aquí aparecen tres subcomandos llamados **tool parameters**, **simple drill no peck** y **custom drill parameters 1**, se deben de insertar los parámetros que solicitan para cada uno y los movimientos del taladrado:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

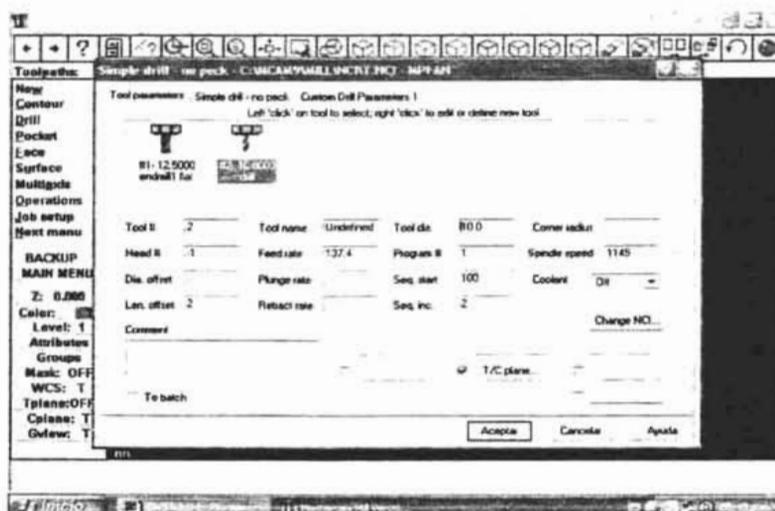


Figura V.9.- Selección de la herramienta.

- Después de seleccionar los parámetros, damos aceptar y veremos el desplazamiento de nuestra herramienta sobre los agujeros (color amarillo):

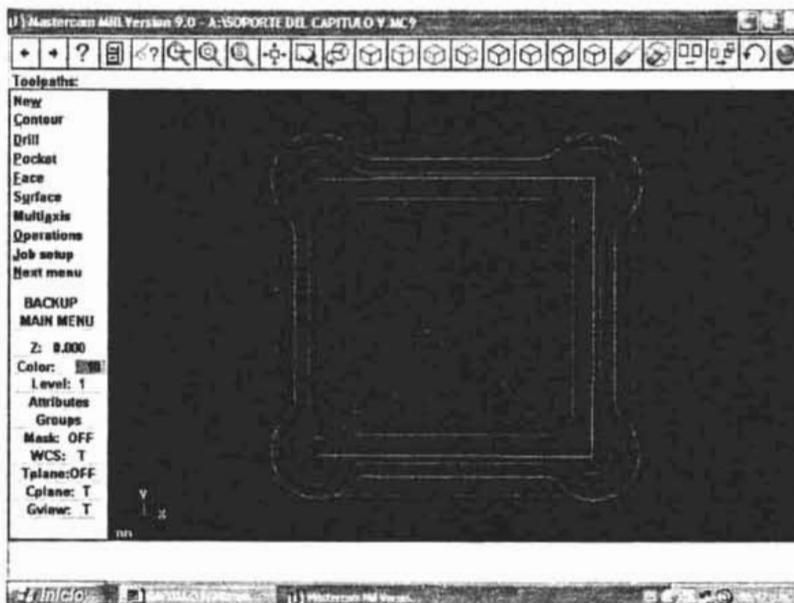


Figura V.10.- Taladrado.

### V.10.3.-Desbaste.

- En el mismo comando de **toolpaths**, se selecciona el comando **pocket**, en este comando aparecen tres subcomandos llamados **tool parameters**, **pocketing parameters** y **roughing/finishing parameters**, aquí en este subcomando se pueden seleccionar diferentes tipos de movimientos de la herramienta (zigzag,

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

espiral, alta velocidad, etc.), es aquí donde nosotros seleccionamos el movimiento de **zigzag** por el hecho de que es el movimiento más rápido para nuestro desbaste y no sobrecalienta a nuestra herramienta:

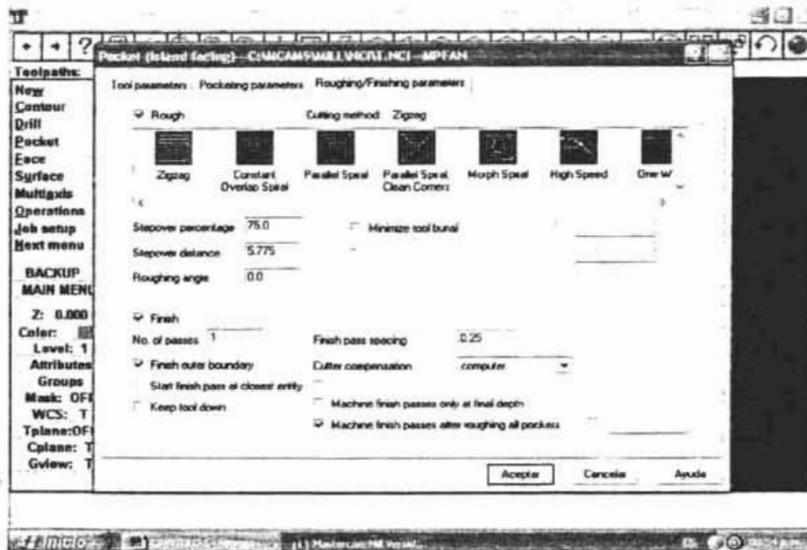


Figura V.11.- Movimiento de zigzag.

- Damos aceptar a los subcomandos, y veremos el movimiento de nuestra herramienta sobre la pieza para realizar nuestro desbaste (color azul):

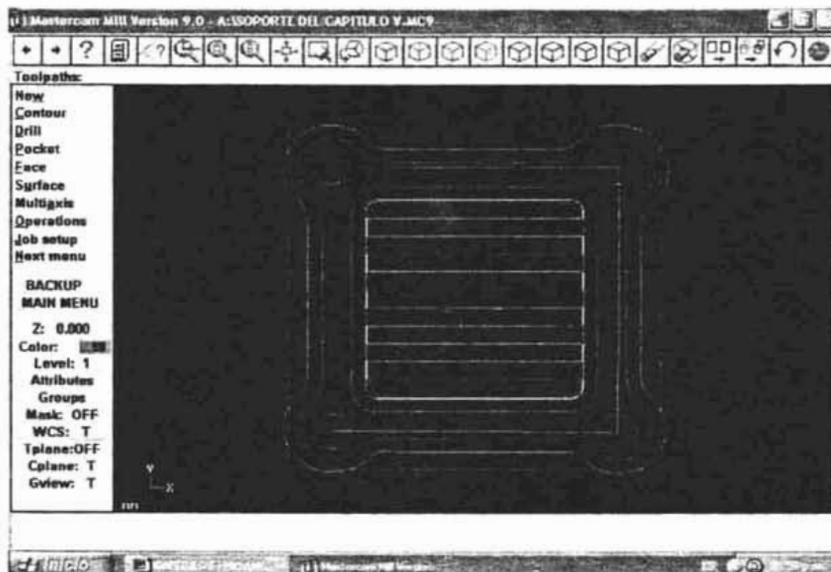


Figura V.12.- Desbaste.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### V.10.4.-Vaciado y acabado de ranuras.

- Aquí en esta operación se utiliza el mismo comando y subcomando de la operación anterior, en este caso seleccionamos las cuatro ranuras que se encuentran en la parte más inferior de la pieza; damos aceptar a los subcomando y veremos el movimiento de nuestra herramienta sobre la pieza (color azul):

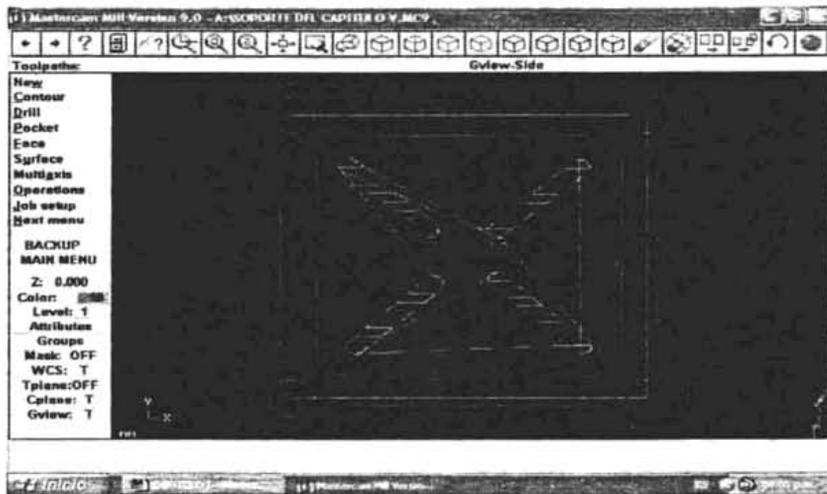


Figura V.13.- Vaciado y acabado de ranuras.

Al término de seleccionar los subcomandos y de terminar con todas las operaciones, seleccionamos el comando **operations**, aquí nosotros observaremos todas las operaciones de nuestra pieza, y si estamos de acuerdo en todos los parámetros dados, seleccionamos todas las operaciones y después seleccionamos **verify**; aquí veremos una simulación de nuestra pieza trabajada y terminada:

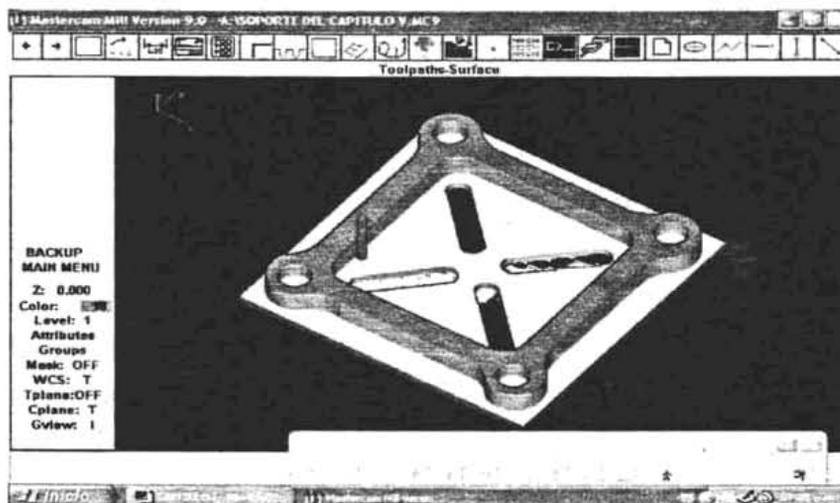


Figura V.14.- Verificación o simulación de la pieza.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

NOTA: Al seleccionar todos los parámetros para la fabricación de esta pieza, nos dimos cuenta en que los diferentes diámetros de herramienta, velocidades de herramienta y movimientos de la pieza (zigzag), el tiempo de fabricación duró 52 segundos.

### V.11.- Generación del programa

Antes de enviar el programa generado, se tiene que eliminar los puntos decimales no funcionales, esto es, quitarles a los números enteros sin fracción decimal el punto que le precede: edición y preparación del programa.

La codificación la realiza la computadora. Al terminar este proceso, el programa se envía vía cable al DNC, donde el programa es almacenado y queda listo para ser enviado a la fresadora seleccionada.

Es necesario mencionar que el proceso del CAM también puede ser almacenado en su memoria, pero por la configuración del paquete, el programa generado no es almacenado: esto es, sólo almacena en la memoria del CAM la geometría y el desarrollo de la trayectoria (definición del contorno, taladrado y desbastes).

Se puede observar en el programa generado que aparecen definidas cuatro herramientas; esto lo efectúa el sistema sin necesidad de indicárselo.

A continuación se muestra el programa generado por la computadora.

### PROGRAMA DE DISEÑO DE LA PLACA DE MONTAJE:

```
%  
O0001  
(PROGRAM NAME - T)  
(DATE=DD-MM-YY - 11-05-04 TIME=HH:MM - 19:43)  
N100G21  
N102G0G17G40G49G80G90  
(3 TOOL - 1 DIA. OFF. - 1 LEN. - 1 DIA. - 12.5)  
N104T1M6  
N106G0G90G53X-47.206Y-23.959A0.S1200M3  
N108G43HIZI0.  
N110Z5.  
N112G1Z-10.F15.  
N114Y22.928F763.6  
N116G3X-50.752Y29.519R11.834  
N118G2X-52.028Y31.215R6.25  
N120X-27.502Y49.098R15.362  
N122X-27.145Y48.709R6.25  
N124G3X-22.02Y46.379R6.569  
N126G2X-21.919Y46.38R6.25  
N128G1X22.736  
N130G3X28.727Y50.175R11.436
```

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

N132G2X30.593Y51.701R6.25  
N134X52.321Y29.48R16.181  
N136X52.074Y29.079R6.25  
N138X47.881Y24.234R25.882  
N140G3X47.062Y21.97R8.412  
N142G1Y-22.687  
N144G3X49.Y-26.782R5.398  
N146G2X53.371Y-34.846R11.945  
N148X29.774Y-50.625R15.023  
N150X28.154Y-48.804R6.25  
N152G3X25.409Y-47.333R2.989  
N154G2X25.058Y-47.343R6.25  
N156G1X-20.904  
N158G2X-22.668Y-47.089R6.25  
N160G3X-26.607Y-48.236R3.805  
N162G2X-26.773Y-48.419R6.25  
N164X-51.116Y-29.358R15.526  
N166X-49.807Y-27.891R6.25  
N168G3X-47.206Y-23.959R7.911  
N170G0Z10.  
N172M5  
N174G91G28Z0.  
N176G28X0.Y0.A0.  
N178M01  
(UNDEFINED TOOL - 2 DIA. OFF. - 2 LEN. - 2 DIA. - 10.)  
N180T2M6  
N182G0G90X-38.588Y38.615A0.S1200M3  
N184G43H2Z5.  
N186G1Z-10.F137.4  
N188G0Z5.  
N190X38.696Y38.766  
N192G1Z-10.  
N194G0Z5.  
N196X38.544Y-38.972  
N198G1Z-10.  
N200G0Z5.  
N202X-38.285Y-38.82  
N204G1Z-10.  
N206G0Z5.  
N208M5  
N210G91G28Z0.  
N212G28X0.Y0.A0.  
N214M01  
(TOOL - 3 DIA. OFF. - 3 LEN. - 3 DIA. - 7.757)  
N216T3M6  
N218G0G90X26.024Y-28.871A0.S0M5  
N220G43H3Z10.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

N222Z5.  
N224G1Z-10.F0.  
N226X-26.024F.3  
N228G2X-28.872Y-26.R2.872  
N230G1Y-23.097  
N232X28.872  
N234Y-17.323  
N236X-28.872  
N238Y-11.549  
N240X28.872  
N242Y-5.774  
N244X-28.872  
N246Y0.  
N248X28.872  
N250Y5.774  
N252X-28.872  
N254Y11.549  
N256X28.872  
N258Y17.323  
N260X-28.872  
N262Y23.097  
N264X28.872  
N266Y26.  
N268G3X26.024Y28.871R2.871  
N270G1X-26.024  
N272G0Z10.  
N274X-29.122Y26.  
N276Z5.  
N278G1Z-10.F0.  
N280Y-26.F.3  
N282G3X-26.Y-29.122R3.122  
N284G1X26.  
N286G3X29.122Y-26.R3.122  
N288G1Y26.  
N290G3X26.Y29.122R3.122  
N292G1X-26.  
N294G3X-29.122Y26.R3.122  
N296G0Z10.  
N298M5  
N300G91G28Z0.  
N302G28X0.Y0.A0.  
N304M01  
(TOOL - 4 DIA. OFF. - 4 LEN. - 4 DIA. - 3.175)  
N306T4M6  
N308G0G90X-8.73Y5.386A0.S0M5  
N310G43H4Z10.  
N312Z5.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

N314G1Z-14.F0.  
N316X-8.688F.3  
N318G3X-6.606Y7.764R2.119  
N320G1X-11.7  
N322X-14.078Y10.142  
N324X-8.616  
N326X-10.995Y12.521  
N328X-16.456  
N330X-18.835Y14.899  
N332X-13.373  
N334X-15.751Y17.278  
N336X-21.213  
N338X-23.592Y19.656  
N340X-18.13  
N342X-20.508Y22.034  
N344X-25.97  
N346X-27.574Y23.639  
N348G2X-27.921Y24.413R1.976  
N350G1X-22.886  
N352X-25.002Y26.528  
N354G3X-25.967Y26.791R1.976  
N356G1X-26.007  
N358G0Z10.  
N360X6.197Y5.071  
N362Z5.  
N364G1Z-14.F0.  
N366X6.238F.3  
N368G3X6.838Y5.164R2.11  
N370G1X9.24Y7.426  
N372X4.121  
N374G2X4.135Y7.524R2.11  
N376G1X6.42Y9.782  
N378X11.741  
N380X14.242Y12.137  
N382X8.805  
N384X11.19Y14.493  
N386X16.743  
N388X19.244Y16.849  
N390X13.574  
N392X15.959Y19.204  
N394X21.745  
N396X24.246Y21.56  
N398X18.344  
N400X20.728Y23.915  
N402X26.046  
N404G3X23.949Y26.271R2.13  
N406G1X23.907

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

N408G0Z10.  
N410X24.415Y-26.801  
N412Z5.  
N414G1Z-14.F0.  
N416X24.457F.3  
N418G3X26.673Y-24.59R2.238  
N420G1X21.685  
N422X19.484Y-22.379  
N424X24.718  
N426X22.488Y-20.168  
N428X17.284  
N430X15.083Y-17.957  
N432X20.258  
N434X18.029Y-15.746  
N436X12.883  
N438X10.682Y-13.536  
N440X15.799  
N442X13.57Y-11.325  
N444X8.482  
N446X6.281Y-9.114  
N448X11.34  
N450X9.111Y-6.903  
N452X4.429  
N454G2X6.136Y-4.692R1.779  
N456G1X6.173  
N458G0Z10.  
N460X-24.354Y-26.7  
N462Z5.  
N464G1Z-14.F0.  
N466X-24.314F.3  
N468G3X-23.548Y-26.543R2.043  
N470G1X-21.358Y-24.353  
N472X-26.355  
N474G2X-26.258Y-23.969R2.043  
N476G1X-24.367Y-22.005  
N478X-19.01  
N480X-16.663Y-19.658  
N482X-22.106  
N484X-19.846Y-17.31  
N486X-14.316  
N488X-11.968Y-14.963  
N490X-17.585  
N492X-15.325Y-12.615  
N494X-9.621  
N496X-7.273Y-10.268  
N498X-13.064  
N500X-10.804Y-7.921

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

N502X-5.473  
N504G3X-7.605Y-5.573R2.162  
N506G1X-7.647  
N508G0Z10.  
N510X-27.764Y23.475  
N512Z5.  
N514G1Z-14.F0.  
N516X-9.598Y5.309F.3  
N518G3X-6.513Y8.393R2.369  
N520G1X-24.848Y26.728  
N522G3X-27.764Y23.475R2.226  
N524G0Z10.  
N526X21.958Y25.481  
N528Z5.  
N530G1Z-14.F0.  
N532X3.903Y7.647F.3  
N534G3X6.969Y4.943R2.36  
N536G1X25.825Y22.704  
N538G3X22.031Y25.578R2.38  
N540G1X22.027Y25.574  
N542X21.958Y25.481  
N544G0Z10.  
N546X26.895Y-24.186  
N548Z5.  
N550G1Z-14.F0.  
N552X7.488Y-4.942F.3  
N554G3X4.625Y-7.804R2.029  
N556G1X23.657Y-26.925  
N558G3X26.895Y-24.186R2.488  
N560G0Z10.  
N562X-23.405Y-26.753  
N564Z5.  
N566G1Z-14.F0.  
N568X-5.473Y-8.822F.3  
N570G3X-9.305Y-6.004R2.412  
N572G1X-26.475Y-23.834  
N574G3X-23.405Y-26.753R2.293  
N576G0Z10.  
N578M5  
N580G91G28Z0.  
N582G28X0.Y0.A0.  
N584M30  
%

Una vez que el archivo sea procesado, está listo para ser enviado a un regulador específico de la máquina. Se Comprueba el manual del fabricante para saber si hay direcciones específicas para este procedimiento.

### V.12.- Comunicación de la fresadora de CNC DYNA 4M

La comunicación que ofrece la máquina fresadora DYNA 4M, puede ser de forma manual, en la entrada externa del floppy de disquete o externa (RS-232), como se ilustra en la siguiente figura 5.14. De forma manual el usuario introduce el programa utilizando los comandos de la máquina fresadora. Dependiendo de la impulsión actual, y la forma de comunicación se presiona [C: o A:] en el área de la llave de funcionamiento y se presiona la ENTRADA (o presione el cambio F4). La impulsión actual será cambiada a partir de la una a la otra. Las operaciones del programa en un disquete se realizan iguales que en el disco duro excepto la operación de la carga. Un programa no se puede funcionar directamente de una impulsión floja. Si no hay disquete en la impulsión cuando se solicita el acceso un alarma será generado que exhibe " FALTA del ACCESO del DISKETTE " y sigue habiendo la impulsión actual será sin cambiar.

**Esta operación no se permite mientras que un programa está funcionando.**

Para funcionar un programa de la impulsión floja, se debe primero copiar el programa a la impulsión dura. Mueva la barra del toque de luz para destacar el archivo que se copiará y para presionar la FLECHA DERECHA. Entonces muévase para seleccionar [C:<->A:] y presione ENTRADA o cambio F5. El programa destacado será copiado del disco actual [A: o C:] al otro. [C: o A:] Al copiar un programa de flujo al disco duro, un programa con el nombre idéntico será creado. Por lo tanto si el nombre del programa existe ya en el disco duro o disquete, será sobre escrito.

**Esta operación no se permite mientras que un programa está funcionando.**

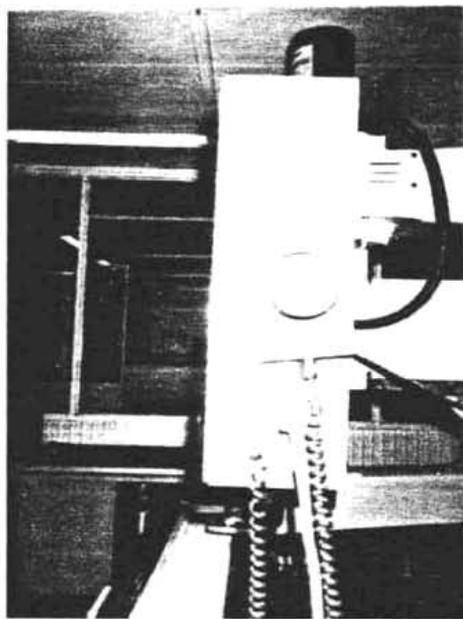


Figura V.15.- Comunicación externa de la fresadora de CNC DYNA 4M (Disquete y RS-232).

### Función del RS-232.

La función RS-232 puede ser activada presionando [C:->IO] y [C:<-IO] se utiliza para transferir archivos entre el regulador y otro computador a través del puerto serial. Antes con éxito de usar esta función, un cierto trabajo de preparación puede ser requerido como sigue:

- ✦ Se revisa el cable y el puerto serial para confirmar la conexión entre la computadora y el regulador del CNC.
- ✦ Verifique que el protocolo de comunicaciones empareje entre el control y computadora.
- ✦ Cree un nuevo programa vacío para recibir el programa que se transferirá.

Una vez que el hardware y el protocolo se hayan fijado correctamente encima del toque de luz [ENTRADA del botón y presione [IO>C:]. El programa recibido será almacenado en el nombre del archivo del archivo que fue destacado.

**Cerciórese de que el programa destacado sea el archivo de la destinación para recibir el programa transferido.**

Si no, el programa original será substituido (con un archivo con los caracteres " 0") incluso si [IO>C:] falla.

Si la comunicación se interrumpe por más de 10 segundos, el procedimiento de la transferencia directa será suspendido automáticamente. Una caja del informe aparecerá demostrar el estado de la comunicación durante la transferencia del archivo. La caja puede ser cerrada presionando la tecla de salida. El cierre de la caja no parará la transferencia de archivo. Si se incorpora un comando (o cargar) mientras que el sistema está realizando un cargamento anterior, una caja de diálogo aparecerá y dará una selección de cancelar la carga anterior o de continuar el proceso. Después de que se acabe una carga, un mensaje aparecerá en la ventana del mensaje. Seleccionar **el botón [C:->IO]** enviará del regulador a una computadora. El procedimiento es igual que arriba.

En la función de comunicación del RS-232, la pieza diseñada en el programa de Mastercam se puede introducir, utilizando el comando de *file-communications* (archivo de comunicaciones), el cual se encuentra en la barra de herramientas del programa; al ejecutar este comando, aparece el cuadro de dialogo de comunicaciones, en el cual nosotros podemos mandar el programa de diseño a la máquina fresadora, utilizando el puerto serial que se pueda conectar con el puerto RS-232 de la máquina. Esta pieza de trabajo se guarda en el disco duro de la máquina y así se puede fabricar sin ningún problema entre la PC y la fresadora de CNC. A continuación lo presentaremos en la siguiente figura:

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

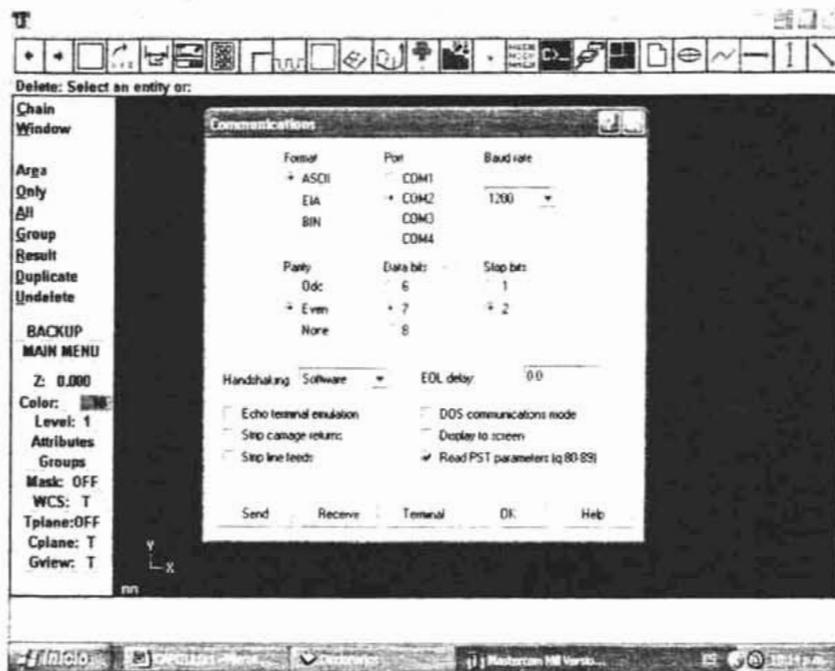


Figura V.16.- Comunicación externa del programa Mastercam.

Después de la terminación de todos los artículos mencionados, el programador puede imprimir fuera en una hoja la disposición de la función del menú de utilidades de CN. Ésta, en efecto, es una forma de planeamiento de proceso automatizado y este documento se puede utilizar por las personas de la disposición de CNC para ayudar en la disposición de la máquina y en la fabricación de la pieza.



Figura V.17.- Fabricación de la pieza en la fresadora de CNC DYNA 4M.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

La pieza que diseñamos y fabricamos, es una pieza en la cual los esfuerzos no son demasiados y, por lo tanto, lo fabricamos en aluminio, por ser el material mas suave y maleable; a continuación presentamos la figura ya terminada.

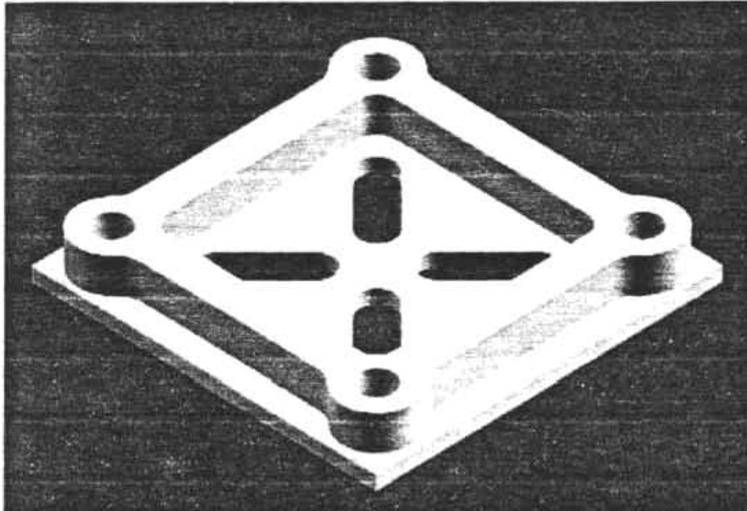


Figura V.18.- Pieza terminada en la fresadora de CNC DYNA 4M.

### V.13.- Asociatividad

El concepto de asociatividad es inherente a la mayoría de los programas modernos de CAD/CAM. La entrada de información al programa con respecto la trayectoria de la herramienta, la herramienta, el material, y a los parámetros específicos a cada uno, se liga a la geometría.

Este medio que si cualquiera de los parámetros para las piezas mencionadas arriba se cambia, los otros datos relacionados pueden ser regenerados, de tomar estos cambios en cuenta, sin la reconstrucción de la operación entera.

CAD/CAM es la herramienta de la opción para crear programas del CNC y la energía que tiene ahora será magnificada solamente en el futuro. Los conceptos básicos que fueron demostrados aquí son simplemente un gusto de las capacidades que CAD/CAM tiene que ofrecer.

### V.14.- El futuro de la programación del CNC

La última meta de cualquier fabricación es aumentar la productividad mejorando eficacia. Reduciendo al mínimo tiempo perdido y ocioso y cortar tiempos de plomo mientras que mantiene exactitud. La tecnología moderna permite a estas metas convertirse en realidad.

La PC ha revolucionado a nuestra sociedad y la fabricación ha sido un benefactor debido al efecto directo sobre controlar las máquinas del CNC. Ahora las PC se utilizan a las máquinas de la red juntas, para manejar cargas de trabajo. Estas redes también permiten

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

comunicarse entre las máquinas y la oficina para manejar y para descargar programas, para obtener informes del estado y de la operación de la máquina en tiempo real, y supervisan otras localizaciones de la red.

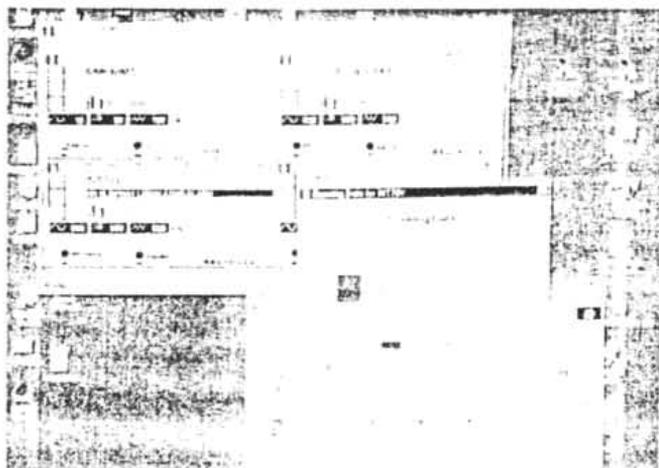


Figura V.19.- Diferentes programas de red.

La supervisión de la máquina incluye la operación automática, parada de la máquina y el asimiento de la alimentación, instalar y alarmar. La carga del husillo y la velocidad del husillo se registran para proporcionar informes y la información sobre objeto terminado cuenta. Un poco de la máquina utiliza una PC y el CNC fundidos adentro a una, proporcionando la comunicación bidireccional entre la PC y el CNC. Esto hace un sistema de control inteligente del CNC. El CNC inteligente corresponde a las preguntas, hace sugerencias y proporciona informes detallados en la operación de máquina y el estado de la producción.

La tecnología más avanzada del RISC y la CPU (Computadora del Sistema de Instrucción, Unidad Central de Proceso Reducidas) se utiliza que proporciona más rápidamente el proceso de las velocidades que, alternadamente, ayudan a alcanzar duraciones reducidas de la disposición y de ciclo.

Las funciones basadas en el conocimiento de la navegación permiten la determinación de las condiciones óptimas del corte del metal antes del corte real, dependiente sobre datos almacenados. De acuerdo con el programa de pieza, los datos de la herramienta y el material del objeto, las funciones de la navegación sugieren la condición y las demostraciones óptimas del corte donde las mejoras en la duración de ciclo se pueden alcanzar a través de cambios en velocidad del husillo, nivel de entrada y herramientas.

Los adelantos en la simulación gráfica del corte permiten que el modelo 3D sólido de la parte sea exhibido. Esta característica se puede utilizar para demostrar las secciones de la parte para comprobar diámetros interiores y los agujeros profundos, y las opiniones pueden ser rotadas. Éstos agregaron la ayuda de las capacidades en la verificación del programa de las trayectorias de la herramienta.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

DIAGNOSIS(USER)					
M. 3/2/85 11:04					
C. 300 M. 3000 P. 1000 F. 1000 S. 1000					
No.	DESCRIPCIÓN	FECHA	HORA	TIPO	ESTADO
117	TOOL PATH ERROR	12-18	15:11	NO	
118	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:11	OFFRASE	
119	TOO SMALL DATA NOT FOUND	12-18	15:10	OFFRASE	
120	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
121	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
122	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:10	OFFRASE	
123	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
124	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:10	OFFRASE	
125	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
126	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:10	OFFRASE	
127	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
128	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:10	OFFRASE	
129	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
130	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:10	OFFRASE	
131	TOOL PATH ERROR	12-18	15:10	NO	
132	INTERNAL NUMBER ERROR	12-18	15:10	OFFRASE	

Figura V.20.- Diagnostico de las trayectorias de las herramientas.

Mantener la utilización de máquina, los controles altos modernos permiten las funciones autodiagnósticos para el servicio y el mantenimiento. De los menús el lanzamiento de autodiagnóstico rápidamente encuentra la causa de una alarma y sugiere las soluciones posibles para la investigación de averías. Las exhibiciones del alarman indican cuando se requiere el mantenimiento programar y la ayuda en línea está disponible.

A medida que los adelantos tecnológicos continúan en un paso increíble que la industria fabril beneficiará indudablemente. Los nuevos métodos innovadores para CAD/CAM y la programación conversacional de las máquinas del CNC continuarán emergiendo. Para el programador esto significa que los métodos y las herramientas nuevos usadas para programar requerirán un acercamiento de siempre aprender. Esta tesis ha sido realizada para comenzar ese proceso de aprendizaje.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### CONCLUSIONES.

Con nuestro trabajo podemos concluir, en que la preparación de una máquina de control numérico es de forma manual o automática; por supuesto, esto nos da como resultado el proceso de manufactura automatizada el cual no profundizamos en este trabajo, sin embargo, es necesario mencionarla. Como hemos visto en nuestra tesis, nosotros mencionamos a grandes rasgos el inicio, clasificación, preparación y programación de la fresadora DYNA 4M, y por supuesto la fabricación de una pieza en nuestra fresadora. La fresadora de CNC DYNA 4M, es una fresadora que ofrece un sin número de fabricaciones para producir piezas o elementos mecánicos manufacturados por control numérico, esto implica en que el operador adquiera experiencia en la manipulación del sistema, comprendiendo con mayor facilidad las funciones de interpolación, sus aplicaciones, preparación, programación y la ejecución de un programa.

Podemos mencionar en que nuestra fresadora de CNC, la preparación manual es significativa e imprescindible, porque:

- ↓ Se necesita conocer la máquina antes de operarla.
- ↓ Se necesitan seleccionar los mejores procedimientos para la operación, así como conocer las especificaciones y advertencias del fabricante.
- ↓ Se deben de conocer las normas de seguridad de nuestra máquina, puesto que se encuentra a la vista de operario.
- ↓ Se deben saber cuales son los puntos que el fabricante menciona para el manejo y fabricación de una pieza.

Como antes mencionamos, la preparación en una MHCN, tanto para una fresadora como para torno, puede ser la misma, sin embargo la preparación de cada máquina herramienta puede ser manejada a criterio y experiencia del operario, puesto que es la persona que va a operarla, esto también nos lleva a la programación de la máquina.

La programación manual de un CNC es significativa en las maquinas-herramientas por lo siguiente:

- ↓ Todos los pasos de un trabajo son elaborados antes en una forma de números; el resultado se llama "programar".
- ↓ La unidad de control numérico transforma los datos en ordenes de mando y supervisa la ejecución del programa.

Las maquinas-herramientas con una unidad de mando numérico tienen las ventajas que a continuación se enuncian:

- ↓ Disminución de tiempos de preparación de la maquina por cambio rápido de programas en lugar de cambio de dispositivos.
- ↓ No hay "tiempos muertos" por la transformación de informaciones del operador (mediciones, ajustes de la maquina, etc.).
- ↓ Utilización constante de la maquina, porque no depende de la fatiga del operador.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- ↓ Empleo óptimo de la máquina, porque todas las operaciones de trabajo funcionan con una velocidad permanente.
- ↓ Precisión elevada, porque la máquina trabaja en todos los procesos con una precisión propia (según el filo de la HTA).
- ↓ Menor costo en el control de calidad.
- ↓ Ahorro de dispositivos costosos con el uso de la unidad de mando numérico.
- ↓ Hace innecesario contar con un almacén de dispositivos.
- ↓ -Menos tiempo para preparar la fabricación porque no se tienen que producir dispositivos.

Sin embargo, las máquinas con control numérico tienen también algunas desventajas relativas, relacionadas con la entrada de información:

- ↓ La necesidad de planear el trabajo con precisión y anticipadamente.
- ↓ Capital elevado por los precios de costo de la máquina y, en consecuencia, costos elevados por hora-máquina.
- ↓ Mantenimiento costoso en comparación con las máquinas convencionales.

El uso de máquinas de control numérico en la producción tiene consecuencias para muchas secciones de una empresa; la planeación de la producción, la preparación de las máquinas y los procesos de fabricación exigen cambios adecuados al sistema.

La programación asistida por computadora (CNC) se justifica cuando su costo es más bajo en comparación con los métodos manuales. El requerimiento de equipo (computadora, terminales, periféricos, etc.), disponibilidad de apoyo y asistencia técnica, son factores a considerar cuando se selecciona un sistema asistido por computadora.

En el CNC el primer paso es compilar las especificaciones de un producto en forma numérica; esto es, lograr un diseño asistido por computadora (CAD). Una vez que se han terminado las especificaciones de diseño, es necesario planear los procesos, incluyendo la manufactura asistida por computadora (CAM), en la cual se desarrolla y se indica el comportamiento de una o varias herramientas para efectuar el maquinado de un contorno deseado (fresado).

Con lo expuesto se puede deducir lo siguiente:

- a) La programación manual (CN) es aplicable para el mejor entendimiento o como fase introductoria para un CNC, empleándose en la industria en elementos o piezas únicas que no presentan gran complejidad en su manufactura (interpolaciones 1D, 2D y 3D). En las interpolaciones 3D se incluyen solamente contornos o fresados de rectas en un espacio tridimensional e interpolaciones helicoidales (pasos de rosca).
- b) El empleo de un sistema CNC es idóneo para piezas que presentan una gran complejidad en su contorno, y que programarlas manualmente sería muy tardado y caro. El uso del CNC solamente se justifica para contornos en 2D y 3D.
- c) La preparación manual es aplicable para un mejor control de la máquina herramienta la cual es utilizada por el operario y utilizar los mejores procedimientos para su manipulación y obtener el mejor provecho de ella.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

- d) Conocer los diferentes tipos de herramientas de corte para cada máquina herramienta (torno o fresa), ya que como hemos visto, el caso de la fresadora de CNC DYNA 4M, utiliza herramientas de corte convencionales y herramientas de corte para CNC.
- e) El conocimiento de diferentes tipos de programas para diseño y manufactura nos da una pauta de utilizar la que más nos convenga para nuestra fabricación de piezas mecánicas y piezas fabricadas.

Guadalajara, México (6 enero 2004).- El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) impulsó al sector exportador, pero también generó una fuerte dependencia de las importaciones, coincidieron analistas y productores.

"Para dar una idea, de 1993 a 2002, alrededor de 80 por ciento de las exportaciones totales mexicanas dependieron de importaciones temporales.

"Esto es fundamental, porque de otra forma no se comprende por qué las exportaciones no se han convertido en motor de la economía", dijo Enrique Dussel, profesor de posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM.

El sector manufacturero fue el más beneficiado por el acuerdo comercial, pero al interior, sólo algunas ramas se pueden considerar ganadoras, según información estadística del INEGI.

Las empresas ensambladoras de automóviles fueron las que mejor aprovecharon el acuerdo, ya que sus exportaciones crecieron 13.5 por ciento anual.

Las exportaciones de automóviles, así como las de equipo para el transporte de carga y las de chasis con motor, representaron el 83.1 por ciento del valor de las exportaciones de la rama de productos metálicos, maquinaria y equipo, así como el 37 por ciento del total de la exportación de manufacturas.

"El sector público, específicamente, no ha sabido continuar con un proceso de desarrollo, de mecanismos. Nos hemos dormido en los laureles del TLCAN. En su momento fue relevante, pero no suficiente 10 años más tarde", afirmó el académico.

En los últimos 3 ó 4 años, anotó, México ha sido el gran perdedor en materia de competitividad en el mercado de Estados Unidos, en sectores como electrónica y confección.

"El mito de China es falso (pero) estamos perdiendo contra un grupo enorme de países...", dijo.

León Halkin, presidente de la Concamin, reconoció que los industriales ven al TLCAN como una oportunidad perdida.

Estimó que el 70 por ciento de las ventajas iniciales de los tratados de libre comercio, en particular el TLCAN, ha desaparecido.

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

"Como dirigentes de nuestras empresas, debemos reflexionar seriamente y analizar qué nos pasó en estos diez años, por qué hemos dejado escapar las oportunidades".

### **El Tratado ha cobrado víctimas.**

A diez años del acuerdo, la producción de llantas en México se redujo a la mitad. Actualmente, de cada 10 neumáticos que se venden hoy en el País, seis son importados.

Otro sector, la relojería era uno antes del Tratado y otro actualmente.

"El TLCAN provocó la llegada de nuevas marcas, nuevas agencias que desplazaron a las mexicanas, además de complicar la venta de refacciones, pues éstas importan los relojes de sus matrices en otras partes del mundo, las ponen en una cajita y las venden al usuario. La fabricación de relojes en México es prácticamente nula", afirma Ricardo, un sobreviviente de este sector.

Como comentario final nosotros pensamos que ante esta panorama negativo de la globalización, lo que necesitamos es remplazar las importaciones de piezas metal mecánicas por los de producción nacional y que mejor que modernizando nuestros procesos de manufactura al tener estas herramientas como son los sistemas de CNC para beneficio del país y no tener la dependencia de importaciones que están afectando nuestra economía.

## GLOSARIO

### SIGLAS POPULARES

AOS	Sistema de Orden Algebraico
APT	Herramienta Programada Automáticamente
ATC	Cambiador de Herramienta Automático
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estandarizaciones
ASCII	Código Americano de Estandarizaciones para Intercambio de Información
ASME	Sociedad de Ingenieros Americanos en Mecánica
BCD	Código Decimal Binario
CAD	Diseño Asistido Por Computadora
CAM	Manufactura Asistida por Computadora
CIM	Manufactura Integrada por Computadora
CW	A la derecha de las manecillas del reloj
CCW	A la izquierda de las manecillas del reloj
CD-ROM	Memoria sólo para leer disco compacto
CD-RW	Disco compacto re-escrible
CDC	Remuneración del diámetro el cortador
CRC	Remuneración del radio el cortador
CNC	Control Numérico Computarizado
CMM	Máquina que mide coordenadas
CPU	Unidad de Procesamiento Central
CRT	Tubo de Rayos Catódicos
DNC	Control Numérico Directo
DXF	Formato de Dibujo Cambiable
ISO	Organización Internacional de Estandarizaciones
EIA	Asociación de Industrias Electrónicas
EOB	Fin de Bloque
FMS	Sistema de Manufactura Flexible
GB	Gigabit
G-CODE	Funciones Preparatorias (Códigos G)
GD&T	Dimensiones Geométricas y Tolerancias
GUI	Uso de Interfase Gráfico
HSS	Acero de Alta Velocidad
ID	Diámetro Interior
IGES	Especificación Inicial de Cambios Graficos
IPM	Pulgadas por Minuto (in/min)

PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

IPR	Pulgadas por Revolución (in/rev)
LAN	Área de Red Local
LED	Diodo Emisor de Luz
LCD	Display de Cristal Líquido
MB	Megabit
M-CODES	Función Miscelánea (código M)
MCU	Unidad de Control de la Máquina
MDI	Datos de Entrada Manual
MHz	Megahertz
Mm	Milímetros
NC	Control Numérico
OD	Diámetro Exterior
PC	Computadora Personal
PCMCI	Tarjeta interna de Memoria para Computadora Portátil
PLC	Controlador Programable Lógico
PSI	Libras por Pulgada Cuadrada
RAM	Acceso de Memoria al asar
RPM	Revoluciones por Minuto (rev/min o r/min)
ROM	Sólo memoria Lectora
RS-232	Cable Interfaz Estándar de la Industria
SME	Sociedad de Ingenieros en Manufactura
TLO	Compensación Lineal de la Herramienta
TNRC	Compensación del radio de la nariz de la herramienta

## PREPARACIÓN BÁSICA EN LA FRESADORA DE CNC DYNA 4M

### **BIBLIOGRAFÍA.**

#### LIBROS:

- **Control de la Máquina DYNA 4M y Programación Manual.**  
Edit.: Dyna Mechtronics Inc. Avenida Martin 2170 Santa Clara, Ca. 95050 USA
- **El Control Numérico en las Máquinas Herramienta.**  
Ing. Juan González Núñez.  
Edit.: Continental
- **Introducción al Estudio del Trabajo**  
OIT  
Editorial Limusa
- **Introducción al Proceso de Fresado por Control Numérico.**  
Jorge Jiménez Cruz  
Edit.: IPN
- **Las Máquinas Herramienta con Control Numérico.**  
Leobardo Arriaga Segundo.  
Edit.: IPN
- **Manufactura; Ingeniería y Tecnología. Cuarta edición.**  
Kalponjian/Sumid  
Edit.: Printice Hall
- **Programming of CNC Machines; segunda edición.**  
Ken Evans.  
Edit.: Industrial Press Inc.

#### PÁGINAS WEB:

- [www.cursos.femz.es/CNCBásico](http://www.cursos.femz.es/CNCBásico)
- [www.dyna mechatronics.com](http://www.dyna mechatronics.com)

#### CURSOS

Curso básico de Mastercam V.9  
Laboratorio de Manufactura Avanzada  
Facultad de Ingeniería