

35

2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

CAMPUS ARAGON

**LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL  
NUMERICO Y SU APLICACION EN LA INDUSTRIA  
METALMECANICA EN MEXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

P R E S E N T A :

**GUILLAUMIN MIRANDA ARMANDO**

ASESOR: MIGUEL ANGEL MALDONADO MUÑOZ

SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MEXICO.

1998.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

23/9/95



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 está 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.

## INDICE

## CAPITULO 1

## INTRODUCCION

1.1. Justificación y objetivos.....	2
1.2. Problemática industrial y requerimientos de la industria metal mecánica.....	3
1.3. Maquinas herramienta.....	7
1.3.1. Elementos básicos del maquinado.....	10
1.3.2. Las cinco técnicas básicas.....	11
1.3.3. Clasificación de las máquinas herramienta.....	15
1.4. Entorno del control numérico.....	16

## CAPITULO 2

## ASPECTOS GENERALES DEL CONTROL NUMÉRICO.

2.1. Introducción.....	23
2.2. Descripción e importancia del control numérico.....	24
2.3. Antecedentes del control numérico.....	26
2.4. Ventajas y desventajas del CN.....	28
2.5. Diferencias y semejanzas entre una máquina herramienta convencional y una con CN.....	33
2.6. Principios de funcionamiento de las máquinas herramientas con CN.....	35
2.6.1. Programa manual del CN.....	37
2.7. Características de las unidades de control de las máquinas de CN modernas.....	49

## CAPITULO 3

## PROGRAMACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA CON CONTROL NUMÉRICO.

3.1. Introducción.....	54
3.2. Comunicación de instrucciones a las máquinas de CN.....	54
3.3. Fundamentos de programación.....	58
3.4. Sistema de ejes coordenados de máquina ..	65
3.4.1. Giro de sistemas de coordenadas.....	69
3.5. Velocidades y avances ..	72
3.5.1. Interpolaciones.....	78
3.6. Funciones preparatorias.....	81
3.6.1. Compensación de herramienta.....	92
3.6.2. Ciclos fijos de maquinado.....	93
3.7. Sistemas asociados con el CN.....	97
3.7.1. ¿Qué es realmente el CAD/CAM?.....	98
3.7.2. Sistema de manufactura flexible (FMS).....	101
3.7.3. Manufactura integrada por computadora (CIM).....	105

## CAPITULO 4

## CONSIDERACIONES PARA LA ADQUISICIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICO EN LA INDUSTRIA.

4.1. Introducción.....	112
4.2. Estudio de factibilidad.....	112
4.2.1 Estudio de mercado.....	112
4.3. Factores técnicos.....	115
4.3.1 Materiales de construcción y capacidad de producción.....	119
4.3.2 Programación, herramienta y reparación .....	123
4.3.3 Requerimientos de distribución y ambientación.....	125
4.3.4 Proveedores .....	125

4.4.- Factores económicos.....	131
4.4.1. Costos.....	138
4.4.2. Depreciación, envejecimiento y valor de recuperación.....	140
4.5. Factores administrativos.....	141

## CAPITULO 5

### ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVA DE UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA CON CONTROL NUMÉRICO EN MÉXICO.

5.1. Introduccion.....	144
5.2. Industrias e instituciones que tienen máquinas herramientas con.....	145
5.3. Censo.....	147
5.3.1. Entrevista con el ING. Gerardo Rodríguez, gerente de manufactura de la empresa Mecánica Falk, S.A.....	147
5.3.2. Entrevista con el Ing. Santiago Alarcón Cano, de la empresa Microscopios, S.A.....	156
5.3.3.- Entrevista con el Ing. Francisco Manjarrez, gerente de manufactura de la compañía Festo Pneumatic, S.A.....	161
5.3.4. La entrevista con el Ing. Cesar Bautista, dueño y director comercial de Ferropartes Mexicanas, S.A.....	164
5.4. Análisis general.....	168
5.5. Ejemplo.....	172
CONCLUSIONES.....	178
BIBLIOGRAFIA.....	184

# CAPITULO 1

## INTRODUCCION

## 1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.

Los modernos sistemas de manufactura, tales como las máquinas herramientas con control numérico aunado a sus grandes posibilidades de uso, prometen grandes ventajas y esperanzas en la fabricación mecánica. 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, siendo en nuestro país muy raros.

La filosofía de estas nuevas técnicas de calidad y producción están orientadas fundamentalmente a mejorar la productividad y para que esta se dé efectivamente se requiere que los responsables directos de los medios de producción tengan un conocimiento profundo de estos sistemas de manufactura para poder elegir de entre muy diversos equipos y componentes, el que mejor convenga para una producción determinada. Todo esto implica un gran reto a la vida profesional del ingeniero. Estos sistemas modernos ofrecen los medios para resolver problemas tan diversos, complejos y caprichosos que plantea el mercado industrial. Esto a su vez, exige a los ingenieros estar más capacitados, y más informados de los conocimientos y adelantos tecnológicos y a su vez exige también más cultura técnica.

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

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

Este trabajo esta dirigido a los empresarios , profesionistas, técnicos y estudiosos de la industria metal mecánica mexicana responsables de la producción mecánica en México, tiene los siguientes objetivos:

- 1.- Presentar un panorama amplio y general del control numérico, sus aplicaciones en las máquinas herramientas y las ventajas de las mismas en comparacion con las maquinas herramientas convencionales.

- 2.- Analizar los aspectos relacionados con la programación de las máquinas herramientas con control numérico.
- 3.- Presentar una metodología para la evaluación y selección de máquinas herramientas con control numérico, que puede servir como guía a los responsables de toma de decisiones en las empresas metal mecánica de México.
- 4.- Presentar un panorama general del estado actual y perspectivas de utilización de las máquinas herramientas con control numérico, tanto de instituciones educativas como aquellas empresas mexicanas que ya las utilizan en sus procesos de enseñanza y producción, respectivamente.

## 1.2. PROBLEMÁTICA INDUSTRIAL Y REQUERIMIENTOS DE LA INDUSTRIA METAL MECÁNICA.

Durante las últimas cuatro décadas el mundo ha sufrido una serie de cambios en todos los niveles que componen su sociedad. Estos cambios surgieron debido a una serie de necesidades, las cuales pedían una satisfacción en el menor tiempo posible. La mayoría de estas necesidades fueron resultado de acontecimientos de gran relevancia, como la segunda guerra mundial, el incremento incontrolado de la población causando una explosión demográfica considerable, la escasez de productos de consumo inmediato, la falta de capacitación, así como de capacidad de las industrias para producir equipos o elementos que posteriormente serán usados para obtener materias primas básicas; y así un sinnúmero de razones las cuales motivaron al hombre a realizar nuevos diseños, nuevas tecnologías dando como resultado el empleo de nuevos materiales, normas y reglas.

La industria de la manufactura no fue una excepción y por lo tanto la tecnología desarrollada ha sufrido muchos cambios a corto plazo. Esto ha provocado un desajuste a desconcierto en las personas que están dentro de ella, ya que el tiempo que ellas toman para actualizar algún proceso o equipo, surge uno completamente nuevo que lo obsoleta.

En el caso particular de nuestro país la situación es aún más agravante, debido a los siguientes factores.

- a) Nuestro país sufre una dependencia tecnológica debido a una falta de medidas de desarrollo.
- b) La información tecnológica tarda en ser recibida, asumida y aceptada.



c) Debido a una falta de preparación y previsión, el industrial no desarrolla una visión actualizada de los nuevos métodos, y al presentarse la oportunidad de desarrollar alguno de ellos, los deshecha por miedo a lo desconocido. Esto genera comentarios como el siguiente: "Esto no es aplicable aún en México", etc., tratando de esconder una inseguridad provocada por falta de preparación y previsión.

*Por lo tanto es urgente que el industrial o el empresario mexicano empiece a conocer y valorar nuevos métodos de producción con los cuales obtenga mejores resultados y utilidades; y a su vez pueda satisfacer los requerimientos que la sociedad mexicana está solicitando hoy en día.*

Dentro de la industria de la manufactura de partes metálicas o Industria Metal Mecánica, se presenta actualmente la problemática antes expuesta.

El desarrollo de otras industrias como la petroquímica, metalurgia automotriz, aeroespacial, electrónica y muchas otras han generado diferentes necesidades a satisfacer y entre las cuales podemos enumerar las siguientes:

- a) La elaboración de partes terminadas en un menor tiempo y a menor costo
- b) Mayor libertad en el diseño del producto a fabricar.
- c) Mayor exactitud y confiabilidad en el proceso.
- d) Mayor flexibilidad en el proceso de elaboración.
- e) Mejor aprovechamiento del factor humano a falta de mano de obra calificada.
- f) Mayor productividad.

Como respuesta a la anterior se han desarrollado técnicas que tratan de satisfacer el mayor número de necesidades. Podemos encontrar que dentro del campo de la industria metal mecánica, se cuenta con un sistema de automatización el cual cumple con la gran mayoría de los requisitos mencionados, y éste se ha denominado con el nombre de CONTROL NUMÉRICO (CN).

Las máquinas con CN han sido ampliamente aceptadas en todo el mundo, y esta aceptación ha sido un resultado de su exactitud, confiabilidad, repetibilidad y productividad. Figura 1.2.1.

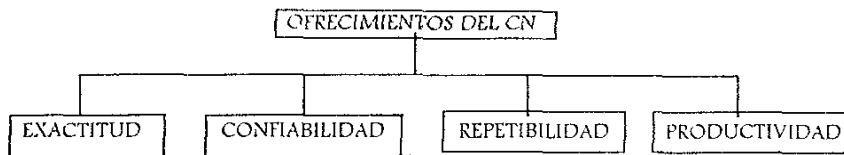


FIGURA 1.2.1

### • EXACTITUD

Las máquinas herramientas con CN nunca hubieran sido tan bien aceptadas por la industria, sino hubieran sido capaces de maquinarse a tolerancias muy cerradas. Al tiempo que el CN se estaba desarrollando, la industria estaba buscando una forma para mejorar las tasas de producción y lograr más exactitud en sus productos.

Las máquinas herramientas con CN modernas son capaces de producir piezas tan exactas dentro de tolerancias de 0.0001 a 0.0002 de pulgada (0.0025 a 0.0050 mm). Las máquinas herramientas han sido mucho mejor construidas y los sistemas de control electrónico aseguran la exactitud dentro de las tolerancias permitidas por los dibujos de ingeniería.

### • CONFIABILIDAD Y REPETIBILIDAD

La repetibilidad y confiabilidad son muy difíciles de separar porque muchas de las mismas variables afectan a ambas. La repetibilidad de una máquina herramienta significa comparar cada pieza producida en la máquina para ver cómo se compara a otras en tamaño y exactitud. La repetibilidad de las máquinas con CN debe ser al menos la mitad de la tolerancia más pequeña permitida para la pieza.

Para mantener la repetibilidad de una máquina herramienta es importante que se establezca para cada máquina un programa de mantenimiento regular. Cuidar que la colocación y sujeción de la pieza sea lo más precisa posible, ya que una parte mal sujeta y posesionada resultará en deshecho.

## • PRODUCTIVIDAD

La meta de la industria ha sido siempre producir mejores productos a precios competitivos o menores para ganar más mercados.

Día con día la competencia en los mercados es *más agresiva* y por esta razón, los fabricantes deben continuar reduciendo los costos de producción y construir productos de mejor calidad y deben conseguir un rendimiento mayor por trabajador, mayor producción por máquina y mayor rendimiento y productividad por cada peso de capital invertido. Estos factores justifican el uso del CN y la automatización de las fábricas.

Con las máquinas de CN se han eliminado los errores humanos provocados por la fatiga del operador, de esta manera, ahora es posible garantizar la repetibilidad en el maquinado de varias piezas que impone el mercado industrial no sólo a nivel nacional sino a nivel mundial.

La aplicación de estas nuevas tecnologías ha beneficiado a los industriales, debido a que ya no se requiere personal altamente calificado que día con día se vuelve más difícil de conseguir. Sólo se necesita de una persona para cambiar la pieza de trabajo. Por otro lado, es posible que un sólo operador pueda controlar más de una máquina con CN.

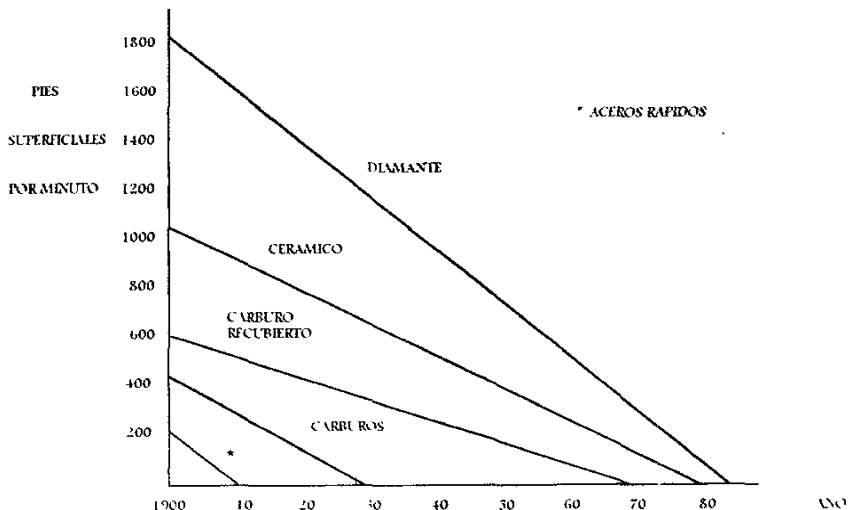
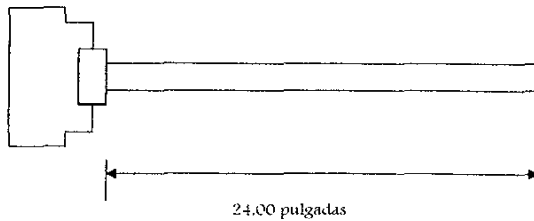


FIGURA 1.2.2. Desarrollo de las herramientas de corte (revista industrial World Abril 1984)

Actualmente con los nuevos desarrollos logrados con las herramientas de corte como son los insertos de carburos, de cerámica y de diamante, véase figura 1.2.2., aunados a los grandes desarrollos de las máquinas herramientas con CN han hecho posible piezas de acabado a espejo, muy precisos, y en un tiempo marcadamente corto como puede observarse en el ejemplo de la figura 1.2.3., en el cual se pretende tornearse una pieza de 24 pulgadas de longitud con cuatro tipos diferentes de herramientas de corte, observándose el tiempo de corte efectivo para cada herramienta.



MATERIAL	DIÁMETRO	R.P.M.	VELOCIDAD DE CORTE		AVANCE / REV.	PULGADAS MINUTO	TIEMPO DE CORTE
			m/min	ft/min			
Acero rápido	6	63	30	100	0.012	0.75	32
Carburo	6	63	131	432	0.012	3.30	7.3
Carburo recubierto	6	63	182	597	0.012	4.60	5.2
Cerámica	6	63	308	1,000	0.012	7.60	3.15

FIGURA 1.2.3 Aumento de la productividad como resultado del progreso de las herramientas de corte.

### 1.3. MAQUINAS HERRAMIENTA

Las piezas que se han de fabricar es corriente llamarlas simplemente piezas. Estas se consiguen en este procedimiento de formación arrancando virutas hasta tener la forma deseada

Por lo general, lo que se hace es trabajar la pieza de partida previamente por medio de procedimientos de los llamados sin arranque de viruta, de tal modo que el arranque de viruta sea después muy pequeño. Por medio de la conformación con arranque de viruta se consigue generalmente una mayor exactitud de forma y mejor calidad superficial que por los procedimientos que no llevan consigo arranque de viruta.

Máquinas diversas. El arranque de viruta puede realizarse a mano o mecánicamente.

Cuando se realiza a mano el trabajo de arranque de viruta como, por ejemplo, al escopelar, limar o aserrar, la herramienta se conduce con la mano. En el caso de arranque de viruta realizado por medio de máquinas, los necesarios movimientos de la herramienta o de la pieza se realizan guiados y obligados por la máquina.

Por medio de máquinas se fabrican piezas de formas cilíndricas o planas y piezas provistas de roscas, así como ruedas dentadas y piezas de cualquier otra forma.

Todas estas máquinas trabajan con una herramienta, razón por la cual se llaman máquinas herramienta.

El maquinado es uno de los cuatro métodos principales para trabajar los metales. Los otros métodos son el conformado en caliente, el conformado en frío y la fundición. El maquinado se efectúa cuando se necesita una superficie tersa y precisa. Al metal se le da forma mediante el corte de viruta, ya sea con herramientas cortantes o con abrasivos. Durante el proceso de maquinado, el metal es torneado, cepillado, fresado, troceado, o de algún otro modo cambiando de forma o reducido, arrancándole virutas con máquinas herramienta para obtener la forma y dimensiones deseadas.

• *Las máquinas herramienta medida del progreso del hombre.*

Henry Ward Beecher dijo, " La herramienta es sólo una prolongación de la mano del hombre, y la máquina es sólo una herramienta más complicada ". Para comprender esta aseveración totalmente, necesita saber como las máquinas herramientas han afectado nuestras vidas en forma tan tremenda.

Desde que el hombre recogió por primera vez una piedra para utilizarla como martillo, su progreso ha estado condicionado por la clase de herramienta que ha desarrollado. En la actualidad, cualquier producto conocido es el resultado de la operación de las máquinas herramienta. Estas, sino se utilizan directamente en la fabricación de un producto, son indispensables para producir el material y el equipo necesario para su procesamiento o desarrollo.

- + Sin las máquinas herramienta, la población del mundo no podría alimentarse ni vestirse por sí misma.
- + Sin las máquinas herramienta, el hombre moderno dejaría de existir.
- + Sin las máquinas herramienta, no podría existir la civilización moderna.

Tenemos las comodidades modernas sólo por que las máquinas herramienta actuales pueden cortar y dar forma al metal hasta límites de precisión muy estrechos a altas velocidades.

En esta era de la electrónica, de la energía atómica y de los transbordadores espaciales, las máquinas herramienta siguen siendo la clave del progreso humano. Ellas abren la puerta a métodos y técnicas que permiten al hombre convertir sus sueños en realidades que elevan su nivel de vida.

Cuando Henry Ford construyó por primera vez un modelo T en 1909, produjo alrededor de 10,000 el primer año. Para 1915, Ford estaba produciendo, con la ayuda de las máquinas herramienta, alrededor de un cuarto de millón (250,000), de automóviles cada año. El precio de cada automóvil fue aproximadamente la mitad del precio que tenía seis años antes. Mientras más artículos producimos, hay más para repartirnos. Por otra parte, el costo será menor y nuestro nivel de vida será más elevado. Sólo por medio de las máquinas herramienta somos capaces de aumentar la producción de las cosas que necesitamos en nuestra vida diaria.

El término máquinas herramienta incluye máquinas de muchos tipos y tamaños impulsada por motores. Estos son capaces de cortar y dar forma al material para transformarlo en las piezas que queremos hacer. Los motores eléctricos hacen el trabajo de impulsar las máquinas y mover sus diferentes partes automáticamente. De este modo, las máquinas herramienta son un sustituto poderoso del esfuerzo y la destreza humana.

### 1.3.1. Elementos básicos del maquinado

Los cuatro elementos siguientes son básicos para los procesos de maquinado:

**Máquinas herramienta.**- Las más comunes de estas son los tornos, fresadoras, taladradoras, cepillos y rectificadoras. Hay muchas variedades de máquinas para usos especiales que se usan en la industria, las cuales son adaptaciones de una o varias máquinas herramienta básicas.

Muchas de las máquinas de la industria son semejantes a las que se tienen en el taller de la escuela. excepto que son más grandes y complejas. Tienen muchos controles electrónicos e hidráulicos. Algunos de los equipos automatizados en alto grado incluyen operaciones controladas numéricamente.

**Herramientas de corte.**- La herramienta de corte que se usa en una máquina herramienta puede ser una de punta sencilla, como la que se usa en el torno, el cepillo de codo o el de mesa; una herramienta de puntas múltiples, como el cortador de una fresadora; una broca, un escariador, una brocha (cierta clase de cepillos); o una rueda de esmeril de una rectificadora. Las herramientas de corte se fabrican con acero de alta velocidad, estelita, carburo, diamante, cerámica o abrasivos (incluyendo carburo de silicio y óxido de aluminio).

**Materiales.**- Los materiales de que se maquinan las piezas incluyen barras comerciales pueden ser de acero al carbono, acero para herramientas, acero inoxidable, aluminio, aleación a base de cobre, o cualquiera de los metales poco usuales, como el magnesio o el titanio.

**Dispositivos guidores y sujetadores.**- Se diseñan y desarrollan diferentes tipos de dispositivos para sujetar o sostener las piezas que se maquinan. Los dispositivos guidores se construyen para sujetar las piezas y guiar las herramientas de corte durante el taladrado.

#### • ¿Qué es una máquina herramienta?

Según la National Machine Tool Builder's Association, "Una máquina herramienta es una máquina no portátil impulsada por motor, que se utiliza para conformar metal por medio de corte, impacto, presión, técnicas eléctricas o una combinación de estos procesos".

Así pues, es obvio que las máquinas herramienta pueden construirse en una gran variedad de tipos. Básicamente, sin embargo, hay solo dos categorías principales. La primera es la de tipo

cortante, que da forma y contorno al metal recortándole las porciones indeseables. La segunda es, en realidad, un conjunto de tipos de máquina, todas ellas de origen mas bien reciente. Controlando las características y la fuerza de las sustancias químicas, de la electricidad, del magnetismo, de los líquidos, del sonido, de la luz y hasta de la pólvora, es posible transformar *materiales en productos que con frecuencia, rebasan la capacidad del equipo convencional.*

Algunos expertos incluyen una tercera categoría de máquinas herramienta. Las que se clasifican en este grupo dan forma al metal por cizallado, del modo que las tijeras cortan al papel, o bien martillándolo o comprimiéndolo hasta lograr la forma deseada.

Hay máquinas herramienta especiales que se construyen para llevar a cabo operaciones sucesivas en la pieza que se trabaja, una vez que se coloca esta en su lugar. Literalmente, el operario, no toca la pieza de trabajo desde el comienzo hasta el final de la sucesión de etapas de maquinado. Tales equipo se conocen como *maquinaria automatizada o de transferencia.*

La precisión de operación es la característica más destacada de las máquinas herramienta actuales. La exactitud dimensional durante los últimos 50 años ha progresado desde una milésima de pulgada, hasta una diezmilésima de pulgada, y ahora de acerca a una millonésima de pulgada. ¡ Esto es algo así como 1/300 del grosor de un cabello humano ! Tal grado de precisión hace posible fabricar centenares de piezas tan semejantes entre sí que se puede intercambiar libremente.

### 1.3.2. Las cinco técnicas básicas.

La variedad y combinaciones de máquinas herramienta en la actualidad son casi ilimitadas. Algunas son lo bastante pequeñas para ser montadas sobre un banco de trabajo. Otras son tan grandes que necesitan edificios especiales para alojarlas. Su costo es desde unos cuantos cientos de dolares hasta cientos de miles de dolares. Otras, como las de las líneas de transferencia, se extienden por cientos de metros a través de una factoría.

Grandes o pequeñas, de bajo precio o costosas, las máquinas herramienta pueden ser catalogadas en cinco clasificaciones principales, identificadas como las técnicas básicas son: taladrado y perforado (incluyendo el escariado y el roscado con machos), torneado, fresado, cepillado (incluyendo el brochado) y el rectificado (incluyendo el bruñido). Sin que importe la sencillez o la complejidad de una máquina herramienta, ésta efectúa una o mas de tales



operaciones. Para resolver casos especiales se emplean variaciones de las cinco técnicas básicas. Por ejemplo, hay máquinas que combinan dos o más de estas técnicas, como en una máquina mandriladora, taladradora y fresadora; una estampadora, punzonadora y cizalladora; o una máquina combinada de cepillo de mesa y fresadora. Algunas personas añaden el conformado de metal (incluyendo cizallado, estampado, prensado y forjado como una sexta técnica básica. Sin embargo estos procesos no implican arranque de metal en forma de virutas.

Además de las cinco técnicas básicas, hay nuevos métodos para dar forma al metal que han sido desarrollados durante los últimos 20 años que utilizan la desintegración, corrosión, erosión y las características de las fuerzas de las sustancias químicas, la electricidad, el magnetismo, los líquidos, las explosiones, el sonido y la luz.

- *Trabajo de una herramienta de corte.*

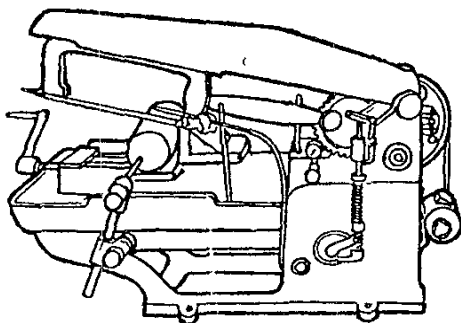
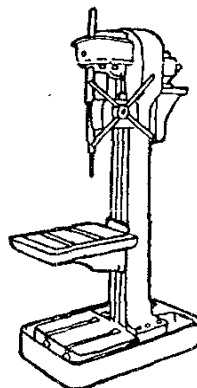
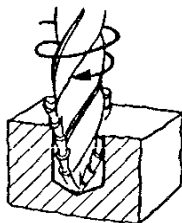
La forma de trabajar de las máquinas herramienta está determinada por el arranque de pequeñas partículas de material que salen al exterior en forma de viruta.

Para realizar este trabajo de arranque de viruta se precisa una herramienta que está en contacto con el material o masa de acero, hierro, etc., sobre la que hay que trabajar. Esta herramienta, gracias a la cual ha de producirse el rebaje, se llama herramienta cortante o cuchilla de corte.

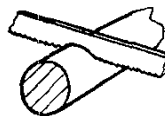
En las figuras 1.3.2.1. y 1.3.2.2. puede observarse que tipo de herramienta cortante se usa normalmente en cada una de las máquinas herramienta. El trabajo de una herramienta cortante; como se puede apreciar si observa la figura 1.3.2.3., se debe a la presión con que dicha herramienta actúa como una cuña sobre el material. Al moverse una de estas piezas se produce un pequeño abombamiento de la superficie sobre la que tropieza la punta de la herramienta cortante, produciéndose con ello una escisión que arranca partículas de material. El calor que desarrolla este movimiento es lo suficientemente grande para que estas partículas se suelden entre sí, formando la que visiblemente se aprecia como viruta.

Otra particularidad importante de la herramienta es el desgaste al producir el desprendimiento de viruta, desgaste que, por otro lado, es regular e igual para un mismo material que se corta, así como algunas de sus características. Las herramientas de corte están fabricadas con materiales muy duros, ya que han de ser de dureza superior a la de los metales que labran, para evitar en lo posible un desgaste rápido.

TALADRADORA



SIERRA



LIMADORA

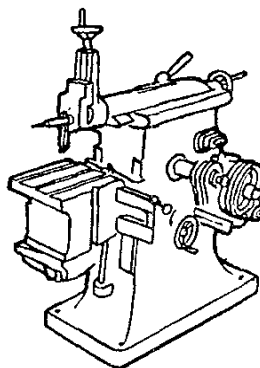
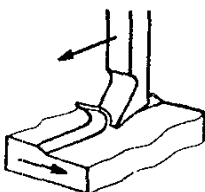
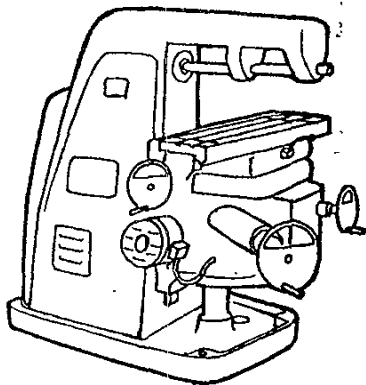
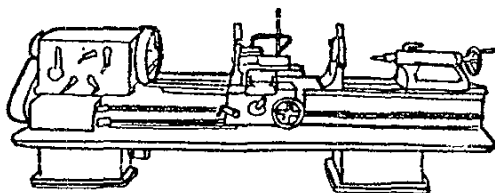
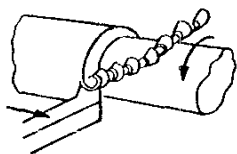
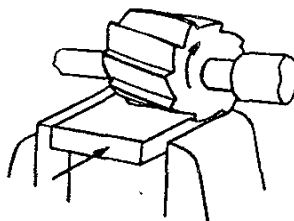


Figura 1 3 2 1. Lámina mostrando varias máquinas herramienta y la forma en que trabajan.

### TORNO



### FRESADORA



### RECTIFICADORA

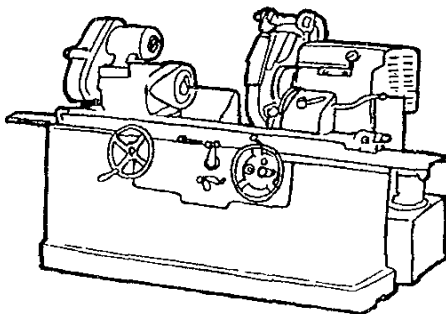
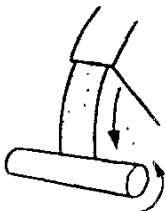


Figura 1 3 2 2 Lámina mostrando varias máquinas herramienta y la forma en que trabajan

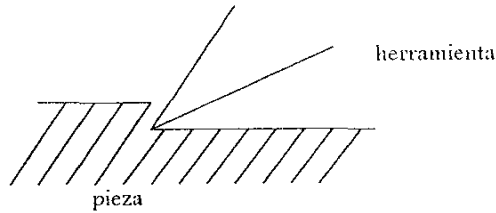


Figura 1.3.2.3. Representa la forma en que una herramienta de corte arranca o corta el material

### 1.3.3. Clasificación de las máquinas herramienta.

Las máquinas herramientas que se emplean para labrar materiales por arranque de viruta pueden clasificarse en dos grandes grupos.

- 1.- Máquinas en las que el movimiento de corte es circular continua
- 2.- Máquinas en las que el movimiento de corte es rectilíneo alternativo.

Máquinas de corte circular continuo.- Estas máquinas pueden clasificarse a su vez en:

- + Máquinas en las que el movimiento de corte lo posee la pieza y el de avance la herramienta (por ejemplo, el torno).
- + Máquinas en las que la herramienta posee el movimiento de corte, y el movimiento de avance puede proporcionarlo la pieza o la propia herramienta (por ejemplo, la taladradora y la fresadora).

Máquinas de corte rectilíneo alternativo.- Estas máquinas pueden subdividirse también en dos grupos:

- + Máquinas en las que la herramienta posee el movimiento de corte y la pieza el de avance (por ejemplo, la limadora)
- + Máquinas en las que la pieza posee el movimiento de corte y la herramienta el de avance (por ejemplo, la cepilladora).

## 1.4. ENTORNO DEL CONTROL NUMÉRICO

El control numérico se sitúa al centro de un gran número de factores, los cuales permiten comprender el mecanizado con máquinas herramientas con CN. En la figura 1.4.1. se observan los factores de comprensión de las máquinas herramienta con CN.

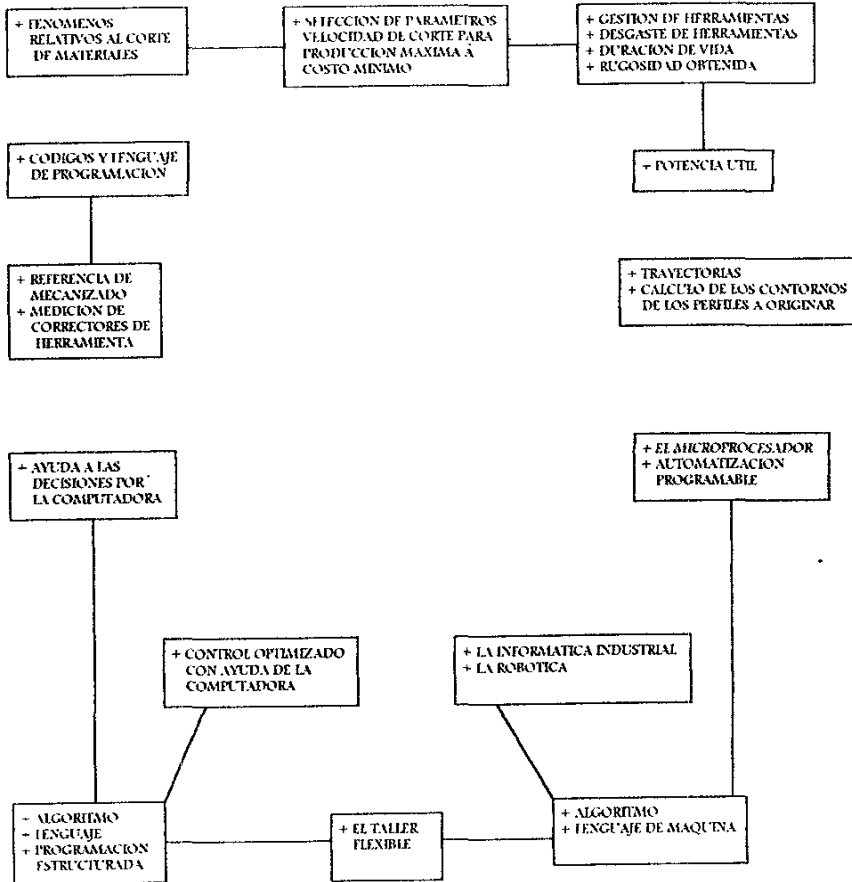


Figura 1.4.1 Factores de comprensión de las máquinas herramienta con CN.

• *La informática.*

Es en la informática industrial donde se sitúa el control numérico, más precisamente en la rama de la robótica industrial y automatización de procesos discontinuos. Figura 1.4.2.

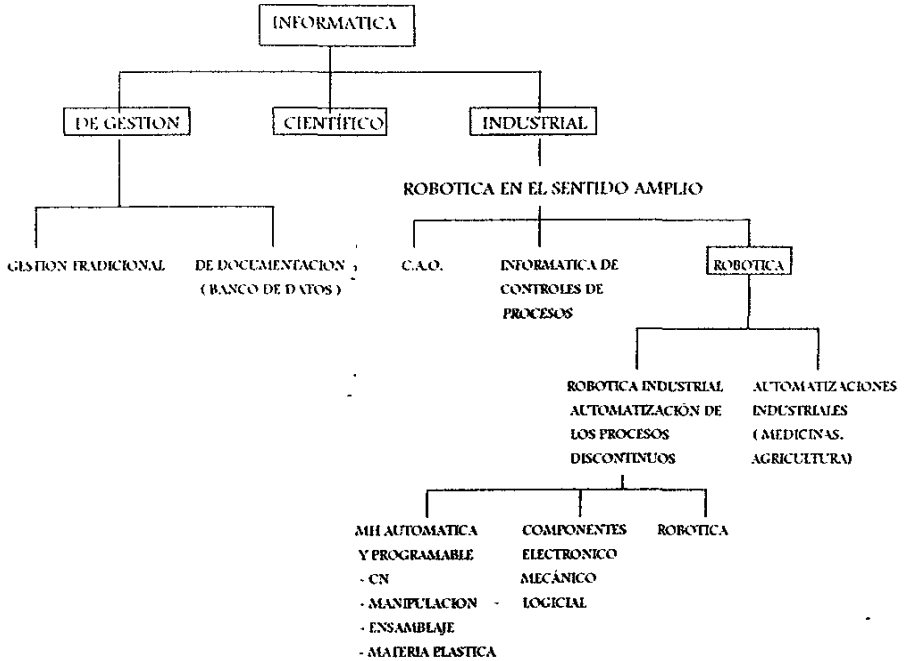


Figura 1.4.2 La informática.

• *Los fenómenos relativos al corte de materiales*

Para la utilización óptima de las máquinas herramientas con control numérico se necesita antes que nada conocer los fenómenos relativos al corte de materiales. La calidad del producto obtenido depende del dominio correcto de esos fenómenos. Varios trabajos se han llevado a cabo en ese sentido (teoría de Merchant, Albrecht, leyes de Taylor, etc.). La utilización de computadoras aumenta los resultados que ellos pudieran obtener. No haremos mención de los

resultados de estos estudios en el presente trabajo sólo insistiremos en que la comprensión de los mismos, es fundamental para la utilización óptima de las máquinas con CN.

En la siguiente figura 1.4.3. se observa los diversos fenómenos que ocurren durante el mecanizado por arranque de viruta.

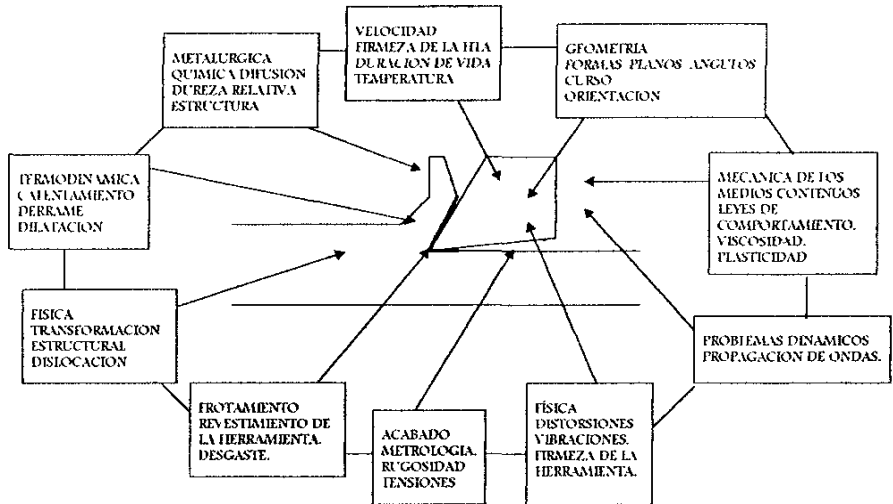


Figura 1.4.3.- Fenómenos durante el mecanizado por arranque de viruta.

los estudios y ensayos realizados sobre el desgaste, la duración de vida, las temperaturas generadas, lubricantes y refrigerantes de la herramienta de corte, permiten hacer las siguientes observaciones cuando se trabaja con máquinas herramientas con CN.

- 1.- Si se requiere utilizar la máquina con control numerico con los menores gastos, será necesario trabajar a velocidad de producción de costo mínimo.
- 2.- Si los plazos de fabricación imponen una producción máxima de piezas en un tiempo reducido, será necesario trabajar a velocidad de producción máxima
- 3.- Por otra parte, este aspecto de la producción señala la importancia del tiempo de cambio

de la arista cortante, por lo cual, es necesario reducir el tiempo de cambios automáticos de herramientas, una posible robotización, y el mejoramiento en los dispositivos de sujeción rápida de herramientas, etc

4 - En todos los casos, es necesario trabajar en la zona limitada por la velocidad de producción máxima y por la velocidad de costo

• *Ambito de aplicación del CN*

En este punto me referiré única y exclusivamente a la aplicación del CN aplicado a las máquinas herramienta, ya que es en este campo donde el CN ha tenido su más amplia aplicación. Sin embargo, debo aclarar que el CN se está aplicando a una gran variedad de procesos industriales.

Veamos en relación al número de piezas que se han de fabricar donde incide primordialmente la aplicación del CN ¿ Por qué el número de piezas ? . Porque primordialmente la cantidad de piezas nos dará la pauta para seleccionar el equipo adecuado. Como es sabido, las cuatro variables fundamentales que inciden en un automatismo son: productividad, precisión rapidez y flexibilidad, de aquí que dependiendo de la serie de fabricación será el automatismo a elegir.

1 - Grandes series (mayor de 10,000 piezas)

Cuando se tiene que fabricar grandes series es necesario recurrir a las máquinas transfer construidas para varios automatismos que trabajan en forma sincronizada.

2 - Series medias (entre 50 y 10,000 piezas)

Opciones a utilizar para resolver este tipo de fabricación.

- a) máquinas copiadoras
- b) controles programados
- c) máquinas con CN.

Como ya se ha mencionado, la utilización de un automatismo depende de la precisión, flexibilidad y rapidez exigida.



" Estudios experimentales han comprobado que las máquinas con CN son recomendadas cuando las series de fabricación se mantenga entre 5 y 10,000 piezas que deberán ser repetidas durante el año. En este rango el CN presenta grandes ventajas ".<sup>2</sup>

### 3.- Series menores de 5 piezas

Cuando las piezas son muy difíciles de mecanizar en máquinas convencionales, aún en estas series tan pequeñas el CN es factible su utilización ya que en ocasiones resulta más barato mecanizar una pieza compleja en una máquina con CN que en una convencional. Pero si las piezas no son muy complejas, la solución para la fabricación de estas series son las máquinas convencionales.

De lo anterior deducimos que cuando el número de piezas por fabricar se mantenga dentro de los límites medios, es decir entre 5 y 1,000 piezas aproximadamente el CN representa la solución ideal debido a las ventajas ya citadas. Figura 1.4.4.

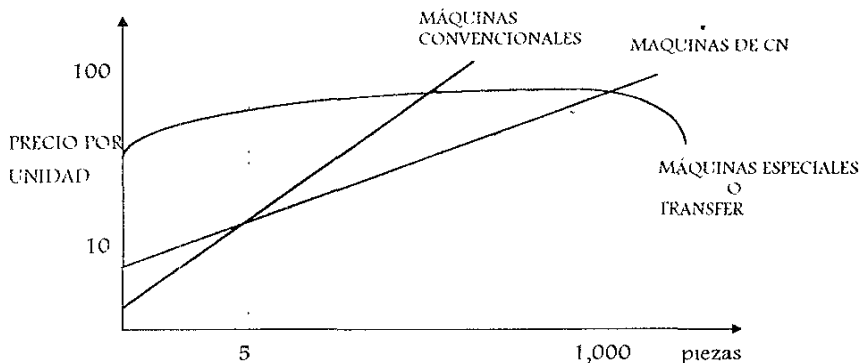


Figura 1.4.4 Grafica donde los ejes representan el numero de piezas y el precio de una pieza

A continuación se en listan diversos tipos de maquinas que ya han sido controladas numericamente

- |                  |                       |  |
|------------------|-----------------------|--|
| + rectificadoras | + Tornos              | + Prensas punzonadoras                   |
| + Fresadoras     | + Centro de maquinado | + Máquinas para medición por coordenadas |

<sup>2</sup> GONZALEZ NUÑEZ, PAGINA 27

- 
- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| + Taladradoras                       | + Electroerosionadoras              |
| + Mandrinadoras                      | + Dobladoras                        |
| + Máquinas bobinadoras               | + Máquinas de dibujar               |
| + Robots                             | + Máquinas de impresión y rotocolor |
| + Máquinas termoformadoras           | + Máquinas empacadoras              |
| + Máquinas de inyección de plástico. | + Brochadoras                       |

CAPITULO 2

ASPECTOS GENERALES DEL CONTROL  
NUMÉRICO

## 2.1. INTRODUCCION

El descenso en los costos de sistemas computarizados está cambiando el punto de vista de la base de la fabricación. Aunque la aplicación de computadoras en la manufactura ha sido de alguna forma lenta, pueden observarse distintos giros. Esto incluye un incremento constante en el uso de maquinas herramienta con controles computarizados.

Los sistemas modernos de manufactura y los robots industriales son sistemas avanzados de automatización que utilizan computadoras como una parte integral de su control. " Las computadoras son ahora una parte vital de la automatización, ellas controlan células de manufactura así como varias máquinas herramienta. Controlan líneas de producción y en la actualidad ya han comenzado a tomar el control de la fábrica entera " . Aún más desafiantes son los nuevos robots que realizan varias operaciones en las plantas industriales y participan en la automatización completa de las fábricas.

La nueva era de la automatización, que empezó cuando se introdujo la máquina herramienta con control numérico, fue indudablemente estimulado por la computadora digital. La tecnología digital y las computadoras, habilitan el diseño de sistemas de automatización más flexibles, especialmente sistemas que puedan ser adaptados y programados para producir un nuevo producto en poco tiempo. Actualmente la flexibilidad es clave que caracteriza la nueva era de automatización de sistemas de manufactura. Hoy en día los sistemas de manufactura se vuelven mas flexibles, con el progreso de la tecnología de las computadoras y las técnicas de programación. Los sistemas de manufactura puede ser divididos en células de manufactura que comprenden una máquina herramienta con control numérico, un robot y sistemas que comprenden varias máquinas herramienta y varios robot comprensibles en un sistema de fabricación flexible ambos tipos de sistemas se controlan por computadora o por controles basados en tecnología digital. Pueden aceptar datos en forma de programas y son capaces de procesarlo y proveer señales de instrucción a elementos que manejan correderas, que accionen motores o transportadores de manejo de material, en las máquinas herramienta con CN, los datos de entrada definen la posición de correderas móviles, velocidades selección de herramienta y tipos de movimiento. En células de manufactura más sofisticadas en las que un robot se copia con una visión auxiliar o un retroalimentador táctil para servir a pocas máquinas herramienta con control numerico el sistema puede tomar decisiones en base a las señales de retroalimentacion. En los sistemas de manufactura flexible el nivel de decisiones hecho por la computadora es el más

sofisticado en manufactura. Los puntos móviles del transportador de manejo de materiales se conduce a la célula apropiada con la supervisión de la computadora, si una célula en particular se encuentra ocupada la computadora conduce a las partes a otra célula que pueda hacer las operaciones requeridas. Las decisiones que requieren estos cambios en tiempos reales por las computadoras.

La industria metal mecánica mexicana deberá caracterizarse por su constante búsqueda de mejores métodos de maquinado así como en la búsqueda de nuevas técnicas que lo llevan a conseguir mayor precisión dimensional, mejores acabados y reducir el tiempo de maquinado. En otra palabras la industria debe buscar aumentar la calidad de sus productos maquinados incrementando paralelamente la productividad.

Actualmente con los nuevos desarrollos logrados con las herramientas de corte como son los insertos de carburo, de cerámica y de diamante aunados a los grandes desarrollos de las máquinas herramienta con control numérico, han hecho posible piezas con acabado a espejo y muy precisos, donde la precisión no depende ya de operador.

Con las máquinas herramienta con CN se han eliminado los errores humanos provocados por la fatiga del operador, de esta manera, ahora es posible garantizar la repetitividad en el maquinado de varias piezas que impone el mercado industrial no solo a nivel nacional sino a nivel mundial.

La aplicación de estas nuevas tecnologías han beneficiado a los industriales debido a que ya no se requiere personal altamente calificado que día con día se vuelven más difíciles de conseguir. Sólo se necesita una persona para cambiar la pieza de trabajo. Por otro lado es posible que un sólo operador pueda controlar más de una máquina con CN.

## 2.2. DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL CONTROL NUMÉRICO

### • Descripción del CN

El control numérico es el control de máquinas herramienta por medio de números. El CN, es un sistema en el cual se programan valores numéricos insertados directamente y almacenados en

alguna forma de entrada y automáticamente leído y codificado para provocar un movimiento correspondiente a la máquina que se está controlando.

El CN logra el posicionamiento preciso de la pieza de trabajo y el de la herramienta de corte, para las mismas herramientas tales como fresas, brocas, machuelos, buriles, y otras herramientas todavía establecen las diversas operaciones de maquinado, y aún es necesario considerar los parámetros de corte como: velocidad de avance y profundidad de corte, así como los principios de herramienta. Dado este conocimiento, ¿Cuál es la ventaja real del CN? Primeramente, el tiempo muerto o el tiempo que se requiere para mover la pieza o herramienta en una posición de corte está limitado únicamente por la capacidad de la máquina para responder, ya que la máquina recibe señales desde la unidad de control de la máquina (UCM), responde sin pérdida de tiempo, por lo tanto, el grado de utilización actual es mucho más alto que una máquina operada manualmente. El segundo punto es que la máquina con CN no puede iniciar nada sobre sí misma. La máquina acepta y responde a los comandos desde la unidad de control. Aún la unidad de control no puede pensar, juzgar o razonar, sin algún medio de entrada como por ejemplo cinta perforada, disco magnético, cassettes o teclado directo en el panel de control, la máquina y la unidad de control no harán nada. La máquina con CN ejecutará únicamente lo que se le programe y sólo cuando se presione la tecla de inicio de ciclo.

#### • *Importancia del CN*

" El CN es importante debido a que países como Japón y la gran mayoría de los países de Europa han logrado espectaculares avances en años recientes. Como resultado han logrado mayores niveles de productividad que los E.U.A., incluso en ciertas áreas lo han rebasado en su nivel de producción "2.

La importancia real del CN yace en efecto que ha producido en los países donde se ha utilizado. Las máquinas con CN son rápidas, más exactas y más versátiles para maquinar piezas muy complejas donde era necesaria la intervención manual.

El CN ha tenido gran popularidad debido a su habilidad para fabricar productos de calidad consistente y más económico que los fabricados por los métodos convencionales.

Es una concepción popular errónea que el CN es justificable únicamente para producciones de grandes cantidades, justamente lo opuesto es la verdad. Una comparación actual del CN con los métodos convencionales indica que el punto de equilibrio se consigue más rápidamente que con los métodos convencionales.

### 2.3. ANTECEDENTES DEL CONTROL NUMÉRICO.

Quizá la primer máquina con control numérico fue la máquina tejedora de 1725, después, alrededor de 1863 el piano automático (pianola). La máquina tejedora y el piano automático son considerados como los verdaderos precursores del control numérico.

Es conveniente tener en cuenta que el control automático de una fábrica, no es más que la última evolución de la Revolución Industrial que empezó en Europa hace dos siglos y progreso bajo las siguientes etapas:

- 1.- Inicio de la mecanización en 1770 y construcción de las máquinas de producción simple al principio de esta revolución.
- 2.- Mecanismos automáticos permanentes y líneas de transferencia para producción en masa vinieron a lo largo del transcurso del siglo. El ciclo de operación es simple y fijo y se diseña para producir algo determinado.
- 3.- Después vino la máquina herramienta con sistema de control automático simple tales como conmutadores de clavijas para seguir una secuencia establecida de operaciones, los sistemas a base de relevadores electromecánicos, los sistemas mecánicos a base de levas y las máquinas copiadoras, en las cuales un estilete se mueve sobre la copia muestra y simultáneamente transmite las señales de mando a servomecanismos que controlan un cabezal porta herramientas que se encarga de copiar la pieza muestra.
- 4.- En 1942, la " Bendix Corporation " de U.S.A. tuvo problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el regulador de una bomba de inyección para motores de avión, perfil imposible de fabricar en máquinas herramientas convencionales. Se acordó entonces confiar los cálculos a una máquina automática que definiera gran número de puntos de la trayectoria siendo la herramienta conducida de un punto a otro.

- 5 - En 1947, John Parsson, constructor americano de helices de helicoptero, concibe un mando automatico con entrada de información numerica

La idea de utilizar tarjetas perforadas en un lector que permite traducir las señales de mando a los dos ejes, permitió a Parsson desarrollar su sistema de mando automático.

En esta época la fuerza aérea de U.S.A. estaba preocupada con la fabricación de piezas difíciles de maquinar por copiado y susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a su sistema, Parsson obtiene un contrato y el apoyo del Instituto Tecnológico de Masshusetts (ITM) de los U.S.A.

- 6 - En 1952, el gobierno de E.U.A. apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contorneado mandado por control digital. La introducción del control numérico en ese año abrió una nueva era en la automatización.

- 7 - En 1953 el ITM utiliza por primera vez el término control numérico<sup>19</sup>.

- 8 - En 1956 la fuerza aérea de los E.U.A. hace un pedido de 170 máquinas con control numérico a tres grandes compañías:

- + Cincinnati Milling Machine Company
- + Giddin y Levis
- + Kearney y Trecker

- 9 - En 1960, también en el ITM surge el control adaptativo que es la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas herramienta

- 10 - En 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos del control numérico directo (CND)

- 11 - Las extensiones lógicas de control numérico fueron las máquinas herramientas con control numérico computarizado (CNC) en las cuales las computadoras se incluyen como una parte integral del gabinete de control



12.- En 1961 se hizo el primer robot comercial, pero no jugo un papel importante sino hasta los años 70's

13.- Una fabrica completamente automatizada que emplea un sistema de manufactura flexible es la próxima extensión lógica en la cual, tanto el diseño como la manufactura son auxiliados por una computadora. Un Sistema de Manufactura Flexible (FMS) significa una facilidad que incluye celdas de manufactura, cada celda contiene varias máquinas herramienta con CN y un sistema automático de manejo de materiales interconectado a la computadora central

Podemos observar que las primeras motivaciones para la evolución de las máquinas herramienta con CN surgieron de la demanda de una elevada exactitud en la manufactura de piezas complicadas, cambiando rápidamente de producción deseada.

#### 2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL CN

" Para iniciar una discusión de las ventajas del CN uno debe comprender que la parte (pieza fabricada), gasta únicamente el 5 % aproximadamente de su tiempo de fabricación sobre una máquina convencional en el taller<sup>14</sup> . Únicamente el 1.5 % aproximadamente del tiempo sobre la máquina es gastado cortando metal como puede observarse en la figura 2.4.1.

Actualmente el trabajo del CN es reducir los tiempos improductivos. Con el establecimiento del CN, las funciones manuales se han eliminado, tales como: selección de velocidades del husillo, cambios de herramienta, avances, refrigerantes y la indexación de dispositivos automáticos. Se ha aceptado generalmente que las máquinas con CN son las más efectivas en el desarrollo de la manufactura para reducir los costos por unidad de producción.

Para un mejor entendimiento de las ventajas del CN se dará la siguiente explicación.

Hay 4 fases básicas que ocurren en la mayoría de las manufacturas. La primera fase es la ingeniería o la determinación del diseño del producto, forma, tolerancia y material. La segunda fase es la planeación de los procesos en la cual se incluyen las disposiciones que se tomaron

<sup>14</sup> WILLIAMS W. LUGGEN, PAGINA 11

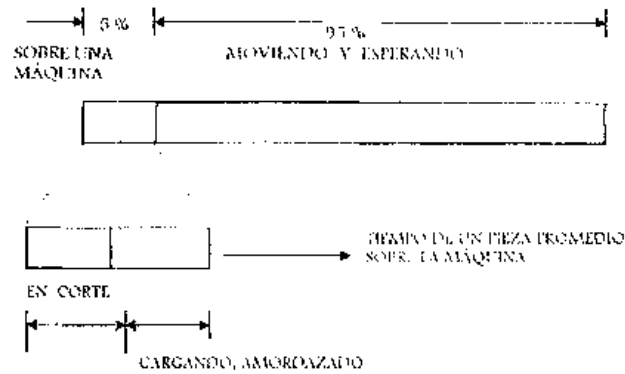


Figura 2.4.1. Análisis de el tiempo consumido para una pieza promedio en el taller.

concernientes a la selección del sistema de manufactura desde el orden de las operaciones hasta los estándares de inspección. La tercera fase es la planeación económica la cual incluye la determinación del tamaño del lote económico, materia prima y análisis de inventarios. La cuarta fase es la de producción que incluye el entrenamiento de las operaciones de la máquina.

En la manufactura con máquinas convencionales la fase de producción era la fase que frecuentemente se consideraba de mayor importancia. Cuando se utilizan los modernos sistemas de control numérico en el trabajo de los metales, todas las fases son importantes, e inclusive el CN tiende a reducir la importancia de la fase de producción en relación a las otras. Cuando el CN es utilizado sabiamente provee grandes ahorros en los costos a través de todo el proceso de manufactura.

Antes de que existiera el CN los ingenieros estaban limitados al diseño de formas y contornos que podrán ser maquinados con los métodos convencionales. El CN hace posible producir aún las formas más complejas sin costos extremadamente altos. Otra ventaja del CN es la habilidad para hacer cambios o ajustes con un mínimo de demoras o gastos. En una máquina convencional es a menudo económicamente indeseable hacer cambios después de que el herramienta ha sido preparado. Además los costos asociados a las máquinas convencionales se incrementan cuando las tolerancias son muy cerradas. Este factor ha causado problemas de ingeniería al intentar crear partes con tolerancias tan cerradas en lo posible y todavía capaces de funcionar apropiadamente. Con el CN las tolerancias son independientes de los costos. La

máquina siempre produce partes a lo máximo exactitud sin un tratamiento especial (esto es cierto si el operador focaliza las partes apropiadamente).

El tiempo de estudio en sentido convencional se elimina, ya que el programador dicta como se producirá la parte y en cuanto tiempo. Después de que el programa ha sido establecido, no puede haber variación de parte a parte ni desviación del tiempo programado.

Un alto grado de calidad es inherente a los procesos de CN causados por su exactitud, repetitividad y libertad para variar lo programado, el proceso de control de calidad se realiza una vez después de la inspección de la primera pieza de cada lote producido, así como el chequeo a las funciones programadas. Para chequear la exactitud posicional se utiliza un sistema de medición por coordenadas, que en centros de maquinado modernos vienen integrados con estos sistemas.

La exactitud es lo más importante cuando dos partes producidas tienen que ensamblarse. Es importante también en la manufactura de partes intercambiables, especialmente en la industria aeroespacial y en los motores industriales. La producción de una parte que requiere exactitud del orden de 0.01 mm. o más, puede llevar un tiempo considerable usando métodos convencionales, el operador tiene que detener el proceso de corte frecuentemente para tomar medidas para que la pieza no sea sobrecortada. Las máquinas herramientas con CN ahorran mucho tiempo mientras mantienen o mejoran las tolerancias requeridas.

Un ahorro adicional de tiempo se acumula al pasar de una operación a otra durante el funcionamiento de la máquina de una pieza de trabajo. Con una máquina convencional el trabajo debe parar en ciertos puntos, hasta que el operador prosiga al siguiente paso. La cantidad y calidad también disminuye por la fatiga del operador. En las máquinas con CN estos problemas no existen, ya que la exactitud es inherente al control y es repetitiva, y el tiempo de producción es constante para cada pieza ya que está determinado por el programa.

El corte del contorno en 3 dimensiones o aún en 2 no se puede formar por operaciones manuales. Aún cuando es posible, el operador tiene que manejar las dos manivelas simultáneamente mientras tanto de mantener la exactitud requerida; por lo que sólo es posible cuando la parte es simple y requiere relativamente poca exactitud. Es obvio que, en este tipo de trabajo una máquina herramienta con CN ahorra gran parte del tiempo y aumenta la exactitud comparada con la operación manual.

Es bueno considerar que las líneas de transferencia se implementaron para producir una salida más rápida del producto. Aquí las máquinas se ponen en línea mientras el producto se transfiere de una máquina a otra y cada máquina realiza un ciclo limitado de operaciones, este ciclo es simple y fijo; el proceso es completamente automático.

Haciendo una comparación podemos resaltar algunas desventajas de las líneas de transferencia con respecto a los sistemas de CN:

- 1.- Elevada inversión inicial del equipo.
- 2.- Largo tiempo de preparación para cada serie de producción.
- 3.- Proceso inflexible, desde el punto de vista de que cada máquina ha sido planeada para hacer cierto ciclo de operaciones establecidas, si la configuración cambia el ajuste de la máquina debe reconstruirse o alterarse.
- 4.- Se requiere una gran cantidad de partes durante el proceso, ya que una parte debe mantenerse en cada máquina.
- 5.- No es recomendable para pequeños producciones, es necesario únicamente para producciones en masa donde se producen millones de partes.

Las máquinas copiadoras y los tornos automáticos han existido por muchos años. La máquina copiadora posee un estilo que se mueve a lo largo de la copia maestra de la pieza o producir. La principal desventaja de este método de copiado es el tiempo invertido en la producción de la copia maestra que se hace sin automatización y se produce con un alto grado de exactitud con el CN no se requiere copia maestra

El torno automático que es enteramente flexible, se ha usado por muchos años. El ajuste de las dimensiones requeridas de la parte, se establecen por pares de microswiches y frenos, un par cada operación y tolerancias de la parte, la profundidad requerida, la velocidad de corte, y las funciones auxiliares se programan en un código apropiado en las clavijas. Las clavijas consisten en una matriz de boquillas donde la información esta "escrito" por medio de agujeros. Cada línea se refiere a un segmento de la pieza de trabajo. Las líneas se examinan en secuencia por lo cual se llama control secuencia. El límite apropiado del switch provee la señal para proceder a la siguiente línea y el proceso avanza en la secuencia necesaria para contemplar el maquinado de la parte.

El torno automatico es flexible, pero su principal desventaja es el procedimiento de ajuste de limites de switches y frenos que consumen muchas horas de trabajo y requiere de un operador

calificado y experimentado. En suma, debe notarse que, debido a que el número de switches y frenos es limitado, el número máximo de operadores programados en parte también es limitada.

El torno automático se puede usar en producciones medianas en series de 30 piezas o más pero no sería una solución costeable para series menores. Por otro lado, se ha encontrado que podría ser más económico producir una pieza con una máquina con control numérico, que por métodos convencionales.

En conclusión, las máquinas herramienta con control numérico tienen las siguientes ventajas comparadas con otros métodos de maquinado.

- 1.- Entera flexibilidad, sólo se requiere un programa para producir una nueva parte.
- 2.- La exactitud se mantiene a través de todo el rango de velocidades y profundidades dando como resultado mayor intercambiabilidad de piezas.
- 3.- Menor tiempo de producción.
- 4.- La posibilidad de maquinar piezas muy complicadas.
- 5.- Fácil ajuste de la máquina, lo cual requiere menos tiempo que otros métodos de manufactura.
- 6.- El operador tiene, tiempo libre que puede usarse para supervisar operaciones de otras máquinas.
- 7.- Reducido desperdicio de material. Menores errores e interrupciones debidas a la fatiga del operador.
- 8.- Reducir requerimiento de espacio, ya que se utiliza una cantidad menor de máquinas y accesorios que reducen los requerimientos reales de almacenaje.
- 9.- Menores costos de herramienta, ya que hay menos necesidades de dispositivos y accesorios complejos.
- 10.- Corto tiempo de amortización como resultado de los reducidos costos de herramienta.

### 2.5. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS ENTRE UNA MÁQUINA HERRAMIENTA CONVENCIONAL Y UNA CON CN.

Se dice que una máquina herramienta es convencional cuando utiliza los métodos tradicionales de maquinado requiriéndose forzosamente la presencia de un operador con cierta especialización para mantener la máquina trabajando.

La máquina con CN en cambio no requiere la presencia constante del operador, ya que la máquina una vez programada ejecutará el maquinado sin ayuda del operador sólo se requiere su presencia para retirar la pieza maquinada y colocar la pieza por maquinar. Incluso con máquinas con CN con alimentador de barra o con brazos robotizados el operador ya no es necesario ya que el cambio de pieza está automatizado. Requiriéndose únicamente un ingeniero para la programación y el control de las máquinas con CN.

Las diferencias más notables entre ambos tipos de equipo son debidas básicamente a sus elementos y dispositivos utilizados en su construcción. En la siguiente tabla se observan las diferencias entre una máquina herramienta convencional y una con CN estas pueden ser tornos, fresadoras, etc.

En la tabla 1 podemos observar que los elementos mecánicos tradicionales que por décadas se han utilizado en las máquinas convencionales han sido sustituidos en los equipos con CN por otros elementos mecánicos y electrónicos más confiables.

CARACTERÍSTICA A COMPARAR	MÁQUINAS CONVENCIONALES	MÁQUINAS CON CN
Forma de realizar el cambio de herramienta.	Por el operador en forma manual y en ocasiones por palanca de cambio.	Automática programada y dirigida por el control.
Forma de control de las dimensiones durante el maquinado.	Por medio de instrumentos de medición y por las graduaciones de las manivelas.	Por el control utilizado los offset de compensación.

Tabla 1 Diferencias entre una máquina convencional y una máquina con CN

CARACTERÍSTICA A COMPARAR	MAQUINAS CONVENCIONALES	MAQUINAS CON CN
Forma de control de las R.P.M. del husillo principal.	Por medio de frenes de engranaje intercambiables movidos por palancas de cambio.	Automática, programada y comandada por el control. Utiliza un servomotor y un encoder.
Forma para desplazar la mesa o los carros	Frenes de engranaje, manivelas y tornillos sin fin.	Husillos y correderas a base de bolas y servomotores.
Tipo de mecanismo del husillo.	Flecha, tuercas partidas y baleros.	Husillos de bolas.
Forma para fresar un contorno.	Por el operador manipulando por lo menos dos manivelas.	Programada y comandada por el control.
Forma para torneear una rosca.	Manual, accionando palancas y manivelas.	Programada y comandada por el control.
La precisión de los maquinados.	Generalmente depende de la habilidad del operador.	Depende de la resolución del sistema y es máxima y constante.
Tiempo de maquinado.	Depende del operador.	Precalculado y siempre constante para cada pieza.
Refrigeración.	Manual accionada por un interruptor y una llave	Programada y comandada por el control.

Tabla 1 Diferencias entre una máquina convencional y una máquina con CN. (continuación)

El otro elemento que distingue al equipo con control numérico es la presencia de servomotores que controlan los movimientos de los ejes (o mesas) y controlan la velocidad del husillo, así como su movimiento en el caso de ser requerido. Estos servomotores pueden trabajar con corriente directa o con corriente alterna dependiendo del fabricante pero su función es la misma.

Dependiendo de las funciones que debe realizar la máquina, el control, a través de detectores de proximidad puede controlar por ejemplo el movimiento de un brazo que cambie la herramienta en una fresadora, la alimentación de material en barra y detectar cuando este se termine para cambiar la barra por otra nueva en caso de tornos alimentados por barra, hacer girar la torreta de un torno para seleccionar otra herramienta deseada y hasta detectar si el movimiento comandado es demasiado grande que provocaría que la máquina choque o se salga de su límite de movimientos normales, etc. Además, ya que el control es el que ordena la ejecución de estos movimientos a sus elementos respectivos, nos puede dar en todo momento el informe de lo que está realizando, lo que está por realizar y los puntos en los que ha fallado algún mecanismo o sistema interno de la misma máquina.

Cualquier función por extravagante que parezca puede ser controlada por la Unidad de Control Numérico siempre y cuando tenga una secuencia lógica y pueda ser detectada esta secuencia, de ahí que la gran variedad de equipos de Control Numérico sólo varíen en la cantidad de funciones adicionales que el equipo pueda realizar, el tamaño del equipo y la potencia que debe desarrollar influirá determinantemente en el tamaño y la potencia de los servomotores y de las unidades de control de velocidad pero conservándose el mismo principio de funcionamiento. Así en la industria moderna existe una gran variedad de marcas de equipo manufacturado por diferentes países, teniendo como única diferencia el lenguaje de programación. Lo anterior se debe a que a pesar de que el Control Numérico se ha difundido con tal velocidad, aún no se ha generalizado el Lenguaje Universal de programación, son muy parecidos, pero tiene sus variantes, como pueden ser los controladores Fanuc, General Electric, Artlam, etc. La figura 2.5.1. muestra las partes especiales que posee todo equipo con control numérico.

## 2.6. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS CON CN.

El CN opera una máquina herramienta más o menos igual como lo haría un operador de una máquina convencional sólo que el CN lo hace automáticamente. El CN ofrece increíbles ahorros en los costos de producción, exactitud y muchos otros beneficios.

Las siguientes etapas sintetizan como trabaja el CN:

- 1.- La información numérica puede ser alimentada al sistema por medio de cinta perforada, cinta magnética o directamente a través del panel de control.



- 2 - Una unidad lectora traduce la información y la cambia en una forma eléctrica que la máquina puede entender
- 3.- La unidad de memoria almacena la información hasta que es necesitada.
- 4 - Los transductores colocados sobre las máquinas herramienta reciben y convierten la información en movimientos reales de la máquina.

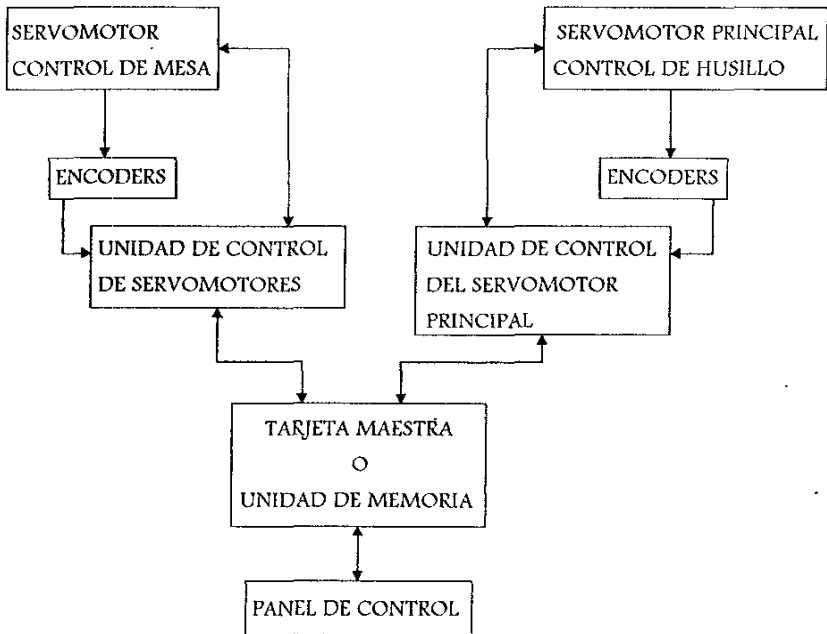


Figura 2.5.1. Partes especiales de un equipo con Control Numérico.

- 5- Un dispositivo calibrador mide los movimientos de la máquina para determinar si se ha cumplido la orden correcta.
- 6.- Una unidad de retroalimentación transmite la información de regreso desde el dispositivo calibrador para comparar si la máquina se mueve a la posición correcta.

### 2.6.1. Programa manual del CN

La figura 2.6.1.1. muestra las etapas de como se desarrolla la programación manual del CN.

- 1.- Se inicia con el dibujo de ingeniería.
- 2.- Se planean los procesos:
  - a) secuencia de operaciones
  - b) premaquinados
  - c) ajuste de máquina
  - d) se detallan las herramientas

En este punto se diseñan los dispositivos como cortadores y elementos de sujeción de la parte a fabricar.

- 3.- Se escribe el programa.
- 4.- Se perfora la cinta y se imprime el programa para obtener un manuscrito.
- 5.- Se checa el programa contra el manuscrito, si existe un error se corrige la cinta perforada.
- 6.- Se prueban las herramientas sobre la máquina con CN por supuesto que antes de hacer esto se debe contar ya con el material, los dispositivos de sujeción, las herramientas de corte y la cinta perforada.
- 7.- Si existe algún error se determina de que tipo es:
  - a) Si es error de programación se vuelve a corregir la cinta
  - b) Si es error de planeación entonces se vuelve a analizar los procesos de maquinado.
- 8.- Se mecaniza la primera pieza, se inspecciona, y si se tiene algún error, se determina de que tipo es y se corrige.
- 9.- Una vez corregido todos los errores se inicia la producción.

#### • *Introducción Manual de Datos (IMD).*

Las máquinas con CN, pueden ser programados a mano directamente con los pulsadores del panel. La introducción manual de datos puede ser efectuada con la máquina parada o en "background" mientras se ejecuta otro programa. Esto ultimo permite un importante ahorro de tiempo con el consiguiente ahorro de productividad

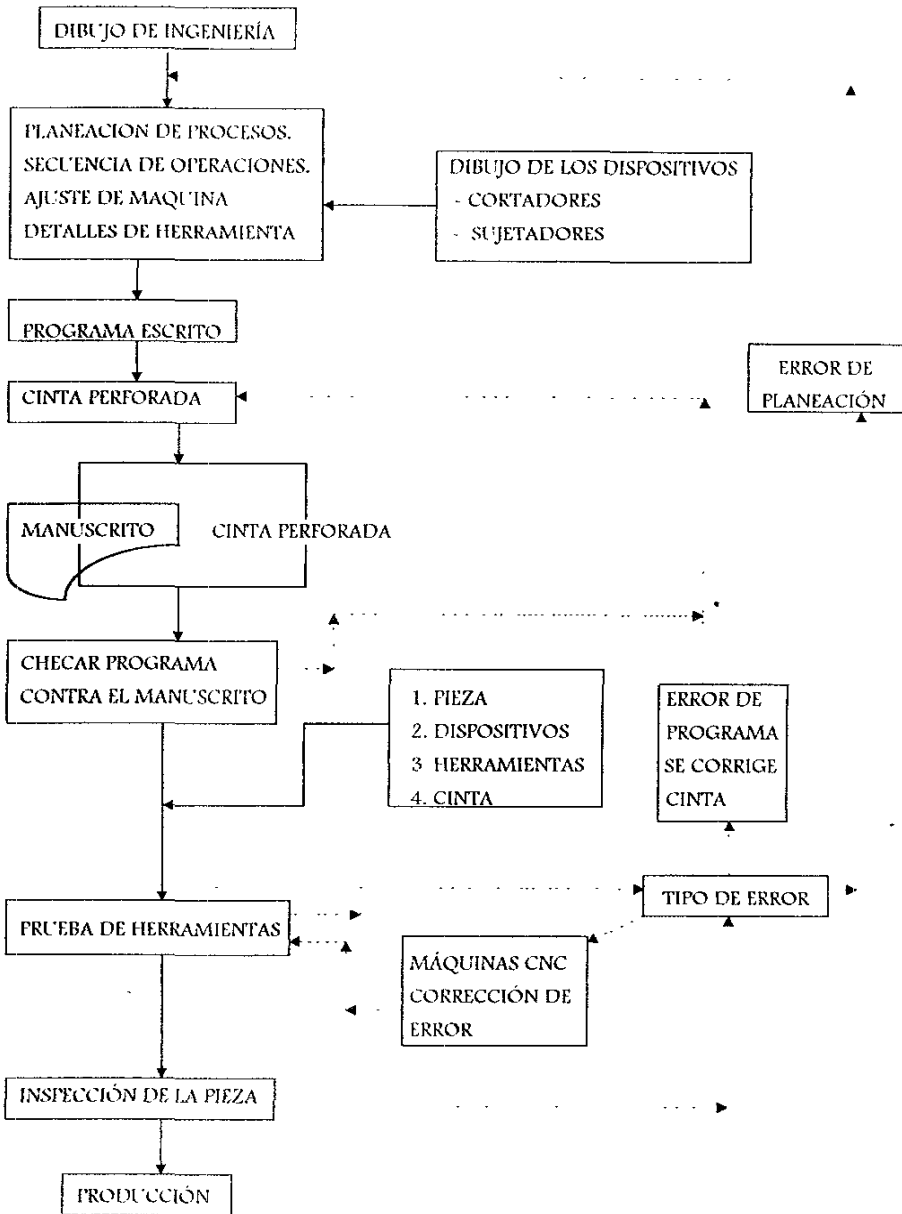


Figura 2.6 1.1. Diagrama de flujo de la programación manual en una máquina con CN

En general, la IMD hace posible la programación en el puesto de trabajo, así como la variación de programas ya existentes

- *Cinta perforada*

### Estructura de la cinta

La información se haya contenida en cinta en forma de agujeros que están dispuestos en canales e hileras transversales, tal como se muestra a continuación en la figura 2.6.1.2.

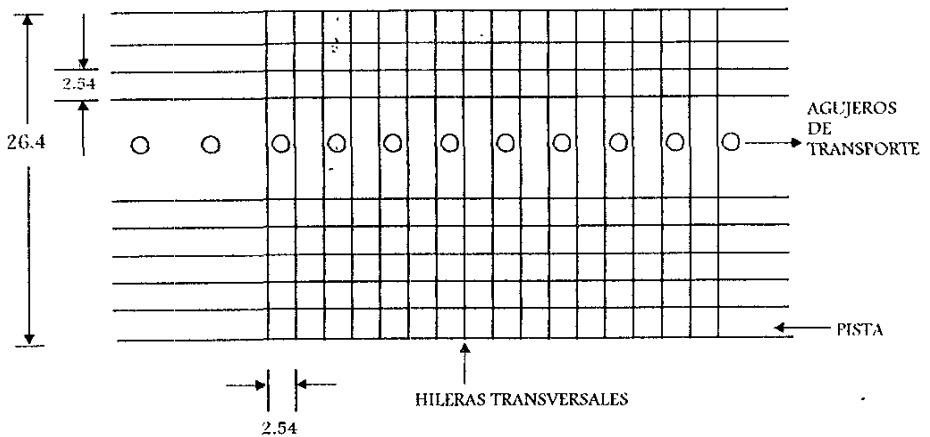


Figura 2.6.1.2. Estructura de la cinta.

El ancho de la cinta está dividida en nueve áreas de las cuales ocho se denominan " pistas ", y la novena pista de agujeros de transporte. Cinco pistas de datos se hayan a un lado de esta pista de transporte y otras tres en el otro lado. Estas pistas se denominan además " canales " Los agujeros se perforan exactamente en las líneas centrales de los canales de la cinta perforada

La cinta está subdividida en su longitud en áreas cuyas líneas centrales se denominan " hileras transversales ". La separación de estas líneas o hileras es de 2.54 mm (0.1 pulgadas). Los agujeros se perforan exactamente en las líneas centrales de estas hileras transversales. Cada hilera

transversal contiene ocho pistas. Los agujeros se perforan en diversas pistas de una hilera transversal. El lector de la cinta perforada lee una hilera transversal de datos de un golpe. " La codificación para los agujeros corresponde bien a la norma EIA RS - 244, o bien a la ISO RS - 358. Estas normas son conocidas en el ámbito europeo generalmente como normas EIA y norma ISO "5

• *Signo.*

Un " signo " es la parte más pequeña de la información. Puede ser:

- + Una letra del alfabeto
- + Una cifra individual
- + Un signo de puntuación
- + Un signo más o menos ( +, -)
- + Un signo especial.

Cada hilera transversal contiene en sus ocho pistas la información codificada para un signo. El lector de cinta lee un signo de una vez. Un grupo de signos representa una " palabra " de información.

• *Palabra.*

Una palabra, es por lo general, un número de signo que consiste en una o varias cifras, con lo cual se da al mando una orden por ejemplo: G02 es una palabra preparatoria.

• *Frase o bloque*

Consiste en una palabra o en un grupo de palabras. Una " frase " contiene todas la información necesaria para ejecutar una operación. Por ejemplo, una información de recorrido o también una función auxiliar.

---

<sup>5</sup> GLENN ETELL, PAGINA 52

• *Control de paridad*

Aunque la codificación para todos los signos tanto para la norma ISO como en la EIA es diferente, los dos utilizan el mismo sistema de control de paridad. Esto significa que una de las ocho pistas que hay a disposición se emplea como pista de paridad. Este canal se perfora o no se perfora de tal modo que la suma total de agujeros en cualquiera de las hileras es par o impar.

Si se emplea el canal de paridad para a completar la suma total de agujeros en una hilera transversal hasta completar un número par el código recibe la denominación de " paridad recta " si se utiliza el canal de paridad para a completar la hilera transversal hasta un número impar de agujeros, el código se denomina " paridad impar ". En la norma RS - 244 (EIA). Se emplea la paridad impar siendo el canal de paridad la pista cinco. En norma RS - 358 (ISO) se emplea la paridad recta, y el canal de paridad es el número ocho.

• *Los códigos de perforación*

Código de cinta perforada EIA - RS 244.

En el código RS - 244 se codifican los números 1 al 9 según el sistema decimal binario (BCD) este sistema se numeran las ocho pistas partiendo del canto interior de la cinta perforada 1, 2, 3 y 4 ver figura 2.6.1.3.

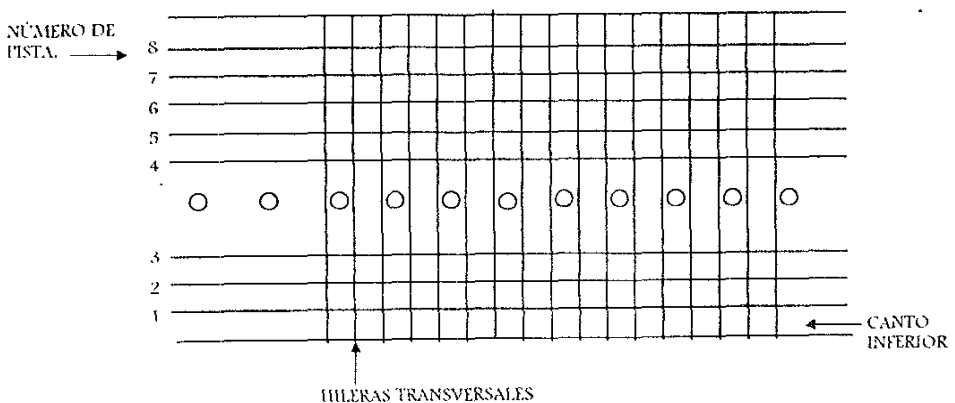


Figura 2 6 1.3 Códigos de cinta perforada EIA- RS -244

Por tanto son aplicables las siguientes condiciones, una hilera transversal con un:

Agujero en pista 1 significa la cifra 1

Agujero en pista 2 significa la cifra 2

Agujero en pista 3 significa cifra 4

Agujero en pista 4 significa cifra 8.

El número total de cifras del 1 al 9 se obtiene mediante la combinación (adición) de los valores de cifras arriba mencionadas. La cifra cero se representa por el agujero en pista 6.

#### Código de cinta perforada RS - 358 - ISO.

En este código las cifras se codifican en el sistema binario codificado (BCD). En este sistema se numeran las ocho pistas partiendo del canto inferior de la cinta. Los valores de las cifras 1, 2, 4 y 8 se asignan a las pistas 1, 2, 3 y 4 como se representa a continuación en la figura 2.6.1.4

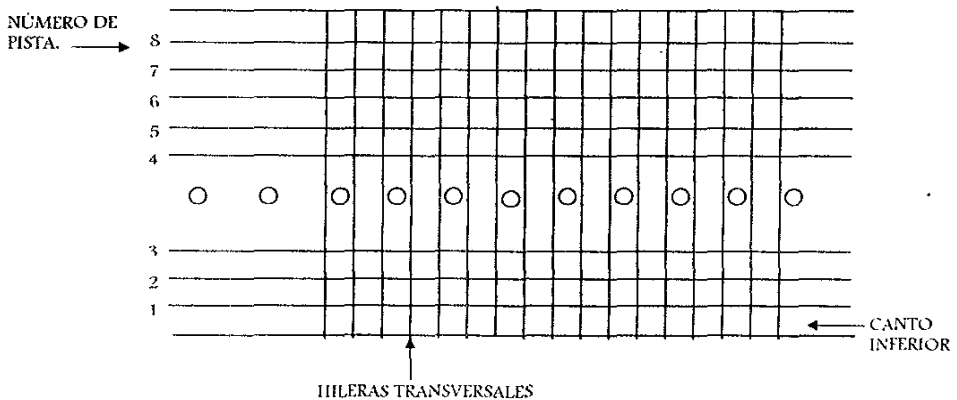


Figura 2.6.1.4 Código de cinta perforada RS - 358 - ISO.

Son aplicables las siguientes condiciones para las cifras: una hilera transversal con un

Agujero en pista 1 significa la cifra 1

Agujero en pista 2 significa la cifra 2

Agujero en pista 3 significa la cifra 4

Agujero en pista 4 significa la cifra 8

Ningún agujero en las pistas 1, 2, 3 y 4 significan el cero.

La codificación en la norma RS - 358 se lleva a cabo de modo diferente que en la norma RS - 244. Esto significa que se perforan más pistas para representar las cifras del 0 al 9. Estos agujeros se añaden en las pistas 5 y 6, así como en la 8 (paridad). Las pistas 5 y 6 se emplean para distinguir entre letras y cifras.

#### • Lectores de cinta

Las máquinas herramienta por sí mismas no pueden leer los comandos codificados contenidos en la cinta perforada de CN. La lectura es llevada a cabo por un mecanismo llamado lector de cinta el cual es una parte de la unidad de control de maquinado y su propósito es de codificar la información del programa de la pieza contenida, en la cinta perforada y enviarla a la unidad de control de máquina (MCU).

El principal lector de cinta empleado es el lector de cinta fotoeléctrico. En este tipo de lector la información es detectada por una serie de células fotoeléctricas colocadas en línea e iluminadas por una ampolla eléctrica. Figura 2.6.1.5.

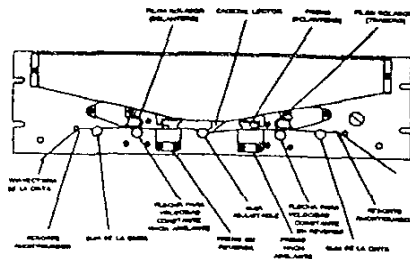


Figura 2.6 1.5. Lector de cinta fotoeléctrico.



El arrastre de la cinta es asegurado por un rodillo de fricción donde la parada es controlada por una célula fotoeléctrica alineada con las otras y que detectan las perforaciones de arrastre en eje de la línea de lectura

- *Sistemas de control motriz.*

Los sistemas de CN pueden leer la cinta perforada y dirigir una máquina herramienta para establecer una amplia variedad de operaciones. Es importante que la máquina herramienta establezca estas operaciones correctamente y a las dimensiones exactas.

Para lograr esta exactitud, debe haber algún método para comprobar el movimiento de la mesa de la máquina contra el movimiento que envió la unidad de control. A estos dispositivos se les conoce como dispositivo de retroalimentación. Si existe alguna diferencia entre lo efectuado y lo comandado la unidad de control enviara la orden al motor a través e pulsos eléctricos para que haga las correcciones necesarias.

Hay dos tipos de sistemas de retroalimentación - analógico y digital. Estos pueden ser montados en la mesa de la máquina o en el husillo para indicar sus posiciones exactas.

- *Captador de posición analógico.*

Este tipo de captador, tal como un potenciómetro da una correspondencia entre las posiciones del órgano de la máquina controlada y un valor físico, tal como un voltaje eléctrico o una fase. Este voltaje está en proporción a la rotación requerida de la flecha, el cual permite una posición muy exacta de la mesa de la máquina. Figura 2.6.1.6.

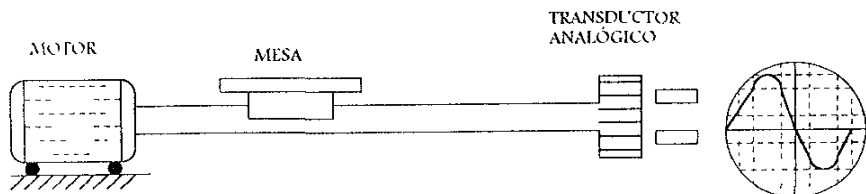


Figura 2.6.1.6. Los transductores analógicos producen un voltaje eléctrico cuyas variaciones en nivel pueden ser medidas y convertidas en distancias exactas

• *Captador de posición digital*

Estas unidades se instalan por lo regular en un husillo de la máquina. Transforman el movimiento de rotación del husillo de la máquina en pulsos eléctricos. Esta serie de pulsos pueden ser contados para indicar exactamente cuando ha girado el husillo que a la vez indica cuanto se ha movido la mesa de la máquina. Figura 2.6.1.7.

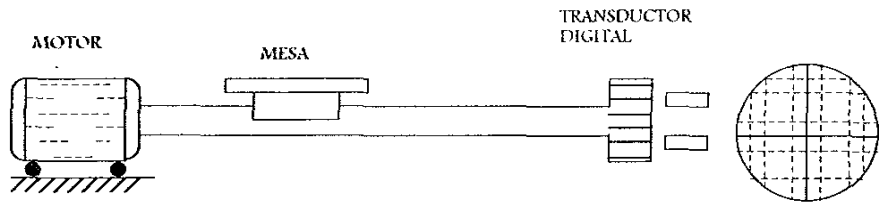


Figura 2.6.1.7. Los transductores digitales producen pulsos eléctricos los cuales pueden ser contados y convertidos en distancias exactas.

• *Servo - controladores de posicionamiento.*

Los servo - controladores pueden ser dispositivos de tipo eléctrico, neumático o hidráulico, usados para controlar la posición de los desplazamientos de la máquina herramienta para ello se utilizan dos sistemas:

- 1.- Sistema de circuito abierto
- 2.- Sistema de circuito cerrado

• *Sistema de circuito abierto.*

Este sistema (figura 2.6.1.8.) el lector de cinta, lee la información perforada en la cinta y la almacena brevemente hasta que la máquina esta lista para usarla. El lector de cinta entonces convierte la información en señales y son enviados a la unidad de control el cual energiza las unidades servocontroladas. Estas unidades dirigen a los servomotores para establecer ciertas funciones de acuerdo a la información proporcionada por la cinta. La cantidad de movimientos de

cada servomotor depende del número de pulsos eléctricos que se recibe de la unidad servo - controlada.



Figura 2.6.1.8. Sistema de circuito abierto.

Husillo de precisión.

Un husillo de precisión usado en las máquinas con CN usualmente tiene 10 hilos por pulgada.

Si el servomotor conectado al husillo recibe 100 pulsos eléctricos la mesa de la máquina se deslizará una pulgada (25.4 mm). Por lo tanto 1 pulso eléctrico causará que la mesa se mueva una milésima de pulgada (0.001 pulg) (0.0254 mm).

El sistema de circuito abierto es muy simple, sin embargo, debido a que no hay medio de comprobar si el servomotor ha llevado a cabo la función correctamente, generalmente no se usa cuando se requiere exactitudes superiores a 0.001 pulg. (0.0254 mm).

- *Sistema de circuito cerrado*

Este sistema es similar al de circuito abierto con la excepción de que aquí se introduce una unidad de retroalimentación en el circuito eléctrico, figura 2.6.1.9.3. Esta unidad, llamada comúnmente transductor, compara la cantidad de movimiento de la mesa y la compara con la señal enviada por la unidad de control. La unidad de control, instruye al servomotor para hacer cualquier ajuste necesario hasta que se establece la posición exacta de la mesa de la máquina.

En el sistema de circuito cerrado se requieren 10,000 pulsos eléctricos para deslizar la mesa 1 pulg. (25.4 mm). Por lo tanto, en este tipo de sistema un pulso causará un movimiento de 0.0001 de pulg. (0.00254 mm). Estos sistemas de CN son muy exactos porque registran en memoria la señal comandada y proporcionan una compensación automática por error. Si el

desplazamiento de la mesa es forzado fuera de posición debido a fuerzas de corte., la unidad de retroalimentación indica este movimiento y la unidad de control de máquina hará los ajustes necesarios para regresar el desplazamiento de la mesa a su posición correcta.

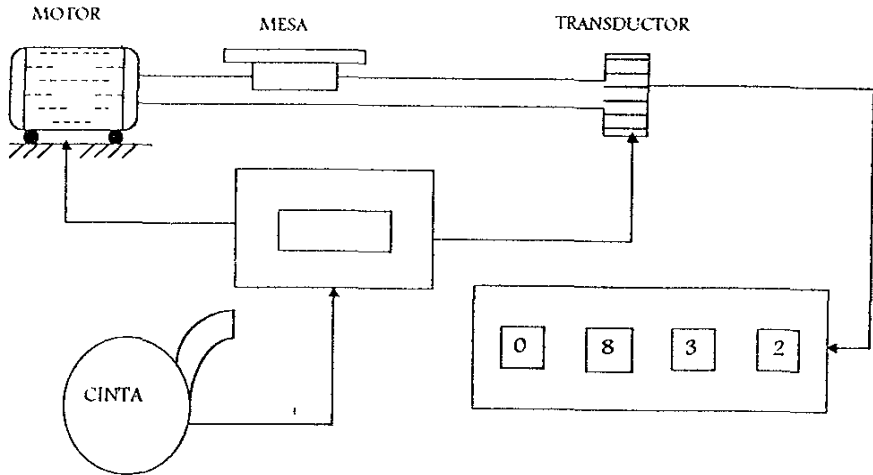


Figura 2.6.1.9. Sistema de circuito cerrado.

• *Unidad de Control de la Máquina (UCM).*

La UCM, figura 2.6.1.10., es la intermediaria en la operación total del control numérico. Su función principal, es tomar el programa y convertir esta información en un lenguaje que la máquina pueda entender para que esta pueda llevar a cabo las operaciones requeridas para acabar la pieza.

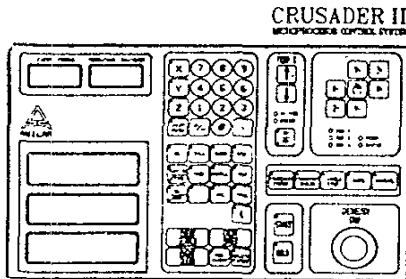


Figura 2.6.1.10. Panel de control ANILAM.

El CPU de cualquier computadora contiene 3 secciones: control, aritmética / lógica y memoria. La sección es la responsable del trabajo más duro de la computadora. La figura 2.6.1.11. muestra las partes componentes de la Unidad de Procesamiento Central. Algunas de las funciones principales de la CPU son las siguientes:

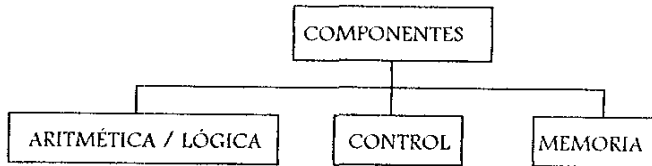


Figura 2.6.1.11. Unidad de Procesamiento Central.

### 1.- SECCIÓN DE CONTROL

- + Coordina y administra todo el sistema computarizado
- + Obtiene y convierte la información contenida en memoria
- + Envía señales a otras unidades del sistema de CN para llevar a cabo ciertas operaciones.

### 2.- ARITMÉTICA / LÓGICA

- + Hace todos los cálculos y conteos requeridos por el programa, tales como: suma, resta, multiplicación, etc.
- + Provee respuestas a los programas lógicos como: comparaciones, decisiones, etc.

### 3.- MEMORIA

- + Provee lugar para almacenamiento temporal de la información que esta siendo procesada
- + Acelera la transferencia de información desde la memoria principal de la computadora
- + Tiene un registrador de memoria el cual provee un lugar específico para almacenar y/o llamar una palabra

## 2.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES DE CONTROL DE LAS MÁQUINAS DE CN MODERNAS

Las unidades de control de las máquinas con CN modernas tienen características no encontradas en las primeras generaciones. Estas características se observan en la figura 2.7.1.

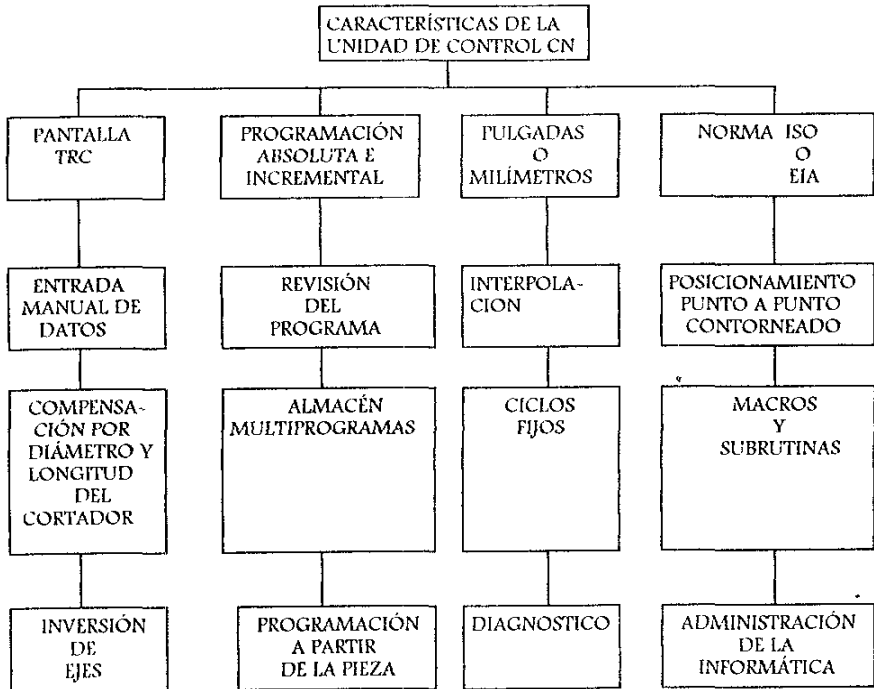


Figura 2.7.1. Características de los controles CN modernas.

### 1.- Tubo de rayos catódicos (TRC)

El TRC es igual a una pantalla de televisión, la cual sirve para varios propósitos:

- a) Muestra la posición exacta de la mesa de la máquina y/o la herramienta de corte mientras se maquina la pieza

- b) El programa completo o una parte puede mostrarse para propósito de edición o de revisión
- c) La pantalla es muy útil durante el ajuste del trabajo y reciben mensajes de sensores los cuales indican problemas de la máquina o del control.

## 2.- PROGRAMACIÓN ABSOLUTA E INCREMENTAL

Usando los códigos apropiados se puede programar en un modo absoluto o incremental. En controles modernos es posible mezclar ambos modos en un bloque de información.

## 3.- PULGADAS O MILÍMETROS

La programación puede darse en pulgadas o en milímetros usando los códigos apropiados o e switch dispuesto sobre el control para esta función.

## 4.- CÓDIGO EIA O ISO.

La mayoría de las nuevas unidades de CN pueden leer los códigos estandarizados por la asociación de la industria eléctrica (EIA) o por la organización internacional de normas (ISO).

## 5.- ENTRADA MANUAL DE DATOS

La mayoría de las unidades de CN prevén alguna forma para hacer cambios al programa o una parte de este si es necesario. Por ejemplo la corrección de errores, cambiar la secuencia de maquinado, etc.

## 6.- EDICIÓN DE PROGRAMAS

Por lo general, muy pocos programas se programan sin error desde el principio. Esta característica permite hacer correcciones o cambios, justo en la unidad de control.

## 7.- INTERPOLACIONES

Los controles modernos incluyen la interpolación lineal y circular, y otros incluyen la interpolación parabólica y helicoidal.

### 8.- POSICIONAMIENTO PUNTO A PUNTO Y DE CONTORNEADO

Todos los controles tienen la capacidad de proporcionar ambos tipos de posicionamiento.

### 9.- COMPENSACIÓN POR DIÁMETRO LONGITUD DE LA HERRAMIENTA

En los controles modernos se tienen ambas facilidades que permiten agilizar la programación. La unidad de control calcula automáticamente los ajustes necesarios por diferencia de tamaños y realiza los desplazamientos necesarios para ajustar las diferencias.

### 10.- ALMACÉN DE MULTIPROGRAMAS

Los nuevos controles prevén gran capacidad de memoria y son capaces de almacenar en memoria hasta 64 programas, por supuesto, que algunos tienen menor capacidad, como pueden ser de 16 a 32 programas almacenados.

Esta característica prevé una gran ventaja al usuario ya que puede llamar cualquier programa almacenado ser usado en cualquier momento rápidamente.

### 11.- CICLOS FIJOS

Son ciclos que facilitan en gran medida la programación y reduce el uso de la capacidad de memoria de control ya que son una forma de sintetizar un programa, y se usan en donde existan operaciones repetitivas en la parte a trabajar. Únicamente utilizando el código específico es posible que la máquina ejecute un ciclo de maquinado.

### 12.- SUBROUTINAS Y MACROS

Las subrutinas son una serie de instrucciones fuera del programa principal que puede ser llamada en cualquier punto del programa principal para ser ejecutado. Una subrutina algunas veces es conocida como " programa dentro de un programa ".

Un macro es un grupo de instrucciones o información que puede estar perfectamente almacenada en memoria y puede ser rellamada como un grupo para resolver problemas recurrentes tales como ciclos de taladrado y achaflanado, y otras rutinas frecuentemente usadas.



Un ejemplo de un macros sería la localización x, y de varios agujeros sobre cualquier diámetro de círculos de pernos. Cuando el diámetro de círculos del perno y el número de agujeros son conocidos. La UCM hace todos los cálculos para localizar los agujeros y causa que la máquina herramienta se mueva a la posición apropiada para cada punto.

### 13.- INVERSIÓN DE EJES (IMAGEN ESPEJO)

La inversión de ejes es la habilidad del control para revertir los valores más y menos (+,-) a lo largo de un eje o del cero del programa. Esta habilidad se aplica a los cuatro cuadrantes y reduce grandemente el tiempo de programación.

### 14.- PROGRAMACIÓN A PARTIR DE LA PIEZA

Esta característica permite programar partiendo de una pieza muestra. La pieza original es trazada mientras que la unidad de control registra todos los movimientos de la mesa y produce un programa de la pieza en cinta perforada.

### 15.- DIAGNOSTICO

Esta capacidad permite monitorear todas las condiciones de la máquina con CN o de la unidad de control si existe algún error de mal funcionamiento aparece una señal de alarma en la pantalla indicando cual y donde esta la falla.

### 16.- ADMINISTRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los controles modernos de casi todas las máquinas con CN vienen integrados con funciones que permiten mostrar en cualquier momento información importante a través de la pantalla de TRC tanto a la administración como al operador. Esta información podrá ser: tiempo de encendido del husillo, tiempo de maquinado para cada parte, número de partes maquinas, tiempo total efectivo de corte, tiempo de encendido de la máquina, etc.

## CAPITULO 3

# PROGRAMACIÓN DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICO.

### 3.1. INTRODUCCIÓN

De todos los factores que concurren para la utilización eficaz y rentable de las máquinas con control numérico, la programación es una de las más importantes, es también aquella 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 y se ha tenido 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, conocimientos profundos de la tecnología del maquinado complementados por el conocimiento de la codificación, bajo la cual las informaciones deben ser sometidas al equipo de control numérico. La programación comprende, 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 un lenguaje que tratará una computadora para hacer la cinta perforada; en el primer caso se hablará de programación manual; en el segundo de programación asistida o automática.

Los técnicos de programación están en constante evolución, sobre todo desde la aparición de los mini y micro computadores que día con día facilitan la tarea de la programación.

### 3.2. COMUNICACIÓN DE INSTRUCCIONES A LAS MÁQUINAS DE CN.

Al igual que al utilizar máquinas herramienta convencionales, es necesario el ajuste y preparación de las mismas, como puede ser la preparación del utilaje necesario, seleccionar y ajustar las herramientas más adecuadas para el trabajo a realizar, así como la puesta a punto de la máquina.

Sin embargo, tratándose de máquinas con control numérico, nos queda el problema de como comunicar las órdenes a la máquina a través del armario de control.

Para resolver este problema se han inventado diversos lenguajes alfanuméricos (letras, números y signos) accesibles al hombre, interpretables por la máquina por medio de sus controles

computarizados. Estos lenguajes poseen su propia sintaxis codificada y se les llama lenguajes de programación.

En general existen tres tipos de información necesaria para la ejecución de una pieza en una máquina herramienta con control numérico según se observa en la figura 3.2.1.

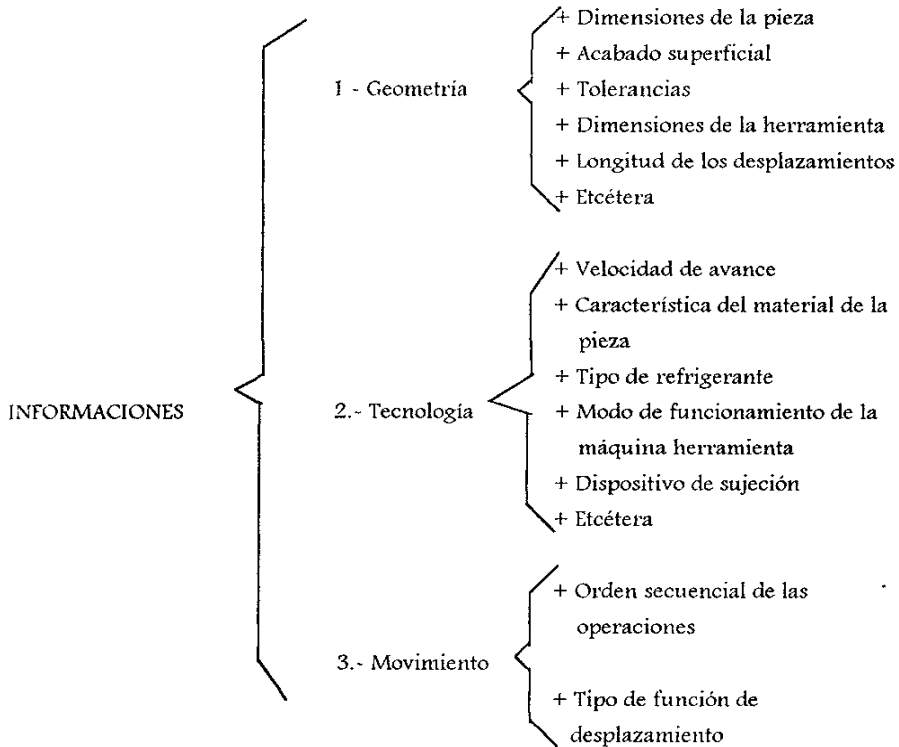


Figura 3.2.1. Información necesaria para comandar una máquina herramienta con CN.

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.

La información de movimientos indica el orden secuencial de las operaciones y el tipo de función del desplazamiento. En síntesis esta información nos indica la forma en que se va a mover la máquina.

Así pues toda esta información, ordenada y estructurada en una forma inteligible para el control de la máquina, se le llama programación.

Antes de entrar más en detalle de lo que es la programación y para tener una idea más clara, representamos en la figura 3.2.1. un programa típico de control numérico indicando el número de cada columna y el tipo de información que corresponde.

Como se indicó al inicio del presente trabajo, para la realización del programa de CN, el programador debe conocer en toda su extensión tanto la máquina, sus accesorios así como las características de la pieza, esto es:

- + La capacidad y características de la máquina herramienta con CN, potencia, velocidades y esfuerzos admisibles.
- + Las características del control numérico: tipo de control numérico de ejes, formato de bloque, lista de funciones codificadas, etc.
- + El plano de la pieza, tamaño del lote y números de piezas.
- + El dimensionamiento de la pieza antes de su montaje en las máquinas herramientas con CN.
- + Los maquinados por realizar en la máquina.
- + La situación de los puntos y superficies de referencia.
- + Los tipos de herramienta 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 la operación elaborando un croquis con la situación de los puntos y superficies de trabajo.

En general y con objeto de reducir el tiempo de las operaciones, se intenta minimizar de forma aproximada:

- + El número de trayectos de la herramienta.

- + La longitud de estas trayectorias.
- + Los cambios de herramienta.
- + Número de pasadas de la herramienta sobre la pieza, etc.

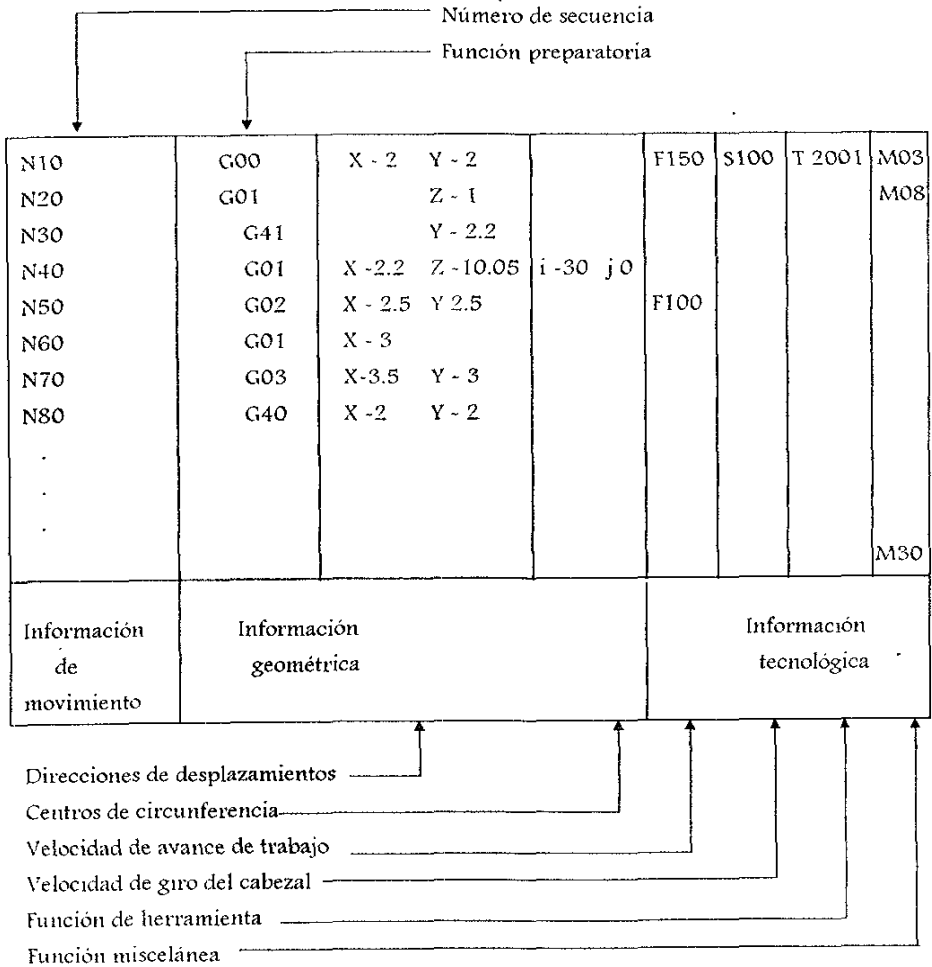


Figura 3 2.1. Programa típico de control numérico.

2.- Determinar la herramienta 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 cotas calculadas se escriben únicamente en el croquis correspondiente a cada programa.

- 4.- Escritura del programa de acuerdo con las características del control numérico y de la máquina herramienta, se procede a escribir según un convenio de signos y códigos determinado, la operación a realizar por la máquina.

Es frecuente que, con el objeto de evitar errores en la programación, esta se realiza en una hoja común o en una hoja impresa especial, llamada hoja de programación.

### 3.3. FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN

En la actualidad han aumentado los fabricantes de control numérico y por lo tanto cada fabricante utiliza diversos códigos de programación, 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 uso 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 Denfor, etc

- *Estructura o configuración del programa.*

Primamente 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 displays. Así la estructura o configuración del programa dependerá del tipo de control, existiendo gran similitud en todos ellos.

Estructura del programa elaborado en un control con pantalla (TRC).

- 1.- Número de programa
- 2.- Nombre de programa
- 3.- Desarrollo del programa principal
- 4.- Desarrollo de subprogramas o subrutinas (en caso necesario).

Además deberá contener

- 5.- Determinación de offset 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 display el programa deberá contener:

- 1.- Determinación de offset y radios de herramienta.
- 2.- Desarrollo del programa principal.
- 3.- Desarrollo de subprogramas o subrutinas (en caso necesario).

- *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 el cassette, cinta magnética, etc. en estos casos es importante el número de programa, ya que en un cassette es posible almacenar varios programas que pueden volverse a cargar a la memoria del control numérico seleccionando el número de programa requerido.



El número de programa se coloca siempre al inicio según el tipo de control este número puede ser de 1 a 4 dígitos. O puede indicarse por medio de un bloque alfanumérico de hasta 6 dígitos precedidos por un código de identificación.

- *Nombre del programa.*

Este nombre se da a los programas para distinguirlos unos de otros de manera específica.

Según el control, el nombre del programa puede contener un bloque de hasta 20 caracteres alfanuméricos encerrados en paréntesis en seguida el número de programa.

En algunos controles el número y el nombre del programa se coloca en el mismo paréntesis.

- *Programa principal*

A excepción de algunos controles como el Denfor que no utiliza subprogramas, todo programa se divide 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 y offset de herramientas
- + Velocidades en revoluciones por minuto (r.p.m.) 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.

• *Subprogramas o subrutinas*

Muy a menudo en una pieza se requiere realizar las mismas operaciones varias veces sean de taladrado, fresado o torneado. Para estos casos, los subprogramas ahorran mucho tiempo de programación, ya que solo 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 tabla N°1 se muestran los códigos que diversos controles utilizan para especificar un subprograma.

CONTROL	CÓDIGO PARA LLAMAR A UN SUBPROGRAMA O SUBRUTINA	CÓDIGO PARA REPETIR "n" VECES LA SUBRUTINA "X"	CÓDIGO PARA REGRESAR AL PROGRAMA PRINCIPAL
ANILAM	CALL "X"	DO "n"	END
HEIDENHAIN FANUC SIEMENS	M98 P "X" (NORMA ISO - IIA)	L "n"	M99
GENERAL ELECTRIC	(GSUB "X")	PO = "n"	(END GSUB)
DENFOR	REPETIR DE "n1" a "n2"	REPETIR "n" VECES	

Tabla N°1

A manera de ejemplo veamos como se escribe dentro del programa principal el llamado de una subrutina, pongámsle por ejemplo " subrutina 2 ", que se repita tres veces.

En control anilam . . . . . DO3  
CALL 2  
En control Heidenham . . . . . M98 P2 L3  
En control Fanuc  
En control siemens

En control General Electric.....(G SUB, 2) PO=3

En control denfor.....Repetir de "a" a "b" "3" veces  
 offset de repetición  
 X ... Y ...

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 puedan ser hasta 10 niveles según la capacidad de memoria del control.

Observemos como se programan los niveles de las subrutinas en un control Anilam.

#### Programa principal

01 TOOL 2001

02 2 - 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

• *Número de secuencia*

A cada bloque de información se le asigna un número de secuencia, esto con la finalidad de facilitar la revisión y corrección del programa cuando así requiera.

Las subrutinas deben tener un número de secuencia superior al último bloque del programa principal, no se le debe asignar un número de secuencias contenido en el programa principal.

Controles como al Anilam, el General Electric y el Denfor proporcionan automáticamente un número de secuencia en el momento de teclear un programa u subprograma

Otros controles como el Fanuc no proporciona 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.

- *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 algunas otros que hayan quedado en el control y pudieran ocasionar movimientos extraños durante la ejecución.

Algunos códigos de referencia que debe 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 ingles ( milímetros o pulgadas). Las unidades de avance programado ( mm o plg por minuto o por revolución) y el tipo de sistema sobre el cual se programará (absoluta o incremental).

- *Programación absoluta e incremental.*

#### Programación absoluta G 90

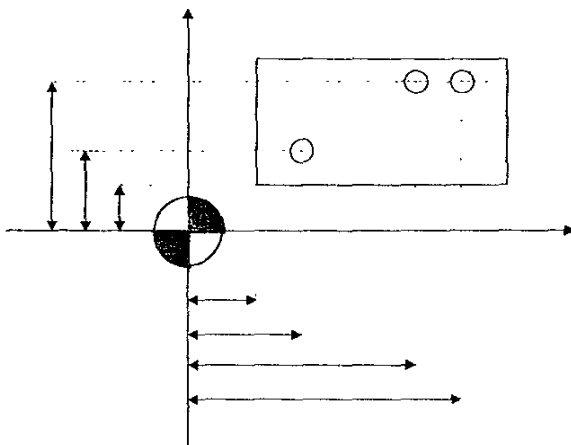


Figura 3.3.1. Programación absoluta.

Es un sistema de programación en el cual el conjunto de cotas de la pieza por fabricar parten de un mismo origen, figura 3.3.1, de aquí que todas las cotas parten de un punto de referencia absoluta. La función preparatoria utilizada en este modo de programación es G 90.

- Programación incremental.

En este sistema de programación las cotas de la pieza por fabricar se siguen una después de la otra, figura 3.3.2. La función preparatoria utilizada para este modo de programación es G 91.

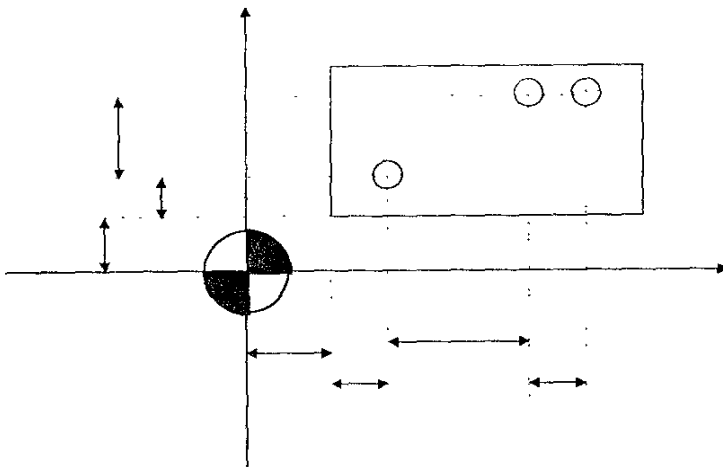


Figura 3.3.2 Programación incremental.

#### 3.4. SISTEMA DE EJES COORDENADOS DE MAQUINA.

Todas las máquinas herramienta tienen movimientos lineales y de rotación, por ejemplo una fresadora vertical tiene tres movimientos lineales y un movimiento de rotación en el husillo, figura 3.4.1. Para la programación de una máquina con CN es muy importante la identificación exacta de estos movimientos.

El sistema de coordenadas rectangulares X, Y, y Z, hacen posible establecer el posicionamiento exacto de cualquier punto sobre un sólo plano o en uno tridimensional

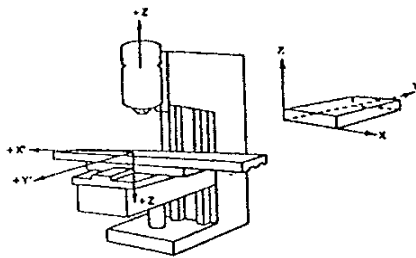


Figura 3.4.1. Sistema de ejes coordenados de máquina.

La localización de cualquier punto sobre una superficie plana puede posicionarse exactamente en un sistema coordenado X, Y, figuras 3.4.2. A y 3.4.2. B.

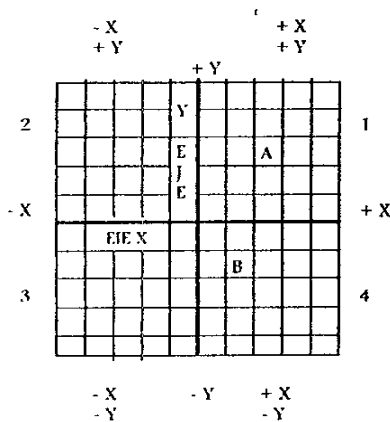


Figura 3.4.2. A

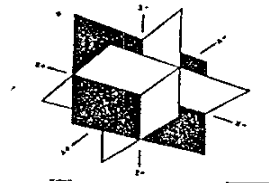


Figura 3.4.2. B

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 anterior, el punto A esta localizado 2 unidades en el eje X positivo y 2 unidades en el eje Y positivo, así el punto A se localiza en la intersección de estas dos líneas, es decir X2, Y2. A las líneas -X, +X y -Y, +Y se le llama ejes, y donde se intersectan se llama origen o punto cero. Así todos los puntos pueden ser medidos a partir de este punto de origen figura 3.4.3.

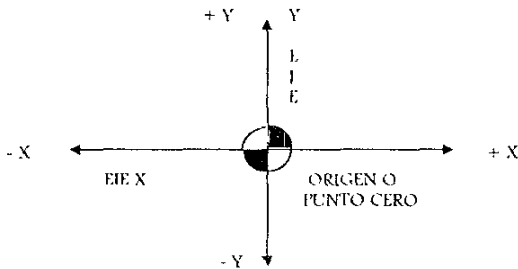


Figura 3.4.3. Establecimiento del origen o punto cero de un sistema de ejes X, Y.

Para que la información establecida en un sistema coordenado puede ser entendida correctamente por la unidad de control de la máquina es importante considerar lo siguiente:

#### 1.- 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 y después el valor del eje Y, al último el eje Z.

#### 2.- Dirección del movimiento.

La información debe indicar si los movimientos son positivos (+) o negativos (-) a partir del punto de origen.

#### 3.- Dimensión del movimiento.

Esto usualmente es un número de 7 dígitos donde el punto decimal está arreglado en el formato de cinta 4 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.

#### 4.- Selección de la profundidad (eje Z).

En operaciones de maquinado tales como el taladrado de agujeros, fresado de ranuras y escalones o 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 por medio de la cinta perforada.

- *Planos de trabajo.*

También conocidos como sistemas de coordenadas de trabajo y son aquellos planos de trabajo cuyo punto cero es posible preseleccionar en la sección de offset de trabajo de la máquina se caracterizan porque su localización se inserta al control de una manera muy sencilla y esta puede variarse o ajustarse sin afectar el programa de una manera muy rápida. Además dentro del 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.

- *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 lógicamente de la capacidad del CN y será proporcional al número de sistemas de trabajo que pose el control. Estos sistemas deben fijarse siempre a una distancia fija apartir del punto cero del sistema de trabajo. El código empleado para programar un sistema local es el G 52. La figura 3.4.4., ilustra un sistema de coordenadas.

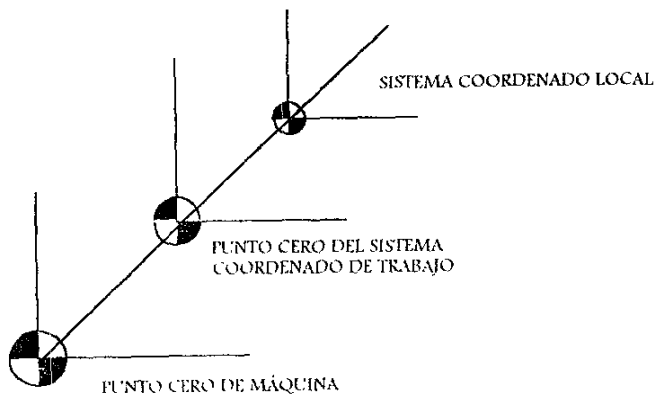


Figura 3.4.4 Sistema de coordenadas locales.

### 3.4.1. Giro de sistemas de coordenadas

Cuando dentro de una pieza por maquinar existen formas iguales cuya forma es repetida alrededor de un punto fijo, no es necesario reprogramar 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 G 68 es el utilizado en muy diversos CN'S para ordenar un giro de un sistema coordenado. Para cancelar el efecto de giro se utiliza el código G 69.

La figura 3.4.1.1. muestra el giro de un sistema de coordenadas.

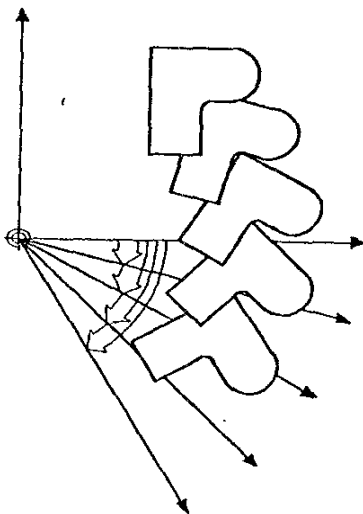


Figura 3.4.1.1.

- *Desplazamiento del sistema de coordenadas.*

Un programa memorizado en el control numérico puede ser desplazado de un punto a otro dentro del sistema coordenado de la máquina mediante el código G 92 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. Figura 3.4.1.2

Esta función se aplica por lo general en máquinas de 3 o más ejes de movimiento.

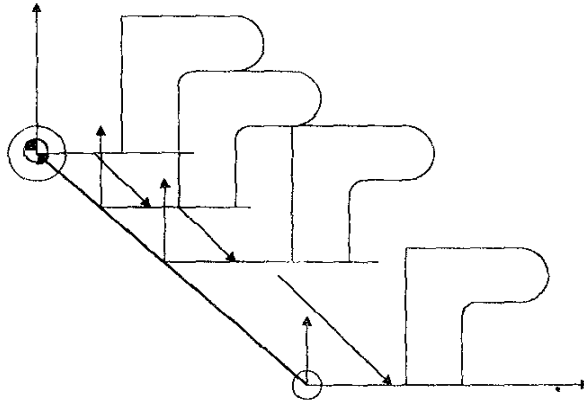


Figura 3.4.1.2. Desplazamiento del sistema de coordenadas.

- *Espejo.*

La función espejo ahorra mucho tiempo de programación en piezas donde existen formas y contornos iguales, sólo que reflejados con uno o dos ejes del plano de mecanizado, figura 3.4.1.3. 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.

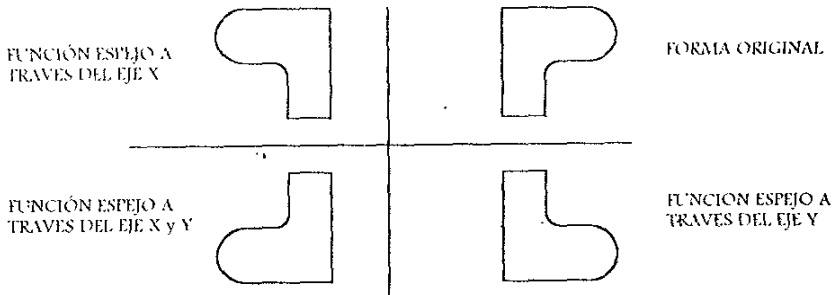


Figura 3.4 1.3. Espejo

• *Escala*

Las dimensiones del programa memorizado puede ser reducido o aplicado, además de que puede ser recorrido dentro del mismo sistema coordenado reduciendo la escala de programación de yodo el sistema coordenado, figura 3.4.1.4. Para algunos sistemas de control numérico la escala puede variar desde 0.001 a 99.999, en otros sistemas la reducción o aplicación se da en porcentaje que puede ser desde 0.01 % hasta 650 %. La escala puede ser programada dentro o fuera del programa con el código G 51 y su efecto es similar al de uso de escalas de dibujo usados 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 G 51 se deberá programar el código de cancelación G 50.

Esta función es muy utilizable en la fabricación de matrices para la industria del plástico en los que debe tenerse en cuanto el coeficiente de contracción de estos materiales

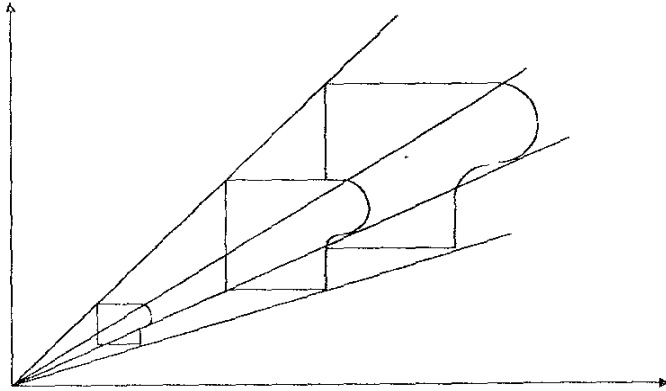


Figura 3.4.1.4. Escala

### 3.5. VELOCIDADES Y AVANCES

#### • *Velocidades y avances*

La velocidad de corte se elige en función de la naturaleza del material mecanizado y del material componente del útil.

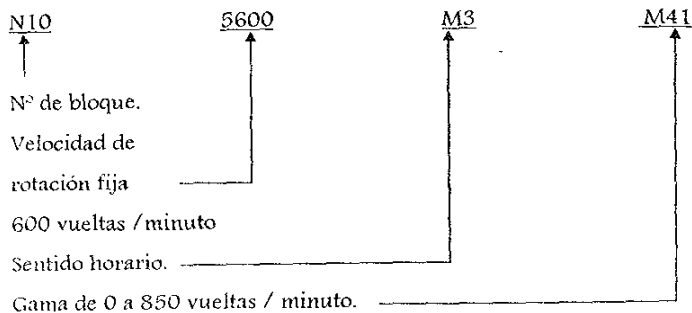
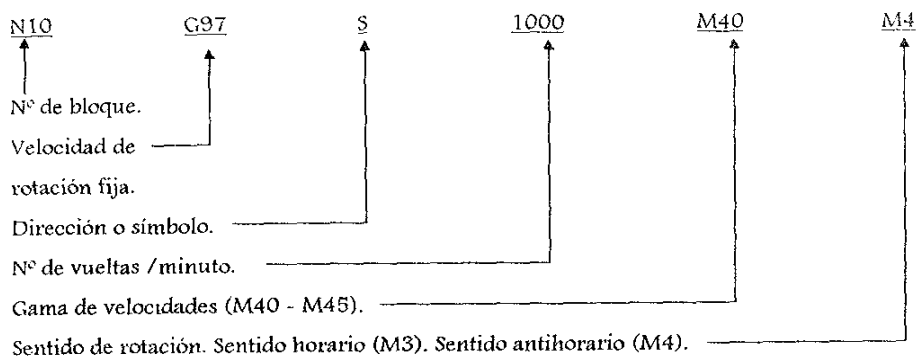
A la hora del mecanizado en las máquinas herramienta con control numérico, los motores de corriente continua aseguran la rotación de los husillos dentro de las gamas de velocidad graduales. Las velocidades se pueden programar en vueltas por minuto o, en el caso del torneado en metros por minuto.

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.

• *Velocidad de rotación G 97 o S.*

La función G 97 o la dirección S seguido del número o cifra colocada después, la gama de velocidad o el sentido de la rotación.

Formato de escritura (torno, por ejemplo):



• *Representación de la velocidad G 97 o S.*

Cuando el útil se aproxima al centro CP, la velocidad de corte  $V_c$  disminuye, puesto que la frecuencia es constante. Figura 3.5.1.

$$n \text{ (frecuencia de rotación)} = V_c / (\pi d)$$

$$\therefore V_c = (\pi d n) \quad \text{Si } d \rightarrow 0, V_c; n \text{ es constante}$$

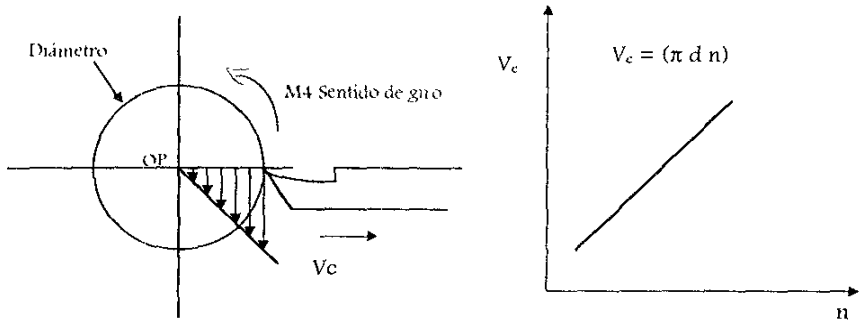
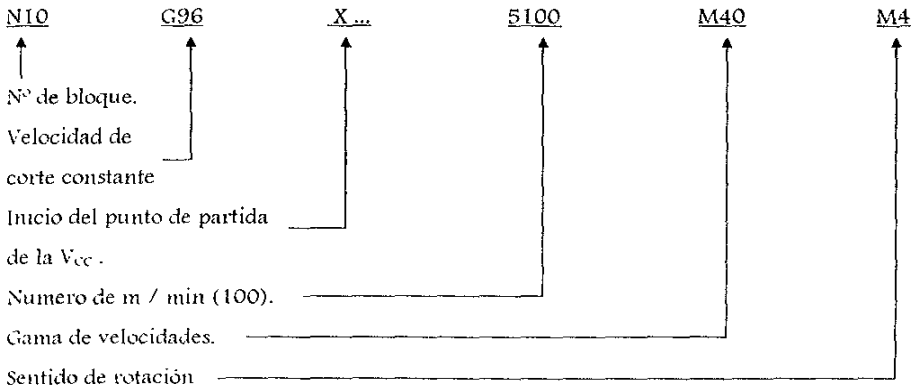


Figura 3.5.1.

• *Velocidad de corte G 96.*

La función G 96 se refiere a una velocidad de corte constante ( $V_{cc}$ ). Esta función es seguida de la distancia de iniciación, de la dirección S y del número de metros / minuto.

Formato de escritura.



Cuando se utiliza en torneado, esta velocidad de corte constante asegura el buen estado de la superficie del perfil a mecanizar y una duración más larga del útil.

El sistema calcula o ajusta a través de realimentación el número de vueltas del husillo en función del desplazamiento radial o sea en torneado.

• *Representación de la velocidad de corte constante  $G$  96.*

Para una velocidad de corte constante  $V_{cc}$ , el número de vueltas crece si el útil se aproxima al centro a fin de que  $V_{cc}$  sea constante. Figura 3.5.2.

$$\text{Sea } n = V_{cc} / (\pi D); \quad \text{Si } d \rightarrow 0, n \rightarrow \infty$$

Si  $n$  tiende hacia el infinito cuando el útil se aproxime al centro es necesario limitar el número de vueltas.

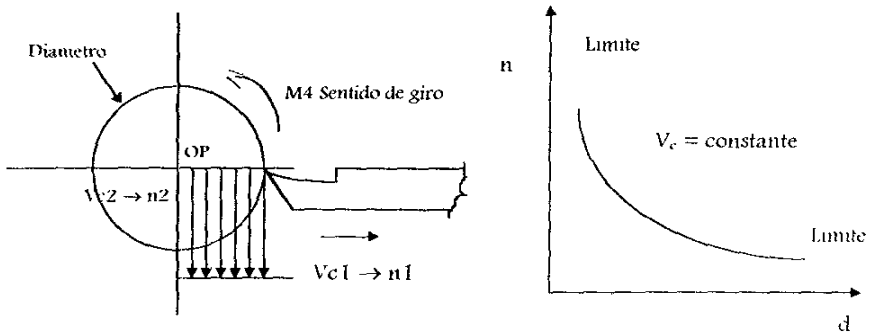
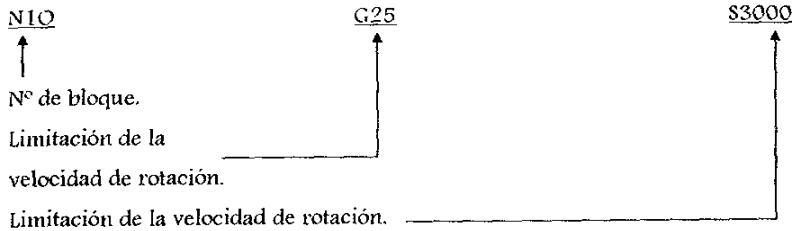


Figura 3.5.2.



• *Limitación de la velocidad de corte constante G 25.*

Formato de escritura



• *Velocidad de avance.*

Las velocidades 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 tienen que identificar de la forma siguiente:

+ Avance en mm / vuelta G 95 → seguido de la dirección F,

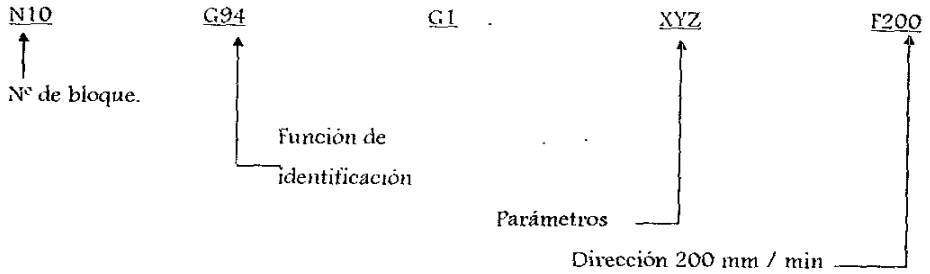
+ Avance en mm / min G 94 → seguido de la dirección F,

+ Avance en 0.1 mm / min → seguido de la dirección F.

• *Avance por minuto G 94.*

La función G 94 es seguida de la dirección F, que representa la velocidad de consigna en mm / min cuyo valor es:  $F = s / d \cdot n \cdot Z$ , con:  $s/d$  = avance / diámetro,  $n$  = número de vueltas por minuto,  $Z$  = al número de filas del útil ( en caso de fresado).

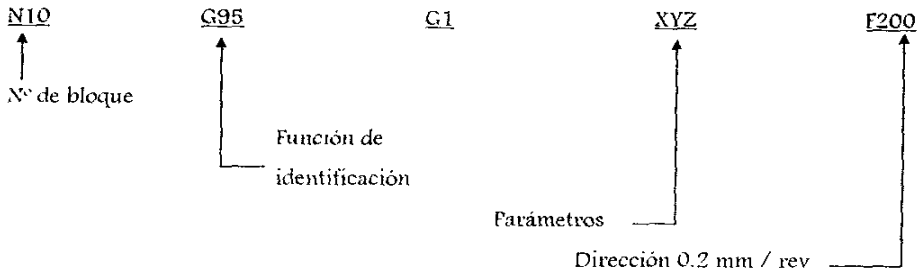
Formato de escritura.



• *Avance por vuelta G95*

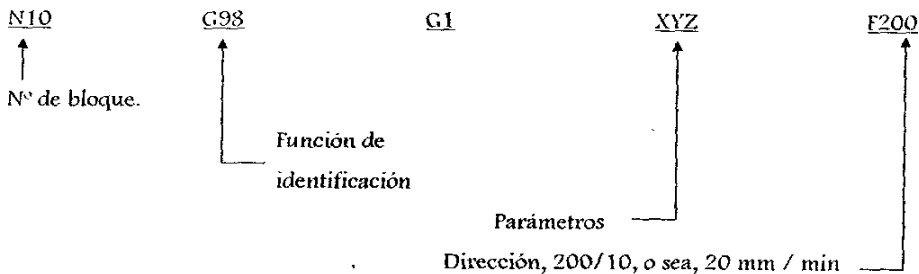
La función G95 es seguido de la dirección F, que representa la velocidad de consigna en mm / min.

Formato de escritura



- Formato en décimas de milímetro G 98.

Formato de escritura



### 3.5.1. Interpolaciones

- *Interpolación lineal G 01.*

La interpolación lineal es una característica de los controles numéricos que permiten 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 en una máquina de tres o más ejes, figura 3.5.1.1. únicamente es necesario indicar el control de 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.

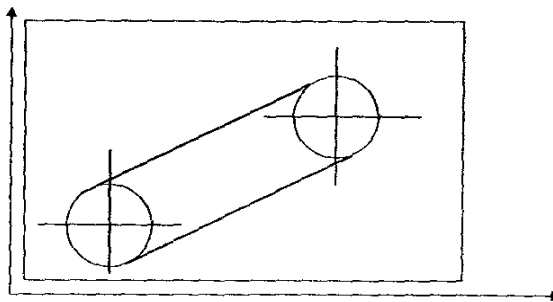


Figura 3.5.1.1. G 01 Interpolación lineal.

• *Interpolación circular G 02 y G 03.*

Las funciones preparatorias G 02 y G 03 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 G 02 o la tecla CW para algunos controles como el Anilam. Si el sentido de giro de la trayectoria programada esta dada en sentido contrario a las manecillas del reloj. Se programa el código G 03 o su equivalente CWW usado en algunos controles. En la figura 3.5.1.2. se representa gráficamente la interpolación circular.

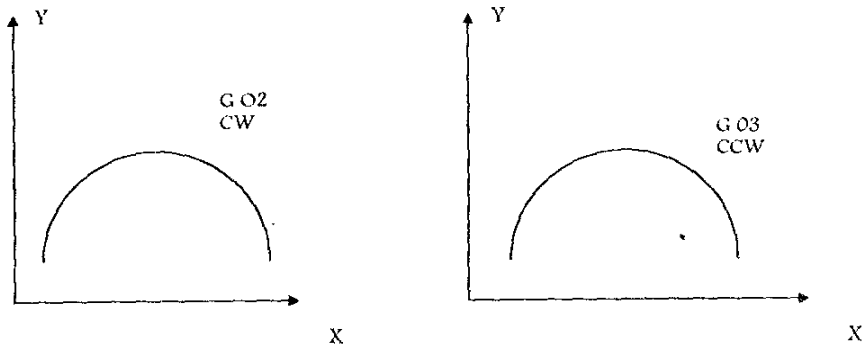


Figura 3.5.1.2. G 02 y G 03 interpolación circular.

Para poderse programar el movimiento circular, éste puede estar definido de dos maneras:

- Deben conocerse las coordenadas del punto final y las del centro de giro, tomando como referencia el punto inicial y el sentido de giro.
- Puede programarse también conociendo el radio de giro, las coordenadas del punto final y el sentido de giro.

• *Interpolación elíptica.*

La interpolación elíptica permite el mecanizado de:

- Roscas de gran diámetro, internas o externas.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- b) Ranuras de lubricación.
- c) Levas.
- d) Puede fresarse sobre superficies elípticas.

Una gran ventaja de la interpolación helicoidal es que para realizarla no se requiere de equipo auxiliar, tal como una mesa giratoria o un cabezal divisor.

La interpolación elíptica se presenta cuando en una trayectoria circular se interpolan tres ejes en forma sincronizada, prácticamente es una interpolación circular en un plano seleccionado interpolado aún movimiento recto en el tercer eje seleccionando, dando por resultado un movimiento elíptico, figura 3.5.1.3.

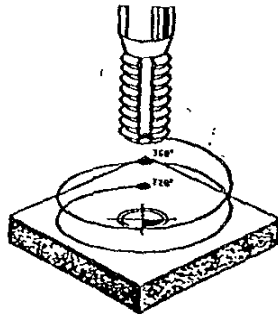


Figura 3.5.1.3. Interpolación elíptica.

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.

• *Tiempo de espera o pausa G 04.*

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 de la máquina, 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 posean cambio automático
3. Para sincronizar el movimiento con algún accesorio externo de la máquina
4. Cambio de la posición de la pieza
5. Medición y control del trabajo realizado
6. Verificar la herramienta de corte
7. Desalojo de la viruta.

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 9999.0.

### 3.6. FUNCIONES PREPARATORIAS.

La función preparatoria se refiere a alguna forma de operación de la máquina herramienta con CN. Generalmente se refiere a alguna acción sobre los ejes X, Y 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 de dirección letra G se refiere a una función preparatoria y es seguido 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

ingles y círculos fijos preestablecidos. Cada una de las operaciones anteriores se designan por un código G, el cual es reconocido por la unidad de procesamiento central (CPU) y la máquina herramienta actúa de acuerdo al código.

Los ciclos fijos o prearreglados identificados por las funciones preparatorias G81 a G84, son una combinación de operaciones preajustadas que causan que los ejes de las máquinas se muevan y lo que el husillo de la máquina completa 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 ".<sup>1</sup>

Las siguientes funciones preparatorias están dadas de acuerdo a la norma EIA - 274 - D.

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G00	Posicionamiento punto a punto	Posicionamiento punto a punto en movimiento rápido.
G01	Interpolación lineal	Para proporcionar a la herramienta un movimiento rectilíneo manteniendo la velocidad vectorial constante. Es utilizada para dimensiones menores de 100 mm.
G02	Interpolación circular. Arcos en sentido de las manecillas del reloj; (2 dimensiones)	Un arco generado por el movimiento coordinado de dos ejes en el cual la curvatura de la trayectoria de la herramienta con 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.
G03	Interpolación circular. Arcos en sentido contrario a las manecillas del reloj; (2 dimensiones)	Un arco generado por el movimiento coordinado de dos ejes en el cual la trayectoria de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo 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.

Nota: La dimensión del desplazamiento se dice que es pequeña si es menor a 100 mm, y grande si lo está entre 1,000 y 10,000 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 sólo bloque recorridos en un cuarto de circunferencia, una semicircunferencia o una circunferencia entera.

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G04	Pausa temporizada	Un tiempo de pausa programada con duración establecida. En algunos controles se programan con 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 ".
G05	Parada suspensiva	Define el funcionamiento de la máquina hasta que el operador da nuevamente la orden de arranque. En algunos controles se utiliza la tecla " HOLD ".

Nota 2: " Estas detenciones se disponen a lo largo del programa según las necesidades de maquinado cuando va realizar algunas 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

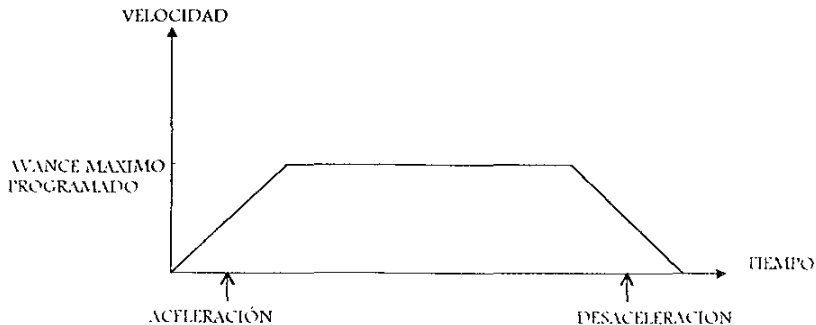


## 6. Limpiar y pulir con la herramienta las paredes y fondo de una unidad "

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G06	Interpolación parabólica.	Modo de interpolación usado para producir un segmento de una parábola. Las velocidades de los ejes usados para generar esta curva son variadas por el control.
G08	Aceleración.	Una velocidad controlada se incrementa inmediatamente hasta un valor programado.
G09	Desaceleración	Una controlada se reduce inmediatamente hasta un valor programado. Solo es afectado un sólo bloque del programa.

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 se presenta un movimiento de frenado en el cual el movimiento disminuye de velocidad hasta llegar a cero.

Esta aceleración o desaceleración también se presenta cuando se varia la velocidad o avance en un movimiento produciendo así un efecto de movimiento suave. La figura muestra este efecto.



Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G12	Interpolación en tres dimensiones	Se utiliza cuando la trayectoria de la herramienta no esta contenida en ningún plano coordenado y se desean programar en un sólo bloque desplazamientos en el espacio.
G13 - G16	Elección de ejes	Usando para dibujar un control al eje o ejes como se especifica en la clasificación del formato. Así como en controles que trabajan en tiempo compartido
G17 - G19	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
G17	Elección del plano XY	
G18	Elección del plano ZX	
G19	Elección del plano YZ	
G20	Interpolación circular (en 2 dimensiones)	Generación de un arco en sentido de las manecillas del reloj igual que G02 pero para dimensiones medianas.
G21	Interpolación circular (en 2 dimensiones)	Igual que G03 pero para dimensiones medianas.

Nota: En algunas controles como el Fanuc, General Electric y el Anilam los códigos G20 y G21 se usan para programar en sistema ingles o en sentido métrico respectivamente.

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G25	Limita la velocidad del husillo	Limita la velocidad del husillo representa el limite máximo admisible en R.P.M (ver G96).
G26	Interpolación helicoidal	Una hélice se genera por el movimiento coordinado de 3 ejes, en la cual la curvatura de la trayectoria de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo esta dada en el sentido horario Es una interpolación circular en un plano seleccionado G17, G18, o G19

Funciones Preparatorias	Operacion	Definición
G28	Referencia de casa o punto cero de referencia	Una vez que la máquina ha sido puesta en su punto de posición cero por medios manuales, ya es posible regresar a este punto una vez que se haya movido de él por medio del programa usando el código G28 el cual obliga al eje especificado a retornar a su punto cero.
G30	Interpolación circular	Igual que G02 pero para dimensiones grandes
G31	Interpolación circular	Igual que G03 pero para dimensiones grandes
	Ver nota dada después de G03	
G33	Fileteado	Generación de roscas a paso constante
G34	Fileteado	Generación de roscas con paso creciente
G35	Fileteado	Generación de roscas con paso decreciente
G36	Interpolación helicoidal	Igual que G26 pero en sentido contrario a las manecillas del reloj
G40	Cancela offset de compensación de herramienta	Comando que cancela cualquier offset de compensación de herramienta que puede ser el radio o el diámetro.
G41	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.
G42	Compensación de la herramienta a la derecha	Igual que G41, sólo que la herramienta se encuentra a la derecha de la superficie por maquinarse.
G43	Compensación de longitud de herramienta	Este código indicará que la herramienta usada actualmente es más larga que la original, por lo que deberá compensarse esa diferencia sumando a todos los valores de Z programados, la diferencia de longitudes.
G44	Compensación de longitud de herramienta	Indicará que la herramienta usada es más corta que la original por lo cual deberá compensarse esa diferencia restando la diferencia de longitudes a todos los valores de Z programados.
G49	Cancela compensación de longitud de herramienta	Cancela código G43 y G44
G45	Compensación del radio de la herramienta en el fresado	Aumenta la distancia programada por recorrer la hta un radio de la herramienta

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G46	Compensación del radio de la herramienta en el fresado	Disminuye la distancia programada por recorrer la herramienta en un radio de la herramienta.
G47	Compensación del radio de la herramienta en el fresado	Disminuye la distancia programada por recorrer la herramienta 2 radios de la herramienta.

Nota: Estos códigos son autocontables tienen validez únicamente en el bloque donde se programa.

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G50	Creación de un sistema coordinado y cancelación de códigos 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.
G51	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 en otros se da en porcentaje, por ejemplo desde 0.01 % hasta 650 %.
G52	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 del sistema coordinado de trabajo
G53	Punto de " casa " de la máquina o coordenadas de máquina	Las coordenadas de máquina son las tomas 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
G54 HASTA G59	Sistema de coordenadas de trabajo	Sistemas coordinados cuyo punto cero es posible preseleccionar en la página de offset de trabajo de la máquina. Su localización puede ajustarse o variarse sin afectar al programa principal.

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G61	Posicionamiento 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.
G62	Avance constante en esquinas y anula al 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.
G63	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.
G64	Produce movimiento suave en cambios de avance. Cancela al código G61	Para la ejecución de una pieza se requieren diferentes avances de corte, estos cambios en ocasiones se dan de manera tan brusca que ocasionan perturbaciones tanto en la máquina como en la pieza. Este código hace que estos cambios no se manifiestan de esta forma, sino siempre suave de la máquina.
G70	Programación en pulgadas	Modo de programación en unidades inglesas (pulgadas). Se recomienda que en el control se establezca al inicio de este modo de operación. Todos los CN pueden operar ya sea en milímetros o en pulgadas.
G71	Programación en milímetros	Modo de programación en unidades métricas. Este modo es cancelado por G70, M02 Y M30.
G72	Interpolación circular en 3 dimensiones (ARC CN)	Es un arco generado por el movimiento coordinado de 3 ejes en la cual, la curvatura de la trayectoria de la herramienta en relación a la pieza de trabajo esta en sentido de las manecillas del reloj
G73	Ciclo fijo	Ciclo de taladrado con desahogo de viruta
G74	Ciclo fijo	Ciclo de machuelado izquierdo
G76	Ciclo fijo	Ciclo de taladrado con salida orientada de la herramienta
G80		Cancela ciclos fijos

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G81	Ciclo fijo	Ciclo de taladrado si desahogo de virutas. Una vez que la herramienta llega al fondo se retira en avance rápido
G82	Ciclo fijo	Ciclo de taladrado con pausa al fondo. Terminada la pausa la herramienta se retira en avance rápido
G83	Ciclo fijo	Ciclo de taladrado con desahogo de viruta. La herramienta se retira constantemente al plano ZO de la pieza y regresa al nuevo plano de trabajo en avance rápido para barrenos profundos
G84	Ciclo fijo	Ciclo de machuelado derecho.
G85	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.
G86	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.
G87	Ciclo fijo	Igual que G86 excepto que el regreso a la posición de inicio es dado en movimiento rápido.
G88	Ciclo fijo	Inicia ciclo de boreado con movimiento del husillo en avance. Una vez alcanzado se activa la pausa retrándose inmediatamente a la posición de inicio con un movimiento rápido.
G89	Ciclo fijo	Ciclo de boreado con movimiento de avance en el corte y retroceso y pausa al fondo.
G90	Programación absoluta	Un modo de programación en el cual la información entra en la forma de dimensiones absolutas.
G91	Programación incremental	Un modo de programación en el cual la información entra en la forma de dimensiones incrementales.
G92		Desplazamiento de origen programado sólo en un bloque.
G93	Velocidad de avance como 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

Funciones Preparatorias	Operación	Definición
G94	Velocidad de avance en mm / min o plg / min	Las unidades de avance pueden programarse en mm / min o plg / min
G95	Velocidad de avance en mm / rev o plg / rev	Las unidades de avance pueden programarse en mm / rev o plg / rev.
G96	Velocidad de corte constante	Las unidades de velocidad del husillo son pies o metros superficial 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.
G97	Revoluciones por minuto	La velocidad del husillo se define por la palabra "velocidad del husillo".

• *Funciones misceláneas o auxiliares.*

Las funciones misceláneas del CN establecen una variedad de comandos auxiliares, tales como un paro de programa, iniciar o parar 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 a M26 son efectivos únicamente en bloque específico donde están programados, si se necesitan en dos bloques sucesivos deben programarse en cada bloque. La mayoría de las otras funciones misceláneas no requieren de ser repetidos 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 Misceláneas	Operación	Definición
M00	Paro de programa	Función miscelánea comandada para cancelar la función del husillo y refrigerante.
M01	Paro opcional (planeado)	Función miscelánea similar al paro de programa, excepto que el control ignora la orden al menos que el operador la haya validado antes.
M02	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.
M03	Giro del husillo CW	Indica giro del husillo en el sentido de las manecillas del reloj.
M04	Giro del husillo CCW	Indica giro del husillo en el sentido contrario de las manecillas del reloj.
M05	Detiene el husillo	Paro del husillo, en algunos controles se apaga simultáneamente el refrigerante.
M06	Cambio de herramienta	Para el husillo y el refrigerante y la herramienta se aleja a la posición de casa.
M07	Enciende refrigerante	Refrigeración con aire o spray.
M08	Enciende refrigerante	Refrigeración con aceite a chorro.
M09	Cancela refrigerante	Detiene el flujo del refrigerante.
M21	Soltar pieza	Una vez terminada la pieza se suelta la pieza sobre el cachador de piezas.
M22	Sujeta pieza	Una vez ajustada la pieza en la boquilla es sujeta por esta.
M23	Carro auxiliar	
M24	Carro tronizador	Una vez realizadas todos los maquinado sobre la barra, entra en acción el carro tronizador, para desprender la pieza de la barra.
M25	Acciona cachador de piezas	Regresa el cachador de piezas o el carro tronizador.
M26	Acciona cachador de piezas	Activa el cachador de piezas.
M30	Fin de cinta	Fin de programa con retorno.



### 3.6.1. Compensación de herramienta

- Compensación por diámetro del cortador.

Para compensación del diámetro del cortador, refiérase a la figura 3.6.1.1.

En el fresado, la herramienta gira en torno al eje del husillo y su superficie de corte describe círculos con un determinado radio de giro entorno a este eje. Por tanto, el eje de la herramienta está separado de la superficie por maquinarse una distancia equivalente al radio de giro.

Cuando programemos debemos tener en cuenta que el eje de la herramienta debe estar alejado de la superficie por maquinarse, una cantidad igual al radio de giro, que es el radio de la herramienta.

También se puede programar haciendo que el centro de la herramienta vaya haciendo su recorrido a una distancia igual a su radio, pero para algunos contornos la programación se vuelve muy tarada y compleja, así que esta forma de programación se evita aplicado las funciones G40 a G42 que hacen automáticamente la programación de la herramienta.

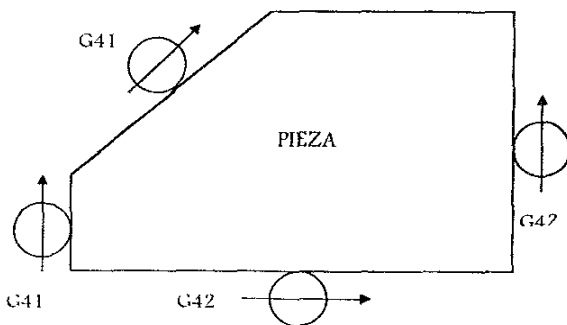


Figura 3.6.1.1. Compensación por diámetro del cortador.

Para determinar el código G41 o G42 se eligen dos puntos consecutivos del contorneado, el segundo punto es el que determinará si la herramienta queda a la izquierda o a la derecha de la

pieza. Si queda a la izquierda se emplea el código G41 y si queda a la derecha se emplea el código G42. Esto es aplicable tanto en fresado exterior e interior.

Para hacer uso de la compensación por diámetro del cortador debe indicarse al inicio del programa el diámetro de la herramienta que se utilizará para que cuando esta entre en acción, el control calcule automáticamente su trayectoria, que por supuesto será diferente a la trayectoria programada, pero que al final producirá el contorno deseado dimensionalmente exacto

Cuando termina la operación de maquinado para la cual se había programado la compensación y antes de programar el cambio de la siguiente herramienta, es necesario anular la condición de compensación por medio de la función G40 volviendo a situar el centro del cortador sobre el punto donde las coordenadas X y Y están colocadas en el mismo bloque de información.

#### *•Compensación por longitud de herramientas.*

En la planeación inicial, los programadores de piezas deben de incluir una secuencia de operaciones, una por una de como la pieza será maquinada. Al mismo tiempo debe indicarse las herramientas de corte que serán utilizadas en cada operación. Esta lista debe incluir el tipo de herramienta, su diámetro y su longitud.

Para la compensación por longitud de herramienta se toma como referencia la posición de la mesa de trabajo hasta su carrera inferior máxima y en este punto se le conoce punto de referencia Z0; entonces el valor de compensación por longitud para cada herramienta será la distancia entre las superficies de la pieza de trabajo y la punta de la herramienta de corte, figura 3.6.1.2. Así, cuando las herramientas sean llamadas tomará cada una su compensación correspondiente y se situará exactamente la superficie de la pieza de trabajo

Algunos controles modernos tienen la capacidad de establecer hasta 180 offset de compensación, haciendo este trabajo de manera semiautomática.

#### 3.6.2 Ciclos fijos de maquinado.

Los ciclos fijos también conocido como ciclos prefijados, facilitan el trabajo del programador enormemente debido a que permite definir en un sólo bloque la información de las operaciones

como: fresado, taladrado, roscado, boreado, rimado, etc., que muy a menudo se presentan en el mecanizado y que en controles numéricos más antiguos o en aquellos en los que no se establecen estos ciclos requieren la programación bloque por bloque de toda la secuencia de maquinado teniendo como resultado programas sumamente largos. Por el contrario los ciclos fijos sintetizan la programación únicamente es necesario indicarle al control numérico el tipo de ciclo que se desea y algunas variables para sujeción.

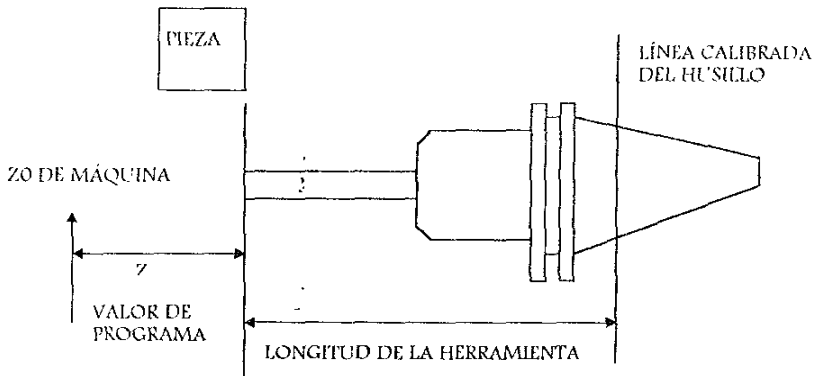


Figura 3.6.1.2.

Los ciclos fijos generalmente empleados en la mayoría de los CN modernos son los siguientes.

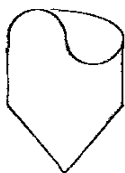
Código G	Taladro dirección Z	Operación en el fondo del agujero	Retroceso dirección + Z	Utilización
G73	Avance intermitente		Avance rápido	Taladrado profundo rápido.
G74	Avance de trabajo	Inversión cabezal	Avance de trabajo	Roscado a izquierda con macho.
G76	Avance de trabajo	Para el eje en una posición	Avance rápido	Taladro fino.
G80				Anulación

Código G	Taladro dirección Z	Operación en el fondo del agujero	Retroceso dirección + Z	Utilización
G81	Avance de trabajo		Avance rápido	Taladrado y centrado.
G82	Avance de trabajo	Temporizado	Avance rápido	Taladrado y avellanado.
G83			Avance rápido	Taladrado profundo.
G84	Avance de trabajo	Inversión de eje	Avance de trabajo	Roscado a derecha con macho.
G85	Avance de trabajo		Avance de trabajo	Ciclo de mandrinado 1.
G86	Avance de trabajo	Parad del eje	Avance de trabajo	Ciclo de mandrinado 2.
G87	Avance de trabajo	Parada del eje	Manual	Ciclo de corte detrás del agujero.
G88	Avance de trabajo	Temporizado del eje	Manual	Ciclo de mandrinado 3
G89	Avance de trabajo	Temporizado	Avance de trabajo	Ciclo de mandrinado 4.

Operaciones fundamentales en un ciclo fijo.

En general, un ciclo fijo comprende las siguientes 4 operaciones

- 1 Posicionamiento en el plano
- 2 Avance rápido al punto R
- 3 Maquinado
- 4 Retroceso al punto inicial.



1



PUNTO INICIAL  
 $\Delta$  ————— XY

2



PUNTO R  
 $\Delta$  —————

3



4

### 3.7. SISTEMAS ASOCIADOS CON CN.

Hoy día vuelve a haber enemigos de la automatización y no solamente en la clase trabajadora. Muchos responsables de ingeniería y fabricación están desconcertados ante la realidad de la computación. Por tanto, son necesarios algunos pasos previos para comprender más fácilmente lo que es el CAD/CAM.

En su sentido más moderno, CAD significa proceso de diseño que emplea sofisticadas técnicas gráficas de ordenador, apoyadas en paquetes de software para ayuda en los problemas analíticos, de desarrollo, de costo y ergónomicos asociados con el trabajo de diseño.

Se utiliza también el término CADD (Dibujo y Diseño Asistido por Computadora), pero se conoce como CAD para incluir las técnicas de dibujo por computadora como parte del proceso de diseño total.

CAM (Manufactura Asistida por Computadora) se refiere a cualquier proceso de fabricación automática que este controlada por computadoras. Su origen data de los desarrollos de las máquinas controladas numéricamente (CN) del final de los 40' y principios de los 50' se adopto el término CNC (Control Numérico por Computadora) cuando estas técnicas comenzaron a ser controladas por computadoras durante los 60'. CNC encierra ahora procesos de fabricación automática muy diferentes.

Los desarrollos paralelos en robots controlados por computadora y factorías automatizadas conducen a la evolución de unidades de fabricación completa controladas por sistemas informaticos centrales y organizadas bajo una filosofía organizada como FMS (Sistemas de Manufactura Flexible).

El termino CAM se utiliza como denominación general para todas estas disciplinas y para cualquier otra tecnología de fabricación controlada por computador que pueda surgir.

Los elementos más importantes de un CAM son

- + Técnicas de programación y fabricación CNC.
- + Fabricación y ensamble mediante robots controlados por computadora.

- + Sistemas de Manufactura flexible (FMS)
- + Técnicas de Inspección Asistidas por Computadora ( CAI )
- + Técnicas de Ensayo Asistido por Computadora ( CAT )

• *Ventajas del CAD y del CAM.*

VENTAJAS DEL CAD	VENTAJAS DEL CAM
1.- Producción de dibujos más rápida.	1.- Niveles de producción más altos con menor esfuerzo laboral.
2 - Mayor precisión de los dibujos.	2.- Menor posibilidad de error humano y de las consecuencias de su falta de fiabilidad.
3.- Dibujos más limpios.	3.- Mayor versatilidad de los objetos fabricados.
4.- Dibujos no repetidos.	4.- Ahorro de costos por incremento de la eficiencia de fabricación (es decir, menor material estropeado) e incremento de eficiencia en el almacenamiento y ensamblaje.
5.- Técnicas especiales de dibujo.	5.- Repetitividad de los procesos de fabricación a través del almacenamiento de los datos.
6.- Análisis y cálculos de diseño más rápidos.	6.- Productos de mayor calidad.
7 - Superior estilo de diseño.	
8 - Menores requisitos desarrollo.	
9 - Integración del diseño con otras disciplinas.	

3.7.1. ¿Qué es realmente el CAD/CAM ?

Aunque mucha gente usa el término CAD/CAM para las estaciones gráficas, el nombre es un acronimo derivado del inglés Computer Aided Desing y Computer Aided Manufacturing ( Diseño

Asistido por Computador y Manufactura Asistida por Computadora). CAD y CAM son disciplinas distintas.

En realidad, CAD/CAM es un matrimonio entre numerosas disciplinas de ingeniería y fabricación. En una expresión más simple es una comunicación computarizada y una función de diseño para y entre ingenieros de diseño e ingenieros de fabricación. Si lo llevamos a sus últimos extremos, podemos incluir en el casi todas las etapas de fabricación y gestión. En este caso, quedarían incluidos el marketing, informática, contabilidad, control de calidad y casi todo aquello que pudiera tener relación con una base de datos centralizada. En general, podemos interpretar el prefijo CA como de "Asistida por Computadora" y sinónimo de automatización.

CAD/CAM es una integración de las técnicas CAD y CAM en un proceso completo. Esto significa que puede dibujarse cualquier componente sobre una pantalla VDU y transferir los gráficos por medio de señales eléctricas a través de un cable que lo enlace a un sistema de fabricación en donde los componentes se puedan producir automáticamente sobre una máquina CN. La figura 3.7.1.1. representa este principio básico.

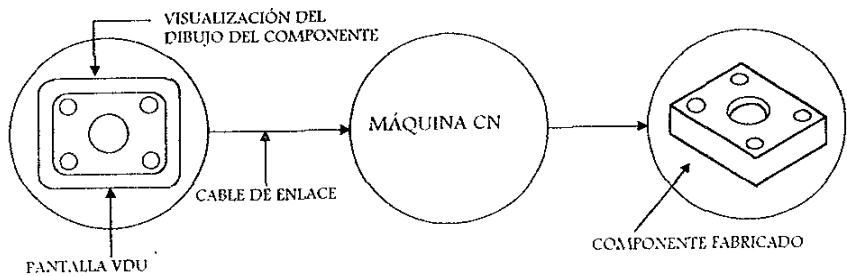


Figura 3.7.1.1. Principio simplificado del proceso CAD/CAM.

Una vez que se ha evidenciado la posibilidad de intercambio entre sistemas CAD y CAM, resulta inevitable el desarrollo de la filosofía CAD/CAM y el del propio acrónimo. El progreso en esta dirección ha aumentado por el desarrollo de lenguajes y técnicas de programación CNC asistido por computadora, algunas de las cuales utilizan métodos gráficos muy similares a los del CAD.

La figura 3.7.1.2 muestra un buen ejemplo de una organización CAD/CAM integrada.



- (1) Five CNC machining centers, 90 tools each.
- (2) Five tool exchange stations, one per machine, or cycling table every via cart.
- (3) Three computer controlled carts, with wire storage path.
- (4) Tool maintenance station.
- (5) Two automatic workchangers, 10 pallets each, with dual load/unload positions with 360 rotation.
- (6) Material review stands, for on-demand part inspection.
- (7) Inspection module, with horizontal arm coordinate measuring machine.
- (8) Automatic part washing station.
- (9) Tool chain load/unload, tool gaps, and calibration plate stands.
- (10) Elevated computer room, with DEC VAX 8200 central computer.
- (11) Centralized chip/coolant collection/recovery system, with dual flume.
- Flume path

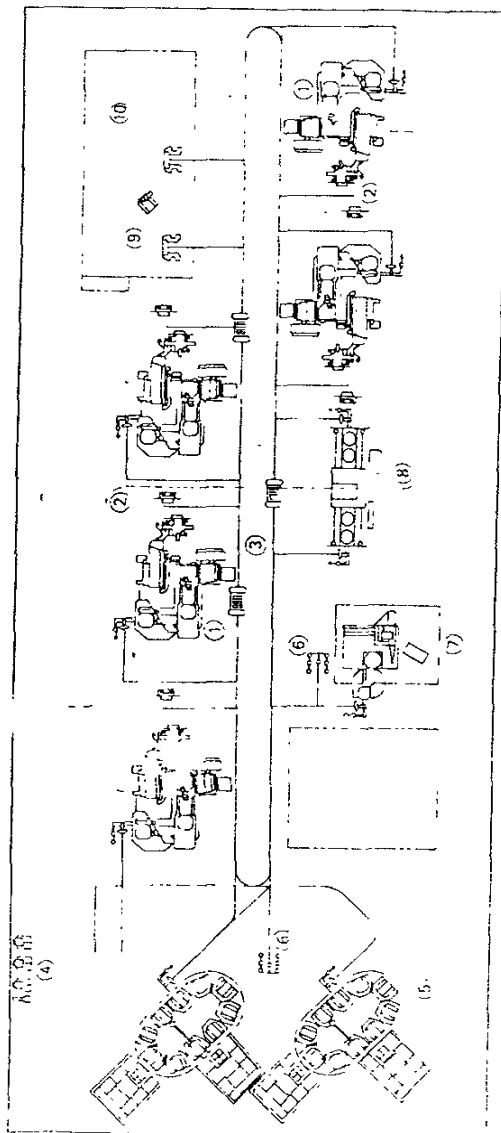


Figura 3.7.1.2. Organización CAD/CAM integrada

### 3.7.2. Sistemas de manufactura flexible.

El resultado final del CAD/CAM es la aparición de un concepto nuevo llamado " Sistema de Manufactura Flexible ", ( FMS ). Se trata de uno de los desarrollos tecnológicos que conforman la idea de " fabrica del futuro ", cambiando los métodos actuales de fabricación hasta niveles no vistos desde la introducción a la energía mecánica en el siglo XVIII.

#### • *Sistema de Manufactura Flexible (FMS).*

Los sistemas de manufactura flexible está considerado uno de los métodos más eficientes para el empleo de reducción o eliminación de los problemas en la industria manufacturera.

El FMS se originó en Londres, Inglaterra en la década de los años 60's, cuando David Williamson presento un sistema de máquinas flexibles, llamado sistema 24 de operación sin operadores, trabajando 24 horas bajo control de una computadora. La extensa aplicación se fortalece y continua desarrollándose en las áreas de inyección de piezas modeladas, transformación del meta, fabricación, ensamble, por eso se ensancha el nombre de sistema de manufactura flexible.

La definición del FMS varía dependiendo el tipo de industria y del punto de vista. Muchos FMS principales y prácticos se usan sin tomar en cuenta el tipo de industria, objetivos de la empresa o línea de producción. El FMS trae flexibilidad y tranquilidad al departamento de manufactura.

Desde el año 1970 ha habido un explosivo crecimiento en los sistemas de control y un aumento en la productividad, lo cual ha permitido, un crecimiento y fortalecimiento permitiendo una extensa aplicación.

El FMS posibilita a máquinas manufactureras una amplia variedad de trabajo de piezas en pocas máquinas con un bajo nivel de personal.

El FMS tiene integrado un hardware (máquinas herramienta CN, paletas móviles, manejo de material, coordinación del sistema de máquinas, equipo de hardware computacional): y un software (programas CN, inspección de programas, archivos de ordenes de trabajo, el software FMS) El sofisticado software FMS es el que actualmente maneja los sistemas. Figura 3 7 2 1

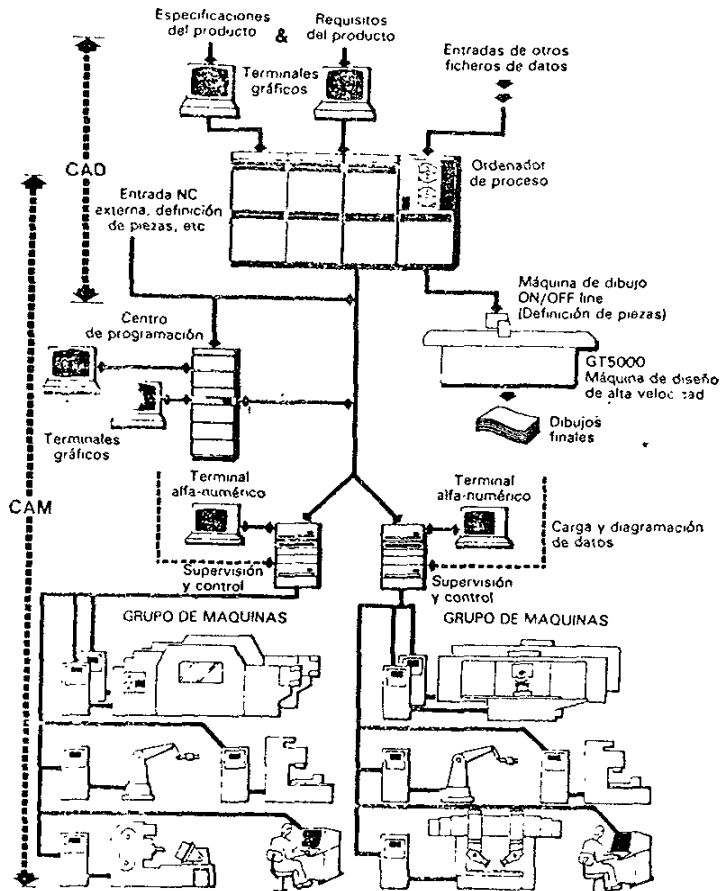


Figura 3 7.2.1 Típico FMS (Compañía de Cincinnati Milacron).

El FMS es una realidad que puede manejar una variedad de partes diferentes, produciéndose allí uno a la vez en orden al azar. El FMS no es fin, pero es un medio para el final, es decir es la parte natural para la integración de los sistemas CAD/CAM para así terminar con un progreso aún mayor que sería la Manufactura Integrada por Computadora (CIM).

Las máquinas herramienta CN en muchas industrias manufactureras están por debajo de utilizarlas apropiadamente, no se están usando los 2º y 3º turnos, así como personal especializado de mala calidad y día a día provoca un desorden.

Los principales beneficios derivados de la implementación del FMS son: reducción de inventarios, ahorro directo del trabajo, así como reducción del espacio.

Los problemas asociados con una manufactura convencional incluye las presiones externas e internas así como la ineficiencia.

El acceso convencional para la manufactura tiene generalmente centros alrededor de máquinas distribuidas en tal disposición como por función, línea o células."

- *Células de manufactura flexible.*

Las células de manufactura flexible pueden estar divididas dentro de 4 categorías: a) única máquina CN; b) células sencillas de máquinas CN; c) células integradas multimáquinas; d) FMS.

En general la amplitud y duración de los objetivos de las compañías manufactureras y los requerimientos de las piezas de trabajo, la más grande necesidad para un sistema de fase son instalación e implementación.

Una fase FMS basada en la instalación de una célula que se empieza se debe de dar capacitación para utilizar y maximizar los sistemas productivos; de cualquier modo esto puede ser una desventaja, a esto es proponer largos periodos de tiempo.

El concepto de máquina desatendida implica el hecho de un suministro de partes y herramientas de corte es disponibles. Es decir, que la máquina en operación puede trabajar si que algún operador este operándola por un periodo.

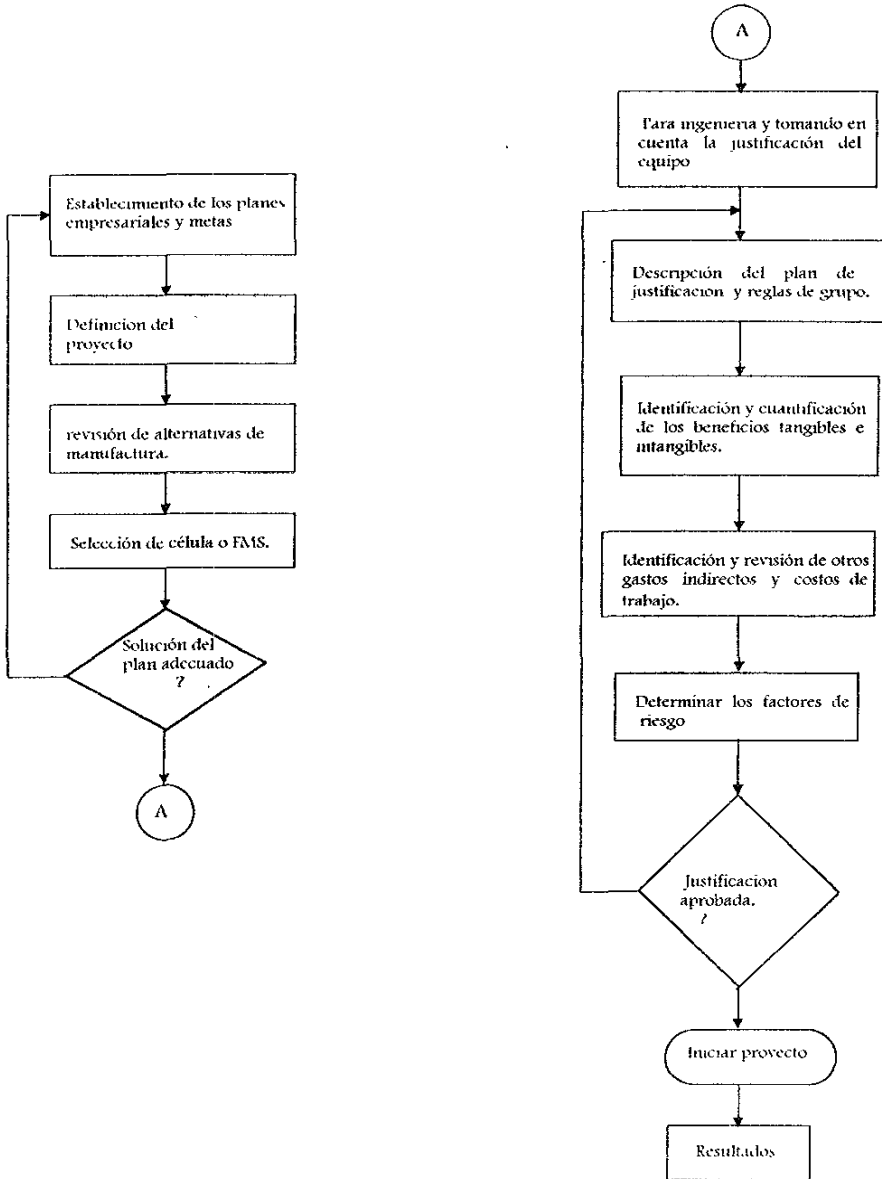


Figura 3 7 2.2 Celula basica/FMS, diagrama de flujo

La máquina desatendida es generalmente, atendida por una célula sencilla o multimáquina, que consiste de centro de cambio y centro de maquinado. Figura 3.7.2.2

Los beneficios de desatender a las máquinas son esencialmente los mismos que en el FMS. Desatendiendo las máquinas decrecen los costos directos del trabajo e indirectamente se incrementan los costos como un resultado del trabajo extra, que pudiera ser aplicado en las áreas de corte, planeación del control de la producción y programación CN.

El término FMS y las células son al mismo tiempo usados intercambiamente; de cualquier modo el factor primario que distingue a las células de un FMS son que las células carecen de un control de computadora central con un sofisticado software, están restringidas por un número de limitaciones de herramientas disponibles, y están generalmente limitadas para una cerrada definición familiarmente de partes.

Una mayor desventaja de células aisladas es una carencia de la disciplina gerencial.

El requerimiento fundamental con otras células, o FMS es la meta que parte de la familia principal o similitud a ser producidas es orden de amplitud, determinación del tamaño, tipo y configuración de la célula o sistema.

### 3.7.3. Manufactura Integrada por Computadora (CIM).

La figura 3.7.3.1. muestra el principio de un sistema ideal de fabricación integrada por computadora. Este contiene sistemas CAD/CAM y comerciales operando ambos en el mismo rango compatible de procesadores, permitiéndose así enlaces directos entre CAD/CAM, información comercial y control.

La filosofía de este sistema CIM es aumentar el rendimiento a través de un flujo de productos consistente y de una información comercial. tal sistema integrado puede permitir, por ejemplo:

- a) A los ingenieros de diseño, acceder a información actualizada sobre componentes estandar, costos de materia prima y herramientas.
- b) A los gerentes de producción controlar proyectos complejos en tiempo real.

- c) A los gerentes de contratación, obtener rápidos y precisos informes de los estados actuales.

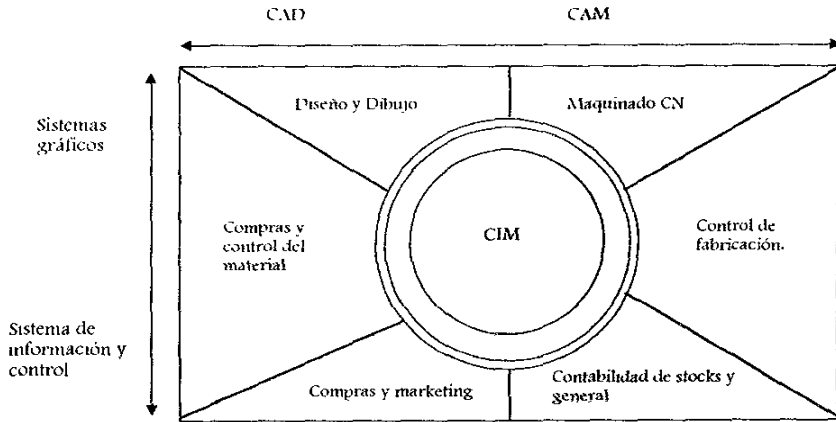
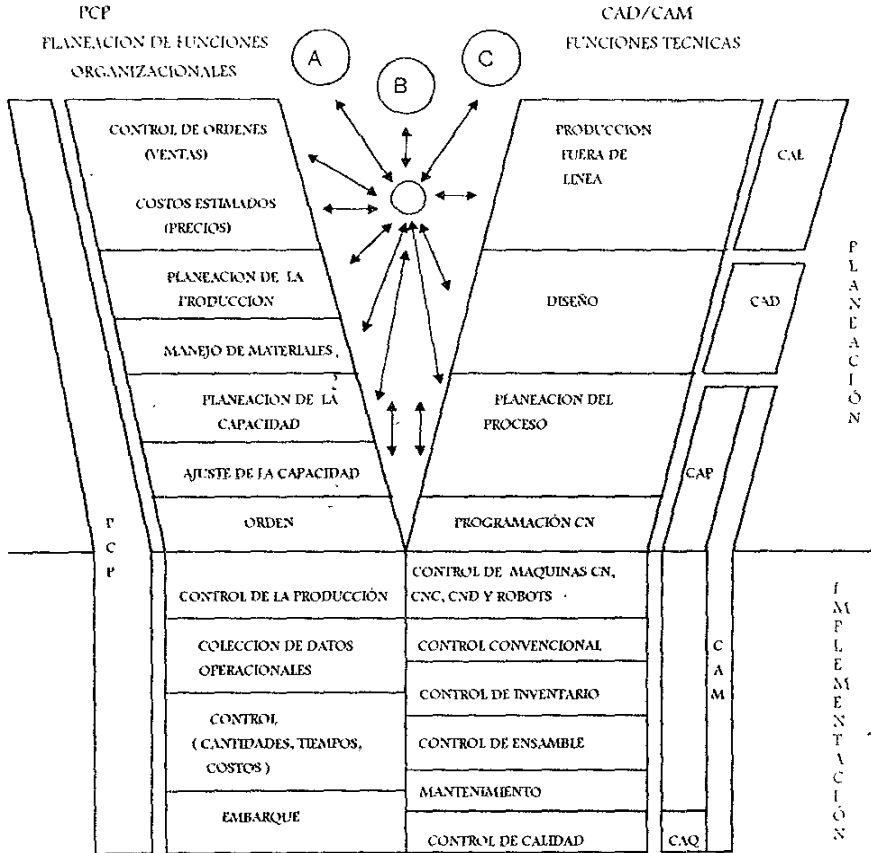


Figura 3.7.3.1. Principios del CIM.

- d) A los contables, tener información inmediata de costos de trabajo independientes.
- e) A la empresa, reaccionar más rápidamente a los requisitos de los clientes.

El CIM se refiere a la integración de los procesos de información, los requerimientos para la tarea técnica y operacional de una industria. Las tareas operacionales pueden referirse a la planeación y control de la producción (PCP), como se representa en el lado izquierdo de la bifurcación de Y, en la figura 3.7.3.2 La actividad técnica está caracterizada por varios CA conceptos en el lado derecho de la bifurcación de la Y. La realización de estos niveles de integración hacen particularmente altas demandas en la buena voluntad de la empresa para la faceta de requerimientos de integración de los niveles organizacionales. Esto es también un cambio en el hardware y software procediéndose finalmente a la coordinación de los mismos.



- A.- Manejo de material
- B - Trabajo a realizar
- C.- Equipo

Figura 3.7.3.2 Información del sistema de producción.

• Componentes del CIM.

Los componentes del CIM representados en la figura 3.7.3.2 son.



- + Planeación y control de la producción (PCP).
- + Diseño Asistido por Computadora (CAD)
- + Planeación Asistida por Computadora (CAP)
- + Manufactura Asistida por Computadora (CAM)
- + Calidad Asistida por Computadora (CAQ).

• *¿Cómo afecta el CIM?*

Una razón de la incomodidad de transferencia de información, es la especialidad determinada por los datos de la organización. El proceso total usado como base común de datos, el cual permite acumularse la información en una etapa en la cadena de producción para ser incluida en la base de datos, y de esta manera pasar inmediatamente a las otras etapas de la cadena de esta manera la información es transferida y a la vez eliminada y los procesos se aceleran.

El CIM realiza la integración iniciando la creación de la relevante unión de datos entre las áreas técnicas y de diseño, el horario de trabajo y producción y el correspondiente proceso administrativo, como PCP. De esta manera este sistema de información, el cual es el mismo.

La racionalización de los datos de integración para la producción puede ocurrir solamente cuando el feedback loops está cerrado. Para el segundo proceso en línea se realiza en una subdivisión puede ser una interpretación incompetente, por medio de un proceso de la cadena si esto depende en un proceso de partida, la transferencia de datos ocurre diariamente o semanalmente.

• *Un típico proceso en cadena del CIM.*

El principio general de integración refleja la interdependencia organizacional y funciones de procesos técnicos figura 3.7.3.3., representa un orden de operación manual, típicamente organizado a lo largo de la línea de especialidades como un proceso en cadena.

En cada departamento el sistema de procesamiento de datos están listos para usarse, pero el flujo de información entre los departamentos toma lugar sobre papel. La información desde la

orden del sistema receptor es mostrado en un papel desde el sistema CAD, en el departamento de diseño y el departamento de PCP, en aquellos los dibujos son usados como la base para el horario de trabajo y por lo tanto la información importante está lista e incluida en los dibujos, que puede ser manualmente reintegrada dentro de la computadora basada en el sistema de información. En la figura 3.7.3.3. se muestra el equivalente CIM.

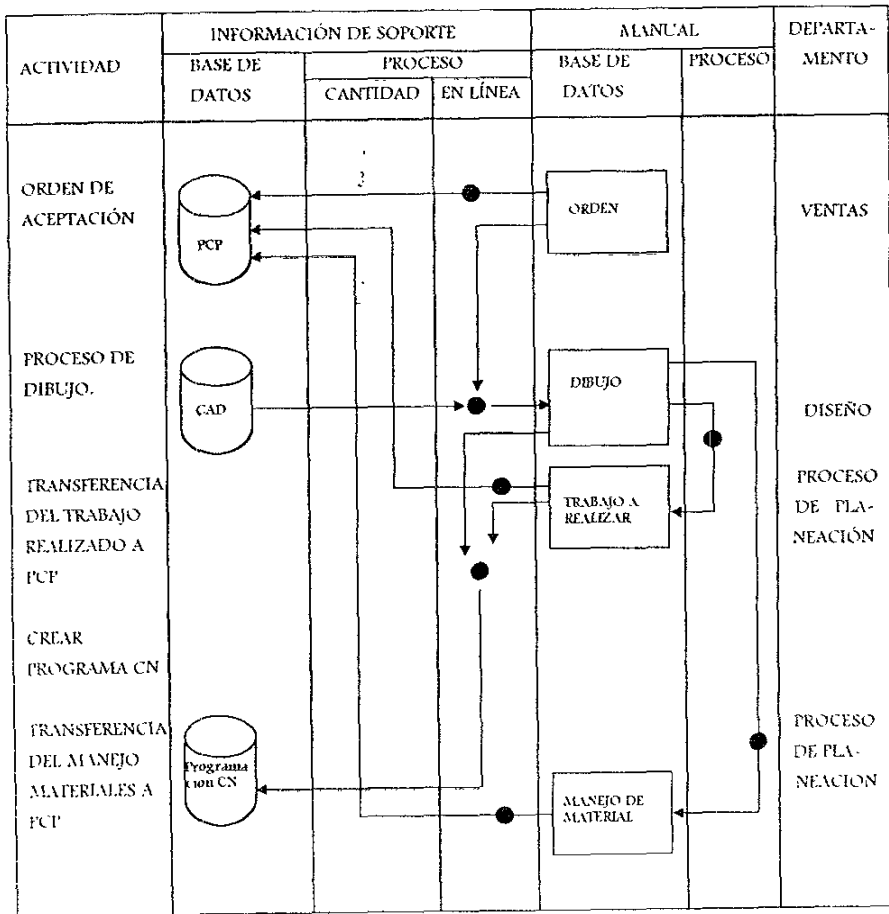


Figura 3.7.3.3. Diagrama de cadena del proceso tradicional.

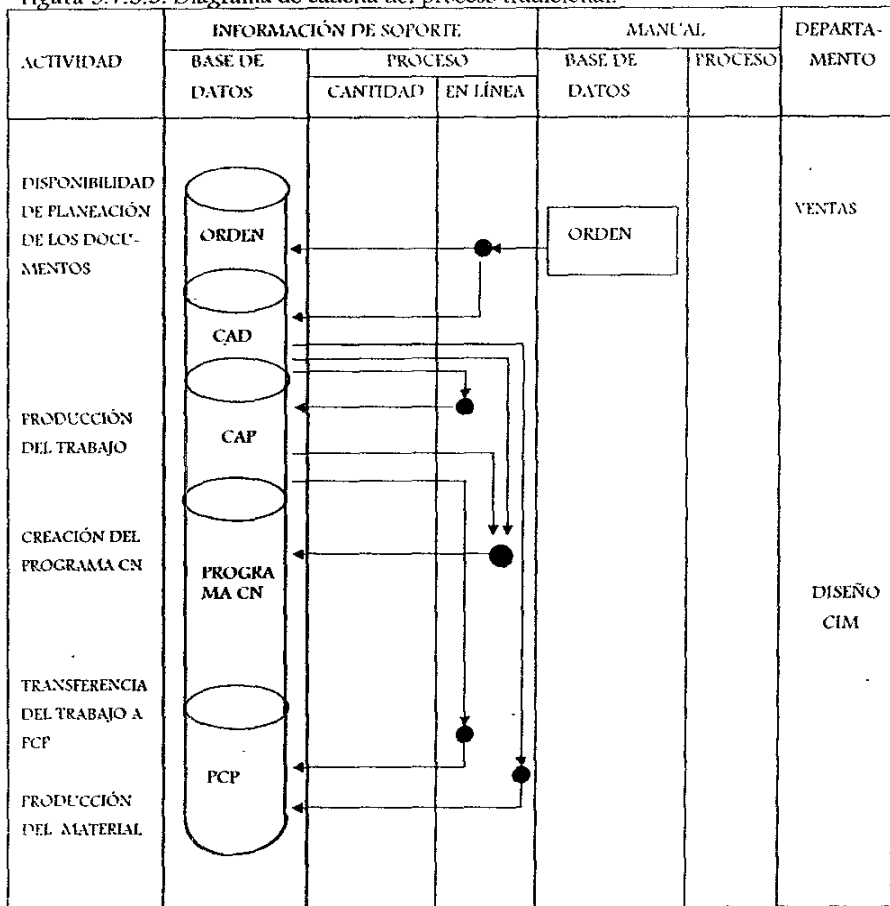


Figura 3.7.3.4. Diagrama del proceso en cadena para el CIM

La transferencia de información desde el diseño de producción además de elevar la complicada transferencia a la vez pierde tiempo. Los datos geométricos listos incluidos en el sistema CAD y requerido para la programación de CN puede ser leída desde el dibujo y reintegrado. La información necesaria para el FCP, como el manejo de materiales aunque claro las especificaciones son dadas por el departamento de diseño.

## CAPITULO 4

CONSIDERACIONES PARA LA ADQUISICIÓN  
DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS CON  
CONTROL NUMÉRICO EN LA INDUSTRIA.

#### 4.1. INTRODUCCION

¿ Cuáles son los aspectos que un usuario potencial deberá conocer antes de comprar una máquina herramienta con CN ? Además de conocer los requerimientos de las facilidades disponibles, el tipo de equipo que se comprara y el tipo de trabajo al que se designara la máquina, consideraremos tres tipos de factores que deben de tomarse muy en cuenta antes de usar equipos de control numérico. Nos referimos a los factores técnicos, factores económicos y los factores administrativos los cuales guardan una relación muy estrecha entre sí.

Creemos que además de los factores que abordaremos existen otros que también inciden en la compra de estos equipos pero he seleccionado los que a mi juicio son los que más inciden.

#### 4.2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

- *Proyecto industrial.*

" Un proyecto es el conjunto de elementos técnicos, económicos, financieros y de organización que permiten visualizar las ventajas y desventajas económicas de la adquisición, construcción, instalación y operación de una maquinaria o de una planta industrial."<sup>1</sup>

Un proyecto se prepara a través de un proceso de aproximaciones sucesivas en cada etapa. La elaboración de un proyecto generalmente se realiza en tres etapas " perfil " o " gran visión ", " estudio de prefactibilidad " o " anteproyecto " y el " proyecto definitivo ", en cada uno de ellos se va tomando decisiones de suspender o continuar.

##### 4.2.1 Estudio de mercado.

" Se denomina estudio de mercado a la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta básicamente de la determinación y la cuantificación de la demanda y la oferta, el analisis de los precios y el estudio de la comercialización "<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SOTO RODRIGUEZ HUMBERTO, PAGINA 7.

<sup>2</sup> BACA URIBINA GABRIEL, PAGINA 7

Los resultados del estudio de mercado permiten fijar con cierto grado de aproximación la capacidad máxima que puede tener la empresa, las necesidades de futuras ampliaciones.

• *Conceptos básicos de estudio de mercado.*

Mercado.- Sitio de convergencia de la oferta y la demanda de productos en que se establece un precio único.

Demanda.- Necesidad o deseo de adquirir un bien o un servicio unida a las posibilidades de adquirirlo.

Consumo.- Demanda efectiva actual que equivale al volumen total de transacciones de un producto o servicio a un precio determinado dentro de un área en un momento dado.

Demanda potencial.- Volumen probable que alcanzaría la demanda real por incremento normal a futuro o bien si se modifica ciertas condiciones del medio que la limitan.

Oferta.- Cantidad de un bien que los productores están dispuestos a llevar al mercado de acuerdo con los precios que pueda alcanzar y teniendo en cuenta su capacidad real de producción.

Precio.- Valor de intercambio de los bienes y servicios que se establece entre el comprador y el vendedor.

Elasticidad.- Variación relativa que experimenta una función o variable dependiente ocasionada por la variación relativa de un factor.

Comercialización - Conjunto de actividades relacionadas con la transferencia de bienes y servicios desde los productores hasta el consumidor final

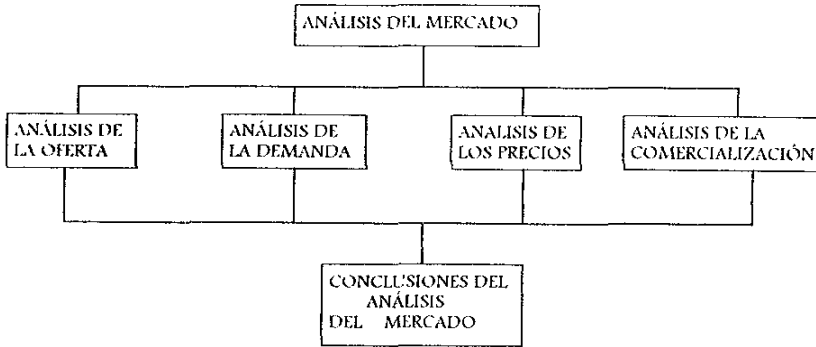
Estructura de análisis del mercado.

Diagrama de la estructura de mercado

• *Etapas de un estudio de mercado.*

Generalmente el estudio de mercado comprende dos etapas:

1. Recopilación de antecedentes
2. Análisis, interpretación y proyección de las funciones de mercado.

1) Recopilación de antecedentes

Dentro de los rubros de información que es necesario tomar en cuenta para la elaboración del estudio de mercado de un proyecto industrial, son los siguientes:

- + Consumo aparente
- + Precio de venta
- + Características de la competencia
- + Especificaciones del producto
- + Tipo y exigencia de los consumidores
- + Aspectos referentes a la comercialización
- + Política económica.

## 2) Análisis, interpretación y proyección de las funciones de mercado.

El objeto del análisis e interpretación de los datos recopilados es establecer una relación cuantitativa entre las funciones del mercado y las variables que condicionan su magnitud para de esta manera poder proyectar o estimar su comportamiento futuro.

### 4.3. FACTORES TÉCNICOS.

Se conoce como el tamaño de una planta industrial la capacidad instalada de producción de la misma. Esta capacidad se expresa en cantidad producida por unidad de tiempo, es decir, volumen, peso, valor por número de unidades de producto elaboradas por año.

Las plantas industriales generalmente no operan a su capacidad nominal o instalada, debido a factores ajenos al diseño de la misma tales como limitada disponibilidad de materia prima, fluctuaciones en la demanda del producto, la tecnología y el financiamiento. Todos estos factores contribuyen a simplificar el proceso de aproximaciones sucesivas, y las alternativas de tamaño entre las cuales se puede escoger se van reduciendo a medida de que se examinan los factores condicionantes mencionados, los cuales se mencionan a continuación:

1. Características del mercado de consumo
2. Características del mercado de abastecimiento
3. Economías de escala
4. Disponibilidad de recursos financieros
5. Características de la mano de obra
6. Tecnología de producción
- 7 Política económica.

El tamaño más adecuado de una planta industrial es aquel que se obtenga optimizando su economía de la misma en función de los factores antes mencionados. La selección del tamaño de la planta se realiza haciendo una primera estimación de la misma en términos del factor que se juzga le impone la mayor restricción.



- *Localización de la planta.*

La localización de una planta industrial se basa esencialmente en las mismas consideraciones que se toman en cuenta para decidir su tamaño y tiene como objetivo obtener un costo mínimo unitario de operación.

a) Factores que determinan la localización de una planta industrial

1. La localización del mercado de consumo
2. La localización de las fuentes de materias primas.
3. Disponibilidad de la mano de obra
4. Facilidades de transporte
5. Disponibilidad y costo de energía eléctrica y combustibles
6. Fuente de suministro de agua
7. Facilidades para la eliminación de deshechos

b) Factores de la ubicación de una planta industrial

Una vez que se ha definido la zona de localización se determina el sitio específico para la ubicación definitiva de la planta. Para efectuar esta selección es necesario disponer de información respecto a las características físicas de la planta y de sus requerimiento, sobre todo en lo que respecta a la ingeniería. Dentro de esta información se toma en cuenta la siguiente:

1. Tipo de edificio que habrá de construirse
2. El área requerida inicialmente y para expansiones futura
3. Las instalaciones y cimentaciones requeridas para equipo y maquinaria.
4. El flujo y transporte de materiales dentro de la planta.

- *Ingeniería del proyecto.*

La ingeniería de un proyecto tiene por objeto dos funciones. primero, la de aportar la información que permita hacer una evaluación económica del proyecto y segundo la de establecer

las bases técnicas sobre las que se construirá e instalara el equipo en caso de que el proyecto demuestre ser económicamente hablando atractivo.

Los principales aspectos que deben considerarse en la ingeniería de un proyecto son los siguientes:

a) Evaluaciones técnicas de la materia prima.

En este punto se llega al conocimiento de aspectos de gran interés al proyecto, como los volúmenes en cada una de las variedades de las materias primas disponibles para la planta, estos datos deben ser complementados con información sobre las categorías del distinto material a emplear.

b) Selección del proceso de producción.

La selección de un proceso implica un estudio técnico profundo que permita visualizar cual de las alternativas de procesos puede dar los mejores resultados y cumplir con las especificaciones siguientes:

1. Ajustarse a los volúmenes de producción previstos
2. Dará origen a productos que reúnan las especificaciones que demanda el mercado
3. Ser factible de llevarse a cabo en los equipos que pueden ser obtenidos.

c) Adaptación técnica del proceso.

En ocasiones en la ingeniería del proyecto se requiere de investigaciones de tipo experimental sobre el proceso, estas investigaciones pueden efectuarse a nivel de laboratorio o planta piloto, y puede tener como objetivo evaluar la calidad de las materias primas, ensayar nuevos procesos, revisar las condiciones de operación del proceso buscando mejorar la calidad del producto, o bien establecer estos últimos para las materias primas disponibles.

#### d) Distribución de los equipo en los edificios

Distribución de la maquinaria dentro y fuera de los edificios determinará en alto grado la eficiencia la operación de una planta ya que afecta el tiempo y la longitud de los desplazamientos de materiales y operarios, así como las inversiones en la obra civil y el equipo de transporte. Los planos de distribución de los equipos, servirán de base para diseñar los edificios que alojarán las área de proceso.

En la elección y reemplazo de maquinaria hay que tener en cuenta dos puntos fundamentales uno es técnico y el otro es el económico; dentro del aspecto técnico debemos responder a la siguiente pregunta:

¿ Hará la máquina elegida el trabajo necesario de la mejor manera posible, con el grado de exactitud exigida y con la capacidad necesaria ?

Debido a las variaciones de los productos manufacturados, existen diferencias técnicas en las clases de maquinaria usada en las diversas industrias. Incluso en un mismo tipo de industria, existen diferencias en la naturaleza y capacidad de la maquinaria empleada en las distintas fabricas. Por consiguiente desde el punto de vista técnico y de explotación cada fabrica tiene que estudiar su propio problema de maquinaria de acuerdo con las condiciones particulares de las cuales tienen que trabajar.

De todas las clase de maquinaria son las máquinas herramienta, como los tornos, fresadora, cepillos etc. las que se emplean más según la definición del censo de manufactura de U.S.A., una máquina herramienta es:

" Una máquina que funciona accionada por una fuerza que no sea la manual del hombre y que emplea una herramienta para trabajar el metal ".<sup>3</sup>

Es indudable que las razones más importantes para reemplazar una maquinaria son aumentar la capacidad productiva y reducir los costos, una tercera razón es verse libre de la maquinaria anticuada o de las máquinas que se hayan averiado o gastado. Otro caso es la insuficiencia de las existentes para realizar trabajo de mayores dimensiones o con tolerancias más

<sup>3</sup> REFINA INDUSTRIAL WORLD MARZO 1983.

rigurosa. Otra razón es que los problemas de la mano de obra y la explotación se reducen obteniendo máquinas que pueden instalarse en grupos que permitan a un operario atender a dos o más de ellas. Otra razón es la de simplificar las operaciones consiguiendo máquinas en las cuales pueda combinarse una serie de operaciones sucesivas en lugar de hacer el trabajo en varias operaciones.

Antes de entrar de lleno a los factores técnicos es necesario considerar otro tipo de factores técnicos de uso general. Al seleccionar la máquina herramienta con control numérico es necesario considerar lo siguiente:

- + Obtener dibujos, precios de materiales y especificaciones del producto
- + Volumen de producción
- + Hojas de operaciones
- + Lista de operaciones según las clases de maquinaria en que se realizaran
- + Estimación sobre tiempos unitarios de operaciones
- + Facilidad de reemplazo
- + Escoger los tipos de maquinaria o las marcas que parezcan las más convenientes para su instalación
- + Estudiar la distribución de la instalación propuesta tomar en cuenta futuras aplicaciones
- + Disponibilidad de la maquinaria
- + Cantidad y clase de operaciones requeridas

#### 4.3.1. Materiales de construcción y capacidad de producción.

La elección del material de construcción de la máquina debe efectuarse con el conocimiento completo de las propiedades de los distintos materiales y de las exigencias de ingeniería que estos deben reunir para las condiciones de trabajo y de la fabricación de la pieza dada.

Al elegir el material de la pieza que se proyecta se toman en consideración las siguientes premisas generales.

1. Explotación El material debe satisfacer las condiciones de funcionamiento de la pieza de la maquinaria.
2. De tecnología El material debe reunir las condiciones necesaria para que se gaste el mínimo de trabajo en fabricar las piezas
3. Económica. Debe tener ventaja desde el punto de vista del costo total de la pieza

La elección de un material para cualquier pieza tomando totalmente en consideración totalmente estas premisas es una tarea técnico - económica muy complejo. Su solución se dificulta aún más debido a que la forma y dimensiones de la pieza, con materiales diferentes, se modifican conforma a las propiedades mecánicas y las posibilidades tecnológicas del material correspondiente.

Es importante el que un elemento de máquina se componga de un material que tenga propiedades adecuadas para las condiciones de servicio como la determinación de cargas y tensiones sea correcta. Frecuentemente las limitaciones impuestas por el material son los factores determinantes de un proyecto; a veces es necesario la ayuda del metalúrgico profesional para lograr la mejor lección posible del material y tratamiento térmico.

• *Capacidad de producción cuantitativamente.*

El método más preciso para fijar el número de máquinas que se necesitan de cada tipo utiliza los datos de producción.

El primer dato que se utiliza es la previsión de la producción que se va a necesitar. Esta anticipación se basa en un análisis de previsión de ventas; es una información que resulta esencial para una valoración inteligente del equipo de producción que se necesita.

A continuación hay que formular una política sobre el número de turnos de trabajo, para poder calcular el numero de horas que va a trabajar el equipo semanalmente.

Los datos de velocidad de la producción normal bajo forma de minutos por pieza por hora, para cada producto o parte que se van a manejar en el equipo de que se trate tienen que considerarse, en unión con las asignaciones correctas de tiempo de preparación, mantenimiento y

reparación. Estos datos pueden obtenerse de los estudios de tiempos del equipo y de las operaciones que se efectúan.

El objetivo básico en la relación de número de máquinas que es la eliminación o prevención de operaciones que den lugar a atascos en la producción. Cada tipo de máquina debe ser capaz de absorber el trabajo recibido de las operaciones anteriores y de abastecer a las máquinas que le siguen, con material suficiente para que lo utilicen a la capacidad deseada.

Los fabricantes están convencidos de que es lucrativo hacer trabajar la maquinaria de control numérico hasta su límite de capacidad. El objetivo es a la vez reducir los costos y obtener de las máquinas su máxima producción antes de que se hagan anticuadas. Para que las máquinas pueden trabajar hasta su límite de su capacidad y no estar sobrecargadas hasta el punto de fallar, es necesario que se le analice minuciosamente para determinar su capacidad exacta. Ese análisis demostrara que a veces puede aumentarse mucho la producción reforzando una o dos piezas.

Los materiales para la construcción de herramientas de corte de alta velocidad han hecho posible aumentar la capacidad de las máquinas y esto exige a su vez aplicar más fuerza en la herramienta, y que la máquina sea más resistente y rígida. Se han diseñado máquinas herramienta computarizadas de alta producción para utilizarlas con estos materiales y estas son por lo general más resistentes y más rígidas que las antiguas, y disponen de más fuerza en las herramienta de corte.

Los fabricantes de maquinaria con control numérico suministran por lo general sus máquinas con motores de potencia suficiente para accionarlas continuamente a plena capacidad, aunque el ciclo real de las operaciones quizá necesita la potencia máxima sólo durante una fracción de tiempo.

Cuando se instala maquinaria nueva, el encargado de la producción no tiene que calcular los límites de la resistencia de la máquina ni la potencia necesaria para impulsarla, la responsabilidad corresponde por entero al constructor de ella. Sin embargo, cuando el problema que se plantea es si puede utilizarse alguna antigua a caída en desuso para trabajos más duros que aquellas para las cuales se construyo, es necesario hacer algunos cálculos sobre sus límites de capacidad que fijan su resistencia, rigidez y diseño

Para determinar las capacidades de la máquina herramienta es necesario estudiar la cantidad de energía necesaria para quitar el metal con cada una.

Generalmente si se habla de máquinas herramienta especiales, el fabricante especifica la capacidad de producción que la máquina puede dar, sin embargo la capacidad de máquinas de uso general se tendrá que calcular con base en las condiciones de maquinado que se presenten para cada operación. Esto es el material a trabajar, tipo de operación, profundidad de corte, acabado superficial, herramienta a usar, longitud de corte y las revoluciones por minuto; en cada caso se debe calcular finalmente la velocidad de corte para determinar la potencia necesaria para la operación y compararla con la del motor de la máquina.

El número de productos nuevos o modificados ofrecidos al mercado crece de manera explosiva, muchos de estos productos son resultados de tecnologías nuevas que comprenden no solamente al producto sino también a los materiales y métodos empleados en la manufactura.

Los compradores están exigiendo más y mejores productos para cubrir sus necesidades actuales. Los mercados se ensanchan en capacidad y se especializan funcionalmente, en efectos y servicios ofrecidos. Esto ha requerido que los negocios se hagan más flexibles.

#### • *Capacidad de la producción cualitativamente*

Un beneficio del control numérico es la repetibilidad de las partes producidas y el reducido tiempo de inspección. En algunas empresas y talleres casi se ha eliminado el departamento de control de calidad siendo el mismo operador el inspector de calidad. El control numérico ha hecho producir parte tras parte con una exactitud consistente. Los efectos adversos de la habilidad, fatiga y confiabilidad humana del operador han sido reducidos al mínimo.

Actualmente las máquinas herramienta con control numérico pueden producir partes mucho más complejas con mucho menos proporciones de rechazos que por los métodos convencionales.

#### 4.3.2. Programación, herramienta y reparación.

Una cosa que una administración debe tener muy clara al considerar comprar equipo de control numérico es como se manejará la programación si será a través de la cinta perfora, en forma directa sobre el panel de control o se recurrirá a la programación automática computarizada.

El programador y el operador deben tener un conocimiento profundo de las herramientas de corte disponibles en el mercado ya que la máquinas herramienta con control numérico por su construcción y robustez pueden ser trabajadas a muy altas velocidades requiriéndose por lo tanto de herramientas capaces de soportar velocidades, avances y profundidades de corte.

La herramienta para la maquinaria con control numérico esta muy relacionada a al programación ya que incluye la elección, tamaño y forma de cortadores. Se recomienda que el programador incluya las especificaciones de las herramientas para que el operador de la máquina pueda conseguir el conjunto completo de las mismas para una parte dada sin necesidad de elaborar previamente una lista de las herramientas necesarias.

El personal responsable de los equipos de control numérico debe preocuparse por estar al tanto de los adelantos en materia de herramientas de corte así como de los elementos de fijación.

Algunas empresas han desistido de comprar máquinas herramienta con control numérico porque la administración pensó que no tenía las facilidades adecuadas o el personal especializado para dar mantenimiento al equipo electrónico.

Sin embargo con la aparición de circuitos integrados, microprocesadores y el control numérico por computadora ha habido un incremento en confiabilidad de los controles. Los fabricantes de los controles numéricos tienen la obligación de impartir cursos de capacitación al personal con mayor experiencia en el ramo dentro de la empresa.

Así como la operación y programación del equipo debe restringirse únicamente al personal calificado y autorizado, así también el mantenimiento mecánico y electrónico debe ser proporcionado por personal altamente calificado. Esto solo con la finalidad de dar seguridad y



protección al equipo, además de asegurar un rápido servicio de mantenimiento debido a que el costo hora - máquina es muy alto.

Los fabricantes están consientes d esta situación y han procurado tener a esta disposición personal capacitado en caso de urgencia. Por otro lado exigen a sus representantes en otro países que tengan personal altamente calificado para proporcionar este servicio.

Los nuevos adelantos tecnológicos los fabricantes han facilitado la labor de mantenimiento diseñando sistemas de autodiagnostico que trae ya consigo el equipo de control numérico, cuando algo empieza a fallar el usuario corre la rutina de autodiagnostico sobre el mismo control preñdiéndose una señal de alarma indicando donde esta la averia Así el usuario con una simple llamada al fabricante o al representante, informará del problema y este a su vez le indicara al usuario lo que indica pertinente hacer un su caso. Muchos problemas de servicio se han resultado por esta vía. Muchos otros son resueltos por los mismos usuarios después de haberse familiarizado durante algún tiempo con el propio equipo, de tal manera que cuando la máquina no funciona como ellos esperan saben inmediatamente que esta pasando y la corrigen inmediatamente, pero esto se da después de algún tiempo de ardua dedicación y experiencia.

La importancia de los trabajos de mantenimiento de la máquina dependen en gran parte de la relación que guarda el diseño con la carga de mantenimiento impuesto. La robustez de la construcción el equilibrio entre las piezas móviles y accesibilidad para hacer reparaciones son detalles que se tienen que tomar en cuenta en el diseño de la maquinaria control numérico, pero las discrepancias y las ideas de los constructores de máquinas en lo respecto al costo inicial y al rendimiento de explotación complican la elección de la maquinaria.

El ingeniero debe estar al corriente de los adelantos y fuentes de suministro, ya que la selección de la máquina con control numérico es el primer paso del mantenimiento.

Cada fabrica desarrolla sus normas propias sobre conservación y mantenimiento de la maquinaria de producción. La tarea común de mantenimiento consiste en instalar la maquinaria alimentarla y afianzarla a sus cimientos, conectarla al suministro de energia y finalmente probarla y entregarla a produccion lista para trabajar cuando el proveedor envia un demostrador para poner en funcionamiento la máquina, el personal de mantenimiento debe compararlo con el libro de instrucciones y asegurase de que todo funciona de acuerdo al manual de operación y programación del equipo.

#### 4.3.3. Requerimientos de distribución y ambientación.

Un factor importante que debe de tomarse muy en cuenta cuando se hace la distribución de una planta es que el departamento de control numérico debe de ser de fácil acceso. El flujo de material de trabajo de las máquinas herramienta con control numérico es importante debido a que como ya lo hemos mencionado al gran apetito de estas.

La distribución de la maquinaria con control numérico en la planta debe fundamentarse en el factor de uso máximo de estas unidades.

Además será necesario considerar que este tipo de equipos requiera por su naturaleza un ambiente más limpio una temperatura considerada para mantener en optimas condiciones de operación los controles computarizados.

#### 4.3.4. Proveedores.

La función de los proveedores es de mucha importancia no solo dentro del mundo de los negocios, su actividad se hace patente a niveles domésticos como comerciales y finalmente los industriales.

De la calidad de los proveedores se deriva en parte, la calidad en los productos elaborados en la empresa, por esto la evaluación y acertada elección de los proveedores es vital, su buena elección y sobre todo las buenas relaciones con los proveedores ayuda a resolver infinidad de problemas que pueden presentarse repentinamente

Conocer entonces a los proveedores permite conocer sobre sus capacidades técnicas de producción, condiciones financieras servicios que presta y habilidades administrativas que posee, sin embargo es recomendable tener una cartera de proveedores para poder manejar en un forma mejor los requerimientos de producción en una empresa

La situación actual en las que nuestro país pertenece al TLC entre Canadá y U.S.A. y México, la selección de los proveedores se hace más trascendental e importante, ya que los costos, calidad

y oportunidad con que los productos nacionales tendrán para competir ante los extranjeros deben ser equiparables para continuar vivos dentro del mercado.

Antes de compenetrar al tema de proveedores, cabe hacer referencia al concepto que se tiene la respecto.

• *Definición.*

Proveedor.- Aquella persona física y moral que establece acuerdos con sus clientes para suministrar los bienes o servicios con las características y especificaciones requeridas para desarrollar sus actividades.

• *Fuente de información de proveedores.*

La información sobre proveedores es posible encontrarla en varia fuentes de estas es posible formar un alista de proveedores potenciales:

- + Catálogos de proveedores
- + Directores
- + Revistas
- + Sección amarilla
- + Archivo de compras
- + El vendedor
- + Exhibiciones
- + Personal de la empresa
- + Otros departamentos de compras

A continuacion se mencionan algunas características para la seleccion de proveedo es

Materias primas y refacciones	Características	Maquinaria o equipo pesado
X	Confiabilidad	X
X	Suministro continuo bajo cualquier condición	
X	Accesibilidad del vendedor	X
X	Bajo precio	X
X	Entrega rápida y confiable	
	Servicio de reparación rápida	X

#### • Servicios

El servicio proporcionado por un vendedor normalmente es medido en términos del cumplimiento de las fechas de entrega, de abastecer los productos con las especificaciones establecidas y de la satisfacción en la asistencia técnica. Un proveedor es de gran valor para una empresa sistema este conoce perfectamente su producto independientemente del punto de vista que se observa además de sus características. Con esto el proveedor esta en condiciones de sugerir adecuaciones de los productos que ofrecen y pueden ser utilizados en las instalaciones del comprador. Esto es cierto porque es el productos quien sabe más sobre sus productos que cualquier otra persona.

Este conocimiento sobre los productos ofrecidos se reduce en el caso de las empresas que solo distribuyen o que son representantes de firmas productoras, sin embargo constituyen un enlace entre el productor y el comprador, especialmente cuando se trata de productos importados

Para reconocer un buen servicio por parte del proveedor, no solo debe considerar el ofrecimiento de trabajar sobre las instalaciones de los equipos sino también sobre las reparaciones que se haran en caso de haber descompostura o bien a traves del servicio que prestarán por medio del envio del personal técnico especializado para tratar de adecuar sus productos a los

requerimientos del comprador y ayuden a este a incrementar su producción, reducir costos o ambas cosas.

Debe tenerse en mente que cuando se compra un producto no solo se obtiene un satisfactor sino que se compra la administración, nivel y capacidad técnica que se emplea en su fabricación.

• *Compras locales.*

Las compras locales son efectuadas principalmente para mantener los costos de adquisición a un nivel adecuado, sin embargo con abastecedores externos es una buena práctica, especialmente cuando se llegan a tener problemas en las relaciones publicas de la zona o bien cuando un proveedor no local ofrece sus productos o precios realmente convenientes que supera a los locales.

Sin embargo un proveedor local satisface de manera más rápida y económica las necesidades de compras de una empresa además por las relaciones creadas es capaz de ofrecer buenas ventajas (descuento, reducciones de costos, servicio inmediato, etc.), es decir el tipo y tiempo de respuesta es menor.

A continuación se en listan las ventajas de contar con proveedores locales.

1. La cercanía física provoca mayor interrelación
2. Las fechas de entrega se cumplen más eficientemente (menor transporte)
3. Precios más bajos por la utilización menor de transporte y seguros
4. Reducción de costos de almacenamientos
5. Mejor respuesta en caso de ordenes de emergencia

Las compras nacionales tiene las siguientes ventajas:

1. Las fuentes nacionales pueden ofrecer mayor calidad, eficiencia, servicio a bajo precio
2. Se puede obtener una asistencia técnica más rápida y menos costosa
3. Las empresas nacionales grandes pueden tener gran flexibilidad en sus instalaciones para satisfacer una gran gama de requerimientos

Para decidirse sobre que proveedor nacional o local será mejor se debe hacer una comparación técnica - económica, esto resolverá el problema de selección.

♦ *Compras internacionales.*

Algunos de los problemas más comunes que se presentan en la adquisición de productos importados son: incertidumbre en la fecha de entrega, dificultades de comunicación, cuestiones políticas, etc., sin embargo las compras del exterior son necesarias cuando en el mercado nacional no se encuentra el producto deseado o bien, no cumple con las expectativas de calidad, duración y hasta en ocasiones de precio.

Al elegir equipos importados es necesario hacer consideraciones sobre las transferencias de tecnología y los efectos que sobre nuestra sociedad puedan causar, debe recordarse que cuando se adquiere un bien no solo se recibe el bien en si, sino que con él se adquiere los modos de producción con los que fue elaborado, entendiendo por modos de producción: la tecnología, administración, ideología y otros aspectos que intervienen en la producción de todo bien.

• *La evaluación*

A continuación se da una lista de preguntas que se utilizan para efectuar una solución a los proveedores y lograr una buena selección de éstos:

Confianza

1. ¿Es el proveedor una compañía de reputación y de capacidad económica estable?
2. ¿Han sido mostradas en ocasiones anteriores la habilidad y la integridad del proveedor?
3. ¿Esta el proveedor proporcionando ahorros y mejorando los productos?

Capacidad técnica

1. ¿Presto ayuda el proveedor en la aplicación de ingeniería?
2. ¿Da sugerencias para reducir costos o adecuar su producto a necesidades del comprador?
3. ¿Presta ayuda a los diseños?

#### 4. ¿Puede ocuparse de los diseños especiales?

Servicio después de la venta.

1. ¿Tiene el proveedor una organización adecuada?
2. ¿Dispone de servicios de urgencia?
3. ¿Se pueden obtener piezas de repuesto fácilmente?

Disponibilidad

1. ¿Garantiza el proveedor las entregas a tiempo?
2. ¿Tiene existencias locales de pronta entrega?
3. ¿Es la ubicación del proveedor una ventaja para el cliente?
4. ¿Plantea entregas para llevar al mínimo el inventario del cliente?
5. ¿Puede confiarse el suministro continuo de productos o materiales?

Conveniencia de adquisición

1. ¿Empaca el proveedor sus productos en forma conveniente?
2. ¿Ofrece una línea completa de productos relacionados?
3. ¿Tiene agente de ventas locales? ¿Está capacitado para ayudar al cliente?
4. ¿Ayuda a recortar costos de adquisición?, como los costos de laboratorio, visitas calificadas, rechazos, quejas, etc.

Ayuda en las ventas

1. ¿Ayuda el proveedor a desarrollar los mercados mutuos? ¿Recomendará productos?
2. ¿Mejora sus productos para beneficiar la producción de los compradores?

#### 4.4.- FACTORES ECONÓMICOS

- *Estudio financiero.*

Para llevar a cabo la materialización de un proyecto industrial se requiere asignar una cantidad de recursos que se puedan agrupar en dos grandes grupos:

1. Los que se requieren para la adquisición e instalación del equipo ( inversión fija)
2. Requerimiento de operación del equipo (capital de trabajo).

##### Inversión fija.

" Comprende el conjunto de bienes que no son motivo de transacciones corrientes por parte de la empresa. Se adquieren durante la etapa de instalación del equipo y se utiliza a lo largo de su vida útil."<sup>4</sup>

Rubros que comprenden la inversión fija.

Estos rubros varían considerablemente según los diversos tipos de proyectos, pero en terminos generales incluye los costos siguientes:

1. Investigación y estudios previos
2. Organización de la empresa
3. Patentes y conocimientos técnicos especializados
4. Elaboración del proyecto final
5. Terreno para la instalación
6. Obra civil
7. Servicios auxiliares e instalaciones complementarias
8. Ingeniería supervisión y administración de la instalación
9. Puesta en marcha del equipo
10. Imprevistos o contingencias.

---

<sup>4</sup> SOTO RODRÍGUEZ, HUMBERTO, PAGINA 161.



### Capital de trabajo.

" So los recursos económicos que utilizan las empresas para atender las operaciones de producción distribución y venta de los productos elaborados."<sup>4</sup>

La suma de la inversión fija y capital de trabajo representa la inversión total de capital de un proyecto industrial.

### Estimación del capital de trabajo.

Los principales renglones que es necesario considerar para estimar capital son los siguientes:

1. Inventario de las materias primas
2. Inventario de los productos en proceso
3. Inventario de producto terminado
4. Cuentas por cobrar
5. Dinero en efectivo
6. Cuentas por pagar.

### Punto de equilibrio

En un proyecto industrial es importante determinar el volumen de producción al que debe trabajar la planta para que su ingresos sean iguales a sus egresos, es decir, el volumen de producción a partir del cual se obtienen utilidades para una combinación dada de precios de adquisición de los insumos y precios de ventas de productos.

" El punto de equilibrio es nivel de producción en el que son exactamente iguales los beneficios por ventas a la suma de los costos variables."<sup>5</sup>

<sup>5</sup> BACA URBINA GABRIEL, PAGINA 175

• *Estados financieros proforma.*

Para estimar la situación económica del equipo en sus primeros años de operación es necesario preparar balances y estados proforma de pérdidas y ganancias, así como estados proforma de origen y aplicaciones de recursos.

a) Estados proforma de pérdidas y ganancias.

Estos incluyen básicamente los siguientes aspectos:

1. Valor de las ventas netas
2. Costo de lo vendido
3. Utilidad bruta por ventas
4. Gastos por ventas y administración
5. Gastos financieros
6. Utilidades de operación
7. Productos financieros
8. Utilidades antes de impuestos
9. Impuestos sobre utilidades
10. Participación de utilidades al trabajador
11. Utilidades netas

b) Balances generales proforma.

Contienen los rubros que constituyen, por un lado, los activos de la empresa es decir, las propiedades y derechos que adquiriría, y por otro los pasivos de la misma, es decir, las obligaciones financieras que contraería a través del préstamo.

• *Evaluación económica.*

En los métodos de evaluación económica el valor del dinero a través del tiempo y son básicamente VAN<sup>6</sup> y IR<sup>7</sup>. El VAN consiste en descontar y trasladar al presente todos los flujos futuros del proyecto, a una tasa de descuento igual a la MAR<sup>8</sup>, sumar todas las ganancias y restarlas a la inversión inicial en tiempo cero. Si el VPN es mayor que cero se aceptara la inversión, dado que un valor positivo del VPN significa ganar la TMAR más el valor positivo del resultado en términos del valor del dinero tiempo cero. Si el VPN es menor que cero significa que la ganancia del proyecto no son suficientes siquiera para ganar la TMAR y, por lo tanto la inversión debe rechazarse.

Para calcular TIR, por definición el VPN = 0. Para aceptar la inversión el valor que se obtenga de la TIR deber mayor a la TMAR. Si la TIR es menor que la TMAR, la inversión se rechazará.

En ambos métodos, VPN y TIR, se supone que las ganancias se reinvierten en su totalidad y que al reinvertirse ganan la misma tasa de descuento con la que fueron calculadas.

• *Bases para la evolución de alternativas.*

Para elegir sobre la adquisición de maquinaria y equipo nuevo dentro de un proceso industrial es necesario hacer un análisis cuidadoso de las ventajas y de las características mecánicas técnicos y económicas que el equipo actual y el equipo nuevo pueden ofrecer, con el propósito de poder realizar una comparación más objetiva y racional.

Para que una decisión económica sea competente, debemos considerar que:

- a) hayan sido examinadas todas las alternativas.
- b) se hayan incluido todos los elementos de costos e ingresos.
- c) que los principios y las técnicas de evaluación sean correctos.

<sup>6</sup> VALOR PRESENTE NETO

<sup>7</sup> TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.

<sup>8</sup> TASA MINIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO

La toma de decisiones económicas incluye tanto la generación como la evolución de las alternativas. Puesto que el objeto de la decisión es siempre la elección de alguna alternativa, la toma de decisiones económicas solo puede tener lugar si se han establecido alternativas.

Al realizar análisis económico, debemos tener en mente no solo los costos presentes sino también los costos futuros.

Generalmente la elección de máquinas generales o particulares es un asunto de tipo económico que depende de:

- a) Del costo inicial que tiene que amortizarse durante la vida útil que se espera del equipo.
- b) Del costo de la mano de obra directa.
- c) Del costo de preparación de la máquina incluyendo el utilaje y la preparación propiamente dicha.

En el diseño a selección de una máquina hay dos principios que deben tenerse en cuenta:

- a) La máquina debe ser fácil de preparar, operar, mantener y reparar.
- b) Debe de estar equipada con dispositivos de seguridad para evitar rupturas costosas como consecuencia de una operación inadecuada.

Al sustituir el equipo actual por el equipo nuevo debemos considerar el proceso general de fabricación del producto para que su inclusión sea la más provechosa y benéfica.

La tecnología involucra muchos aspectos o considerar al momento de realizar una elección entre varias alternativas; tales como construcción material, partes componentes, tipos de operación y maquinados, herramientas, mantenimiento, reposición de partes, facilidad de manejo, etc.

Posiblemente uno de los factores más importantes al seleccionar el equipo de producción en una empresa industrial es el análisis comparativo de la productividad que nos ofrecen los diferentes posibles equipos a adquirir.

Productividad la entendemos como: lograr el máximo producto de los recursos disponibles, se define formalmente como la relación que existe entre la cantidad de artículos producidos y la cantidad de recursos requeridos para producir dichos artículos.

$$\text{productividad} = (\text{productos/insumos})$$

Productividad implica calidad, implica calidad, entendida ésta como la medida en la que un producto o servicio sirve para lo que se va a usar y satisface los requisitos que este uso le impone.

La productividad no es sinónimo de producción. Podemos producir mucho porque tenemos muchos recursos pero con gran desperdicio. Aquí hay ineficiencia, no productividad.

La productividad no es sinónimo de utilidad contable. Podemos ganar buenas utilidades porque quizás podamos asignar precios altos a un producto dentro de una práctica monopolista; pero podemos estar trabajando con bajos índices de eficiencia cubiertos dentro de los altos precios cargados al consumidor final.

Debemos estar conscientes de que México tendrá que redoblar sus esfuerzos de exportación para poder lograr la autosuficiencia de divisas, que existe una marcada tendencia a la "globalización" de la economía mundial, a través de las cuales los países subdesarrollados colocan sus plantas industriales en los lugares que mayor ventaja les ofrecen, o se surten de componentes de los países que ofrecen mayor calidad y costo y de ahí abastecen al mercado mundial, nos encontraremos en pleno proceso de cambio donde nuestra economía tendera a abrirse cada vez más al exterior, entrando al fuego de la interdependencia entre las naciones.

En otras palabras, estamos en el umbral de la entrada a jugar con las ligas mayores en donde nos encontramos compitiendo con los japoneses, los norteamericanos, los alemanes, los franceses y de todos los países desarrollados y en vías de desarrollo que concurren a los mercados mundiales. Tal es el caso del T.L.C.

Los cuestionamientos anteriores nos pueden llevar a cambios estructurales que modifiquen la concepción de nuestros actuales negocios. Modificar la capacidad de planta, usar tecnologías modernas, hacer eficiente el proceso industrial, buscar mercados en el exterior, etc., o al reconocimiento de un riesgo creciente de tener que cerrar en el plazo medio o largo, industrial

poco competitivas, que no son capaces de sostener el ritmo del avance tecnológico y de la eficiencia.

Para convertir a México en un país exportador necesitamos incrementar significativamente la productividad.

Son varias las ideas que se están utilizando en algunas empresas para incrementar su productividad; algunas de ellas son:

- + Introducir programas de productividad desde la alta gerencia hasta los niveles más bajos de la empresa.
- + Otras empresas han incrementado su atención en la calidad, bajo la premisa de que la productividad y la calidad no son metas que se oponen entre sí y que las mejoras en la calidad resultan en mejoras en la productividad. Se busca más la prevención de defectos que su detención, esta prevención puede darse con la adquisición de nuevas tecnologías como son los sistemas de manufactura controlados por computadora.
- + Los círculos de calidad.
- + Los sistemas, la microcomputación y la concepción de software están acelerando el impacto que causó el procesamiento electrónico de datos en lo referente a control, información y comunicación.
- + Los sistemas de inventarios "Just in time".

La productividad, por una parte, busca la reducción de costos, el incremento de la calidad y la maximización de utilidades y, por la otra, el bienestar del personal que trabaja en la empresa.

El primer propósito, reducción de costos, incremento de calidad y maximización de utilidades, es el que tiene que ver con el producto, con el proceso de fabricación, con la comercialización y con los recursos materiales en general. El segundo se refiere a la gente.

La empresa espera del hombre productividad y ofrece a cambio satisfactores.

Para que el hombre realice algo, necesita fundamentalmente tres cosas:

- + El saber como hacerlo
- + El poder hacerlo
- + El querer hacerlo.

El *saber como hacer las cosas* esta íntimamente ligado a las habilidades del hombre o su actitud para desempeñar un trabajo. Mientras mayores sean sus habilidades o conocimientos sobre un trabajo determinado, mejores *posibilidades se tendrán de hacerlo mejor*. Es aquí en donde la capacitación y adiestramiento del trabajador juega el papel más importante

El *poder hacer las cosas* esta ligado con los bienes físicos que requiere el trabajador para desempeñar su función: la maquinaria, equipo, herramientas, recursos financieros, etc.

El *querer hacer las cosas* representa la actitud del trabajador, está íntimamente relacionado con la motivación y con la psicología del trabajo.

La *máxima productividad*, en lo que toca al factor humano, la podemos encontrar en aquellas empresas en donde logran identificarse mejor los objetivos individuales con los corporativos y en donde el trabajo logra la *mayor satisfacción posible de sus necesidades integrales*.

#### 4.4.1. Costos.

Es importante analizar el monto total de la inversión por adquirir un equipo nuevo y los desembolsos que por mantenimiento y desperdicios se tengan que realizar en el futuro, así como la productividad que estos equipos presentan en relación con otros. Posiblemente esto sea la *limitación principal para seleccionar la adquisición de una maquinaria o equipo*.

Como se ha mencionado anteriormente, para la adquisición de *máquinas herramientas CN* se requiere de una inversión inicial sustancial en comparación con *máquinas herramientas convencionales*

El costo de estos equipos se justifica por su diseño y construcción especial. La máquina con CN debe ser diseñada con una estructura más rígida, husillos especiales y más fuertes, cojinetes y otros mecanismos actuantes, esto permite a la máquina mayor velocidad tanto de corte como de posicionamiento del útil. Además habrá que considerar gastos para la adquisición de equipo

opcional para mejorar el procesamiento de información. Como se mencionó en la introducción, el costo de estas máquina ha bajado de manera considerable que actualmente pueden comprarse equipos que oscilan entre cien mil dólares (como algunos tornos con CN), hasta equipos muy sofisticados, tales como centros de maquinado que cuestan cientos de miles de dólares. Un estudio cuidadoso revelo que a pesar de los altos costos iniciales, la instalación de una máquina herramienta con CN propiamente operada se pagara por si misma en un periodo relativamente corto.

Generalmente cuando se discute un análisis de costos de los equipos con control numérico se relaciona a los costos de programación con los costos para la elaboración de accesorios o dispositivos de sujeción y montajes requeridos en el maquinado convencional. Precisamente, el ahorro más grande del control numérico probablemente lo constituye la eliminación de dispositivos y accesorios complejos.

Otro aspecto importante en el análisis de costos es la drástica reducción de tiempo de elaboración de partes maquinadas en equipos con control numérico. " En una máquina herramienta convencional una parte típica pasará alrededor de un 5% de su tiempo de elaboración siendo maquinada, es decir, que el tiempo efectivo de corte es el 5% . El 95% pasará siendo inspeccionada y esperando, debido a que para su elaboración requiere ser trabajada en varias máquinas herramienta <sup>19</sup>. Con control numérico esta misma parte puede ser trabajada en una misma máquina y con el mismo montaje en un tiempo marcadamente corto, reduciendo así el tiempo total de manufactura.

#### • *Costos tangibles e intangibles.*

Es obvio que la situación de comprar un equipo nuevo propone costos mas elevados en los próximos años comparativamente hablando de los costos incurridos al mantener el equipo actual, sin embargo, es importante analizar ciertas características intangibles que nos proporciona directamente el equipo nuevo con relación al equipo actual, y de alguna manera, difícil de medir, reducen la diferencia en los costos de los equipo, por ejemplo: seguridad, accidentes de trabajo, acabado, satisfacción del operador, reducción de fallas, mantenimientos menos frecuentes, etc.

<sup>19</sup> REVISTA MECHANICAL ENGINEERING, JULIO 1981. FIDUCIA POR LA AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS



- *Costo anual.*

Al adquirir equipo nuevo, debemos considerar la vida de uso de cada una de las alternativas en la comparación. Un método común de hacerlo es el costo anual.

Existen algunos factores que debemos considerar al hacer la comparación del costo anual.

- + El valor de mercado de nuestro equipo actual.
- + El costo del equipo nuevo.
- + La vida de los dos equipos.
- + El mantenimiento y otros gastos.

Podemos predecir con mucha seguridad que los costos asociados con el equipo actual, pero con el equipo nuevo debemos ser muy cuidadosos al incluir todos los costos asociados a su propiedad y uso.

#### 4.4.2. Depreciación, envejecimiento y valor de recuperación.

Todo estudio de la sustitución del equipo se haya implícito en los temas de la depreciación y de la antigüedad o de envejecimiento, que deberá considerarse en primer lugar. La depreciación puede definirse como los cargos anuales que reflejan la disminución el valor de un activo a consecuencia de causas tales como el desgaste, la acción de los elementos, el envejecimiento y la falta de educación y en ello influyen factores implícitos, y la estructura del capital de la empresa y las variaciones en los niveles de los precios.

El envejecimiento (obsolescencia) es la depreciación del equipo existente a consecuencia de la inversión de equipos y procesos nuevos y mejores. Es por tanto, una medida de la disminución de la productividad y de la eficiencia en relación con los equipos computarizados desarrollados en fechas más recientes.

El envejecimiento depende de la productividad relativa de la maquina en relación con la de los nuevos sistemas de manufactura computarizada. O puede tropezar con cambios en los estilos o en los gastos del público que hacen que los productos y en consecuencia las máquinas que lo fabrican resulten anticuados

El término recuperación permite establecer el valor de mercado del bien al final de su vida.

#### 4.5. FACTORES ADMINISTRATIVOS.

- *Calificación del personal.*

Cuando se planea la compra de máquinas herramientas con control numérico, uno de los puntos más importantes ha considerar con el fin de recuperar al máximo el capital invertido, es seleccionar perfectamente el personal que se hará responsable de la operación y programación de la máquina con CN. La empresa debe establecer una buena cooperación entre el personal del taller, el de programación y de ingeniería.

El control numérico abre grandes oportunidades para el ingeniero y diseñador al poder manufacturar partes con contornos muy complicados imposibles de fabricar con máquinas herramientas convencionales.

Un crecimiento rápido de conocimientos técnicos y la creación de campos nuevos tales como la industria electrónica, han creado gran demanda de hombres con conocimientos especializados. Al mismo tiempo, la situación demanda ingenieros, técnicos y obreros capacitados para el manejo de la maquinaria con CN y equipo computarizado para la elaboración de planes que aseguren los resultados que se desean.

Existen amplias fluctuaciones en los salarios entre los diversos grados de conocimientos, habilidades y capacitación del personal que labora en una empresa; por esta razón si el costo de la mano de obra representa un gran porcentaje del costo del producto, este es un factor importante a considerar.

Además de considerar el costo de la mano de obra hay que tener en cuenta los costo incurridos por capacitar el personal en el manejo de nuevas máquinas y equipos.

Verificar con qué facilidades se cuenta para el adiestramiento y capacitación del personal en cuanto a.

- Centros de capacitación, lugar, duración y costo.
- Personal; si existe personal potencial dentro de la empresa para capacitarlo.

- Externo; con requerimiento de capacitación, sin requerimiento de capacitación.

Por lo tanto, es necesario realizar un estudio profundo de la mano de obra disponible y un análisis de detección de necesidades de capacitación.

Al hacer un análisis para seleccionar maquinaria y equipo, debemos analizar requerimientos de personal, que implica la demanda de ingenieros, técnicos, personal capacitado y obreros. Así como los requerimientos que sobre capacitación y adiestramiento se deban efectuar en cada uno de los niveles antes mencionados.

• *Importaciones.*

Este punto se refiere a la posibilidad de adquirir los equipos y las máquinas de los proveedores extranjeros en comparación con los nacionales. Para este análisis es necesario calcular las ventajas y desventajas que ambos proveedores nos ofrecen a la vista de los factores antes mencionados; además de las facilidades o limitaciones existentes en la importación de repuestos y mantenimientos mayores requeridos.

Así mismo, hay que analizar y revisar las leyes estatales y la reglamentación nacional e internacional existente.

• *Reducción de Inventarios.*

Con el uso del control numérico los tiempos de fabricación se ha reducido al mínimo, reduciéndose así, la cantidad de inventarios requeridos.

El inventario de producto terminado puede mantenerse dentro de la empresa únicamente el tiempo que dure la fabricación del lote, siendo comparativamente mucho más rápido que con los métodos convencionales de maquinado.

El inventario del material en proceso es mínimo debido al apetito de estas máquinas y la rapidez con que devoran el material con la que una nueva parte puede ser puesta en proceso rápidamente eliminando el inventario de producto terminado y sustituirlo por otro.

Los inventarios es los grandes almacenes de materia prima también pueden reducirse o en algunos casos eliminarse debido a que ya no es necesario programar largas corridas de producción

## CAPITULO 5

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVA DE  
UTILIZACIÓN DE LAS MÁQUINAS  
HERRAMIENTA CON CONTROL NUMÉRICO EN  
MÉXICO.

## 5.1. INTRODUCCION

Se presenta un panorama muy general de la utilización actual de los sistemas de CN en la industria metal mecánica mexicana, apoyándonos con la técnica de encuestas de opinión.

En la actualidad pocos se han preocupado por investigar el tema CN en nuestro país y concretamente en nuestra planta productiva y esto trae como consecuencia que exista una escasa información disponible sobre el mismo. Incluso en instituciones como: La cámara nacional de la industria de la transformación (CANACINTRA), el consejo nacional de ciencia y tecnología (CONACyT) y la secretaría de comercio y fomento industrial (SECOFI), no cuenta con estudios estadístico ni perspectivas de utilización de las máquinas herramienta con control numérico. De aquí que la información presentada en este capítulo es producto de visitas realizadas directamente de las empresas que poseen este tipo de equipo y visitas a proveedores de maquinaria con CN y aún en estos casos existen muchos obstáculos que impiden el desarrollo efectivo de una investigación seria y profunda.

Por lo tanto realizamos un censo únicamente de empresas dentro del valle de México de las cuales se visitaron 25 empresas solamente recibimos apoyo de 6 empresas que nos brindaron atención y apoyo para el desarrollo del mismo.

De estas 6 empresas visitadas, escogimos solamente a 4 empresas, ya que estas son consideradas líderes en el uso de máquinas herramienta con control numérico en México, es decir estas empresas tienen una proyección internacional y todas ellas tienen exportaciones a todo el mundo.

Las otras dos empresas que nos dieron su apoyo se omiten por el contenido de la información que es similar al de las otras cuatro empresas.

A continuación mencionare a las cuatro empresas que nos dieron las facilidades y que nos respondieron a la entrevista:

- 1 - Mecánica Falk, S.A.
- 2.- Microscopios, S.A.
- 3 - Festo Pneumatic, S.A.

## 4.- Ferropartes Mexicanas, S.A

Primeramente presentaré una relacion de algunas industrias que utilizan en sus procesos de fabricación máquinas con CN

Posteriormente presentare una lista de algunas instituciones que cuenta ya en sus instalaciones con máquinas herramientas con CN.

A continuación presentare las encuestas de opinión tomadas de los responsables de los respectivos departamentos de CN de las siguientes empresas que nos atendieron y respondieron a la entrevista.

## 5.2. INDUSTRIAS E INSTITUCIONES QUE TIENEN MÁQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICOS

Conviene aclarar que la siguiente relación de industrias e instituciones están incompletas, pero nos dará una idea del uso actual de CN

+ Ferropartes Mexicana, S.A. de C.V.	+ Worthinton de México, S.A
+ Microscopios, S.A.	+ Tremec, S.A.
+ Adex, S.A.	+ Tubesa
+ Mecánica Falk, S.A.	+ Mecánica Nacional de Precisión
+ Sociedad Industrial Mexicana, S A.	+ Talleres Mecánicos Montserrat
+ SECOROC de México, S.A.	+ Moresa
+ Grupo Blaju, S A.	+ Tamsa
+ Festo Pneumatic, S A.	+ Square de Mexico
+ Central de Industrias, S A	+ Termex, S A
+ Clement s, S.A	+ Super Talleres Torreón
+ General Motor s Company, S A	+ Pastelerías el globo

+ Ford Motor Company, S.A.	+ Sicartsa
+ Chrysler, S.A.	+ Sanduick de México, S.A.
+ Nissan, S.A.	+ Kenamex
+ Volkswagen, S.A.	+ Kelsey Hayes de México, S.A.
+ Pemex (refinería de Tula Hidalgo)	+ Rassini Rheem, S.A. de C.V.
+ Industrias Kirkwood, S.A.	

La lista de instituciones de educación que a continuación se presenta no pretende incluir todas las instituciones de enseñanza que tiene máquinas con CN habrá algunas que hemos omitido por desconocimiento, sin embargo, nos da una idea de que el sector educativo está preocupado porque los egresados de esas instituciones estén actualizados con los adelantos tecnológicos y estén capacitados para enfrentar los retos que conlleva el desarrollo tecnológico y su aplicación en la industria metal mecánica.

1.- Instituto Politécnico Nacional (IPN).

a) Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

(Unidad Culhuacan, Unidad Azcapotzalco).

b) Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y Administrativas.

c) Los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos

(en la rama Físico matemáticas, nivel medio superior).

2.- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

a) Facultad de Ingeniería

3.- COLEGIO NACIONAL DE EDUCACIÓN PROFESIONAL TÉCNICO (CONALEP)

a) Unidad Aragón

b) Unidad Iztapalapa

c) Unidad Molina

d) Unidad Tequesquihuac

4.- CENTRO DE ESTUDIOS TECNOLÓGICOS MÉXICO - ALEMÁN

5 - CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA TRABAJADORES.

a) N° 1

b) N° 11

c) N° 28

6.- TECNOLÓGICO DE MONTERREY.

### 5.3. CENSO

#### 5.3.1. Entrevista con el ING. Gerardo Rodríguez, gerente de manufactura de la empresa MECÁNICA FALK, S.A.

TEMA: Situación actual del uso de máquinas herramienta con CN en la industria metal mecánica en México.

1.- ¿ Qué producto o productos fabrica Mecánica Falk ?

Mecánica Falk desde su fundación se ha dedicado a la fabricación de reductores de velocidad productos que sirven para reducir la velocidad de entrada y aumentar la potencia a la salida Su uso se extiende a una gran cantidad de aplicaciones industriales.

La empresa ha intentado siempre manufacturar todos los componentes del reductor como son flechas, engranes, bujes, baleros y la carcaza. En la actualidad lo unico que no producimos son los baleros



2.- ¿Cuál, en su opinión considera que es la situación actual del uso del CN en la industria en México ?

De acuerdo a mi experiencia dentro del ramo, puedo afirmarle que el uso de la máquinas herramienta con control numérico dentro de la industria en México va en constante aumento día con día, hace apenas 18 años era raro hablar de máquinas con control numérico, cuando en países industrializados, el uso del CN en las industrias eran tan común. Actualmente los industriales se están dando cuenta más y más de las ventajas que estos sistemas reportan. Por otro lado, existe una desconfianza de algunos empresarios para usar estos equipos debido en gran parte a la ignorancia que de ellos tienen, y para contrarrestar este problema será necesario capacitar e informar a los responsables de los medios de producción a través de cursos, seminarios, conferencias o meramente pláticas sobre el tema

Falk tiene 15 años de experiencia usando máquinas herramienta con control numérico desde que adquirió su primer máquina con CN de ahí en adelante los directivos han concentrado su atención en la automatización de la planta con la introducción de más máquinas herramienta con control numérico, ya que en mi opinión, la empresa que no automatice sus máquinas herramienta se quedará rezagada y no estará a la altura de aquellas que cuentan con máquinas herramienta con control numérico y por ende se quedará fuera de competencia tanto nacional como extranjera.

Todos los fabricantes de máquinas herramienta están concentrando sus esfuerzos para producir máquinas herramienta todas con CN. Ya en algunos países como Alemania, Francia, Japón, U.S.A. y otros países industrializados cuando se habla de máquinas herramienta se induce que se está hablando de máquinas herramienta con control numérico.

Este concepto se tendrá que ir imponiendo aquí en México, por supuesto que se requerirá de mucha cultura técnica

En relación al total de empresas al sector metal mecánica podría decir que sólo un 10% de estos tienen experiencia de uso de máquinas herramienta con control numérico. Este bajo porcentaje es muy alarmante, ya que en este rubro México esta en amplia desventaja tecnológica con U.S.A. y Canadá.

### 3.- ¿ Qué tipo de máquinas herramienta con control numérico tiene mecánica Falk ?

Por las características de nuestros productos, la compañía posee actualmente cinco centros de torneado y cuatro centros de maquinado en total nueve máquinas herramienta con control numérico todas de la firma norteamericana Cincinnati Milacron. Los centros de torneado tienen capacidades de herramientas desde 8 hasta 12 y los centros de maquinado desde 30 hasta 45.

Los centros de torneado de 12 herramientas, 6 utiliza para torneado de interiores y 6 para diámetros exteriores. El tiempo de indexación de la torreta es de 1.5 segundos además de rápido es extremadamente exacto. El reglaje de las herramientas es muy rápido ya que lo realiza la propia máquina en forma automática, haciendo tocar la punta de la herramienta con el sensor de ajuste.

El tipo de CN que utilizan tanto los centros de torneado como los centros de maquinado es el ACRAMATIC 850 también de la Cincinnati Milacron por supuesto con diferentes características tecnológicas.

De acuerdo a la información que poseemos estos controles numérico poseen características tecnológicas avanzadas y esto lo hemos corroborado directamente en la fabricación de nuestros productos.

### 4.- ¿ De qué procedencia son las máquinas herramienta con control numérico ?

Como afirma en la respuesta anterior todas las máquinas herramienta con control numérico son de procedencia estadounidense y esto, por la simple razón de que la empresa después de estudiar varias alternativas de equipos se decidió por Cincinnati Milacron, porque era la que presentaba mayores ventajas de acuerdo a nuestros requerimientos de precisión, flexibilidad y productividad.

### 5.- ¿Cuál o cuales fueron las razones de peso que los motivo para comprar máquinas herramienta con control numérico ?

Una de las razones fue incrementar la calidad de nuestros productos haciendo que esta fuera consistente en cada parte.

Otra razones fue la gran flexibilidad que presentan las máquinas herramienta con control numérico ya que únicamente con un nuevo programa se puede mecanizar una parte diferente en tan corto tiempo. Esta característica representa para nosotros mucha importancia ya que nuestro producto no es el mismo y constantemente en un mismo turno de trabajo tenemos necesidad de mecanizar diferentes piezas.

Otra razón fue la necesidad de incrementar la productividad.

Cada uno de estos objetivos se ha logrado con introducción de las máquinas herramienta con control numérico. Además nuestro inventario en proceso ha sido reducido al mínimo así como la administración de las ordenes de producción se ha simplificado.

Quizá la razón más importante fue la certeza que teníamos de que si queríamos mantener nuestro liderazgo en la producción de reductores era necesario modernizar nuestra capacidad instalada y de esta manera mantenernos a la vanguardia.

6.- ¿Cuál fue el costo de los equipos del CN ?

El costo de los centros de torneado oscila entre los 150,000 dólares y 280,000 dólares, y los centros de maquinado costaron 300,000 a 320,000 dólares aproximadamente esto quiere decir que la inversión inicial fue muy alto y esto representa una de las desventajas de las máquinas herramienta con control numérico. Sin embargo debido a las características de precisión, rapidez y flexibilidad su amortización es relativamente rápida estamos hablando de 2 a 4 años y dependiendo del aprovechamiento de éstos.

7.- ¿ Han sido rentables las máquinas herramienta con control numérico ?

Cuando hablamos de rentabilidad de un equipo queremos decir si éste efectivamente ha cumplido con las expectativas de precisión, rapidez y flexibilidad que se esperaba de él, en otras palabras, podemos comparar la palabra rentabilidad con productividad luego entonces las máquinas herramienta con control numérico han sido, sumamente rentables

Creo que es importante mencionar que estas máquinas han sido concebidas para mantenerse trabajando si es posible las 24 horas del día y como mínimo 16 horas diarias. Esto por

obvia razón del elevado costo de las mismas. Por esto es muy importante, que antes de comprar una máquina herramienta con control numérico se planee convenientemente cuales son los requerimientos de producción para no correr el riesgo de que la máquina permanezca inactiva por muchas horas durante el día. Muchas veces cuando esto sucede se piensa que las máquinas herramienta con control numérico no son rentables pero esto no es así cuando existe una planeación como ya lo mencione de los requerimientos de producción.

8.- ¿ Planea Mecánica Falk la compra de más equipo con CN ? y ¿ Por qué ?

Si, la compañía sigue pensando adquirir más equipo con CN ya que en el momento que vivimos ya no es posible pensar en comprar equipo convencional, día con día estás máquinas tienden a desaparecer; y la política de la empresa en cuanto a maquinaria va en el sentido de que esta debe ser sustituida gradualmente por equipo computarizado, la razón: ser competitivos.

En este momento la compañía planea la adquisición de una máquina cortadora de placa con CN. Esta máquina conocida como pantógrafo sustituirá a las cortadoras manuales.

9.- ¿ Que porcentaje del total de sus maquinaria es con CN ?

El porcentaje de equipo con CN es de un 40 % y se podría pensar que es muy bajo, pero si decimos que este 40% de equipo produce el 80% de nuestra producción total entonces la realidad es otra.

Por otro lado, la concepcion de estos equipos, es hacer más compactas las fabricas, es decir, que se reducen gradualmente los requerimientos de espacio. Creo que las grandes tabucas del reciente pasado estan cambiando y se están haciendo más compactas. Como por ejemplo, hay muchas empresas ya en la actualidad, que están transformando sus plantas introduciendo equipo computarizado muy sofisticado como son las celulas flexibles, que unicamente requieren de un minimo de espacio, pero tienen una funcionalidad y produccion mayor que una planta convencional y de mayores proporciones.

### 10 - ¿ Qué impacto ha tenido este equipo ?

Lo primero que me viene en mente cuando hablamos de los impactos de las máquinas herramienta con control numérico, es el impacto que ha causado en la productividad creo que a respuesta a la pregunta anterior contesta en parte a su pregunta ya que el 40% del equipo realiza el 80% de la producción total y a esto yo le llamo productividad.

Aquí por supuesto surge esta pregunta ¿ cuánta maquinaria fue eliminada, con la introducción de las máquinas herramienta con control numérico ? y yo le diría que en promedio cada máquina herramienta con control numérico elimino 3 - 5 máquinas convencionales, pero por supuesto, las máquinas con CN realizan la producción todavía a un tiempo mucho menor y mucha mayor precisión y calidad. A esto también le llamo productividad

En las máquinas herramienta convencionales la habilidad del operario y su estado de ánimo todavía establecen la calidad y la productividad. En las máquinas herramienta con control numérico todo va implícito en la propia máquina. Es decir, el programa establece los parámetros de precisión, calidad y tiempo de maquinado que son inherentes al control y esto también es productividad.

Por otro lado estas máquinas cuando se les agrega un alimentador de barra y brazos cachadores de piezas pueden permanecer trabajando las 24 horas del día, sin necesidad de tener un operador por las noches ya que se les prepara suficientemente durante el día para que pueda trabajar durante la noche. Esto también es productividad.

Otro impacto de las máquinas herramienta con control numérico, es que gracias al tremendo apetito de arranque de material que tienen estas máquinas nuestro inventario de material en proceso se ha reducido enormemente, es decir, el tiempo que el material esta en la máquina es mínimo y prontamente es retirado para su ensamble final

La administración de la producción en la planta también ha sido mejorada haciendola más eficiente. No es lo mismo coordinar 20 maquinas que coordinar 4 o 5 por ejemplo

11.- ¿ Alguna repercusión social que halla causado la adquisición de máquinas herramienta con control numérico ?, por ejemplo, ¿ Originó desempleo ? ¿ De que manera afecto el costo de producto ?

En realidad en Mecánica Falk no hubo desempleo importante por la adquisición de maquinas herramienta con control numérico Hemos dicho que una máquina con CN desplazo aproximadamente 4 máquinas convencionales. Si de entre estos 4 empleados se seleccionó uno para operar el equipo con CN y otro fue reubicado para realizar otras funciones, entonces estamos hablando de que por cada máquina se despidieron dos operadores.

Sin embargo quiero resaltar que en otras empresas el desempleo si ha sido considerable y muy serio, esto es debido a las características de los artículos que producen y al tipo de equipo con CN que tienen, por ejemplo, máquinas con alimentadores de barras

En relación al costo del producto, no ha habido un impacto sustancial directo, porque los costos generales para producir los productos se han mantenido constantes, sino es que se han incrementado considerablemente por la inversión tan alta realizado por la adquisición de las máquinas herramienta con control numérico. Ya hemos mencionado que la productividad aumento considerablemente pero de momento nuestros gastos siguen siendo los mismos, ya que, este equipo debe ser soportando la carga de casi toda la planta.

En un futuro cercano creo que conforme la planta se vaya haciendo más compacta, la incidencia en la reducción del costo de venta del producto se irá haciendo mas palpable.

12.- ¿ Qué tipo de profesionales contratan ustedes para la programación y operación de las máquinas herramienta con control numerico ? y ¿ Qué experiencia requieren los mismos ?

Los responsables de nuestro departamento de control numérico por lo general son ingenieros industriales y mecánicos con amplia experiencia en el área de control numerico, ademas deben tener amplia experiencia en los procesos de manufactura en especial. los de arranque de viruta. Debe poseer amplios conocimientos en lo tocante a las herramientas de corte, y en general a los fenómenos relativos al corte de metales.

En la actualidad, encontrar profesionales con estas características es muy rara y por lo tanto difícil y esto se convierte en una desventaja.

Sin embargo la experiencia de los operadores habilidosos ya no se requiere para operar estos equipos, ya que en la máquina realiza todo el trabajo por programas y todo el trabajo de mecanizado está contenido ahí. De aquí que el operador únicamente se dedica a quitar y poner la pieza de trabajo y esto se convierte en una ventaja de las máquinas herramienta con control numérico

Por supuesto que, tanto los programadores, como los operadores reciben una capacitación constante en sus respectivas áreas de responsabilidad

La capacitación inicial al comprar una máquina herramienta con control numérico es responsabilidad del proveedor del equipo, de aquí la importancia de la buena selección del proveedor, es decir, es necesario asegurarse que la compañía tenga personal altamente calificado para impartir los cursos de capacitación correspondientes, porque posteriormente la responsabilidad recae en la propia compañía que compra el equipo.

13.- La introducción de máquinas herramienta con control numérico ¿ Originó cambios en la estructura organizacional y administrativa de la empresa ?

Los cambios más significativos se han dado básicamente en lo referente al control de la producción.

El documento base del programador es el plano de la pieza: si las oficinas de estudio y de diseño, la conciben en la óptica de una producción en máquina con CN, los diseñadores deben acotar los planos de tal forma que facilite el trabajo de los programadores. En este sentido si ha habido cambios en la oficina de diseño

Anteriormente, nuestros diseñadores estaban limitados al diseño de formas relativamente sencillas. Ahora con las máquinas herramienta con control numérico no tiene esta limitación, y ahora es posible diseñar piezas con contornos muy complejos difíciles de realizar en máquinas convencionales.

En síntesis podría decir que los departamentos que más inciden en el departamento de CN son El departamento de diseño, el departamento de ingeniería industrial en lo relacionado a los métodos de trabajo, el departamento de herramientas y utilajes y el departamento de personal que es el responsable de controlar y capacitar al programador y a los operadores, además preparar al personal de mantenimiento.

14.- Uno de los temores que surgen cuando se piensa adquirir equipo con CN es el relacionado al mantenimiento, y se piensa, que además de costos existe poco personal especializado y por lo tanto difícil de encontrar. ¿ Cuáles han sido sus experiencias en relación a este punto ?

Realmente en este sentido, si ha habido problemas para conseguir gente especializada en la reparación de los controles y sistemas que componen una máquina con CN.

En nuestro caso, el costo de reparación de nuestros equipos si ha sido caro y por lo general, este servicio es realizado por la compañía que nos vendió las máquinas o por su representante en México que en nuestro caso es la compañía Técnicos Argostal, S A

Otro problema relacionado al mantenimiento es el relacionado a la obtención de refacciones para la reparación de la máquina, varias veces, esto ha ocasionado que nuestras máquinas están inactivas por varios días por la falta de una sola pieza que tiene que ser importada. En este sentido, considero que este problema representa una desventaja de estos sistemas, por lo menos en países como México. En los países de origen este problema no existe.

Se está haciendo un esfuerzo en Mecánica Falk para capacitar a 3 ingenieros, tanto en el área de programación como en mantenimiento de los equipos esto con la finalidad de reducir al máximo los tiempos muertos ocasionados por descomposturas

Creo que los fabricantes de estas máquinas deben poner mayor atención a este tipo de problemas que se suscitan en plantas como la nuestra, y de todas aquellas que adquieren este tipo de tecnologías, es decir, deben proveer mecanismos entre ellos y sus representantes para que el funcionamiento de estas máquinas sea más confiable



15 - ¿ Qué tipo de proceso productivo realizan en Mecánica Falk ? y ¿ Cuáles son las piezas más comunes que mecanizan con CN ?

Por las características de nuestros productos puedo decir que tenemos una producción por lotes, y este tipo de producción se caracteriza porque su producto es diversificado, es decir, el producto no es único.

En este sentido, la compañía fabrica una amplia variedad de reductores de velocidad todos con diferentes características y capacidades; de ahí, que cada una requiera de elementos mecánicos similares, pero con características diferentes.

Este tipo de proceso productivo por sus características, requiere de maquinaria sumamente flexible, es decir, que pueda adaptarse rápidamente para la fabricación de una nueva parte en poco tiempo, y esta característica la tienen las máquinas herramienta con control numérico.

En nuestro caso las series de producción son pequeñas, esto implica un gran esfuerzo de programación ya que constantemente se tienen que reprogramar las máquinas. Cuando los volúmenes de producción son altos se justifica el trabajo de programación y herramientación, pero cuando es bajo como en nuestro caso, se tiene que soportar a los programadores con sistemas de programación automática como por ejemplo sistemas DAC / FAC. Esta ha sido nuestra experiencia.

### 5.3.2. Entrevista con el Ing. Santiago Alarcón Cano, de la empresa Microscopios, S.A.

TEMA: El impacto de las máquinas con control numérico.

1 - ¿ Qué tipo de equipo tienen ?

Existen centro de torneado y centro de maquinado; estos magazine hasta para 64 herramientas, así como multihusillos. Las máquinas manejan 4 O 5 ejes de referencia. Nacionalidades: americanas, japonesas y tailandesas.

2.- ¿ Cuándo las adquirieron ?

En promedio 8 años, partiendo de la instalación y las pruebas de trabajo

3.- ¿ Por qué razón adquirieron este equipo ?

Para ser competitivos en el mercado internacional, además de la calidad en el trabajo y la mayor producción reducen el costo del producto. Así como modernizar las instalaciones. Un factor determinante ha sido la apertura económica nacional (mercado común americano).

4 - ¿ A que costo adquirieron este equipo ?

Exceptuando un cerebro de CN 30,000 dólares, los equipos varían en precio de 60,000 a 300,000 dólares.

5.- ¿ Les ha sido rentable la adquisición de las máquinas herramienta con control numérico?

Es claro que las inversiones que se han hecho dan un índice para darse cuenta que la rentabilidad es sumamente alta, ya que las máquinas no se detienen, excepto para mantenimiento, no tienen sindicato, no piden aumento de sueldo y se amortizan todos los gastos con facilidad

6.- ¿ Pretenden adquirir más equipo de control numérico ?

La empresa microscopios, S.A. esta contemplando dentro del presupuesto la adquisición de 10 máquinas con CN.

A finales de 1992 se eliminó la línea de producción todas las máquinas convencionales y sustituir las por máquinas con CN.

7 - ¿ Hacia qué tipo de proceso ?

Procesos de torneado, fresado, taladrado, rectificado y roscado

8 - ¿ Origeno desempleo la introducción de esta maquinaria ?

Haciendo una comparación del año 1986 al actual, queda ahora empleado el 4.28% del personal. Es importante resaltar que seran despedidos aún más empleados con la introducción de nuevas máquinas, en caso de comprar más maquinaria.

En 1986 contábamos con 350 empleados y 1997 se cuenta con 15 empleados.

9 - ¿ Aumento la productividad ?

Considerablemente. Aproximadamente el 1,000% en las piezas maquinadas en máquinas con CN.

10.- ¿ Bajo el costo del producto ?

Si. El precio de venta no disminuyo considerablemente, pues el precio de amortización es alto sin embargo, si ha disminuido un poco.

11.- ¿ Fue necesaria la capacitación ? ¿ Hubo problemas ?

Si. Un operador de máquinas convencionales no es capaz de utilizar adecuadamente la máquina pues las operaciones que deben realizar son muy distintas. Los operadores fueron recién contratados.

12 - ¿ La capacitación fue realizada por gente de la misma empresa o gente externa ?

El fabricante de las máquinas envió un tecnico instructor que imparte un curso a ingenieros de producción Los cursos a obreros y a operadores son impartidos por personal de la empresa cuando es necesario.

13 - ¿ Ejemplo de piezas que se hacían con equipo convencional y que ahora se hacen con equipo con CN ?

- + Barras triples para balanzas giratorias
- + Planchetas
- + Tornillo de precisión
- + Tubos para teodolitos
- + Partes de precisión para microscopios y muchas más

#### 14.- Cuestiones político - sociales ( sindicatos)

El sindicato de la empresa no esta afiliado a ninguna agrupación obrera. Al despedir al personal innecesario no existieron problemas con el sindicato. Todos recibieron liquidación.

#### 15.- ¿ Originó cambios en la política de la empresa ?

Fue necesario cuidar tres factores principales:

- + Aumentó la seguridad. Debido al costo de las máquinas, de los procesos y no se admiten riesgos en los mismos.
- + Se redujo el control de calidad. Cada operador inspecciona sus piezas y se convierte así en una inspección a todas y cada una de las piezas producidas. Se ha eliminado el departamento de control de calidad.
- + El personal en contacto con las máquinas necesariamente fue capacitado. Se imparten cursos periódicamente.

#### 16.- ¿ Cómo afecta a México la dependencia tecnológica ?

La dependencia tecnológica nos obliga a ser mejores, mayormente con el TLC.

#### 17 - ¿ Problemas de servicio ?

El representante en México del fabricante sólo tienen las refacciones más comunes. Las piezas fácilmente se fabrican en la misma empresa, pero los que son muy complejas deben ser traídas del extranjero.

18.- ¿Cuál es su opinión a la situación actual de la industria metal mecánica mexicana en relación al uso de las máquinas herramienta con control numérico ?

La industria en Mexico esta evidentemente atrasada en cuanto al uso de nuevas tecnologías para la producción; a medida que transcurre el tiempo y en la actualidad conforme las industrias extranjeras se introduzcan en el país el atraso en la producción evita que los productos nacionales compitan en precio, calidad y servicio con las industrias transnacionales.

En cualquier rama de la industria, las nuevas políticas de relaciones de producción socio económicas internas han avanzado a pasos agigantados, con una palabra se puede resumir sus resultados: CALIDAD.

Es evidente que en la actualidad es aún es posible tener un principio: explorar el campo productivo con máquinas con CN, pero el ritmo de avance se acrecienta demasiado, muchas empresas en pocos años saldrán del campo productivo para convertirse solo en empresas prestadoras de servicios. No se hará esperar un desempleo masivo para el personal no capacitado para desempeñar una actividad así; es entonces cuando técnicos e ingenieros que conozcan la programación y mantenimiento de equipo sofisticado con control numérico entraran en funciones.

Un adelanto significativo dentro de las empresas que trabajan con maquinaria con CN es que sea implementado un control central por computadora, desde el cual se alimenta a las máquinas sin necesidad de programarlas una a una. Desde hace aproximadamente 4 años se comercializaron en México " paquetes " de simulación de maquinado de piezas en computadora (se supone que estos paquetes, diseñados en México son de los más moderno a nivel comercial en el mundo), que simplifican el trabajo de diseño de programas llamados " EASY - CAM ", presentan una simulación del maquinado de las piezas a color indicando todas las características como:

- + Tipo de herramienta
- + velocidades de corte
- + Secuencia de maquinado
- + Dimensiones exactas (milesimas de milímetro)
- + Material en bruto y material terminado

+ Dibujo o detalle de la pieza a maquinar.

Una ventaja es que cualquier error en el programa es fácilmente localizado por la computadora y está alerta al programador. El costo actual de estos paquetes es de 5,000 dolares en México. Y son diseñados y comercializados por la compañía Microscopios, S A.

### 5.3.3.- Entrevista con el Ing. Francisco Manjarrez, gerente de manufactura de la compañía FESTO PNEUMATIC, S.A.

TEMA: El control numérico en la industria metal mecánica en México.

#### 1.- ¿ Qué es FESTO PNEUMATIC, y que partes y componentes fabrican ?

La empresa Festo Pneumatic es una empresa transnacional alemana, con sucursales en México y se esparce alrededor del mundo.

Esta empresa se dedica a la producción de accesorios al control numérico así como mecanismo neumáticos de potencia.

Como ejemplo de algunos productos tenemos: cilindros, válvulas de distribución, sistemas de control, etc. Todas las partes que integran este producto son fabricadas por la compañía

#### 2.- ¿ Qué papel juegan las máquinas herramienta con control numérico en Festo ?

Esta empresa se ha caracterizado por mantenerse a la vanguardia en los avances tecnológicos, no solo fabricando productos de acuerdo a nuestro desarrollo tecnológico sino que también la empresa ha considerado necesario estar siempre actualizada para producir artículos competitivos.

Gran parte de las piezas de nuestro productos son mecanizados en máquinas herramienta y dadas las precisiones y tipos de maquinado requerido, se decidió remplazar las máquinas convencionales por máquinas herramienta con control numérico, dad las grandes ventajas que estos sistemas reportan.

Actualmente las máquinas herramienta con control numérico están jugando un papel muy importante en la industria metal mecánica en todo el mundo. En México, el uso de estas tecnologías todavía es muy escaso, dado el alto costo de estos sistemas. Sólo las empresas grandes y algunas medianas tiene la posibilidad de adquirirlas. Sin embargo, creo que la industria nacional tendrá que hacer un esfuerzo por actualizar y modernizar su maquinaria y equipo si es que quiere mantenerse dentro del mercado tanto nacional como extranjero.

La compañía cuenta actualmente con tres máquinas de control numérico y son las siguientes.

- + Centro de maquinado vertical con control numérico marca CHIRON con capacidad para doce herramientas. El control numérico es de la marca SIEMENS y posee características de control muy avanzadas
- + Torno horizontal con control numérico marca TRAUB de fabricación alemana. El control numérico es de la marca SIEMENS.
- + Máquina roscadora con control numérico WEBO. El control numérico es de la marca FANUC.

Para la programación de las tres máquinas se utilizan los códigos G y M

Estas máquinas tiene una antigüedad de 10 años y tuvieron un costo aproximado de 500,000 dólares.

3 -¿Cuales son algunos de los impactos que estas maquinas han tenido en la productividad ?

Las máquinas herramienta con control numérico son sumamente rápidas, en nuestro caso estas máquinas desplazaron a 13 máquinas herramienta convencionales este ha sido uno de los primeros impactos de la productividad. Además son necesarios menor cantidad de operarios, uno por cada máquina de control numérico Así que fue necesario despedir a 10 operadores. Este ha sido otro impacto positivo para la empresa pero negativo para la sociedad en general, ya que la introducción de este equipo por lo general provoca desempleo y en nuestro caso así lo fue.

Después de 10 años de utilizar los equipos hemos tenido los siguientes resultados:

- + Incremento sustancial de la productividad en menor tiempo
- + Reducción de desperdicio por defectos y errores en el maquinado, aproximadamente en un 80%
- + El costo de producción bajo por unidad de un 40 a 60 %
- + El control de la calidad en estas máquinas es realizada por los mismos operadores facilitandolo grandemente ya que la precisión, exactitud y tipo de maquinado están contenidos en el programa y no dependen del operador
- + Se requirió menor espacio disponible en la planta. El ahorro de espacio fue de aprox. 70%.
- + Los equipos trabajan las 24 horas del día probando así su rentabilidad.

4.- ¿ Algún problema de carácter social o técnico que haya tenido por la introducción del equipo de control numérico ?

Creo que el primer problema que tuvimos fue la falta de personal calificado para operar el equipo, el siguiente problema que enfrentamos fue decidir que hacer con los trabajadores que iban a ser despedidos.

Por supuesto que el uso de máquinas herramienta con control numérico trae consigo cambios en los métodos de trabajo de la empresa que las usa y en nuestro caso tuvimos que adecuar nuestro antiguos métodos de y adecuarlos a las nuevas tecnologías.

Creo que como en cualquier equipo de alta tecnología uno de los problemas es el mantenimiento y la pregunta que uno se hace es:

5 - ¿ Quién va arreglar las máquinas cuando se descompongan ?

Realmente este ha sido uno de los problemas más serios de nuestro equipo ya que nuestros altos directivos no les tienen confianza a los tecnicos mexicanos y no permiten que ellos los



reparen cuando las máquinas fallan. Prefieren traer técnicos alemanes y esto provoca que las máquinas estén inactivas unos días, con las consiguientes pérdidas que esto conlleva.

6 - ¿Cuál es su opinión, acerca de la perspectiva de las máquinas herramienta en la industria metal mecánica mexicana ?

Día con día aumenta la presión que ejercen las compañías transnacionales a la industria nacional. La competencia cada día es más fuerte y únicamente se va imponer las empresas que estén mejor equipadas y capacitadas para responder a los nuevos tiempos, y el control numérico es una realidad en la industria extranjera

Así que si la industria transnacional quiere ser competitiva y permanecer como una alternativa de mercado tendrá forzosamente que actualizar su maquinaria y estar capacitada para enfrentar los nuevos retos.

#### 5.3.4. La entrevista con el Ing. Cesar Bautista, dueño y director comercial de FERROPARTES MEXICANAS, S.A.

TEMA: Las máquinas herramienta con control numérico perspectiva de la utilización México.

1.- ¿ Qué es FERROPARTES MEXICANAS y a que se dedica?

Ferropartes nació aproximadamente hace 13 años y surgió como la gran mayoría de las empresas medianas, es decir, contábamos con muy poco capital, pero eso sí con muchas ganas de hacer algo y fue así como decidí crear una empresa maquiladora. Pero surgió otra interrogante ¿ qué tipo de maquinaria comprar? después de algunas semanas de duro análisis y de recibir a un sinnúmero de proveedores de maquinaria , llegue a una conclusión control numérico. Fue difícil tomar esta determinación desde el punto de vista financiero ya que el precio de una de estas máquinas cuadruplicaba a la de una máquina convencional. Pero yo estaba viendo a futuro, sabía que en pocos años e inclusive hace 13 años se estaba sintiendo la fuerte competencia entre las empresas del ramo a nivel nacional y se dejaba sentir ya la presencia extranjera.

Fue así que decidí comprar a crédito un centro de maquinado con control numérico marca MAZAK de fabricación japonesa era el tercero de su tipo en México.

Ferropartes inicio sus operaciones con un centro de maquinado únicamente, el proceso no ha sido sencillo se han requerido muchas horas de constante estudio y trabajo, pero estoy plenamente convencido de que la decisión fue correcta. Al cabo de un año aproximadamente compramos nuestra segunda máquina con control numérico, un torno con control numerico también MAZAK y así, de esta manera se amplio enormemente nuestro campo de acción.

No adquirimos más máquinas con control numérico hasta 1991 debido a las fuertes deudas contraídas con los proveedores de los equipos y fue en ese año en que adquirí dos tornos más, los dos con control numérico así que en la actualidad ferropartes cuenta con 4 máquinas con control numérico y sólo con 3 máquinas convencionales que sirven como apoyo de las máquinas con control numérico.

Ferropartes, gracias al equipo tanto humano como técnico, no sólo tienen clientes en México sino que compete a nivel internacional exportando a Cuba a U.S.A. y algunas países de centro y Sudamérica.

La empresa ha ganado contratos a empresa de la India y Hong Kong porque ha ofrecido mejores cotizaciones, mejores tiempos de entrega con la misma calidad que sus competidores y esto sólo es posible gracias a las máquinas con control numérico.

2.- ¿ Podría señalarnos cuales son las características tecnológicas de algunos de sus equipos sólo para darnos una idea de los adelantos tecnológicos del campo de las máquinas herramienta con control numérico ?

Me referiré al control que tienen los tornos y este tienen un control numerico MAZAK modelo mazatrol CMT - 3CN y sus principales características son interpolación lineal en 3 ejes ( y dos más en le cabezal) e interpolación circular en dos ejes, gestión de ejes para carga y descarga de piezas y control automático de velocidad, aceleración y desaceleración controladas en las interpolaciones interfaz integrado, control adaptativo incorporado; precisión de entrada y salida de punto 0.001 mm capacidad para almacenar 128 programas, reglaje automatico de las

herramientas, control de medidor de pieza herramienta integrado; compensación del radio y longitud de las herramientas, control de vida y desajuste de las herramientas.

Además el control mazatrol contiene el software necesario para diseñar y programar las piezas almacena hasta 16 tipo de materiales diferentes, añade las condiciones tecnológicas por cada herramienta, sistema de programación convencional, pantalla gráfica par simular el maquinado, programación simultánea mientras la máquina trabaja, imagen espejo, factor de escala, roscados cónicos, cilíndricos, paso variable, torre de seguridad por software del cabezal y contrapunto, corrección automática de la herramienta en función del ciclo de medidas, selección de herramienta alternativa, rutinas de seguridad, autodiagnostico completo, protección sobre temperaturas y sobre tensiones

### 3.- ¿Qué ventajas competitivas tiene las máquinas herramienta con control numérico y cuáles las desventajas con las máquinas convencionales ?

1 Nos da mayor campo de competencia ya que con este equipo podemos mejorar el tiempo de entregas, podemos mejorar los costos cuando es posible este mejoramiento de costos se da porque se utiliza el mínimo de operadores no se requiere de personal de apoyo como es el caso de supervisores para el control de calidad, aquí en ferropartes el operador es al mismo tiempo inspector de calidad y empacador y muy a menudo pude incluso operar hasta dos máquinas a la vez.

2. Con máquinas herramienta con control numérico se tiene una reducción de personal Ferropartes cuenta solamente con 13 gentes en toda la planta y su volumen de producción es similar al de una planta con 50 o 60 personas que utilizan maquinaria convencional. Esto no da una idea del incremento de la productividad.

3 Nuestras máquinas están diseñadas para trabajar las 24 horas del día sin parar, las maquinas convencionales no están diseñadas para esto pese a los periodos prologados de trabajo a los que son sometidas las máquinas herramientas con control numérico no pierden precision este se mantiene constante durante todo el proceso y durante todo el turno de trabajo

4. Otra gran ventaja es el gran ahorro de espacio en la planta. Ya no se requieren grandes espacios como es el caso de la industria tradicional con estos equipos las fabricas se van haciendo más compactas.

Algunas desventajas que he notado, es su alto costo inicial y su mantenimiento y creo que estas desventajas ya han sido superadas. Primeramente porque las máquinas se están pagando por sí mismas y segundo, porque el mantenimiento mecánico se lo proporcionamos nosotros mismos, sólo recurrimos a nuestros proveedores cuando tenemos una falla en el control pero esto casi no sucede.

4.- ¿Cuál es la política que impera en Ferropartes ?

A diferencia de otras empresas que tiene control numérico, aquí dejamos plena libertad para que los operadores se superen personalmente les brindamos todo el apoyo para que conozcan la programación y operación de cada máquina control numérico, no los mantenemos restringido en una sola operación. Creemos que los mexicanos tenemos amplia creatividad y capacidad por eso les brindamos toda nuestra confianza a nuestra gente ellos los sienten responden y ponen todo su esfuerzo, cada uno obtiene los logros que se propone ya sean intelectuales o económicos y todo depende ellos mismos. Aquí todos somos importantes todos necesitamos de todos y si alguien falta la empresa pierde y perdemos todos. En síntesis esta es nuestra política y no ha funcionado. Creo que ferropartes esta saliendo adelante.

5.- ¿Qué queremos decir cuando hablamos de ser competitivos ? ¿Qué factores se deben cuidar en este sentido ?

Todas las empresas están inscritas en la ley de la oferta y la demanda, esto quiere decir que vivimos en un mundo de mercados y quien presenta la mejor oferta es a quien se le compra, así sencillamente.

Los que no pueden mejorar sus ofertas tendran que salirse del mercado y dedicarse a otra actividad. Creo que esto es lo que sucede en Mexico, con el TLC o nos hacemos más competitivos mejorando la calidad, precio y reduciendo los tiempos de entrega o nos quedamos fuera del mercado y creo firmemente que esto solo puede lograrse con nuevos sistemas de producción como son las máquinas herramienta con control numérico

#### 5.4.- ANÁLISIS GENERAL.

La industria en México esta atrasada en el uso de máquinas con control numérico, a medida que transcurre el tiempo las empresas deben modernizarse y actualizarse para ser competitivos, es decir compitan en precio, calidad y servicio con las industrias transnacionales.

Actualmente las máquinas herramientas con control numérico juegan un papel muy importante en la industria metal mecánica en todo el mundo. En México el uso de estas tecnologías todavía es muy escaso, dado el alto costo de estos sistemas. Sólo empresas grandes y algunas medianas tienen posibilidades de adquirirlas, sin embargo las industrias nacionales tendrán que hacer un esfuerzo para actualizar y modernizar su maquinaria y equipo si se quieren mantener dentro del mercado nacional y extranjero.

Una de las razones de automatizar es incrementar la calidad de los productos, así como la gran flexibilidad que presentan las máquinas herramienta con control numérico, ya que únicamente con un nuevo programa se puede mecanizar una parte diferente en corto tiempo. Esta es una característica que presenta mucha importancia pues el producto no es el mismo y constantemente en un mismo turno de trabajo se tienen necesidad de mecanizar diferentes piezas. Al mismo tiempo se incrementa la productividad.

Cuando se habla de rentabilidad de un equipo se quiere decir que si este efectivamente ha cumplido con las expectativas de precisión, rapidez y flexibilidad que se espera de él, en otras palabras comparar la palabra rentabilidad con productividad luego entonces las máquinas herramienta con control numérico son sumamente rentables.

Las máquinas herramientas no se detienen, excepto para un mantenimiento lo que las hace sumamente rentables, ya que no piden aumento de sueldo y se amortizan todos los gastos con facilidad.

Aunque el porcentaje de máquinas con control numérico dentro de la empresa sea mínimo este puede soportar la mayoría de la producción, pues una máquina de control numérico puede sustituir de 3 a 5 máquinas convencionales.

Por otro lado con este tipo de máquinas las fabricas se hacen más compactas, es decir se reduce gradualmente los requerimientos de espacio por la misma razón antes mencionada, así como la reducción del tiempo de producción teniendo mayor precisión y calidad.

El control de la producción se hace más sencillo, es decir la administración de la producción en la planta también se mejora haciéndola más eficiente. No es lo mismo coordinar 20 máquinas que coordinar 4 o 5 por ejemplo.

Las máquinas herramienta con control numérico al desplazar a 3 o 5 máquinas convencionales provoca menor cantidad de operadores.

Al utilizar máquinas herramienta con control numérico se puede esperar obtener los siguientes resultados:

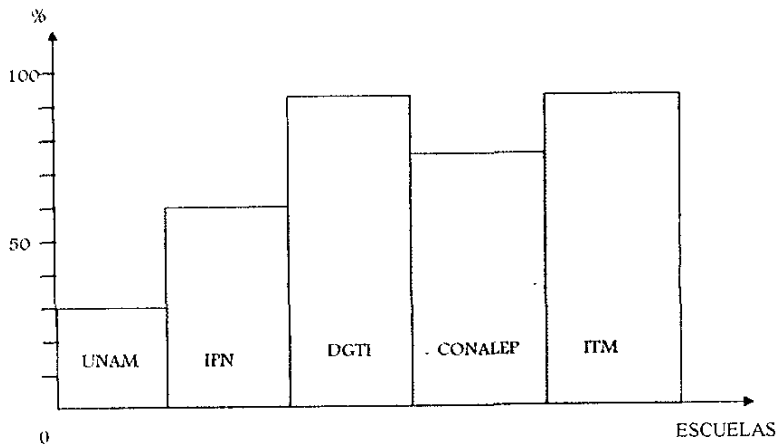
- + Reducción del tiempo de maquinado.
- + Incremento de la productividad.
- + Reducción de desperdicio por defectos y errores en el maquinado, aprox. un 80 %.
- + El costo del producto, bajo por unidad de un 40 a 60 %.
- + El control de calidad es realizado por el mismo operador.
- + Se requiere menor espacio disponible en la planta. Ahorro de espacio aprox. de un 70 %.
- + Los equipos trabajan las 24 horas del día probando así su rentabilidad.
- + No pierden exactitud, precisión y calidad
- + Reducción de personal.

Las máquinas herramienta con control numérico reducen enormemente el inventario de material en proceso, es decir el tiempo que el material esta en la máquina es mínimo y prontamente es retirado para su ensamble final.

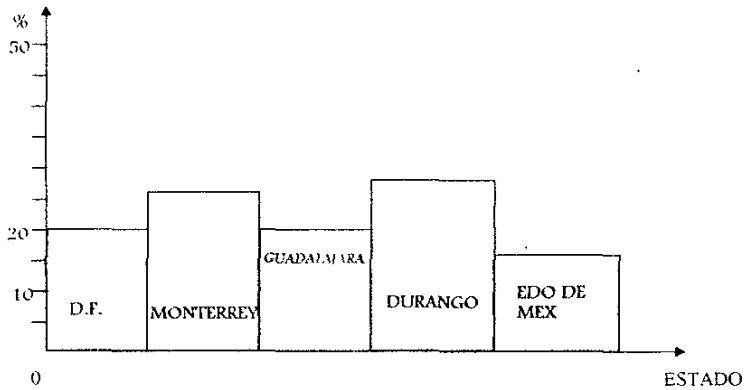
El mayor problema al que se enfrentan las empresas que utilizan las máquinas herramienta con control numérico es el mantenimiento, debido al alto costo de este, así como sus refacciones. En México hay pocos técnicos especializados en estos equipos, además de que las refacciones son de importación; algunas empresas que utilizan el control numérico no permiten a los técnicos

mexicanos reparar las máquinas con CN por la falta conocimientos del mismo y prefieren contratar técnicos extranjeros que eleva el costo del mantenimiento o de la reparación.

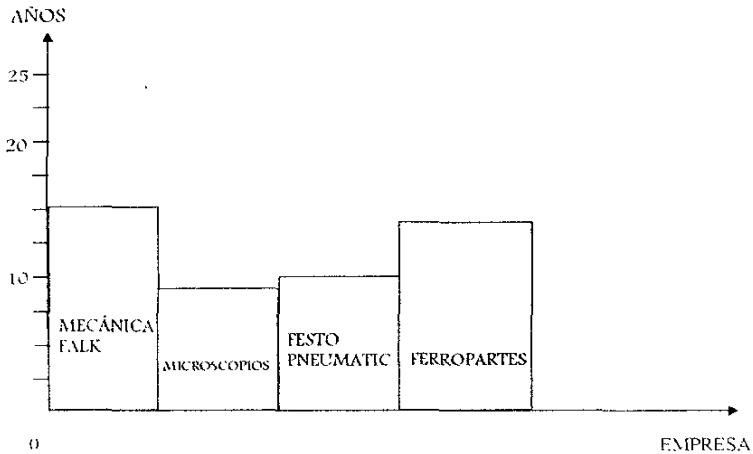
Tomando como base el tipo escuela y el tipo de área referente a las máquinas con control numérico obtenemos la gráfica siguiente:



Apoyándonos en un estudio realizado por la empresa MECÁNICA FALK, nos proporciono la siguiente gráfica<sup>1</sup>. Es un estudio de las empresas del área metal mecánica que cuentan con máquinas herramienta CN, en las principales ciudades del país.

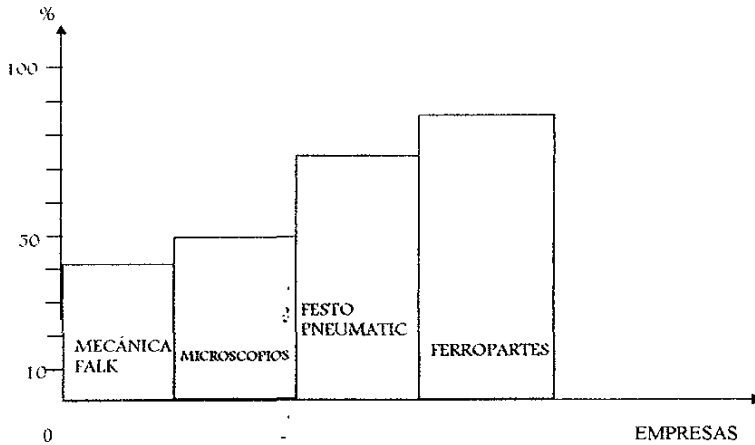


La gráfica siguiente se muestran los años de antigüedad que tiene las empresas entrevistadas con la maquinaria CN.





La siguiente gráfica nos muestra el porcentaje total de maquinaria con control numérico que poseen estas empresas, de toda su maquinaria que poseen.



De acuerdo con la gráfica anterior se puede pensar que los porcentajes son bajos, de algunas empresas pero nada de eso. Por ejemplo Mecánica Falk tiene un 40% del total de su maquinaria con CN pero ese 40% de su maquinaria produce el 80% de su producción total.

### 5.5. Ejemplo

Por ejemplo la empresa Microscopios, S.A. esta contemplado dentro de su presupuesto la adquisición de 10 tornos con CN.

A finales de 1997 se desea eliminar la línea de producción de todas las máquinas convencionales y sustituirlas por máquinas con CN.

Las piezas a fabricar son:

- + Barra triples para balanzas giratorias
- + Flanchetas.
- + Tornillos de precisión

- + tubos para teodolitos.
- + Partes de precisión para microscopios y muchas mas.

Se desea cambiar las máquinas para ser competitivos en el mercado internacional y nacional, además de aumentar la calidad en el trabajo y reducir los costos del producto. Así como modernizar las instalaciones. Un factor determinante ha sido la apertura económica nacional (mercado común americano).

Es claro que las inversiones que se han hecho dan un índice para darse cuenta que la rentabilidad es sumamente alta, ya que las máquinas no se detienen, excepto para mantenimiento, no tienen sindicato y se amortizan los gastos con facilidad. Así como las ventajas ya mencionadas.

Para la realización de estas piezas se recomienda que los tornos cuenten con las siguientes especificaciones:

*Max. swing*

Swing overbed	250
Swing overcros slide	145
Distance between centers	500
Spindle speed range	60 - 2500

*Number of spindle speeds*

Feeds range	0 - 200 mm / min
Spindle nose	DIN 55026N4
Spindle bore	33 MM
Main spindle motor power	2.5 HP

Se investigo la cotizacion en dos empresas, las cuales son Agencia Machinoexport, S A Mexicana y EMCO sobre el costo de un torno con las especificaciones antes mencionadas. Las empresas nos enviaron su cotizacion la presento a continuación:

Machinexport, S.A.		EMCO	
Max swing		Working area	
Swing overbed	250 mm	Center Height	100 mm
Swing overcross slide	145 mm	Distance between centers	550 mm
Distance between centers	500 mm	Swing over bedways	260 mm
Spindle speed range	60 - 2500 rpm	Swing over cross slide	140 mm
Number of spindle speeds		Travel X/Z - axis	48 mm / 275 mm
Feeds range	0 - 200 mm / min	Headstock	
Spindle nose	33 mm	Spindle bore	30 mm
Spindle bore	DIN 55026N4	Spindle taper	MT - 2
Main spindle motor power	2.2 KW	Main drive	
Safety devices		3 Phase reversible asynchronous lu- frequency motor	
Fully enclosed working area, axis over travel limit swiches, door limit swich, EMERGENCY STOP 5 - phase AC synchronous closed loop axis drive system	According to CE regulations	Power (100 % / 60 %)	2 KW / 2.5 KW
		Infinitely variable spindle speed range (3 - belt selected torque ranges)	130 - 3000 rpm
(L x D x H)	890 x 700 x 420 mm	Feed drive	
Weight	130 Kg	5 - phase AC synchronous closed loop axis drive system	
		Rapid traverse rate	750 mm / min
		Feed rate	0 - 750 mm / min
		Tailstock	
		Quill stroke	35 mm
		Internal taper	MT - 1

Machineexport, S.A.		EMCO	
		Safety devices	
		Fully enclosed working area, axis over travel limit switches, door limit switch. EMERGENCY STOP pushbutton	According to CE regulations
		Machine dimensions	
		(L x D x H)	840 x 695 x 400 mm
		Weight	125 Kg
PRECIO	\$26,800 + IVA	PRECIO	\$27,100 + IVA

Ambos equipos cuentan con:

Maquina base (equipo estándar)

Todo lo de la lista, aparatos de seguridad, el husillo principal es variable y reversible, referencia automática, ciclo de posiciones, shock con 3 mordazas, existencia de faldón, 6 estaciones de herramienta, cable de interfaces a PC, lista para automatizar.

Software (equipo estándar)

Elección del sistema de control entre el eg. GE. FANUC series O, y SINUMERIK 810/820. Instrucción de operación y programación.

Requerimiento mínimo del ordenador.

IBM - Compatible PC 386 - SX, 4 MB RAM, 3 ½ " floppy drive, hard drive, tarjeta y monitor gráfico VGA, MS - DOS versión 5.0, Windows 3.1 y 1 unassigned 8 bit card slot

Accesorios para la automatización.

Shock neumático, existencia de faldón electromecánico, puerta automática; interfaces DNC, e interfaces con robots, estas opciones están disponibles. Un amplio rango de propiedades de

trabajo, así como propiedades de la herramienta, se puede aumentar la capacidad para manejar 50 tornos

Ambas empresas nos dan las siguientes condiciones:

Forma de pago	A convenir
Tiempo de entrega	90 días
Validez de la oferta	15 días hábiles a partir de la fecha de cotización
Garantía	1 año a partir de la puesta en marcha de la máquina en condiciones normales de operación.

Se recomienda que se elija la opción de EMCO, ya que presenta mejores especificaciones en su maquinaria que la empresa Machinoexport, aunque el precio es un poco mayor nos dará mejores beneficios la maquinaria de EMCO. Con respecto al software se recomienda usar el FANUC serie O, ya que este nos da mejor funcionamiento de acuerdo a las piezas a fabricar.

CONCLUSIONES

## CONCLUSIÓN

• *CONCLUSIÓN.*

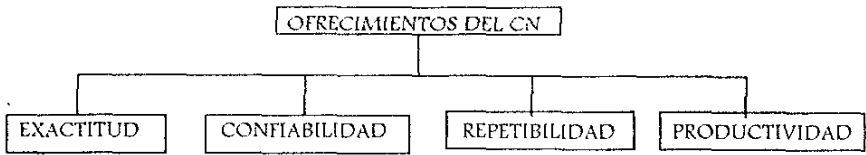
Día con día la competencia en los mercados es mas agresiva y por esta razón los fabricantes deben continuar reduciendo los costos de producción y construir productos de mejor calidad y deben conseguir un rendimiento mayor por trabajador, mayor productividad por máquina y mayor rendimiento y productividad por cada peso de capital invertido. Estos factores justifican el uso del CN y la automatización de las fabricas.

Es evidente que en la actualidad es aún posible tener un principio: explorar el campo productivo de ~~con~~ las máquinas herramienta con control numérico, pero el ritmo de avance se acrecienta demasiado, muchas empresas en pocos años saldrán del campo productivo para convertirse solo en empresas prestadoras de servicios. Se hará esperar un desempleo masivo para el personal no capacitado para desempeñar una actividad así; es entonces cuando técnicos e ingenieros que conozcan la programación y mantenimiento de equipo sofisticado con control numérico entraran en funciones.

La aparición de estas nuevas tecnologías han beneficiado a las industrias debido a que ya no se requiere personal altamente calificado que día con día se vuelven más difíciles de conseguir solo se necesita una persona para cambiar la pieza de trabajo. Por otro lado es posible que un solo operador puede controlar más de una máquina con CN.

Con las máquinas herramienta con control numérico se han eliminado los errores humanos provocados por la fatiga del operador, de esta manera, ahora es posible garantizar la repetibilidad en el maquinado de varias piezas que impone el mercado industrial no solo a nivel nacional sino a nivel mundial.

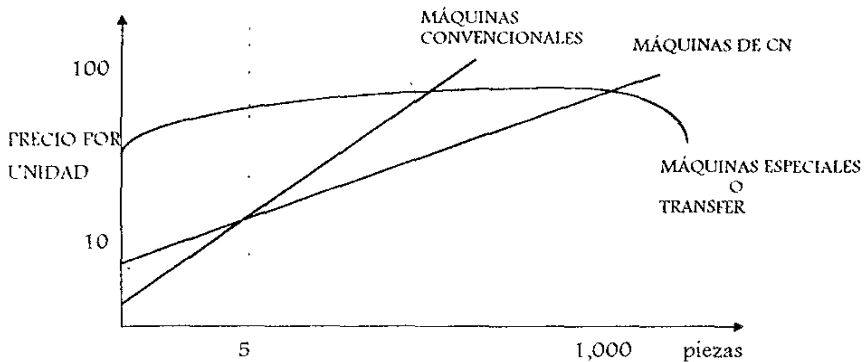
Las máquinas herramienta con control numerico han sido ampliamente aceptadas en todo el mundo, y está aceptación ha sido un resultado de su exactitud, confiabilidad, repetibilidad y productividad.



El CN ha tenido gran popularidad debido a su habilidad para fabricar productos de calidad consistente y más económicos que los fabricados por los métodos convencionales.

Es una concepción popular errónea que el CN es justificable únicamente para producciones de grandes cantidades justamente lo opuesto es la verdad. Una comparación actual del CN con los métodos convencionales indican que el punto de equilibrio se consigue más rápidamente que con los métodos convencionales.

De lo anterior se deduce que cuando el número de piezas por fabricar se mantenga dentro de los límites medios, es decir entre 5 y 1,000 piezas aproximadamente el CN representa la solución ideal debido a las ventajas ya citadas.



Grafica donde los ejes representan el numero de piezas y el precio de una pieza

El trabajo del CN es reducir los tiempos improductivos, con el establecimiento del CN, las funciones manuales se han eliminado tales como seleccion de velocidad del husillo, cambios de



herramientas, avances, refrigerantes y la indexación de dispositivos automáticos. Se ha aceptado generalmente que las máquinas herramientas con control numérico son las más efectivas en el desarrollo de la manufactura para reducir los costos por unidad de producción.

Antes de que existiera el CN los ingenieros estaban limitados al diseño de formas y contornos que podrán ser maquinados con los métodos convencionales. El CN hace posible producir aun las formas complejas sin costo extremadamente altos. Otra ventaja del CN es la habilidad para hacer cambios o ajustes con un mínimo de demoras o gastos. En una máquina convencional es a menudo económicamente indeseable hacer cambios después de que el herramental ha sido preparado además los costos asociados a las máquinas convencionales se incrementan cuando las tolerancias son muy cerradas. Este factor ha causado problemas de ingeniería al intentar crear partes con tolerancias tan cerradas en lo posible y todavía capaces de funcionar apropiadamente con el CN las tolerancias son independientes de los costos. La máquina siempre produce partes a la máxima exactitud sin un tratamiento especial.

Un alto grado de calidad es inherente a los procesos de CN causados por su exactitud y libertad para variar lo programado, el proceso de control de calidad se realiza rara vez después de la inspección de la primera pieza de cada lote producido, así como el chequeo a las funciones programadas.

La exactitud es lo más importante cuando dos partes producidas tienen que ensamblarse. Es importante también en la manufactura de partes intercambiables especialmente en la industria aeroespacial y en los motores industriales. Las máquinas herramientas con control numérico ahorran mucho tiempo mientras mantienen o mejoran las tolerancias requeridas

Un ahorro adicional de tiempo se acumula al pasar de una operación a otra durante el funcionamiento de la máquina de una pieza de trabajo. Con una máquina convencional debe parar en ciertos puntos, hasta que el operador prosiga al siguiente paso. La cantidad y la calidad también disminuyen por la fatiga del operador. En las máquinas con CN estos problemas no existen, ya que la exactitud es inherente al control y es repetitiva, y el tiempo de producción es constante para cada pieza ya que está determinado por el programa.

Las máquinas con CN en cambio no requieren la presencia constante del operador, ya que la máquina una vez programada ejecuta el maquinado sin ayuda del operador solo se requiere de su presencia para retirar la pieza maquinada y colocar la pieza por maquinar. Incluso con máquinas

con CN con alimentador de barras o con brazos robotizados el operador ya no es necesario que el cambio de pieza esta automatizado. Requiriéndose únicamente un ingeniero para la programación y el control de las maquinas con control numérico.

En resumen, las máquinas herramienta con control numérico tienen las siguientes ventajas comparadas con otros métodos de maquinado.

- 1.- Entera flexibilidad, solo se requiere un programa para producir una nueva parte.
- 2.- La exactitud se mantiene através de todo el rango de velocidades y profundidades dando como resultado mayor intercambiabilidad de piezas.
- 3.- Menor tiempo de producción.
- 4.- La posibilidad de maquinar piezas muy complicadas.
- 5.- Mayor precisión e intercambiabilidad de las piezas.
- 6.- El operador tiene tiempo libre que puede usarse para supervisar operaciones de otras máquinas.
- 7.- Reducción del porcentaje de piezas defectuosas. Menores errores e interrupciones debidas a la fatiga del operador.
- 8.- Reducción del tiempo de cambio de piezas.
- 9.- Reducción del tamaño del lote.
- 10.- Reducción de los ciclos operacionales. Las causas principales de la reducción son:
  - + Trayectorias y velocidades más ajustadas que en las máquinas herramientas convencionales.
  - + Menor revisión constante de los planos y hojas de instrucción.
  - + Menor variación de medidas entre operaciones.
- 11 - Ahorro de herramental y utilaje. El ahorro en concepto de herramientas se obtiene como consecuencia de la utilización de herramientas más universales.

En cuanto ahorro de utilajes, se obtiene por mayor número de operaciones en máquinas distintas

- 12.- Reduccion de espacio; ya que se utiliza una cantidad menor de máquinas y accesorios que reducen los requerimientos reales de almacenaje.
- 13.- Reduccion de tiempos de inspección. Dado que la probabilidad de que se produzcan

piezas defectuosas dentro de una serie es menor, puede evitarse inspecciones entre ciclos

- 14 - Precisión. Se debe, en primer lugar a la mayor precisión de máquinas herramienta con control numérico respecto a las máquinas convencionales. Las precisiones alcanzadas en máquinas herramienta con control numérico van de 1 a 10 micras
- 15 - Corto tiempo de amortización como resultado de los reducidos costos de herramientación.

La mayor desventaja de estas máquinas es sin lugar a dudas el mantenimiento y sus deficiencias ya que en México no hay personal especializado en este tipo de equipos y muchas veces se tiene que recurrir a técnicos extranjeros además del elevado costo de este.

## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

+ Automatización Aspectos Sociales y Económicos.

Autor: Noville - Pierre

Editorial: El mundo de hoy

+ CNC Technology and Programing.

Autor: Steve Krar y Arthur Gill

Editorial: McGraw - Hill

Edición: 1990

+ Computer Control of Manufacturing Systems.

Autor: Yoram Korem

Editorial: McGraw - Hill Book Company 1983

Edición: 1983

+ Control Numérico.

Autor: Glenn Ertell

Editorial: Limusa - Wiley 1972

+ El Control Numérico en las Máquinas Herramientas.

Autor: Juan González Nuñez

Editorial: CECSA

Edición: 1990

+ El Impacto de la Automatización en la Gente y en los Negocios.

Autor: Walter Buckingham

Editorial: Obbs Sudamericana

+ Fabricación Asistida por Computadora.

Autor: Rafael Ferre Masip

Editorial: Marcombo Editores

Edición: 1987

+ Fundamental of Numerican Control.

Autor: William W. Luggen

Editorial: Delmar Publishers Inc

Edición: 1984

+ Fundamentos de las Máquinas de Control Numérico.

Autor: Santiago Alarcón Cano

Editorial: 1987

+ Informatique et Commade Numerique.

Autor: Michel Gondran

Editorial: Educactivre

Colección: A. Capuez

+ La Automatización.

Autor: Follack Friedrich

Editorial: Habbs Sudamericano

+ La era de la Automatización

Autor: Pauline Arnold y Percival White

Editorial: El Mundo de Hoy

Edición: Primera edición

+ La Maquina herramienta con Control Numérico.

Autor: J. Veignas

Editorial: Reverte

Edición: Segunda edición

+ Procesos Básicos de Manufactura.

Autor: H. C. Kazanaz

Editorial: McGraw - Hill

Edición: 1989

+ Procesos de Manufactura y Materiales para Ingenieros.

Autor: Laurence E. Doyle

Editorial: PHI

Edición: 1990

+ ¿ Qué es la Revolución Científica Técnica ?

Autor: G. Marinko

Editorial: Progreso

Edición: 1990

+ Técnicas de Automatización Industrial.

Autor: José J. Horta Santos

Editorial: Limusa

Edición: 1982

+ Evaluación de proyectos.

Autor: Gabriel Baca Urbina

Editorial: MacGraw-Hill

+ La formulación y evaluación técnico económico de proyectos industriales

Autor: Humberto Soto Rodríguez Humberto

Editorial: FONEI

+ Manual de Programacion de la Fresadora CNC Parkson 1500

+ Manual de Programación del Torno CNC Hartison 400

- + Manual de Programación del Taladro Fresador de CNC Easy Mill Denfor.
- + Manual de Programación del Torno Mazak con control Mazatrol CAM T - 2.
- + Manual de Programación de un Centro de Torneado con Control SINUMERIC SYSTEM 800.
- + Revista Industrial World Agosto 1982.
- + Revista Industrial World Marzo 1983.
- + Revista Industrial World Abril 1983.
- + Revista Industrial World Octubre 1983.
- + Revista Industrial World Diciembre 1982.
- + Revista Industrial World Febrero 1985.
- + Revista Industrial World Mayo 1985.
- + Revista Industrial World Junio 1985.
- + Revista Industrial World Agosto 1985
- + Revista Industrial World Marzo 1988.
- + Revista Industrial World Junio 1989.
- + Revista Ciencia y Desarrollo Editada por el CONACYT Junio 1989.
- + Revista Mechanical Engineering Noviembre 1980



+ Revista Mechanical Engineering Julio 1980

+ Revista Mechanical Engineering Agosto 1988.

+ Revista Editada por la American Society of Mechanical Engineers (ASME).

+ Catálogo TNC Controles Numéricos Heidenhain Noviembre 1989.

+ Catálogo TNC 125 Heidenhain Abril 1982.

+ Catálogo TNC 151, 155 Heidenhain Febrero 1987.

+ Catálogo ATC Mill Centers de Yamazaki Mazak Corporation.

+ Catálogo Mazak Machine Tools