

308917
17

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA
ESCUELA DE INGENIERÍA**

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

JUSTIFICACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE UN TORNO Y/O
CENTRO DE MAQUINADO CNC CON BASE EN LOS REQUERIMIENTOS
DE LOS MERCADOS ACTUALES ALTAMENTE COMPETITIVOS

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

ÁREA ELECTROMECAÁNICA
PRESENTAN

**HEINZ JOSEF ULB GARCIA
MARIO ALBERTO BAZAN MONTAÑEZ**

**DIRECTOR DE TESIS
ING. ENRIQUE GOMEZ IBARRA**

MEXICO D.F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi madre,

C.P. María Atala Montañez Esparza

Por su amor, apoyo y confianza durante todos estos años, así como por su esfuerzo en darme una carrera.

Gracias por todo.

A mis hermanos

Mariana y Silverio

Por estar siempre conmigo.

A mi mejor amigo

Heinz Josef Ulb García

Por su amistad y apoyo a lo largo de estos años

Mario Alberto Bazan Montañez

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Sra. Caritina García Aguilera e Ing. Heinrich Ulb Hauseur

Sabiendo que nunca habrá forma de agradecerles una vida llena de lucha y sacrificios solo me queda decirles que este logro es suyo y fue inspirado en ustedes.

A mis hermanos: Ingrid y Hubert

Por estar siempre conmigo.

A mis Abuelos: Caritina Aguilera y Jose García

Por sus oraciones y sus palabras de aliento.

A mi mejor amigo: Mario Alberto Bazan Montañez

Por su amistad y apoyo durante estos años.

Heinz Josef Ulb García

C

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

OBJETIVO

JUSTIFICACIÓN

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

1.1	ACERCA DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	1
1.2	CN (NOTROL NUMÉRICO Y CNCN (CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO)	4
1.2.1	DEFINICIÓN DE CN Y CNCN	4
1.2.2	HISTORIA DEL CONTROL NUMÉRICO	4
1.2.3	EVOLUCIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO	7
1.2.4	DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS MÁS IMPORTANTES DEL CNC	10
1.2.5	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y APLICACIONES DEL CN Y CNC	11
1.2.6	VENTAJAS DEL CNC	16
1.2.7	VENTAJAS DEL CNC COMPARADO CON EL CN	20
1.2.8	REQUERIMIENTOS ESPECIALES PARA LA UTILIZACIÓN DEL CNC	21
1..2.9	EL CNC DENTRO DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA	22

CAPÍTULO 2 HERAMIENTAS DE CORTE

2.1	EVOLUCIÓN DEL MECANIZADO	25
2.2	HERRAMIENTAS DE CORTE USADAS EN MÁQUINAS CONVENCIONALES	27
2.3	HERRAMIENTAS DE CORTE DE ALTA VELOCIDAD Y ALTO RENDIMIENTO	29
2.3.1	DESARROLLO DE MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE	32
2.3.2	MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE	35
2.4	VENTAJAS DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE UTILIZADAS EN MÁQUINAS CNC EN COMPARACIÓN CON LAS UTILIZADAS EN MÁQUINAS CONVENCIONALES	43

CAPÍTULO 3 TORNO Y CENTRO DE MECANIZADO CNC

3.1	TORNO CNC	45
3.1.1	DESCRIPCIÓN DEL TORNO CNC	45
3.1.2	COMPONENTES DEL TORNO CNC	47
3.2	CENTRO DE MAQUINADO	53
3.2.1	DEFINICIÓN	53
3.2.2	ANTECEDENTES DE LOS CENTROS DE MECANIZADO	54
3.2.3	TIPOS DE CENTRO DE MAQUINADO	55
3.2.4	PARTES DE UN CENTRO DE MAQUINADO CNC	58

0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.3	VENTAJAS DE UNA MÁQUINA-HERRAMIENTA CNC EN COMPARACION CON UNA CONVENCIONAL	62
3.4	MEDIDAS DE SEGURIDAD	62
3.5	VENEFICIOS APORTADOS POR LA UNIDAD DE CONTROL DE LOS TORNOS Y CENTROS DE MAQUINADO CNC	69

CAPÍTULO 4 REQUERIMIENTOS DE LOS MERCADOS ACTUALES

4.1	ESTÁNDARES DE CALIDAD INTERNACIONALES	71
4.1.1	INTRODUCCIÓN	71
4.1.2	DEFINICIÓN DE ISO 9000	71
4.1.3	ESTÁNDARES ISO 9000	74
4.2	BENEFICIOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD	75
4.3	FLEXIBILIDAD EN LA MANUFACTURA	76
4.4	MÉXICO FRENTE AL MERCADO GLOBAL COMPETITIVO	79

CAPÍTULO 5 PROYECTO DE ADQUISICIÓN Y JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE UN TORNO VERTICAL DE DOBLE HUSILLO CNC

5.1	CASO PRÁCTICO	81
5.1.1	RETORNO DE LA INVERSIÓN	87
5.2	BENEFICIOS MEJORAS OBTENIDOS POR LA EMPRESA CON LA ADQUISICIÓN DE TORNOS Y CENTROS DE MAQUINADO CNC	90
5.3	PERSPECTIVAS A FUTURO DE ESTA EMPRESA	94

CONCLUSIONES	97
---------------------	-----------

BIBLIOGRAFÍA	99
---------------------	-----------

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

JUSTIFICACIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE UN TORNO Y CENTRO DE MAQUINADO CNC CON BASE EN LOS REQUERIMIENTOS DE LOS MERCADOS ACTUALES ALTAMENTE COMPETITIVOS

OBJETIVO: Realizar un análisis detallado, de la evolución de las máquinas herramientas así como de un caso práctico de una empresa de la industria metal mecánica, para poder establecer los fundamentos y las bases necesarias que garanticen la inversión en un torno y/o un centro de maquinado con Control Numérico Asistido por Computadora (CNC) el cual tendrá una amortización en corto plazo.

JUSTIFICACIÓN: Mediante la presente tesis se demostrará que con el uso de un torno y/o un centro de maquinado CNC se obtendrá un beneficio económico, una eliminación de tiempos muertos, una mayor producción y la obtención de productos que cubran los estándares más altos de calidad para poder ser altamente competitivos en los mercados globales de mayor exigencia.

PREFACIO: Para poder obtener una conclusión sobre el objetivo de esta tesis empezaremos con una breve reseña de las máquinas herramientas convencionales para poder introducirnos de lleno a las máquinas herramienta de CNC, explicando sus orígenes, evolución, partes constitutivas, herramientas de corte que utilizan, presentando las ventajas con respecto a las convencionales así como los estándares de calidad con las cuales son fabricadas finalizando con un caso práctico de la adquisición de un equipo CNC en una empresa de la rama metalmeccánica.

F

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las máquinas herramienta siempre han sido pieza fundamental de la vertiginosa espiral de la industrialización. En la medida en que mejoran sus características de precisión y control, se hacen más necesarias para la fabricación de cualquier bien.

Desde su aparición a fines del siglo XVIII con manifestaciones tan elementales como el torno y la fresadora, las máquinas herramienta no han dejado de evolucionar y han logrado una alta sinergia con la actual revolución electrónica, hecho que ha transformado sus formas y utilización. Las soluciones CAD-CAM y el **Control Numérico**, son el mejor ejemplo de ello.

Aunque podríamos decir que la función básica de estos equipos consiste en dar forma y remover materiales, sus beneficios se observan más allá, cuando se logra el ensamble de la más sofisticada computadora, del automóvil más moderno o de un simple abrelatas. Las industrias, electrónica, automotriz, de autopartes y electrodomésticos, por citar algunas, no serían lo que son hoy sin las máquinas herramientas.

1.1 ACERCA DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS

Son un conjunto de elementos mecánicos que interactúan entre sí para que mediante el movimiento relativo entre la pieza y la herramienta se genere un proceso de desprendimiento de viruta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Según dicho movimiento se van a tener máquinas en donde la pieza gira con respecto a su propio eje mientras que la herramienta se desplaza en un plano bidimensional para generar con ello un sólido de revolución (tornos), las máquinas de rotación de la herramienta en cuyo caso la pieza permanece estática. (taladros, fresadoras, mandrinadoras, etc.), las máquinas de movimiento alternativo de la herramienta (limadoras, mortajadoras, estriadoras o ranuradoras) y las máquinas de movimiento alternativo de la pieza (cepilladoras).

En resumen los principales tipos de máquinas herramientas son: tornos, taladradoras, fresadoras, limadoras, cepilladoras, mandrinadoras, mortajadora, amoladoras y rectificadoras.

Las máquinas herramientas permiten:

- Dar a las piezas procedentes de la fundición y la forja, las cotas establecidas en los planos con exactitud y darles, el acabado y el pulido necesarios.
- Una ejecución rápida y precisa de los ajustes
- Que el operador no intervenga directamente sobre la calidad del trabajo aunque éste debe estar vigilante.
- Eliminar las vibraciones, siempre y cuando estén bien ajustadas, su construcción sea rígida y tengan movimientos precisos,

Las máquinas herramientas pueden clasificarse en dos categorías:

1 Las máquinas de producción las cuales son utilizadas en la fabricación en serie de un artículo; dichas máquinas son sumamente o extremadamente especializadas y efectúan sólo un determinado número de operaciones.

2. **Las máquinas herramientas de herramental** empleadas en mecánica general, tienen una capacidad de producción más reducida, pero presentan mayor flexibilidad.

Modo de operación: en todas estas máquinas, la herramienta, presenta uno o varios filos de corte que actúan a manera de cuchilla. El filo de corte ejerce una fuerte presión sobre la pieza y extrae una viruta. Se obtienen virutas más adecuadas en cuanto mayor sea el ángulo (inclinación) que forma la superficie de ataque con la perpendicular a la superficie de la pieza. Este ángulo está restringido por: la resistencia de la herramienta que debe ser capaz de soportar esfuerzos considerables y por el desgaste del filo de corte. El filo de corte de la herramienta no es siempre recto; éste puede presentar cierto perfil que permite dar forma determinada a la entalladura producida por la herramienta. Para que el desgaste no modifique el perfil, se han ideado las herramientas de perfil constante, que son aquellas en las que sucesivas operaciones de afilado no afectan el perfil inicial. El maquinado de una pieza se lleva al cabo por una serie de pasadas.

Se llama pasada al ciclo de trabajo que produce la herramienta al pasar sobre toda la pieza.

El rendimiento o cantidad de virutas cortadas por unidad de tiempo va a depender tanto del espesor de las virutas como de la profundidad de pasada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2 CN CONTROL NUMÉRICO) Y CNC (CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO)

1.2.1 DEFINICIÓN DE CN Y CNC

Un control numérico es simplemente un método de operar automáticamente una máquina herramienta basada en un código de letras, números y caracteres especiales. Un juego completo de instrucciones codificadas para ejecutar una operación se denomina programa. El programa es traducido a señales eléctricas correspondiendo para entrada a los motores, los cuales accionan la máquina. Máquinas de Control Numérico pueden ser programadas manualmente; si una computadora es utilizada para crear o generar un programa, el proceso es conocido como programación asistida o ayudada por computadora.

Una máquina de Control Numérico Computarizada (CNC) es una máquina CN con la característica adicionada de una computadora sobre el tablero. Esta computadora es a menudo referida como la unidad de control de la máquina (MCU) "Machine Control Unit". Las unidades de control para máquinas CN están comúnmente llenas de cables.

1.2.2 HISTORIA DEL CONTROL NUMÉRICO

El control numérico de las máquinas fue desarrollado en respuesta a los problemas de crecimiento que enfrentaron las industrias de la manufactura ante su desarrollo. Estos problemas incluían la necesidad de reducir tiempos muertos e inventarios, mejores opciones de producción y una reducción del tiempo que tomaba el desplazar un producto desde la etapa de desarrollo a la producción real.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Hay cierta disputa referente a quién es el responsable del desarrollo de la tecnología industrial CN. Muchas compañías y organizaciones han trabajado conjuntamente sobre el concepto de máquinas de control numérico durante los años de 1940. Las fechas importantes en el desarrollo de la industria del control numérico actual incluyen:

- 1 1947/ John C. Parsons de la corporación Parsons Traver City Michigan, fabricantes de hélices para helicópteros, no podían producir las plantillas para los rotores lo suficientemente rápido. Este dilema llevaría a Parsons al desarrollo de un método de colocar una computadora a un taladro de plantillas. Inicialmente Parsons utilizó tarjetas perforadas para codificar las instrucciones necesarias para el sistema digitron. Ésta es considerada generalmente a ser la primera aplicación de la tecnología CN.
- 2 1949/ Debido a que la tecnología utilizada en el equipo militar y su complejidad creció, el comando de material aéreo de Estados Unidos ha estado desarrollando en gran partes complejas para sus aeronaves y misiles. Para aumentar esta producción, el comando de materiales aéreos comisionó un contrato de estudio de la fuerza aérea para que Parsons aplicara su sistema de control numérico a sus operaciones. Parsons subcontrató parte del estudio del laboratorio de servomecanismos del "MIT" (Massachusetts Institute of Technology).
- 3 1951 / El "MIT" retomó el contrato con el comando de materiales aéreos e introdujo el prototipo para las máquinas CN actuales en 1952. Investigadores del MIT le dieron el término de control numérico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4 1955 / Siete compañías exhibieron fresadoras de contorno controladas por cinta en una exposición nacional de máquinas herramientas (E.E.U.U). Cada una de estas máquinas costaba cientos de miles de dólares. Además estas máquinas requerían matemáticos entrenados y computadoras poderosas para producir las cintas necesarias para hacer funcionar las máquinas. Sin embargo, los fabricantes comenzaron a entender la importancia del control numérico y el potencial de expandir su aplicación.

Después de 1955, la venta de máquinas CN creció y sus costos comenzaron a bajar. Esto fue en parte debido a la aceptación del crecimiento del CN y la continua miniaturización de los componentes electrónicos requeridos para producirlos.

En 1956 la fuerza aérea de los Estados Unidos realizó un pedido de 170 máquinas de control numérico a tres grandes constructores americanos:

Cincinnati Milling Machine Company,

Giddin & Levis

Kearney & Trecker

De aquí que en contra de lo que pudiera parecer, el "Control Numérico Punto a Punto" tendría su aparición más tarde que el "Control Numérico en Contorneado"; después aparecería el "Control Numérico Paraxial".

En 1960, también en el M.I.T., se realizaron las primeras demostraciones de control adaptable (Un perfeccionamiento del control numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A finales de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de control numérico directo (DNC) Direct Numeric Control.

Los programadores en la actualidad pueden acceder datos y programas al CNC utilizando cualquier variedad de lenguajes y programas de intercomunicación con computadoras.

La demanda para el incremento de producción y precisión han hecho que proliferen fabricantes de dichos equipos quienes se han preocupado por el declive en incremento de productividad de los trabajadores en E.E.U.U. desde el comienzo de la década de los 80. Esto ha permitido incrementar los niveles de automatización de la manufactura en E.E.U.U. , para poder llegar a obtener de nuevo un lugar preferencial en el mercado global de alta competencia. Además, estas demandas han permitido un incremento relevante sobre los programas de computadora para programar equipos automatizados y en específico máquinas CNC.

1.2.3 EVOLUCIÓN DEL CONTROL NUMÉRICO

Aunque el control numérico es una técnica relativamente joven, su evolución ha conocido ya varias fases. El origen de esta evolución hay que buscarlo en los desarrollos acelerados de la electrónica y en particular de la micro electrónica.

En la evolución del control numérico, se pueden distinguir cuatro generaciones:

- En la primera, la lógica de control estaba basada en tubos electrónicos y en relés.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Esta era la tecnología de las primeras máquinas con control numérico. Más tarde, y hasta 1965, la lógica del control fue elaborada a partir de semiconductores: transistores, diodos y tiristores. Se pudo de esta forma construir equipos de control más compactos.
- Inmediatamente después, y disponiendo siempre de los semiconductores, ciertas combinaciones de elementos lógicos fueron incluidos en un mismo soporte, lo que le valió el nombre de circuitos integrados. Esto hizo que los equipos de control fueran todavía más funcionales, más compactos y se pudieran aumentar las posibilidades por un costo relativamente módico. Son las máquinas de la tercera generación.
- En la cuarta generación, que está situada hacia los años de 1974-75, la lógica fue confinada a una computadora: en principio, una minicomputadora, hoy día, una microcomputadora. Se ha llegado así a la lógica por software o lógica programada. En efecto, la lógica del equipo de control no está realizada por montaje de elementos digitales, sino por programación de una computadora.

Se trata de esta forma del CNC (Computer Numerical Control) o del control numérico con lógica programable.

Desde los tubos de vacío a circuitos integrados a muy grande escala, los componentes electrónicos han tenido una reducción significativa en tamaño y precio. Tanto la producción como la confiabilidad se incrementaron, conforme el tamaño del controlador

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

necesario y su complejidad se disminuían. Las máquinas controladas numéricamente continuaron impresionando a los fabricantes realizando operaciones que anteriormente se pensaba que eran imposibles o imprácticas. Además, estas máquinas realizaron un incremento en la repetibilidad y la precisión sobre los métodos convencionales.

Una vez que el concepto del control numérico para las máquinas obtuvo importancia en la industria de la manufactura, las ventas de máquinas CNC se dispararon. Junto con el incremento de las ventas vino una demanda para el incremento de velocidad y confiabilidad. La integración de la computadora fue la aportación necesaria para fabricar equipos CNC más rápidos y confiables. Esto ayudó a los fabricantes a ganar la guerra para aumentar la productividad y calidad, una razón primordial para el desarrollo del control numérico.

Las máquinas producidas en los años de 1960 tenían equipo electrónico basado en la tecnología de equipos digitales disponibles en ese momento. Las máquinas CNC fueron introducidas primeramente en los años de 1970, siendo menos dependientes del equipo y más dependientes de los programas. Éstos empleaban una minicomputadora o microcomputadora para el control de la máquina herramienta y reducir la necesidad de equipo de soporte. Esta tendencia del equipo hacia programas de computadora a traído un continuo incremento de productividad, confiabilidad, repetibilidad y flexibilidad en la programación de piezas producidas en CNC. Además de las ventajas del equipo asociado con el equipo CNC, ha habido ventajas significativas hechas en los programas utilizados. Inicialmente los programas eran accedidos manualmente a través de cintas de papel perforadas o teclados a través del tablero alfanumérico conectado a la máquina CN. La tecnología actual permite un almacenaje de programas en disco flexible cargados a través de la computadora.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los programadores ahora pueden acceder datos y programas CNC utilizando una variedad de lenguajes y programas de computadora.

1.2.4 DEFINICIÓN DE LOS CONCEPTOS MÁS IMPORTANTES DEL CNC

Hemos mencionado previamente tres conceptos, los cuales son importantes para entender la tecnología del control numérico: precisión, repetibilidad y confiabilidad, los cuales serán definidos a continuación:

Precisión: puede ser definida como qué tan cerca la pieza cumple las especificaciones. Una pieza precisa está libre de error, siendo fabricada dentro de todas las tolerancias especificadas. Tiempo y experiencia son factores claves en una máquina controlada manualmente con la cual el operador está muy familiarizado para producir piezas que mantengan una tolerancia de ± 0.001 " (0.025 mm). Esto en contraposición con las máquinas CNC disponibles actualmente, las cuales son capaces de mantener tolerancias de ± 0.00010 " (0.0025 mm) o mejor. Ambos tipos de máquinas se basan en la habilidad del operador para mantener la instalación y las herramientas de corte.

Los siguientes factores tienen influencia o afectan la precisión de una máquina CNC:

- 1 Un correcto mantenimiento con base en programa adecuado
- 2 Cargas de corte adecuadas
- 3 Una instalación de la cimentación adecuada de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- 4 Las condiciones ambientales.
- 5 El material a maquinar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 6 La condición y selección de los insertos o filos de corte.
- 7 La condición y selección de los porta herramientas.
- 8 La experiencia en programación del operador (personal autorizado y calificado)

Repetibilidad: es la habilidad de la máquina para producir piezas similares cada vez.

Los mismos factores que afectan la precisión afectan la repetibilidad de la máquina. Típicamente la repetibilidad de la máquina debe ser la mitad de la tolerancia de posicionamiento real de la máquina. La tolerancia de posicionamiento es la capacidad de la máquina de ubicarse repetidamente en el mismo punto.

Confiabilidad: ésta se basa en la disponibilidad para producir piezas y evitar tiempos muertos. Una máquina confiable es aquella libre de tiempos muertos o mantenimientos excesivos. Un termino relacionado a la confiabilidad es el tiempo mientras existe una falla (MTBF Mean Time Between Failure). Este es un promedio calculado del periodo de tiempo en que la máquina está en servicio entre fallas. Entre más grande es el "MTBF" el fabricante puede tener una mayor producción de su máquina, y a menor "MTBF" el costo de mantenimiento disminuye el nivel de producción.

1.2.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y APLICACIONES DEL CN Y CNC

La tecnología del control numérico es simplemente la aplicación de métodos digitales para controlar máquinas herramientas. La programación del control numérico no fabrica la pieza sino que le indica a la máquina cómo, cuándo y dónde se tiene que mover para fabricar la pieza.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La programación del control numérico es la actividad física y mental asociada con el diseño y la documentación del programa de la pieza que será utilizado para fabricar la pieza. En la programación CN, es comúnmente denominada programación manual de la pieza debido a que es realizada sin una computadora. La programación del CN, utilizando la computadora puede ser denominada como programación de la pieza asistida por computadora (CAPP, Computer-Aided Part Programing) o manufactura asistida por computadora (CAM, Computer Aided Manufacturing).

Las máquinas controladas numéricamente realizan las mismas tareas de corte y formado utilizadas por décadas en varias industrias de la manufactura. La mayor diferencia y principal ventaja del equipo CN es el incremento en el control de la herramienta de corte. El incremento en el control de la máquina permite la fabricación de piezas que de otra manera sería difícil o imposible producir.

Los programas de pieza codificados proveen información utilizada por la unidad de control de la máquina (MCU Machine Control Unit), para controlar y posicionar la herramienta de corte. La "MCU" es el cerebro de la máquina CN. Funciona muy similar al cerebro humano el cual lee, interpreta y convierte una señal o una entrada percibida a movimientos adecuados, éste también controla varios dispositivos tales como: el refrigerante, cambio de herramientas y el despliegue de gráficos. El MCU (también denominado controlador) convierte la información del programa de la parte o pieza codificada a pulsos de voltaje o corriente de magnitud y frecuencia variable, los cuales son utilizados para el control y posición de la operación de la máquina.

La mayoría de las máquinas CN/CNC son capaces de almacenar programas de partes o piezas en su memoria. Cuando el programa es primero leído dentro de la máquina, éstas pueden llamar estos programas repetidamente desde la memoria, sin necesidad de tenerlos que leer nuevamente; esto otorga una operación más rápida cuando se tienen que producir un número de piezas idénticas (familia de piezas). Las máquinas y memoria deben leer el programa de la parte y ejecutarlo antes del proceso. Ya que ellas no pueden almacenar el programa, las máquinas deben volver a leer el programa cada vez que es producida una nueva pieza. Esto hace considerablemente más lenta la operación. Estrictamente hablando, las máquinas CN no tienen un sistema de cómputo sobre el tablero (On Board Computer System), sin embargo pueden ser equipadas con memoria "Buffer" para almacenar programas de las partes previamente a su ejecución. El "MCU" equipado con memoria "buffer" puede recordar un programa de pieza completo que es leído en él. Las máquinas CN y CNC tienen dos tipos principales de memoria: (1) volátil que es la "RAM" (Random Access Memory) y (2) no volátil "ROM" (Read Only Memory).

El acceso del programa de la pieza al "MCU" es generalmente almacenado en la memoria "RAM". La memoria "RAM" es capaz de almacenar información mientras se le suministra corriente a la máquina. Una vez que se apaga la máquina, es decir se elimina la corriente del "MCU" la información contenida en la memoria "RAM" generalmente se pierde. La memoria "ROM" es capaz de almacenar la información leída dentro de ella aun después de que se ha eliminado la corriente. Una vez que la información ha sido escrita en la memoria "ROM" ésta permanece hasta que es borrada o sobrescrita. El "MCU" puede ser equipado con memoria "ROM" que contiene información correspondiente al diagnóstico, parámetros de inicialización, instrucciones de operación, ayuda en línea y funciones repetidas similares. La ventaja del almacenaje de estas funciones en memoria "ROM" es que éstas únicamente

tienen que ser programadas una vez y no se pierden cuando se apaga la máquina.

Además de la memoria el "MCU" también tiene el equipo y programas necesarios para leer, interpretar, convertir y comunicar los procesos programados con el objeto de ejecutar las funciones máquina programadas.

El control numérico asistido por computadora fue desarrollado en respuesta a la necesidad de las industrias de la manufactura que tenían que producir piezas de calidad más alta con tiempos muertos reducidos. Pero los fabricantes de las máquinas CNC concibieron que sólo incorporando una computadora a una máquina de producción no era suficiente. Para poder obtener el beneficio completo de la computadora, la máquina debía tener su propio sistema de cómputo integrado al tablero.

La tecnología CNC está basada en la tecnología CN, agregando el equipo de cómputo integrado en el tablero para adicionarle procesamiento de programas. Los programas de piezas CNC son programados en la misma modalidad como los programas de piezas CN, utilizando las capacidades mejoradas de la computadora para leer, almacenar, modificar y procesar la información programada. Estas máquinas permiten al operador leer los datos del programa, analizar la información programada, optimizar parámetros de maquinado y modificar los programas pieza almacenados. Éstos también proveen capacidad gráfica, procedimientos de diagnóstico y un sistema de resolución de problemas. El agregar la computadora incrementa las ventajas de la tecnología CN otorgando estas capacidades mejoradas o extendidas como parte de las funciones básicas de la máquina.

Las máquinas CN y CNC pueden parecer similares y algunas veces es difícil de distinguir entre ellas. A menudo la única clave que indica que una máquina tiene capacidad de CNC es la pantalla de gráficos en pantallas de tubo de rayos catódicos "Cathode Ray Tube" (CRT) o de cristal líquido LCD (Liquid Cristal display), la diferencia principal entre las máquinas CN y CNC es que la máquina CNC tiene un sistema de cómputo integrado en el tablero, capaz de extender las funciones tales como gráficas, diagnósticos y edición o modificación de programas.

Otras aplicaciones de la tecnología CNC incluye la robótica, controladores lógicos programables (PLC), equipo de trazado automatizado y aplicaciones programables. Sin embargo estas máquinas son controladas numéricamente a través de la ayuda de una computadora, no son considerados CNC. Éstos son clasificados como tipos de equipo de Manufactura Automatizados que utilizan tecnologías similares, pero son únicamente parientes del equipo CNC que estamos discutiendo. No confunda equipo automatizado con equipo CNC; éstos tienen las mismas ventajas y beneficios, pero no son iguales.

Una amplia variedad de fabricantes e industrias utilizan máquinas CN y CNC; este rango va desde grandes instalaciones de producción masiva a talleres pequeños. Debido a la amplia variedad de equipo CN/CNC utilizado en la industria, diversos bienes y servicios son producidos, la industria aeroespacial es un buen ejemplo. Debido a la necesidad de obtener tolerancias cerradas y uso de aleaciones especiales y materiales exóticos, muchas piezas o partes para la industria aeroespacial son maquinadas usando maquinas multifuncionales CNC caras. Debido al costo involucrado, muchas instalaciones de producción más pequeñas no son capaces de justificar las capacidades extendidas o gráficas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La variedad del costo va de acuerdo a las capacidades de: ejes controlables simultáneamente (direcciones del movimiento programado de la máquina), gráficos, herramienta y otras características relacionadas. Las máquinas CNC varían desde un costo aproximado de \$10,000 USD (modelos de banco o didáctico) hasta equipos de \$2,000,000 USD o más, dependiendo de las capacidades y accesorios requeridos. Las máquinas CNC que se encuentran tienen una variedad de diseños estándar o pueden ser pedidos especialmente al fabricante, basados en requerimientos específicos del cliente. Dentro de los fabricantes de quipos CNC se encuentran: Daewoo, Mori Seiki, Bridgeport, Cincinatti-Milacron, Tsugami, Mazak, entre otras.

1.2.6 VENTAJAS DEL CNC

El control numérico computarizado ha crecido a un nivel antes no pensado y su uso continuará en crecimiento debido a las múltiples ventajas que éste tiene que ofrecer a la industria. Algunas de las más importantes ventajas del CNC son descritas a continuación y mostradas en el siguiente cuadro sinoptico 1.1:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

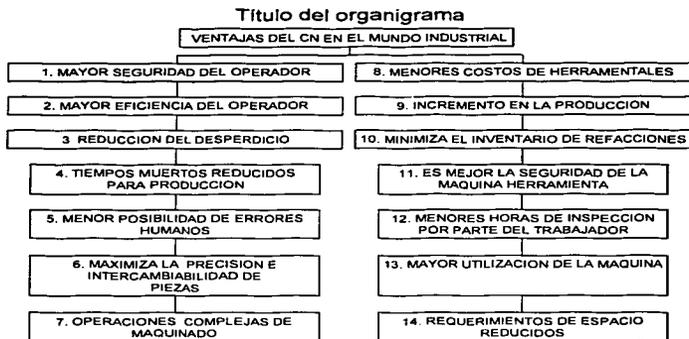


FIGURA 1.1 VENTAJAS DEL CN EN EL MUNDO INDUSTRIAL

1) Se incrementa la seguridad del operador.

Los sistemas CNC son generalmente operados desde un tablero el cual está generalmente alejado del área de trabajo; en el caso contrario se cuenta con guardas de protección que le permiten al operador no estar expuesto a partes móviles de la máquina o a la herramienta de corte.

2) Mejora la eficiencia del operador:

Debido a que una máquina CNC no requiere de demasiada atención, el operador puede desempeñar otras tareas o trabajos mientras la máquina está en operación, lo cual permite el tener operadores multifuncionales.

3) Reducción del desperdicio:

Debido al grado de precisión tan alto de los sistemas CNC y a la eliminación de errores humanos, los desperdicios han sido drásticamente reducidos.

4) Reducción del tiempo muerto en la producción.

La preparación de los programas y alistamiento de máquinas controladas numéricamente requiere menor tiempo. Muchas plantillas y dispositivos anteriormente requeridos no son necesarios. Los programas pueden ser almacenados en memoria o realizar respaldos de los mismos para después ser utilizados en corridas de producción futuras.

5) Reducción de errores humanos:

Los programas eliminan la necesidad de que un operador realice cortes de prueba, mediciones de prueba o movimientos de posicionamiento.

No hay mayor necesidad para que el operador cambie las herramientas de corte, elija la secuencia de operaciones y realice otras funciones de rutina.

6) Alto grado de precisión.

El CNC asegura que todas las piezas producidas serán precisas y de calidad uniforme. El mejoramiento de la precisión de las piezas producidas por el CNC asegura la intercambiabilidad de piezas.

7) Operaciones complejas de maquinado:

Éstas pueden realizarse más rápida y precisamente con el CNC y equipos de medición electrónicos.

8) Costo de herramentado más bajo.

El CNC generalmente requiere de dispositivos de sujeción sencillos y estandarizables; esto implica que los costos del diseño y fabricación del dispositivo pueden ser reducidos hasta en un 70%.

9) Incremento de la productividad.

Debido a que el CNC controla todas las funciones de la máquina las piezas son producidas más rápidamente con menores tiempos muertos.

10) Reducción del inventario de piezas:

Un gran inventario de refacciones ya no es necesario debido a que piezas adicionales pueden ser hechas con la misma precisión cuando el programa vuelve a ser utilizado.

11) Mayor seguridad de la máquina herramienta:

El daño a las máquinas herramienta como resultado de un error del operador es virtualmente eliminado debido a que existen menos intervenciones del mismo.

12) Menor inspección requerida.

Debido a que el CNC produce piezas de calidad uniforme, se requiere de un menor tiempo de inspección. Una vez que la primera pieza ha pasado la inspección, muy pocas inspecciones posteriores son requeridas.

13) Mayor uso de la máquina.

Debido a que hay menor tiempo requerido para realizar ajustes, los rangos de producción pueden incrementarse hasta en un 80%.

14) Reducción en los requerimientos de espacio.

El CNC requiere menores plantillas y dispositivos, lo cual produce un menor espacio de almacenaje, además de que cada vez las dimensiones de las máquinas son menores.

Puntos a considerar antes de la toma de decisión:

- 1 Se incrementarán los mantenimientos (predictivo y preventivo), pero se reducirá o virtualmente se eliminará el mantenimiento correctivo, tomando en cuenta que éste no sea por negligencia o falta de personal capacitado que maneje la máquina.
- 2 Se requiere de una inversión financiera mayor, la cual se analizará detalladamente en el capítulo 5.
- 3 El costo por concepto de herramienta de la máquina será elevado pero debido a su flexibilidad, rendimiento y optimización se amortizará en un corto plazo.
- 4 Se requiere de una capacitación y entrenamiento constante del personal, lo cual hay que verlo como una inversión que traerá consigo un mayor beneficio tanto a la compañía como al empleado

1.2.7 VENTAJAS DEL CNC COMPARADO CON EL CN

El Control Numérico Computarizado (CNC) abre nuevas posibilidades y ventajas no ofrecidas anteriormente en máquinas CN. Entre las cuales están:

- 1) La reducción del equipo necesario. Nuevas funciones pueden ser programadas dentro de la unidad de control de la máquina como "Software".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2) El programa CNC, puede ser escrito, almacenado y ejecutado directamente en la máquina.

3) Cualquier porción de un programa accesado al CNC, podrá ser de nuevo reproducido y editado. Movimientos de herramienta pueden ser electrónicamente desplegados.

4) Muchos programas CNC diferentes pueden ser almacenados en la unidad de control de la máquina (MCU).

5) Muchas máquinas CNC pueden ser conectadas a una computadora principal. Programas escritos a través de la computadora principal pueden ser descargados a cualquier máquina CNC de la red. Este es conocido como Control Numérico Directo o "Direct Numerical Control" (DNC).

6) Varios sistemas DNC pueden ser también puestos en red para formar un gran sistema distribuido de control numérico.

1.2.8 REQUERIMIENTOS ESPECIALES PARA LA UTILIZACION DE CNC

Las máquinas CNC pueden dramáticamente incrementar la productividad. El área de la empresa encargada de tomar la decisión de la adquisición de la compra de una máquina CNC, puede, sin embargo, únicamente asegurar aquellas ganancias encontrando primero varios aspectos críticos. Algunos de ellos son:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1) Se debe suministrar el suficiente capital para la compra de equipo CNC de calidad.

2) El equipo CNC debe ser mantenido en óptimas condiciones. Esto puede ser realizado obteniendo un contrato de servicio completo o teniendo técnicos capacitados.

3) El personal debe ser totalmente entrenado en la instalación y operación de máquinas CNC.

Una planeación cuidadosa de producción debe ser estudiada. Esto debido a que el costo de operación en una máquina CNC es generalmente más alto que en las máquinas convencionales.

1.2.9 EL CONTROL NUMÉRICO DENTRO DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Con la llegada del año 2000 las máquinas herramienta, estarán cursando ya su tercer siglo de vida. Las nuevas tecnologías han alcanzado un alto grado de sofisticación, permitiendo a los ingenieros desarrollar tecnologías complejas en sus diseños, además de estandarizar la manufactura de productos con una mejor economía.

Podríamos pensar que las máquinas herramienta dejaron de ser "máquinas tontas" desde 1960, década en que comenzó el desarrollo de equipos versátiles y exactos a través de controles computarizados para diseños complejos. Por otro lado, estas máquinas también han incrementado su capacidad para maquinarse materiales como carbón, diamante y

cerámica, permitiendo operar a temperaturas más altas. Además, las mejoras constantes en cuanto a lubricantes y fluidos refrigerantes, incrementan cada vez más la calidad de producción ya que impiden al máximo la fricción y sobrecalentamiento de las piezas.

Todo ello denota que las tendencias en la utilización de las máquinas herramienta, cada vez están más enfocadas hacia la eficiencia, rapidez y precisión en la productividad de cada una de la piezas fabricadas.

Dentro de la evolución podemos contar con el maquinado de alto desempeño, una nueva concepción en la industria en donde se combina el maquinado rápido con el de alta precisión.

El proceso evolutivo lo podemos dividir en dos puntos básicos:

- 1) La expansión de nuevas fronteras de maquinado basada en las tecnologías CAD-CAM (Diseño Asistido Por Computadora- Manufactura Asistida Por Computadora).
- 2) Incremento de la flexibilidad de las máquinas.

Las tecnologías CAD-CAM son clave en el proceso evolutivo de las máquinas herramienta, debido a que no sólo permiten diseñar piezas cada vez más complejas, sino que permiten jugar con productos virtuales antes de ser maquinados.

Los nuevos sistemas permiten hacer dibujos en tercera dimensión parametrizados, con capacidad de calcular las características de los materiales y de dar movimiento a las piezas ya ensambladas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lo que realiza tanto el CAD como el CAM es construir la liga para el proceso de la manufactura. Su utilización permite desarrollar las herramientas básicas para establecer finalmente un control numérico.

En cuanto a la producción flexible, actualmente las máquinas "Transfer" están en un proceso de evolución que apunta hacia equipos más universales y versátiles capaces de transformarse continuamente. En cuanto a esto se destaca la proliferación de celdas humanizadas, que incluyen nuevas tecnologías de automatización alternadas con posiciones de operadores para actividades específicas. "Esto elimina la idea de que la industria está envuelta en un proceso de automatización a ultranza"

La evolución de las máquinas herramienta ha sido mayor en la última década que lo que fue en los 90 años anteriores, y se registra una tendencia muy clara hacia la manipulación de materiales más duros y con mayor resistencia a altas temperaturas. Además, ahora la rapidez y la funcionalidad son cruciales para los nuevos equipos. **LA TENDENCIA ES QUE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA CNC DEJEN DE SER UNA VENTAJA COMPETITIVA PARA CONVERTIRSE EN UNA NECESIDAD.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 2

HERRAMIENTAS DE CORTE

2.1 EVOLUCIÓN DEL MECANIZADO

El mecanizado es una ciencia fascinante, cuyo interesante pasado no es muy antiguo. En su mayor parte se desarrolló de forma paralela a la revolución industrial del siglo XVIII, XIX y XX para luego culminar en el siglo XXI.

Los grandes avances técnicos del siglo XVIII tuvieron lugar en las labores de la edad de cobre y épocas siguientes. No obstante el mecanizado de las máquinas herramienta es algo relativamente reciente, ya que los materiales de las herramientas y la ciencia han determinado su desarrollo en el siglo XX y lo siguen haciendo en el actual. El inmenso interés por la fabricación ha estimulado la búsqueda de la productividad.

A comienzos del siglo XX tuvo lugar el gran suceso que influyó decisivamente en el mecanizado y por lo tanto, en la fabricación a gran escala la demostración realizada por Federico Taylor en la exposición de París de 1900. Llevó a cabo un mecanizado a tal velocidad y avance que se obtenían virutas azules. La herramienta de corte se puso al rojo y aún se mantenía afilada. En un torno especial automotriz, mecanizó acero dulce forjado a niveles increíbles para los visitantes; los datos de corte eran velocidad de corte de 40m/min, avance de 1.6 mm y profundidad de corte de 4.8mm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Después, las herramientas de corte se probaron al máximo en Alemania, midiendo su dureza al rojo y convirtiendo en chatarra las máquinas que se usaron en menos de un mes.

LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS DE TODO EL MUNDO SE HABÍAN QUEDADO OBSOLETAS CON LA LLEGADA DEL NUEVO SIGLO.

El desarrollo de las herramientas de corte llegó muy lejos en los años 80. Las mejoras en el material de la herramienta con respecto al acero al carbón templado, utilizado al finalizar el siglo y las modernas calidades de metal duro, significaron una reducción en los tiempos de mecanizado para una determinada pieza desde 100 minutos hasta menos de 1 minuto.

Desde el punto de vista de la herramienta, el número de piezas mecanizadas por filo de corte, puede contemplarse desde un aumento de dos veces y media con acero rápido hasta alcanzar aproximadamente 60, con una plaquita recubierta de metal duro en 1980.

PROCESO DE CORTE

El corte de metales involucra una gran deformación plástica en la punta de la herramienta, gran temperatura y severa fricción entre las interfaces de la rebaba y la pieza de trabajo. La mayor parte de la deformación plástica y de la fricción se transforma en calor. En el corte alrededor del 80% de este calor se va en la rebaba, pero el otro 20% permanece en la punta o filo de la herramienta, produciendo altas temperaturas (mayores o iguales a 100°C ó 212°F). El esfuerzo en la punta de la herramienta es grande; dichos esfuerzos van a depender de la pieza a trabajar y de las condiciones de maquinado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esto trae como consecuencia el hecho de que la Tecnología de los materiales empleados para los procesos de desprendimiento de viruta requieran de una constante investigación y desarrollo para poder cumplir con los requerimientos actuales de alta producción, alta precisión y tiempo de entrega mínimo, aunado a tener bajos costos, lo cual lleva a desplazar y dejar fuera a aquellos industriales que no traten de actualizarse en este rubro.

2.2 HERRAMIENTAS DE CORTE USADAS EN MÁQUINAS CONVENCIONALES

Estas herramientas se restringen por los parámetros de corte que pueden brindar las máquinas convencionales, pues éstas no cuentan con variadores de velocidad que permitan optimizar los parámetros de corte, los cuales afectan de manera significativa a la vida de la herramienta y el tiempo ciclo (producción).



Figura 2.1 Herramientas de corte utilizadas en torno convencional

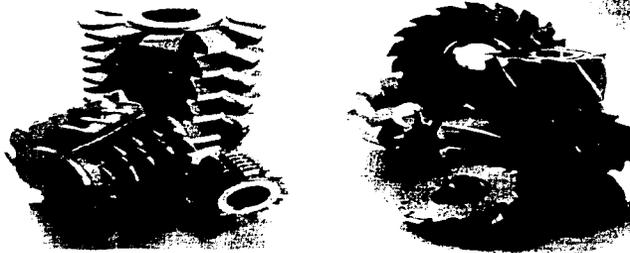


Figura 2.2 Herramientas de corte utilizadas en fresas convencionales

Las herramientas convencionales, principalmente los buriles y fresas se caracterizaban por tener geométricas sumamente complejas, las cuales requieren de un arduo trabajo para poder ser reafiladas por un especialista o el adquirir una máquina dedicada a esta aplicación, lo cual se ve reflejado en el tiempo perdido de producción y salario pagado.

Esto llevó por consiguiente al desarrollo e investigación de materiales y diseños de herramientas que pudiesen proveer de una operación confiable, menos costosa y más productiva, además de que tuvieran la capacidad de ser implementadas en las máquinas herramientas CNC que incorporan la tecnología de manufactura más avanzada disponible en el mercado, además de poder estandarizar los procesos de herramientación.

2.3 HERRAMIENTAS DE CORTE ACTUALES DE ALTA VELOCIDAD Y ALTO RENDIMIENTO

Dentro de las nuevas herramientas de corte, un elemento importante es el porta insertos, el cual es el factor primario que determina los ángulos de ataque y salida, ambos también, determinantes del espesor de la viruta, de las exigencias de potencia, de las fuerzas de corte y de la vida de la herramienta, variando su forma dependiendo de la operación que se vaya a realizar (mandrinado, barrenado, fresado, torneado, ranurado, etc.), además de su correspondiente inserto, que es un sistema de elementos interactuantes: sustrato, rompe viruta, radio de nariz, recubrimiento, preparación del filo, como se puede ver en la figura (2.3).

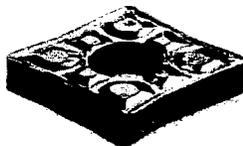


figura 2.3 Inserto

En un inserto recubierto, el sustrato es la base del sistema de corte pero nunca debe entrar en contacto con la pieza de trabajo.

Casi todos los sustratos están hechos de Carburo de Tungsteno (WC), que es casi el único material disponible con la combinación de dureza y tenacidad requeridas para soportar el amplio rango de aplicaciones de corte. Otros materiales, como los cerámicos y los

cermets, son un buen complemento al WC para la aplicación en altas velocidades, pero rara vez se usan con recubiertos.

El desempeño del sustrato se puede incrementar, agregando selectivamente otros tipos de carburos en la mezcla de WC puro. Las aleaciones más comunes son: WC + TiC, TaC, VC (carburo de vanadio) y NbC (carburo de niobio), o cualquier mezcla de ellos. Cada uno de estos materiales de carburo produce propiedades específicas, útiles en el rango de las aplicaciones tradicionales.

El recubrimiento de un inserto actúa como interfase entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte. Según la aplicación, los recubrimientos pueden proporcionar resistencia al desgaste, a la abrasión, a la formación de cráteres, a la acumulación de adherencias en el filo, a la resistencia química, o una simple reducción de la fricción que disminuye las temperaturas de corte.

Los materiales de recubrimiento comúnmente utilizados con sus propiedades son:

TiC: resistencia a la abrasión y al desgaste de flanco y nariz.

TiCN: resistencia a la abrasión, y (un poco) al desgaste y formación de cráteres.

TiN (nitruro de titanio): alguna resistencia a los cráteres, reducción de fricción, color oro y una barrera a la difusión.

Al₂O₃ (dióxido de aluminio): resistencia a cráteres y al desgaste, y resistencia al desgaste abrasivo a altas temperaturas de corte.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El inserto variará su forma y material según los siguientes factores:

- a) Naturaleza del trabajo a realizar
- b) Material a trabajar
- c) Material con que está construido el inserto
- d) Operación con o sin refrigerante
- e) Potencia de la máquina CNC
- f) Profundidad de corte
- g) Avance
- h) Velocidades de corte

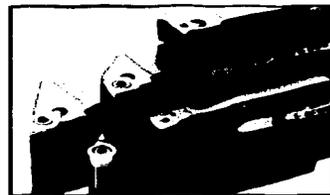
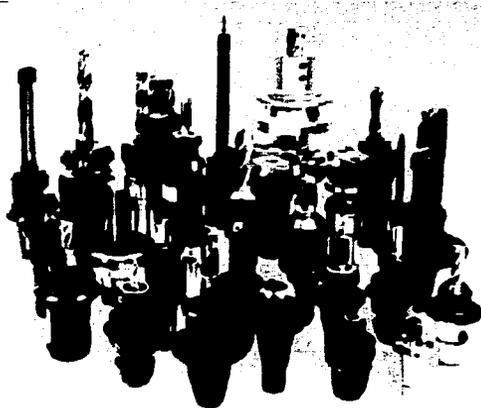


Figura 2.4 Herramientas de corte actuales de alta velocidad y rendimiento para ser utilizadas en máquinas herramientas CNC (Tornos y centros de maquinado)

2.3.1 DESARROLLO DE MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE

Con las primeras máquinas herramienta, el problema principal fue la duración de las herramientas. Hasta hace una generación el acero al carbono para herramientas era el material más común, por ser económico y fácil de afilar y endurecer en la mayoría de los talleres. Entonces, al desarrollarse las herramientas de corte de acero rápido, se hizo necesario mejorar las máquinas herramienta para aprovechar el incremento en la capacidad de corte. A continuación, vino el desarrollo de las aleaciones fundidas y de las herramientas de corte de carburos cementados. Esto requirió también una serie de mejoras en las máquinas para incorporar la rigidez y mayor velocidad necesarias para tener un mejor aprovechamiento de las nuevas herramientas.

Posteriormente surgieron los cerámicos, que son materiales inorgánicos y no metálicos, que están sujetos a altas temperaturas durante su síntesis o uso. El cerámico es un tipo de material para herramienta, el cual tiene potencial en un amplio rango de velocidades de corte y por su alta capacidad de remoción de materiales difíciles de maquinar.

Junto con los cerámicos se desarrollaron los cermets que son polvos productos de la metalurgia, los cuales consisten de partículas cerámicas, unidas a metálicas. El componente cerámico proporciona resistencia a la oxidación y alta dureza mientras el componente metálico incrementa la ductilidad y resistencia a choques térmicos, los siguientes metales caen teóricamente dentro del grupo de los cermets:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

WC + Co (Carburo de Tungsteno más Cobalto)

WC/TiC/TaC + Co (Carburo de Tungsteno/Carburo de Titanio / Carburo de Tantalio más Cobalto)

TiC+Ni (Carburo de Titanio más Níquel)

TiCN + Ni/Mo (Carburo de Titanio más Níquel/Molibdeno)

Otros materiales usados en la actualidad son los materiales super duros (diamante y nitruro cúbico de boro "CBN"), ambos tienen la misma estructura cristalina, pero el primero como ya se sabe, es el más duro, mientras que el Nitruro de Boro posee la mitad de la dureza correspondiente al diamante. Estrictamente hablando, el diamante no se define como cerámico, ya que está constituido por carbón puro, mientras que el CBN es considerado como tal.

Al estudiar el comportamiento de los nuevos materiales cerámicos y CBN, se descubrió que este último ofrece mayor dureza y resistencia a la fractura, aunque por otro lado, una menor resistencia química. Existen operaciones de corte donde son indispensables las propiedades de dureza y resistencia a la fractura. Por las características de la pieza de trabajo y la resistencia química constituye un requisito esencial. Una excelente solución fue la unión de herramientas CBN con elementos cerámicos.

El desarrollo de las herramientas de corte se muestra en la figura 2.6, en la cual se observa cómo ha ido evolucionando a través de los años la capacidad de maquinado por medio de nuevos materiales. En la figura 2.6 se ve un ejemplo del tiempo que se tardaba en producir la probeta mostrada, a partir de los años de 1900, 1920, hasta 1990, y como se ha ido minimizando éste con la aparición de nuevos materiales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DESARROLLO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE

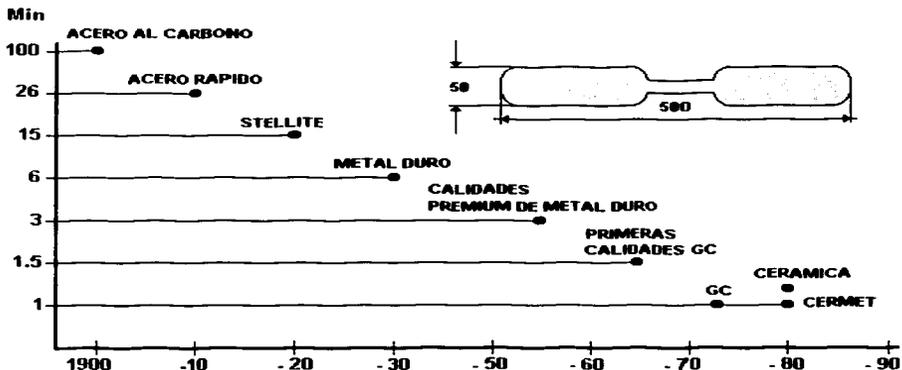
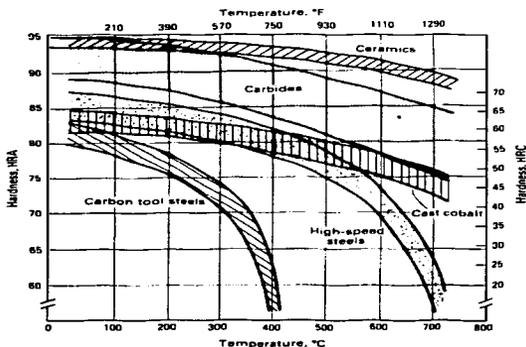


Figura 2.6 Representación del cambio de dureza al incrementar la temperatura durante el proceso



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

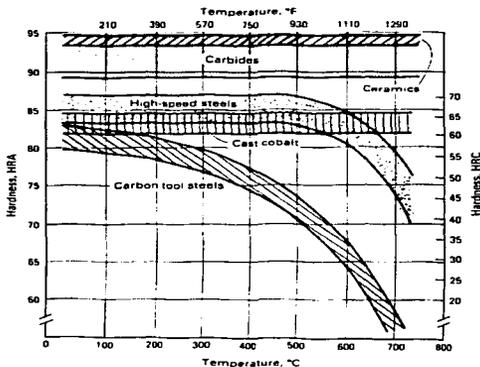


Figura 2.7 Recuperación de las propiedades de los materiales para herramientas después de haber sido expuestas al calentamiento durante el proceso.

2.3.2 MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE

La herramienta puede experimentar repetidos impactos durante cortes interrumpidos, y la viruta producida en el momento puede producir interacción química con el material de la herramienta. La herramienta de corte por lo tanto es sujeta a una variedad de condiciones hostiles. Por estos motivos, pueden existir los siguientes problemas:

- Cráteres formados por el desgaste
- Bordes acumulados
- Desgaste abrasivo
- Fatiga térmica
- Muescado

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

De esto surge la necesidad de encontrar materiales cada vez más fuertes, resistentes a la abrasión y con capacidad de corte. A continuación se presentan algunos de los materiales desarrollados y empleados más comúnmente.

Los 3 materiales más comunes para herramientas de corte son: el acero rápido (HSS) tanto forjado como por metalurgia de polvos, los carburos y las herramientas recubiertas. El Nitruro de Boro Cubico (CBN), los cerámicos y diamantes son también ampliamente empleados. Generalmente, los HSS son utilizados como herramientas de propósitos generales, para herramientas de diseño complejo o para herramientas usadas cuando las velocidades de corte son más moderadas. Los carburos y los materiales cerámicos, los cuales son operados a velocidades de corte mayores, se encuentran en una amplia variedad de grados y geometrías.

En la actualidad y con base en los requerimientos actuales de producción, para seleccionar un inserto y su grado se deberá entender y conocer las características de maquinabilidad de la pieza a producir. El conocer la composición y dureza de la pieza es el primer paso en la selección. Casi todos los materiales pueden ser agrupados dentro de seis grupos generales de maquinabilidad. Dichos materiales son agrupados debido a su similitud metalográfica, y los materiales de las herramientas de corte, por consiguiente, son similares a los de las piezas. En otras palabras los materiales de las herramientas de corte están diseñados para resistir los mecanismos de desgaste y falla específicos que cada grupo de piezas produce.

La selección del grado de un inserto incluye: no recubiertos, recubiertos CVD, y carburos recubiertos PVD, así como cerámicos, cermet y materiales policristalinos super duros. Para la mayoría de las operaciones de maquinado los grados recubiertos son la mejor opción debido a que los recubrimientos reducen fuerzas de fricción en la punta del inserto, incrementan la estabilidad química y mantienen la dureza a elevadas temperaturas las cuales se obtienen durante los procesos de corte de metal.

La selección de un grado se basa en el material a maquinar así como la configuración de la pieza, velocidades, avances, capacidad de la máquina herramienta, requerimientos de acabado superficial, y lo más importante a considerar es el objetivo de productividad que se desea obtener.

GRADOS DE CARBURO RECUBIERTOS PVD:

Los recubrimientos PVD (Physical Vapor Deposition) que significa Acumulación de Vapor Física, tiene la ventaja técnica de que hace más apropiados a estos grados para una variedad de aplicaciones en el corte de metal de un amplio rango de materiales de piezas. En particular, los grados PVD ofrecen un desempeño sobresaliente en roscado, acanalado, tronzado y torneado de acabado. Operan bien a velocidades de corte bajas y medias, y tienen una punta de corte afilada relativamente estable. Estos recubrimientos son aplicados al substrato del carburo a temperaturas más bajas, lo cual conserva la resistencia de la punta y permite el recubrimiento de puntas afiladas.

Los recubrimientos PVD tienen una superficie relativamente lisa, lo cual genera menos calor por fricción, fuerzas de corte más bajas y resistencia a la incrustación de material

en la punta lo cual lleva a un astillamiento del inserto. Los recubrimientos PVD son de granado fino y muy duro, lo cual los hace resistentes a los mecanismos de desgaste abrasivos. Las puntas de corte son afiladas, o únicamente pulidas, lo cual produce menor vibración, menos rebabas, acabados superficiales más finos y un mejor control dimensional sobre el inserto.

Algunas de las ventajas de los grados recubiertos PVD se enuncian a continuación:

- Incrementan de dos a cuatro veces la vida de la herramienta en comparación con el carburo de tungsteno trabajando a las mismas condiciones.
- No hay una reducción de la punta afilada después del recubrimiento PVD.
- Decrece la reacción con los materiales ferrosos (decrece o disminuye el material en la punta)

GRADOS DE CARBURO RECUBIERTOS (CVD)

Los grados de carburo recubierto CVD (Chemical Vapor Deposition) que significa Acumulación de Vapor Química, son los grados a optar por la mayoría de las aplicaciones de corte de piezas de material ferroso. Estos recubrimientos son aplicados al sustrato del carburo a una temperatura alta, lo cual genera una interdifusión del recubrimiento con el sustrato para asegurar una fuerte unión. El proceso CVD también permite la acumulación de múltiples capas de recubrimiento, permitiendo el utilizar las ventajas y características de cada una de ellas. Esto aporta la ventaja de eliminar tanto el desgaste del cráter como del costado, lo cual incrementa el rango de aplicación de la herramienta.

Los grados CVD también ofrecen sustratos enriquecidos con cobalto. El enriquecimiento con cobalto produce una punta con excelente fuerza y resistencia a la fractura, mientras permanece la resistencia a la deformación en la mayor parte del inserto.

El CVD en la actualidad es el único proceso de recubrimiento que puede aplicar eficazmente la alúmina (Al_2O_3) para sustratos de carburo. El recubrimiento con alúmina permite más altas velocidades de corte y se convierte en el mejor recubrimiento para combatir tanto el desgaste abrasivo como el del cráter.

GRADOS CERÁMICOS

Los materiales cerámicos de las herramientas de corte se pueden dividir en dos familias básicas: con base de alúmina (Al_2O_3) y con base de Nitruro de Silicón (Si_3N_4).

La cerámica pura está compuesta por una base de alúmina con una pequeña cantidad de óxido de Zirconio (Zr), con el fin de aumentar su tenacidad. Con calidad para desbaste y semidesbaste principalmente para fundición de acero.

La cerámica mixta está compuesta por una base de alúmina con adición de Carburo de Titanio, con el fin de incrementar sus propiedades térmicas. Con calidad de uso general, especialmente para: torneado de piezas endurecidas en acero y fundición, acabado de superaleaciones super resistentes, fundición de acero.

La cerámica reforzada está compuesta por una base de alúmina con microfilamentos de carburo de Silicio (Si) que contribuye a incrementar su conductividad térmica y a mejorar

considerablemente su tenacidad. Con calidad de desbaste y semiacabado para: superaleaciones termoresistentes, torneado de piezas en acero y fundición así como cortes interrumpidos.

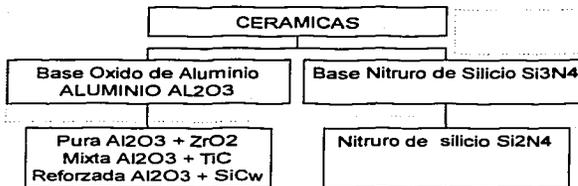


Figura 2.5 Familia de las cerámicas

GRADOS CERMET

Los grados cermet están compuestos en su mayoría de Carbonitruro de Titanio (TiCN) con aglomerado de Níquel(Ni). Son química y térmicamente estables lo cual les permite tener alta resistencia al desgaste. Los cermets son utilizados con mayor éxito en maquinados de acabado de muy alta velocidad para la mayor parte de los aceros.

Los cermets son capaces de mantener la punta de corte afilada a altas velocidades y temperaturas lo cual les permite producir acabados superficiales extremadamente buenos bajo ciertas condiciones. Los cermets son menos apropiados que los carburos para condiciones de corte de desbaste o corte interrumpido severo, esto es debido a que los cermets son polvos producto de la metalurgia, los cuales consisten de partículas cerámicas unidas a metálicas. El componente cerámico proporciona resistencia a la oxidación y alta

dureza, mientras que el componente metálico incrementa la ductilidad y resistencia a choques térmicos.

GRADOS DE CARBUROS NO RECUBIERTOS

Los grados de carburo no recubiertos, aun en la actualidad, llegan a encontrar lugar en aplicaciones de maquinado. Trabajan bien cuando las velocidades de corte son muy bajas, cuando preocupa la difusión de material de recubrimiento en la pieza o cuando se tienen corridas de producción pequeñas. Las puntas de corte son comúnmente pronunciadas.

Los grados de carburo no recubiertos se clasifican generalmente en dos grupos: los aleados y los no aleados. La principal aplicación para los grados no aleados es para materiales no ferrosos, cuando el desgaste no abrasivo es el principal mecanismo de falla de la herramienta. Los grados aleados son principalmente aplicados en materiales ferrosos donde el desgaste del cráter es el principal mecanismo de falla de la herramienta. Conforme mayor sea el contenido de aglomerado más tenaz será el grado.

GRADOS POLICRISTALINOS

La familia policristalina de materiales para herramientas de corte se divide en dos grupos básicos: diamante y Nitruro de Boro Cúbico (CBN). Ambos grupos son relativamente más caros sobre una base unitaria, pero puede pagarse generosamente generando una productividad extraordinariamente más alta. Esto se produce en un beneficio al usuario con un costo por pieza fabricada muy bajo, sin embargo esto va a darse siempre y cuando vaya en conjunto con máquinas herramientas y dispositivos de sujeción rígidos.

Los diamantes son el material para herramienta de corte más duro que se tiene disponible, y son aplicados en su mayoría sobre materiales no ferrosos a muy altas velocidades. Poseen extremadamente buena resistencia a la abrasión y tienen buena rigidez. Los diamantes tienen una alta conductividad térmica, lo cual les permite tener una elevada disipación de calor, cuando éstos son utilizados a altas velocidades.

Los grados de Nitruro de Boro Cúbico Policristalino (PCBN) pueden ser divididos a su vez en dos grupos: grados de bajo o alto contenido de CBN.

Los grados de bajo contenido de CBN tienen una menor conductividad térmica y comparativamente mayor resistencia a la compresión. Estas características permiten a los grados de bajo contenido de CBN promover corte en caliente auto-inducido combinando altas velocidades de corte y herramientas con inserto de geometría negativa para suavizar el material de la pieza, además de quitarlo eficazmente de la pieza. Estas características hacen ideales a los grados de bajo contenido de CBN para el maquinado de acabado de aceros endurecidos.

Los grados de alto contenido de CBN presentan una conductividad térmica y tenacidad sumamente altas, además pueden operar a altas velocidades y con cortes interrumpidos severos. Los grados de alto contenido de CBN son materiales para herramientas que se utilizan en el desbaste de aceros herramientales, donde tiende a ocurrir una carga muy severa en la punta. Debido a la dureza tan alta que tienen estos grados, éstos presentan una excelente resistencia a la abrasión. Los grados de alto contenido de CBN son muy buenos materiales para herramientas que se utilizan en el maquinado de hierros grises perlíticos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.4 VENTAJAS DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE UTILIZADAS EN MÁQUINAS CNC EN COMPARACIÓN CON LAS APLICADAS EN LAS CONVENCIONALES.

- Un factor importante es que el tiempo muerto para el montaje de las herramientas convencionales, a diferencia de las nuevas herramientas disponibles en el mercado, es considerablemente mayor ya que las nuevas herramientas requieren de una mínima fracción de tiempo para su instalación.
- Los insertos de las nuevas herramientas cuentan con varios filos de corte y diferentes geometrías disponibles, además de que en su mayoría son fabricados bajo normas de estandarización internacionales (ISO), lo cual permite que el usuario final no dependa de un proveedor específico.
- Las nuevas tecnologías de materiales son empleadas en las nuevas herramientas, lo que permite disminuir costos al incrementar la producción y vida de la herramienta.
- Con las nuevas herramientas se elimina el tiempo y costo de reafilado, esto se debe a que el filo de corte lo tiene el inserto el cual una vez que se le desgastan sus filos puede ser reemplazado con un mínimo de tiempo muerto.
- La gran mayoría de los proveedores actuales diseñan sus herramientas como sistemas modulares lo cual permite tener una alta flexibilidad y utilización de las mismas, puesto que en un solo sistema de sujeción se pueden tener infinidad de configuraciones Fig 2.6

- Las herramientas actuales a diferencia de las convencionales pueden mantener tolerancias cerradas, repetibilidad de medidas y ajustes micrométricos precisos.

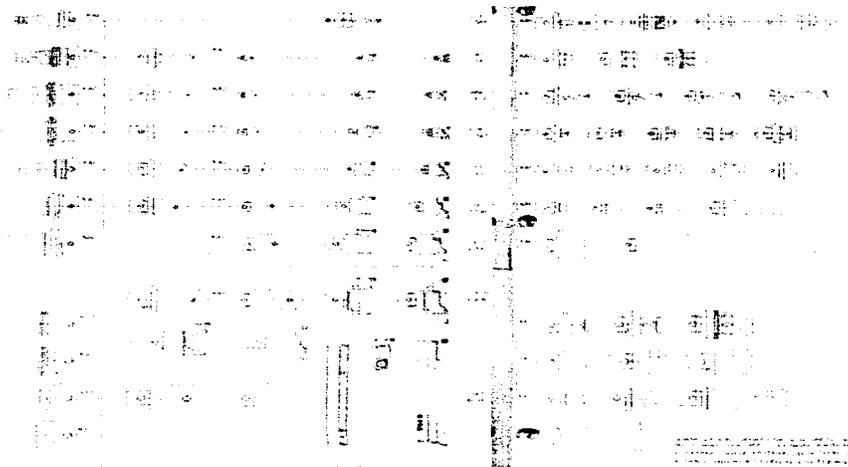


FIGURA 2.6 Sistema Modular de Herramientas

CAPÍTULO 3

TORNO Y CENTRO DE MAQUINADO CNC

3.1 TORNOS CNC

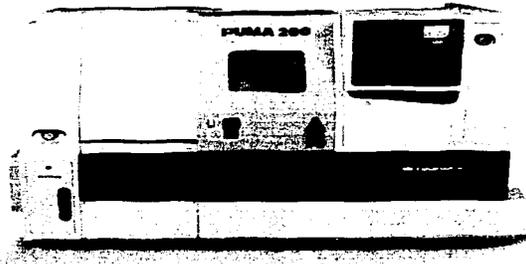


Figura 3.1

Estas máquinas herramientas son centros de trabajo para el desprendimiento de viruta cuya característica principal consiste en el formado de un sólido de revolución de una pieza de trabajo por la trayectoria bidimensional realizada por la herramienta de trabajo, mientras la pieza simétrica con respecto a un eje gira con respecto a ese mismo.

Los centros de torneado o tornos CNC, por su versatilidad y flexibilidad les permite tener una mayor presencia en los talleres modernos.

3.1.1 DESCRIPCIÓN DEL TORNO CNC

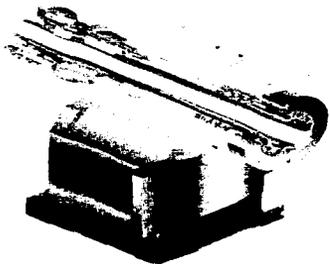
El torno CNC es una máquina herramienta que está diseñada para quitar material de la pieza de trabajo, la cual está sujeta y gira alrededor de un eje. La mayoría del corte del

metal es hecho con una herramienta de corte de una, solo filo. Los tornos CNC modernos utilizan torretas para sujetar o mantener y mover firmemente las herramientas de corte. La torreta es también utilizada para cambiar de una herramienta a otra rápidamente a su posición de corte. Una torreta frontal es construida para mover herramientas desde abajo o debajo de la línea de centro del husillo hasta la pieza. Una torreta trasera, por el contrario mueve herramientas desde arriba de la línea de centro del husillo bajando a la pieza. Máquinas equipadas con torretas frontales y traseras pueden ejecutar operaciones de corte simultáneamente desde arriba y abajo de la pieza.

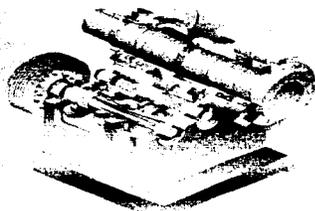
La bancada de un torno CNC es generalmente inclinada para permitir que las virutas y el refrigerante caigan fácilmente dentro del contenedor de virutas y refrigerante, y en algunos casos dentro del extractor de virutas cuando esto aplique (alta producción). Una torreta CNC convencional de un torno o centro de torneado es mostrada en la figura 3.3; no obstante hay que tener en cuenta que con el constante avance del desarrollo tecnológico de los fabricantes de máquinas herramienta han adaptado a sus torretas en ciertos modelos un motor que acciona las herramientas, permitiendo tener operaciones de taladrado, machueleado y fresado axial y radial convirtiéndose entonces el centro de torneado en un centro de maquinado puesto que el husillo se va a fijar en una posición determinada para poder realizar operaciones antes mencionadas, mientras que cuando se quiera un fresado de contorneado el husillo girará gradualmente conforme la torreta se desplaza axial o radialmente.

3.1.2 COMPONENTES DEL TORNO CNC

CABEZAL Y HUSILLO PRINCIPAL: El cabezal es un alojamiento generalmente de fundición que contiene el husillo principal el cual a su vez está soportada por baleros de alta precisión tanto de contacto angular como de rodillos para asegurar estabilidad en cortes severos y alta precisión en acabados superficiales finos, además de tener la capacidad de soportar las cargas axiales y radiales inherentes de un proceso de desprendimiento de viruta. El cabezal del husillo es accionado mediante un motor de velocidad variable (servomotor de corriente alterna digital, controlado mediante el "MCU" a través del "PLC"); dicho motor otorga la potencia y par requeridos mediante transmisión directa por bandas o acople directo teniendo la posibilidad en ambos casos de utilizar caja de engranes para poder aprovechar mejor los rangos de potencia y par de la máquina cuando el proceso por el tamaño de la pieza lo requiera.

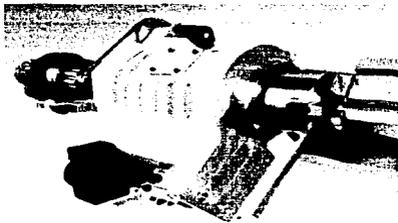


**Husillo principal con
transmisión directa por
bandas**

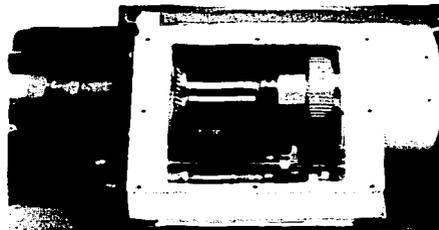


**Husillo principal con
caja de engranes**

Figura 3.2



Cabezal del husillo principal



Caja de engranes

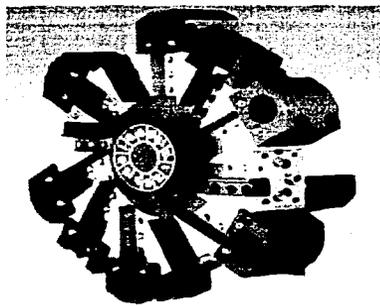
Figura 3.2

DISPOSITIVO DE SUJECIÓN DE LA PIEZA: Éste se adecua al tipo de pieza y operación a realizar, variará en su forma y tamaño (por ejemplo mandril de tres mordazas, portaboquilla, mandril de sujeción especial etc.

TORRETA: Es el dispositivo de la máquina que contiene a las herramientas de corte; está constituida por estaciones de trabajo (variará desde 8 hasta 12); cuenta con boquillas esféricas que direccionan el flujo del soluble (refrigerante) hacia la punta de corte para evitar distorsiones térmicas durante el mismo y que se puedan adecuar a los diferentes portaherramientas existentes (barras de mandrinado, mandrinado en retroceso, brocas estacionarias, portainsertos para torneado de diámetro exterior, etc.). Debido al avance tecnológico y a los altos requerimientos de producción que demandan los mercados actuales, el hecho de reducir el transporte de piezas en planta y el realizar operaciones secundarias en otras máquinas herramienta ha llevado a que los fabricantes de éstas desarrollen el concepto de torretas con herramientas vivas, como se puede ver en la figura 3.3 izquierda.



**TORRETA CON HERRAMIENTA GIRATORIAS
PARA OPERACIONES DE FRESADO AXIAL Y
RADIAL, MACHUELEADO Y TALADRADO FUERA
DE CENTRO**



**TORRETA CONVENCIONAL PARA
OPERACIONES DE TORNEADO**

Figura 3.3

TRANSMISIÓN DE LOS EJES: Tornillos o husillos de bolas recirculantes realizan un posicionamiento preciso mediante un acople directo a servomotores de corriente alterna digital, evitando el uso de bandas o engranes intermedios utilizados anteriormente; esto permite eliminar casi por completo el juego mecánico además de contar con un "encoder" de posicionamiento ya sea absoluto o incremental, unido al extremo del servomotor, así como la presencia de un acople flexible que evita daños al servomotor y tornillo de bolas en caso de un impacto repentino.

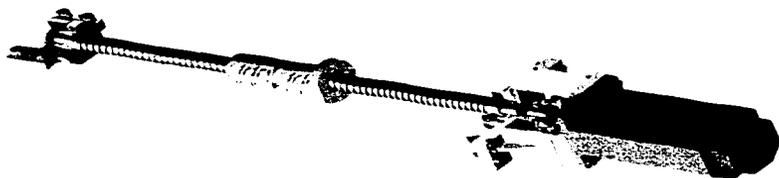


Figura 3.4

CARRO CORREDIZO: Contiene tanto al carro longitudinal como al carro transversal para poder realizar el corte en un plano bidimensional (eje X y eje Z).

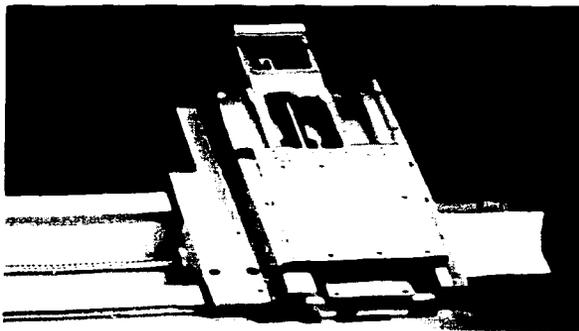


Figura 3.5

CONTRAPUNTO (cuando aplique): Es utilizado para soportar un extremo de la pieza de trabajo. Éste se desliza a través de su propio juego de guías, siendo éstas en algunos tornos parte constitutiva de la bancada inclinada que contiene tanto el cabezal del husillo como el carro corredizo, con lo cual se elimina la posibilidad de que las distorsiones térmicas afecten el maquinado. Además existen otros tipos de tornos en los cuales el cabezal, carro corredizo va en un plano determinado y el contrapunto se encuentra en otro. El contrapunto tiene un husillo deslizante muy parecido al del contrapunto de un torno manual. Existen dos tipos de contrapunto disponibles en los tornos CNC: manual y programable. El tipo manual es movido hacia una posición mediante el uso de un interruptor o un volante. El contrapunto programable puede ser movido manualmente embragando en el carro corredizo o puede ser programado a moverse junto con la torreta.



Figura 3.6

BANCADA: Es el soporte y aloja todos los componentes enunciados arriba. La bancada está hecha de fundición de alta calidad la cual absorberá los choques térmicos y la vibración asociada con las condiciones de corte del metal. La bancada de un centro de torneado puede ser plana o inclinada (30, 45 ó 60 grados) para proveer una trayectoria a

las virutas y al refrigerante cuando caen, además de dar una posición ergonómica al operador para la carga, descarga de piezas, montaje de las herramientas de corte así como de sus insertos.



Se utiliza el análisis FEM para el diseño de una bancada estable

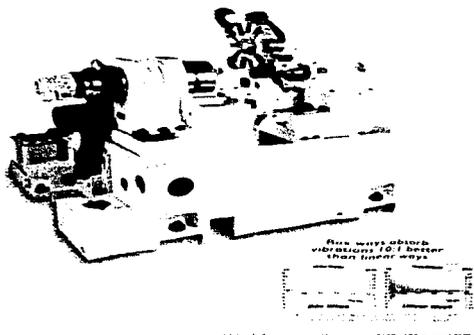


Figura 3.7

UNIDAD DE CONTROL DE LA MÁQUINA (MCU): Permite tener en memoria los programas de maquinado, compensaciones de herramientas, diversos puntos cero de la máquina, así como el control de la unidad motriz, hidráulica, electromecánica, de alarmas, además de que permite tener comunicación con una red de computadoras o máquinas CNC, para aplicar los principios de automatización como son DNC, CIM, CAM y demás.

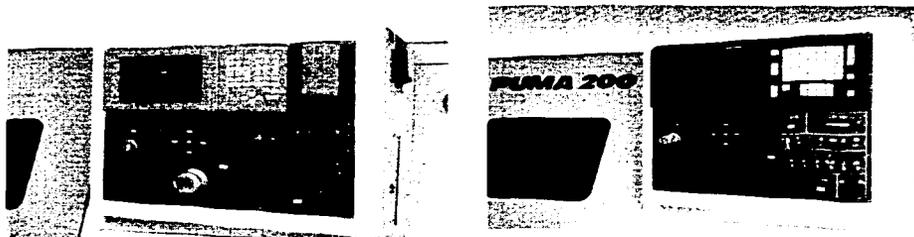


Figura 3.8 tablero y teclado de operación de una máquina CNC

3.2 CENTRO DE MAQUINADO

3.2.1 DEFINICIÓN

Es una máquina herramienta que realiza diversas operaciones de desprendimiento de viruta sustituyendo con ello hasta 5 ó 6 máquinas herramienta convencionales, además de que la pieza de trabajo no tiene que ser simétrica con respecto a algún eje y en este tipo de máquina la pieza de trabajo permanece estática mientras la herramienta de corte gira para poder realizar el proceso de maquinado.

Los centros de maquinado son el último desarrollo de la tecnología CNC. Estos sistemas vienen equipados con cambiadores automáticos de herramientas, con la capacidad de cambiar hasta 90 o más herramientas. Muchas son provistas también con mesas de trabajo rectangulares denominadas "Pallets". Los "Pallets" son utilizados para cargar y descargar automáticamente las piezas de trabajo en un centro de maquinado con instalación sencilla. En los centros de maquinado pueden realizarse operaciones tales como: fresado, barrenado, machueleado, mandrinado, cajeado y algunas más. Además, mediante la utilización de cabezales de indexado, algunos centros son capaces de realizar estas tareas en diferentes caras y ángulos de una pieza. Un centro de maquinado, ahorra tiempo y costo de producción ya que reduce la necesidad de mover piezas de una máquina a otra.

3.2.2 ANTECEDENTES DE CENTROS DE MAQUINADO

En el desarrollo de los centros de maquinado, los centros con husillo horizontal vienen de la fresadora, y las de husillo verticales, del taladro. Con la incorporación de cambiadores de herramienta automáticos, cada uno tiende a conservar su función original. Para favorecer el taladrado, los husillos verticales tienden a ser menos potentes, relativamente más pequeños en diámetro y más altos en velocidad. Los centros de maquinado horizontales son más pesados y más lentos para favorecer el fresado. En la industria se tienen alrededor de dos centros de maquinado horizontales por uno vertical. Los verticales son ideales para trabajo de tres ejes en una pieza donde se va a maquinar una sola cara, con pequeños giros.

Las piezas con una gran longitud son mucho más fáciles de fijar o sujetar en un centro vertical y el empuje del husillo es absorbido por la mesa. Un factor importante que

favorece a los centros verticales es que son menos caros que los horizontales. Los centros de maquinado horizontales trabajan perpendicularmente a su mesa y esto genera un par en las piezas maquinadas. Dispositivos de sujeción más robustos y complejos se utilizan para que piezas más grandes puedan beneficiarse de su propio peso. La mayoría de los centros horizontales tienen opción de mesa giratoria, de tal manera de que los cuatro lados de la pieza pueden tener un fácil acceso. Un beneficio también de los centros horizontales es que aprovechan el efecto de la gravedad para la evacuación de virutas.

3.2.3 TIPOS DE CENTROS DE MAQUINADO

Existen dos principales tipos de centro de maquinado: el centro de maquinado con husillo horizontal y el centro de maquinado con husillo vertical.

CENTRO DE MAQUINADO CON HUSILLO HORIZONTAL:

1. Del tipo de columna viajera.

Está equipado generalmente con una mesa de trabajo giratoria de dos "pallets" lo cual permite tener separada la zona de trabajo de la zona de carga y descarga de piezas, esto da la posibilidad de que la máquina produzca o maquine mientras el operador realiza operaciones de carga y descarga, con lo cual se elimina este tiempo muerto, por lo que se les denomina centros de maquinado de alta producción.

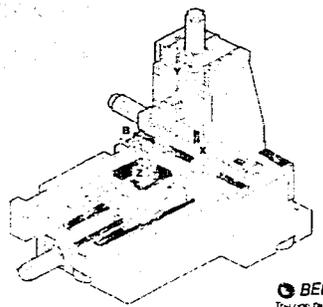
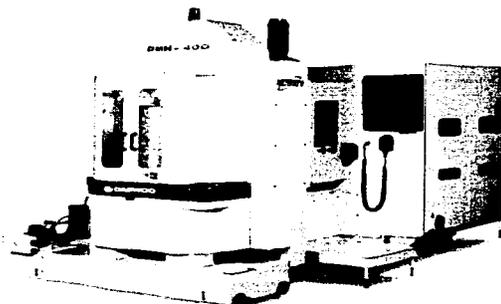


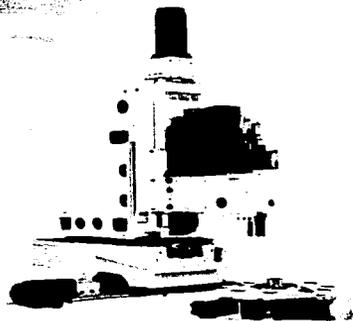
Figura 3.9

CENTRO DE MAQUINADO CON HUSILLO VERTICAL:

Este se divide en dos tipos: con columna viajera y otro con columna fija.

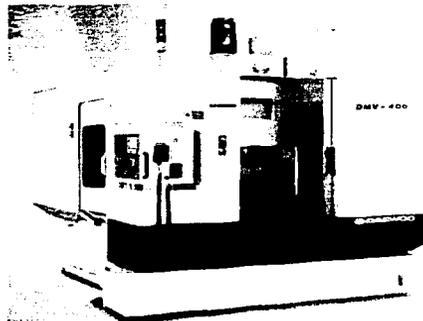
La diferencia entre estos dos tipos radica en que en el primero la mesa de trabajo que porta a la pieza es fija y la columna se mueve en los tres ejes X, Y y Z, lo cual permite tener dos posiciones de trabajo, una que es la zona de carga y descarga de piezas y la otra que es la zona de maquinado, por lo que también se les denominan centros de maquinado de alta producción, en contraste con el de columna fija en el cual la columna sólo se desplaza en un eje (Z) y la mesa que porta la pieza de trabajo es de tipo carro corredizo (desplazamiento bidimensional ejes X, Y). En éste se tiene que esperar a que concluya el ciclo de maquinado para introducir una nueva pieza, teniendo su principal aplicación en

talleres de fabricación de moldes, donde la producción no es tan elevada y el tiempo ciclo no es crítico.



Centro de maquinado CNC Vertical de Columna Móvil

Figura 3.9



Centro de maquinado CNC de columna fija

Figura 3.11

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.2.4 PARTES DE UN CENTRO DE MAQUINADO CNC

Las partes principales de un centro de maquinado CNC son: la bancada, el carro corredizo, la columna, la transmisión de los ejes, el husillo, el cambiador de herramientas y la unidad de control de la máquina (MCU "Machine Control Unit").

BANCADA:

La bancada es generalmente hecha de fundición de alta calidad de grano fino que permite tener características de amortiguación de vibraciones y dar estabilidad térmica a la misma, lo cual le permite dar a la máquina la rigidez necesaria para realizar cortes severos y mantener una alta precisión y excelentes acabados superficiales. Las guías pueden ser de dos tipos: guías lineales, las cuales permiten tener desplazamientos rápidos y precisos para eliminar tiempos muertos de producción pero que no son muy viables en condiciones de maquinado severas; y las guías rectangulares que son endurecidas y rectificadas a precisión, generalmente por inducción, lo cual les permite tener una superficie endurecida uniforme y de mayor profundidad a diferencia de los procesos por flama que son puntuales, esto le da a la bancada un soporte rígido para el desplazamiento de ejes, lo cual da la posibilidad de tener cortes precisos, con buen acabado superficial, además de resistir las condiciones hostiles del maquinado de desbaste (ver figuras 3.9, 3.10 y 3.12).

EL CARRO CORREDIZO:

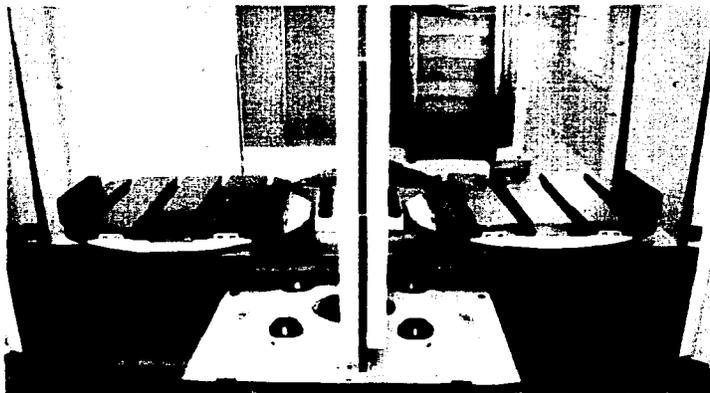
El cual se encuentra montado sobre las guías de la bancada, permitiendo movimientos deslizantes uniformes y libres de vibración, (ver figura 3.9, 3.10 y 3.11).

LA COLUMNA

Ésta está montada sobre el carro corredizo (cuando es del tipo de columna móvil); está diseñada mediante fuertes nervaduras que permiten tener una elevada resistencia a la torsión así como servir de mamparas de disipación de calor para prevenir distorsión y deflexión durante el maquinado, (ver figura 3.9, 3.10 y 3.11)

MESA

Ésta se encuentra montada sobre la bancada; permite la colocación de los diferentes dispositivos de sujeción para el montaje de piezas (mesa móvil o mesa estática).



Mesa fija para centro de maquinado CNC con columna móvil

Figura 3.12

TRANSMISIÓN DE LOS EJES

Se realiza mediante servomotores de corriente alterna digital los cuales cuentan con "encoders" para la retroalimentación de su posición. Tornillos de bolas recirculantes de alta precisión proveen un movimiento rápido y preciso en el posicionamiento de los ejes X, Y y Z. Los "encoders" de retroalimentación permiten tener una alta repetibilidad en el posicionamiento y permite ajustar cualquier juego mecánico debido a que no se cuenta con engranes o bandas intermedias (vea figura 3.4).

HUSILLO

Este es programable en incrementos de una revolución por minuto mediante un servomotor de corriente alterna digital, varía sus rangos de velocidad dependiendo del centro de maquinado de 10 a 150,000 RPM. Se tienen disponibles transmisiones mediante cajas de engranes o transmisión directa por bandas dentadas para evitar deslizamientos o juego, algunos cuentan con refrigerante a través del husillo para aquellas herramientas que cuentan con venas de refrigeración interna. Su construcción se hace del tipo cartucho para que las operaciones de mantenimiento sean más rápidas y sencillas de realizar, contando con baleros de alta precisión de contacto angular, siendo estos cerámicos a partir de 10,000 RPM.

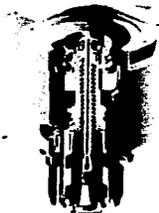
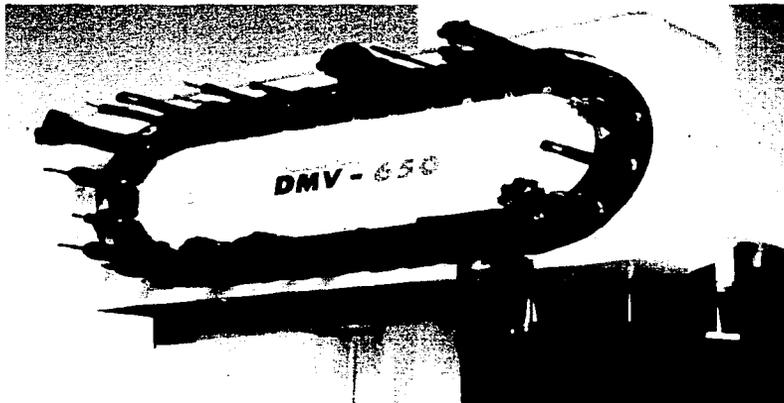


Figura 3.13

ALMACENAJE Y CAMBIO DE HERRAMIENTAS

Existen tres tipos básicos de carrusel porta herramientas, que son el tambor horizontal, vertical y el óvalo (sólo existe vertical). El carrusel portaherramientas es capaz de almacenar un número de herramientas calibradas las cuales pueden ser automáticamente llamadas para utilizarse en el programa. El carrusel portaherramientas tiene generalmente un movimiento bidireccional, lo cual permite escoger la trayectoria de recorrido más corta para acceder aleatoriamente una herramienta. Los tiempos actuales de cambio de herramienta a herramienta van generalmente de uno a tres segundos y las capacidades de almacenamiento van desde 16 hasta 240 herramientas a almacenar.



**Carrusel porta herramientas y
cambiador de herramientas
automático**

Figura 3.14

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

UNIDAD DE CONTROL DE LA MÁQUINA

Ésta le permite al operador realizar una gran variedad de operaciones tales como programación, maquinado, diagnósticos, monitoreo de máquina y herramientas, etc. La unidad de control de la máquina varía de acuerdo a las especificaciones de cada fabricante: las nuevas unidades de control de máquina se están volviendo más sofisticadas haciendo a las máquinas herramienta más confiables y a las operaciones de maquinado complejas menos dependientes de las habilidades humanas.

3.3 VENTAJAS DE UNA MÁQUINA HERRAMIENTA CNC EN COMPARACION CON UNA CONVENCIONAL

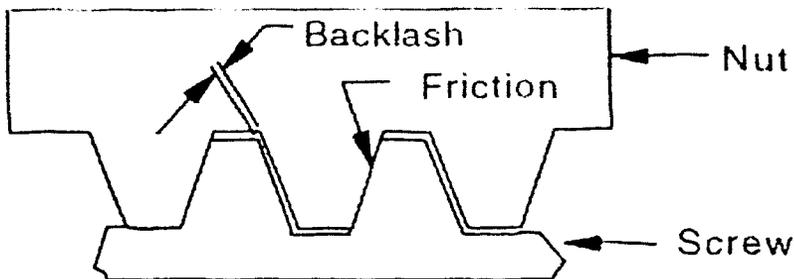
Debido al cambio en las exigencias de calidad, precisión, repetibilidad y tiempo de entrega que demandan los mercados actuales se enuncian a continuación las ventajas que ofrece una máquina herramienta CNC en comparación con una máquina convencional:

- La máquina ofrece al operador más sistemas de seguridad tales como: área de trabajo completamente encerrada (láminas de metal de grueso calibre, vidrio para visibilidad de doble capa) lo cual evita que tanto las virutas del proceso y el refrigerante sean dispersos en la zona de trabajo, además de que en caso de algún accidente se proteja la integridad y vida del operador. También se cuenta con un sistema adecuado de aterrizaje de la carcasa de la máquina.
- Se puede hacer uso de los sistemas de cómputo más avanzados (CAD, CAM, CIM etc.), así como la implementación de la automatización (robots, sistema automatizado de manejos de materiales, sistemas medición, control y monitoreo)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Optimización de la vida y desempeño de las herramientas de alto rendimiento mediante la utilización de potenciómetros para la regulación de los parámetros de corte principales (velocidad de corte y avance), contando también con una administración de vida de la herramienta ("Tool life managment") y control de carga de la herramienta ("load monitor")
- Interruptores de protección electromecánicos que impiden un mal funcionamiento de la máquina como puede ser baja presión en el sistema hidráulico, bajo nivel del aceite lubricante de guías, baja presión del suministro de aire, etc.
- No requieren de la habilidad manual de cada operador, la cual tiende a no ser la misma puesto que depende de varios factores tales como: estado de ánimo, vista, horas de trabajo, etc.
- Utilización de guías lineales y rectangulares, contando con resinas de baja fricción en la superficie de contacto lo cual elimina el desgaste de las mismas, además de que proveen desplazamientos más rápidos y precisos reduciendo en gran cantidad los tiempos sin corte.
- Utilización de husillos de bolas con el objetivo de minimizar juegos mecánicos para asegurar repetibilidad y precisión en el posicionamiento, esto es debido a que el movimiento giratorio generado por los servomotores se convierte en movimiento lineal mediante husillos con baleros recirculantes. El paso del husillo de bolas utiliza un movimiento de rodamiento a diferencia del movimiento deslizante de un tornillo con paso normal. El movimiento deslizante es utilizado en los tornillos convencionales de paso ACME. Los tornillos de paso ACME funcionan

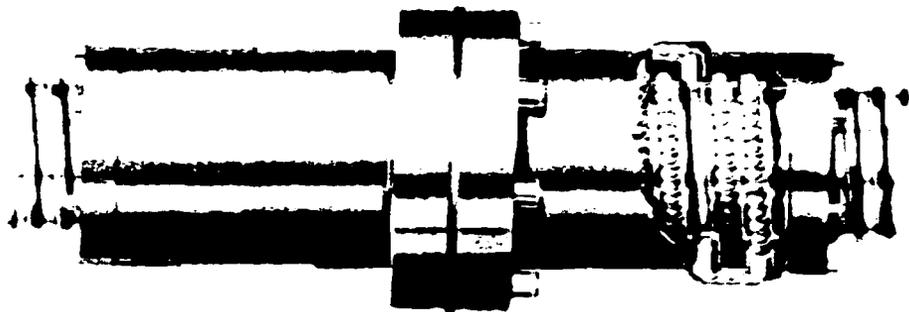
mediante un principio de fricción y juego mecánico "BACKLASH"; los husillos de bolas NO. Los tornillos de paso ACME fueron utilizados en las máquinas-herramientas convencionales.



Tornillo de paso ACME utilizado en máquinas convencionales

Figura 3.15

Los baleros ubicados en el interior de la tuerca del husillo de bolas hacen contacto con la superficie de paso endurecida y rectificada y recirculan a través de la cuerda (vea la figura 3.15). Los puntos de contacto del balero con respecto al tornillo son directamente opuestos uno con respecto al otro y virtualmente eliminan el juego mecánico "BACKLASH". Los puntos de contacto también son muy pequeños, por lo que una fricción muy pequeña es generada entre ellos.



Tornillo de Bolas utilizado en máquinas CNC

Figura 3.16

Otras ventajas de los husillos de bolas sobre los tornillos de paso ACME son:

- 1) Menor desgaste
- 2) Capacidad de alta velocidad
- 3) Repetibilidad y posicionamiento preciso
- 4) Mayor vida.

- Compensación del juego mecánico (Backlash). A pesar de que los husillos de bolas reducen grandemente el juego mecánico (Backlash) no obstante no se obtiene un juego mecánico nulo. Por lo tanto los fabricantes de herramientas han incorporado a sus controles un compensador electrónico del error de paso o juego mecánico "**Backlash**", en la mayoría de las maquinas CNC. El compensador del juego mecánico "**Backlash**" corrige los errores detectados vía láser al momento de ensamblar la máquina. La cantidad de compensación es almacenada dentro del

área de almacenamiento del control. Conforme la máquina se mueve, el control ajusta la posición de la máquina de acuerdo al dato almacenado. Este número puede ser cambiado en memoria cuando la máquina sufre desgaste.

- Las máquinas herramientas han evolucionado a través del control computarizado y los sistemas de transmisión. En un principio, la mayoría de las máquinas de control numérico fueron solamente máquinas herramientas convencionales con un control adicionado a la máquina manual. A esto se le llamaba un "Retrofit". Las máquinas herramientas CNC modernas han sido completamente rediseñadas para el maquinado de control numérico y tener una pequeña semejanza con sus antecesores. Los requerimientos de las nuevas máquinas herramientas incluyen rigidez, respuesta mecánica rápida, partes móviles con baja inercia y baja fricción a través de sus guías.
- Los cambiadores de herramientas son provistos tanto en centros de maquinado como en tornos CNC para permitir el cambio automático de herramientas de corte sin la intervención del operador. Los centros de maquinado poseen estaciones de cambio desde 16 hasta 240 herramientas. Los centros de torneado o tornos típicamente tienen torretas de 8 a 12 herramientas, las cuales son indexadas automáticamente. La rapidez en el cambio de herramienta es un factor importante en aquellas máquinas utilizadas para medios de producción media y alta. Algunas máquinas también destacan torretas bidireccionales que pueden elegir la trayectoria o la ruta más corta para obtener la herramienta seleccionada.

3.4. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Interruptor para detección de apertura de puerta: Permite que mediante el control de un interruptor de llave al estar éste en la posición de encendido, el operador abre la puerta (siempre y cuando ésta no sea automática, ya que el cilindro neumático evita esa situación), la máquina parará cualquier operación automática que esté realizando en ese momento, esto es, el husillo se detiene, los carros longitudinal y transversal paran su movimiento así como la torreta y él interrumpe el suministro del soluble de corte. En el caso en que se desee reanudar la operación, el operador tendrá que cerrar la puerta y accionar el interruptor o el botón de inicio de ciclo, siempre y cuando el interruptor de llave no haya sido cambiado de posición. Sin embargo si el interruptor de llave se encontrara en la posición de apagado, automáticamente, el control asumirá que la operación automática será llevada a cabo bloque a bloque sin importar la operación del interruptor, además de que los desplazamientos de los carros se verán decrementados a su mínima velocidad, aunque los interruptores de avance rápido sean accionados.

Interruptor de baja en la presión hidráulica de la sujeción de la pieza: El objetivo de este sensor es el obtener una operación segura puesto que si es detectada una baja en la presión hidráulica ajustada de fábrica, la máquina entrará en un paro de emergencia hasta que no se hayan tomado las medidas correspondientes.

Embragues limitadores de par e interruptores de detección del desembrague:

Sirven para poder prevenir un daño severo a los tornillos de bolas así como a los servomotores por causa de un impacto repentino el cual se puede deber a varias causas como son: la rotura de un inserto durante el proceso de corte, un desplazamiento mal programado, falla en el suministro de corriente eléctrica (apagón), error de programación, negligencia del operador, etc.

Confirmación de la apertura y cierre de mordazas del plato de sujeción(aplicable a torno CNC):

La apertura y cierre de las mordazas son detectadas mediante dos sensores de proximidad, uno para la sujeción externa y otro para la interna; esto se aplica básicamente para casos tales como operaciones automatizadas, puesto que se detectará la posición de sujeción final real, en lugar del rango de sujeción posible. En el caso de que no sea detectado, la máquina no comenzará a producir.

Confirmación del avance y retroceso del extremo del vástago de la pínula del contrapunto(aplicable a torno CNC):

La activación de los sensores de detección de avance o retroceso de la pínula, son utilizados para incrementar la operación segura y la operación automatizada, mediante secuencias de retención que permiten que únicamente cuando la señal de avance del interruptor sea confirmada, el proceso podrá continuar.

Interruptor que detecta una baja de la presión del suministro de aire a presión:

Envía un mensaje de alarma a la pantalla para que se tomen las medidas correspondientes evitando con ello un accidente (soltado de la herramienta de corte del

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

husillo en un centro de maquinado CNC, cambio de automático de herramientas, apertura y cierre de puertas, etc.)

Encerramiento completo del área de trabajo: Mediante guardas de protección de grueso calibre se confina el espacio de la zona de trabajo, esto evita que tanto el soluble de corte como las virutas salgan volando provocando accidentes laborales además de ensuciar en demasía el área de trabajo.

Vidrios de protección en las puertas: Cuentan con una doble capa de vidrio; *la interior* es de cristal templado resistente a ralladuras para tener un control sobre el proceso de corte y la exterior es de **LEXAN** el cual es virtualmente impenetrable (resistente a impactos severos).

3.5 BENEFICIOS APORTADOS POR LA UNIDAD DE CONTROL DE LOS TORNOS Y CENTROS DE MAQUINADO CNC

Dentro de las características más importantes y que engloban a la mayoría de los controles CNC son:

- Ejes controlables simultáneamente: de 2 hasta 8
- Microprocesador y "bus" de datos de 32 bits
- Servomotores para movimiento de ejes y transmisión del husillo digitales de corriente alterna con "encoders" de posición absoluta.
- Incremento mínimo programable 0.0001 " (0.001mm)
- Longitudes de almacenaje de cinta 263 pies ó 525 pies
- Programas registrables: 85, 125, 200.
- Control de velocidad de corte constante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Función de corrección anticipada**
- **Funciones de autodiagnóstico**
- **Uso combinado de programación absoluta/incremental.**
- **Programación en sistema métrico o inglés.**
- **Ciclos preprogramados**
- **Despliegue gráfico de trayectoria de la herramienta.**
- **Compensaciones de geometría y desgaste de la herramienta.**
- **Despliegue de conteo de piezas.**
- **Interface entrada/salida para comunicación de puerto de un CPU.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 4

REQUERIMIENTOS DE LOS MERCADOS ACTUALES

4.1 ESTÁNDARES DE CALIDAD INTERNACIONALES

4.1.1 INTRODUCCIÓN

ISO (**I**nternational **S**tandardization **O**rganization, **O**rganización **I**nternacional **d**e **E**standarización) 9000, es un juego de estándares que fueron adoptados en 1987, en Ginebra, Suiza. Fueron originalmente realizados para sincronizar los estándares para sistemas de calidad de 12 países miembros. Fueron medios para ayudar la especificación de controles para actividades tales como diseño, manufactura, logística y otras funciones asociadas con la producción y/o servicios de calidad.

4.1.2 DEFINICIÓN ISO 9000

En la actualidad la certificación ISO se está convirtiendo en un requerimiento indispensable para realizar negocios de adquisición de máquinas-herramientas CNC. Actualmente todos los países industrializados son miembros de ISO y participan en la escritura de los estándares. De hecho, muchos países han adoptado el estándar ISO como un estándar nacional y dan al estándar un diferente nombre o número, pero los requerimientos son los mismos.

Las compañías dedicadas a la industria metalmecánica de producción, al estar afiliadas a ISO, exigen a sus proveedores (máquinas CNC y Herramientas de corte) que

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

cumplan con estos estándares, garantizando con ello el aseguramiento y control de la calidad de sus productos.

Para que una empresa pueda obtener productos de calidad, no sólo debe depender de la calidad, soporte técnico, servicio y capacitación que el proveedor de máquinas herramienta CNC (torno y centro de maquinado) y herramientas de corte le dé como parte de lo establecido en el contrato de compra venta, sino que debe tener dentro de sus directrices una capacitación continua y actualizada a sus empleados para que puedan utilizar de manera óptima y eficaz las máquinas- herramientas y herramientas de corte; de esta forma se logrará reducir de manera considerable los desperdicios, tiempos muertos y paros innecesarios de las líneas de producción con lo cual se elevará la producción y calidad de las piezas, conformando una relación ganar-ganar entre proveedor y empresa con un mismo enfoque que es dar productos competitivos que sobrepasen las expectativas del cliente en los mercados globales altamente competitivos.

Un sistema de calidad también permite que los fabricantes tanto de máquinas herramienta CNC y herramientas de corte, entiendan los requerimientos del cliente tales como: que el producto diseñado, las materias primas y los procesos utilizados cubran sus requerimientos, y que todas las actividades (capacitación, garantía y servicio) sean planeadas y productivas. Un sistema de calidad asegura un crecimiento continuo del proveedor de materia prima, máquinas-herramientas y herramienta de corte, del fabricante hasta llegar al cliente final.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En muchas compañías no hay sistemas formales; si los llega a haber no son seguidos. El incremento de la competencia y demanda de los clientes, ya no le permite de ninguna manera a una compañía el ser ineficiente. Las compañías necesitan sistemas eficientes que todo el mundo entienda y utilice para ser competitivo en la actualidad. La serie de estándares ISO 9000 fue diseñada para ayudar a las empresas a desarrollar e implementar sistemas, por lo tanto es indispensable que los fabricantes de máquinas herramientas CNC y herramientas de corte cumplan con estos estándares.

Proceso de documentación del Sistema de Calidad ISO 9000

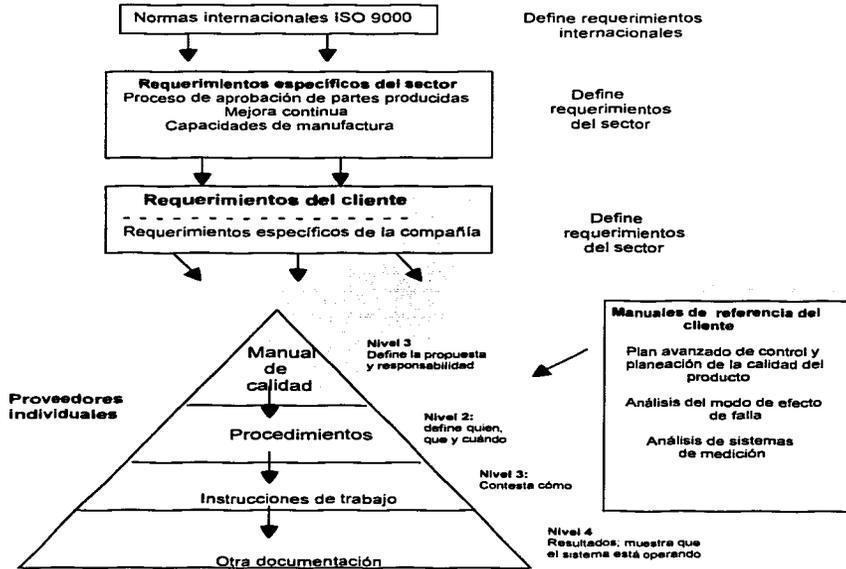


Figura 3.14

Proceso de documentación del Sistema de Calidad ISO 9000

4.1.2 ESTÁNDARES ISO 9000

La serie ISO 9000 actualmente consiste de 3 sistemas y otra documentación (vea figura 4.2). El ISO 9000 es un documento que está diseñado para ayudar a una compañía para decidir cuál estándar deberá escoger para implementar.

ISO 9001: Este es el estándar más amplio, el cual fue diseñado para empresas que diseñan y fabrican un producto, como es el caso de los fabricantes de máquinas-herramientas CNC y herramientas de corte.

ISO 9002: Fue diseñado para empresas que fabrican pero no realizan la ingeniería de sus productos, tales como los talleres pequeños; ellos utilizan los planos de una compañía más grande y fabrican las partes o las piezas de acuerdo a las especificaciones de los planos.

ISO 9003: Fue diseñado para empresas que no fabrican. Éstas generalmente compran, inspeccionan y venden productos. Un ejemplo puede ser una compañía que distribuye y da soporte técnico de máquinas-herramientas CNC y herramientas de corte.

Si una empresa solamente realiza actividades de inspección y prueba, ésta deberá escoger ISO 9003. Si esta empresa realiza la producción pero no el diseño ésta deberá escoger ISO 9002. Y si ésta diseña y fabrica el producto, deberá escoger ISO 9001.

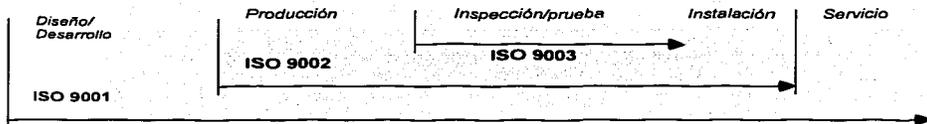


Figura 4.2

Los tres sistemas (9001,9002 y 9003) varían el ancho del espectro que cubren. El ISO 9003 tiene el enfoque más angosto: compañías que inspeccionan y prueban productos. ISO 9002 es para compañías que inspeccionan/ prueban/ producen y posiblemente instalan sus productos. ISO 9001 es para compañías que también realizan diseño/desarrollo y posiblemente dan servicio a sus productos.

4.2 BENEFICIOS DE UN SISTEMA DE CALIDAD

Un sistema ISO reduce el número de auditorías que el cliente final tendría que realizar si no existiera este sistema, debido a que el cliente se asegura de que las máquinas-herramientas y herramientas de corte cumplen realmente con sus necesidades y expectativas.

El que las máquinas-herramientas CNC y las herramientas de corte actualmente cumplan con la norma ISO 9001 permite que tanto el fabricante como el cliente final tengan una mejora continua. Existen tres maneras en las que ISO ayuda a realizar una mejora continua:

La primera es que la auditoría interna es requerida. Una compañía debe realizar auditorías internas de su sistema sobre una base regular para ver si el sistema es

implementado y se encuentra trabajando. Si la auditoría encuentra problemas, éstos deben ser solucionados, lo cual mejora como consecuencia el sistema de la compañía.

La segunda, el ISO lleva a un mejoramiento continuo cuando un proceso de acción correctiva es requerido. Un procedimiento de acción correctiva asegura que una vez que los problemas son identificados éstos serán corregidos de tal manera que evitará que vuelvan a ocurrir. Así cada vez que existe una acción correctiva la compañía mejora.

La tercera, juntas de revisión de la gerencia son requeridas. El gerente ISO presenta el reporte de auditoría, acciones correctivas, quejas de clientes y otras situaciones que le puedan ayudar a la gerencia a tener una vista objetiva del desempeño anterior e identificar áreas de mejoramiento.

4.3 FLEXIBILIDAD EN LA MANUFACTURA

Dentro de la manufactura son 3 los factores que contribuyen a la competitividad de una empresa: costo, **calidad** y disponibilidad. No obstante existe un cuarto factor fundamental que con frecuencia se olvida o no se considera obligatorio: la Flexibilidad.

Desde siempre las compañías manufactureras han tratado de obtener ventajas competitivas a través de la búsqueda sistemática de un menor costo de producción. A partir de los 80, además, la calidad se convirtió en la siguiente meta en torno a la cual las empresas más competitivas han trabajado laboriosamente. Por su parte, durante los primeros años de esta década los conceptos de disponibilidad y servicio al cliente se han ido incorporando con más fuerza a las empresas que se consideran de clase mundial (ver gráfica 4.3).

PARADIGMAS EN EL TIEMPO

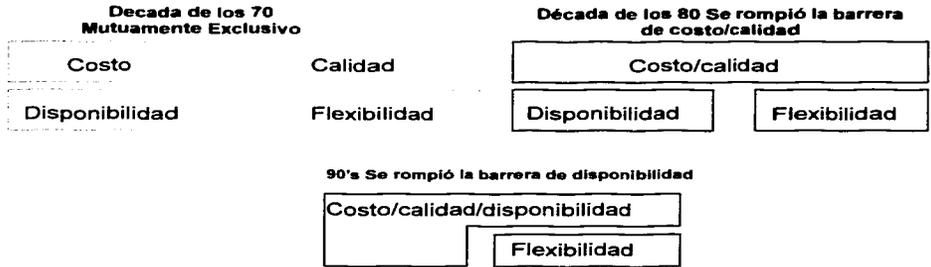


Figura 4.3

(pag-40 Nov-Dic 94) Paradigmas en el tiempo

La flexibilidad, ha sido el factor menos favorecido en los últimos 20 años. En vez de la producción masiva, estándar y estable, la realidad actual exige plantas capaces de trabajar lotes cada vez más pequeños, con productos hechos bajo especificaciones de los clientes e inmersos en un mercado impredecible, el cual cada vez demanda más máquinas herramienta CNC. Así, mientras en las plantas estadounidenses continúa la obsesión por mejorar los niveles de costo, calidad y disponibilidad, Japón registra un fortalecido movimiento para volver cada vez más flexibles sus plantas.

Flexible significa "responsivo al cambio, adaptable, capaz de variación o modificación". En consecuencia Flexibilidad "es la habilidad de responder en forma efectiva a los cambios, y la flexibilidad en la manufactura puede definirse entonces como la habilidad de una empresa del sector para organizar y reorganizar sus recursos efectivamente, respondiendo a los cambios en las condiciones de su entorno.

Dado que la flexibilidad es una respuesta a los cambios en las condiciones del entorno parece razonable definirla a través de categorizar y describir los tipos de variabilidad a los que una organización manufacturera debe responder.

Cada tipo de variabilidad exige tener al menos una respuesta dentro de la organización que dé flexibilidad para atender exitosamente la complejidad que este esquema presenta a la gerencia de manufactura. De hecho la variedad y la complejidad enfrentan el clásico dilema entre producción y ventas: si bien la variedad es una virtud para la mercadotecnia, representa un vicio para los miembros del equipo de producción. Es sabido que la preferencia de los clientes por seguir comprando los productos depende entre otras cosas de la diversidad de opciones disponibles, lo que provoca que el área de mercadotecnia vea en la variedad uno de sus principales objetivos.

Para la planta, la variedad es sinónimo de complejidad, de ahí que se tenga la necesidad de tener un sistema flexible de producción en el cual se encuentran las máquinas herramienta CNC. Producir bajo un entorno variable resulta uno de los retos más difíciles de administrar para los fabricantes; implica muchos productos en proceso en cualquier momento, cambios continuos en la demanda y por consiguiente un ir y venir sobre los planes de producción inocentemente "congelados" al principio de cada mes. A ello hay que agregar el correspondiente impacto en cambios a los requerimientos de materias primas, mano de obra y utilización de maquinaria CNC, herramientas de corte, por mencionar tan sólo a unos de ellos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al menos son 3 los tipos de flexibilidad que se requieren en una planta: la Mecatrónica, una organización adaptable y la manufactura sincronizada.

4.4 MÉXICO FRENTE AL MERCADO GLOBAL COMPETITIVO

Alemania, Estados Unidos y Japón son los líderes en la producción y fabricación de maquinaria, así como los proveedores de nuevos desarrollos y adaptaciones. Los países emergentes como México y el resto de Latinoamérica, buscan estar al día en cuanto a las tecnologías para fortalecer su desarrollo industrial.

Sin embargo en nuestro país queda un largo camino por recorrer.

Un dato que lo demuestra es el hecho de que este tipo de activos tiene un promedio de edad de 15 años, lo que revela el rezago en la planta productiva, si se compara con países como Estados Unidos, donde, según cálculos de analistas el promedio de edad del parque de edad de máquinas-herramientas es tan sólo de 6 años.

A decir de expertos, el grueso de la maquinaria en México adolece de controles actualizados, lo que pone en peligro el desempeño competitivo de la industria nacional. Desafortunadamente, en ocasiones no sólo se trata tan sólo de maquinaria usada, sino hasta reconstruida. Un grave problema que se adolece es que la mayoría se vende incluso sin información técnica y sin posibilidades de renovar partes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE LA UNAM

Además se asegura que los operadores mexicanos no están lo suficientemente capacitados además de que conocen muy poco de electrónica, puesto que son más bien especialistas en cuestiones mecánicas.

Esto nos pone en una situación de clara desventaja frente a Estados Unidos debido al atraso en la maquinaria mexicana; dicha comparación se hace con Estados Unidos, puesto que es el principal socio comercial del país, pero no obstante se tiene también esa desventaja frente a otros con los que México está a punto de serlo, los 15 de la Unión Europea.

No obstante si se ve desde otra perspectiva la apertura de las fronteras comerciales generará un potencial para las máquinas herramienta, porque se espera que repunte la industria manufacturera y que se eleve la producción de computadoras, componentes electrónicos y equipos de fotografía, áreas en las que se prevén las mayores tasas de crecimiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO 5

PROYECTO DE ADQUISICIÓN Y JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE UN TORNO VERTICAL DE DOBLE HUSILLO CNC

En este capítulo presentamos el análisis que realizamos en una empresa transnacional de producción de partes para el sistema de frenado de camiones en el cual se contemplan las variables que permiten demostrar al área financiera de la empresa que es rentable y necesaria la adquisición de equipos CNC (tornos y centros de maquinado los cuales son el objetivo de esta tesis), debido a los beneficios y requerimientos de calidad y producción que demandan los mercados actuales altamente competitivos.

El análisis arriba mencionado, contempla datos reales de uno de los proyectos de proceso de mejora continua que ha empleado esta empresa, el cual fue contemplado y documentado desde el principio del mismo.

5.1 CASO PRÁCTICO

El proceso de adquisición de equipo nuevo se lleva a cabo mediante la presentación de las necesidades de producción, calidad, inversión y costos del proceso, para formular con ello un escenario de antecedentes de la situación actual. Una vez realizado lo anterior se procede a realizar una comparación de dos casos, uno contemplando la adquisición del nuevo equipo en el cual serán evaluadas las mismas variables del escenario actual, además de poder dar el tiempo para el retorno de la inversión del equipo nuevo, el cual no debe ser mayor a 3 años, esto de acuerdo a las políticas de la empresa además de tomar en cuenta las

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

utilidades que se generarán una vez amortizado el equipo.

A continuación mostraremos el comparativo realizado con los dos escenarios arriba descritos

Método Actual: Torneado con torno Man-Au-Trol convencional de un solo husillo. Ver foto 5.1

Método Actual

Código	Operación: torneado y barrenado	Tiempo (MIN)	Operadore s	Equipo
	Elementos		Requerido s	Utilizado
30	Torneado de tambor	17.1	1	Torno Man-Au-Trol
64	Barrenado de brida	3		Taladro Múltiple
68	Avellanado	2	1	Avellanadora Neumática
TOTAL		22.14	2	



Foto 5.1 Torno Man-Au-Trol convencional de un solo husillo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Foto 5.2 Célula de producción aplicable para el maquinado de tambores, rotores y masas del sistema de frenado de camiones.

Método Propuesto: Torneado con torno "CNC" de dos estaciones, acoplado el barrenado con un solo operador. Vea foto 5.2

Método Propuesto

Código	Operación: torneado y barrenado	Tiempo (MIN)	Operadores	Equipo
	Elementos		Requeridos	Utilizado
30	Torneado de tambor	6	1	Torno Vertical "CNC"
64	Barrenado de brida	3		Taladro Múltiple
68	Avellanado	2	0	Avellanadora Neumática
TOTAL		11	1	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Foto 5.3 Torno Vertical CNC de doble husillo



Foto 5.4 célula de producción contemplando el método propuesto

Una vez contemplados ambos escenarios se puede constatar que el método propuesto ofrece una reducción considerable de costos, tiempo muerto de máquina por mantenimiento, tiempo de maquinado y operadores requeridos para el mismo trabajo, además que se obtendrá un incremento de producción, calidad y nivel de habilidades de aquellos operadores que estén dispuestos a incrementar su capacitación, obteniendo por consecuencia una mejor percepción económica.

Sin embargo para poder sacar el mayor rendimiento posible a estos equipos (tornos y centros de maquinado CNC) es indispensable el tener en cuenta que el proceso de maquinado es el resultado de una combinación de diversas variables como son: porta herramientas, herramientas de corte e insertos de alto rendimiento como se explicó en el capítulo 2 de la presente tesis, soluble de corte adecuado a las características de las piezas a producir, así como los sistemas de sujeción adecuados puesto que éstos afectarán de manera considerable el rendimiento y la producción de la máquina, no obstante que ésta sea un CNC. Esto se ilustra y se explica a continuación.

En el proceso de maquinado del tambor en la máquina CNC propuesta, se tienen en dos máquinas dos sistemas de sujeción diferentes; la figura 5.5 tiene un sistema de sujeción especialmente diseñado para la operación en cuestión, contando ésta con un sistema flexible para cambio rápido de modelos (15 minutos), esto se puede hacer debido a que se diseñó un cuerpo estándar y lo que se cambia es exclusivamente el herramental superior (topes de fijación, asientos y mordazas con accionamiento tipo leva, las cuales pueden absorber las diferencias de la superficie fundida) incrementándose la rigidez, precisión y parámetros de corte logrando una reducción del tiempo ciclo de casi el 50% con respecto a la

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

sujeción mostrada en la figura 5.6 que tiene una sujeción estándar con plato de 3 mordazas de carrera longitudinal, teniendo un volado de las mismas de aproximadamente 2 pulgadas, lo cual restringe los parámetros de corte, haciendo muy inestable la sujeción teniendo como consecuencia una reducción considerable de los parámetros de corte, lo cual tiene como consecuencia una producción menor, incremento de rechazos y hace que los cambios de modelo se realicen en 2 horas.



Figura 5.5 Maquinado de tambor con sujeción especial (plato de 3 mordazas de 30 pulg.



Foto 5.6 Maquinado de tambor con sujeción estándar

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

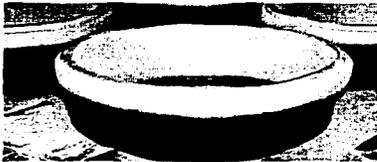


Foto 5.7 A

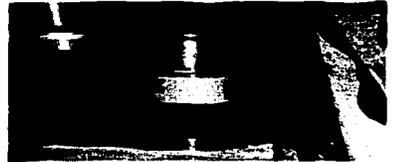


Foto 5.7 B

La foto 5.7 A es la materia prima salida del proceso de fundición y la foto 5.7 B muestra la pieza terminada lista para el ensamble

5.1.1 RETORNO DE LA INVERSIÓN

Finalmente, con base en los resultados obtenidos y la información recabada haremos el siguiente resumen el cual nos dará los parámetros suficientes para realizar la justificación de la adquisición del torno vertical de dos husillos y el retorno de la inversión, siendo esto el objetivo de este caso.

Descripción	Método	Método	Economía
	Actual	Propuesto	
Operaciones Requeridas	3	3	0
Tiempo Ciclo	22.14	11	11.14 min
Operadores Requeridas	2	1	1

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Ahorros Generados en USD

Concepto (costos por unidad producida)	Método	Método	Ahorro
	Actual	Propuesto	
Operación torneado y barrenado			
Gastos indirectos por Mtto. Y Htales	\$ 11.18	\$ 5.75	\$ 5.43
Costos por rechazo	\$ 6.18	\$ 5.94	\$ 0.24
Mano de obra	\$ 13.77	\$ 3.61	\$ 10.16
Gastos Indirectos			
Mano de obra	\$ 10.66	\$ 6.78	\$ 3.88
Gastos de C.C. Mtto. y Almacén	\$ 13.49	\$ 8.58	\$ 4.91
Ahorro por unidad			\$ 24.62

COSTO TOTAL MAQUINADO DE TAMBORES DELANTEROS MÉTODO ACTUAL \$ 62.02
 COSTO TOTAL MAQUINADO DE TAMBORES DELANTEROS MÉTODO PROPUESTO \$ 37.40
 PORCENTAJE DE REDUCCIÓN EN EL COSTO DE MAQUINADO 40%

PRODUCCIÓN POR MES

METODO	ACTUAL	PROPUESTOS
PIEZAS	1,138.00	2,300.00
COSTO POR PIEZA	\$ 62.02	\$ 37.40
COSTO TOTAL	70,578.76	86,020.00

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para al elaboración del comparativo de costos siguiente se tomó en cuenta las siguientes consideraciones: 3 turnos al día de 7 horas cada uno contemplando 5 días laborales a la semana.

Con base en lo anterior podemos hacer una estimación de \$56,626.00 USD de ahorro mensual esperado con una producción de 2300 tambores, lo cual en comparación con el método actual nos da un incremento de producción del 50.52 % equivalente a 1,162 piezas, además de una reducción de personal y de turnos requeridos, puesto que para lograr una producción de 2300 piezas mensuales con el método actual, se necesitarían 113 turnos de 7.5 horas cada uno, pero esto no puede ser posible, ya que un mes sólo tiene 84 turnos teniendo en cuenta que se trabajarían los 7 días de la semana con 3 turnos diarios.

Teniendo en cuenta que el costo de venta del tambor es de \$95 USD, y que de acuerdo a las políticas internas de la empresa la amortización deberá ser en un periodo no mayor a 3 años, procederemos a realizar el siguiente análisis

COSTO DE LA MAQUINA		GANANCIAS	
PARAMETROS	COSTOS	PARAMETROS	COSTOS
COSTO DE LA MAQUINA	\$ 295,000.00	PIEZAS PRODUCIDAS POR AÑO	27,600.00
SISTEMA DE SUJECION ESPECIAL	\$ 110,000.00	GANANCIA POR PIEZA	\$ 24.62
COSTO TOTAL	\$ 405,000.00	GANANCIA AL AÑO	\$ 679,512.00

La amortización de esta máquina tomando los parámetros anteriormente mencionados se va a realizar en un periodo de 7.5 meses, lo cual hace totalmente viable la adquisición del torno CNC de doble husillo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 BENEFICIOS Y MEJORAS OBTENIDAS POR LA EMPRESA CON LA ADQUISICIÓN DE TORNOS Y CENTROS DE MAQUINADO CNC

Con el recopilamiento de la información durante el periodo de producción 1999 a 2000 se anexan las siguientes tablas y gráficas representativas que dan un soporte mayor al análisis realizado en este capítulo, siendo a mediados de 1999 cuando se implementó esta tecnología en el área de tambores tomando en cuenta que esta línea contaba con equipo convencional. Hay que tomar en cuenta que el área de mazas para ese periodo ya contaba con tornos y centros de maquinado CNC.

PRODUCTIVIDAD EN PIEZAS HORA HOMBRE

MES	1999	2000	%
ENERO	1.65	2.24	36%
FEBRERO	1.73	2.43	40%
MARZO	1.65	2.34	42%
ABRIL	1.69	2.39	41%
MAYO	1.59	2.21	39%
JUNIO	1.99	2.37	19%
JULIO	2.19	2.65	21%
AGOSTO	2.27	2.62	15%
SEPTIEMBRE	2.47	2.73	11%
OCTUBRE	2.34	2.81	20%
NOVIEMBRE	2.46	2.74	11%
DICIEMBRE	2.03	2.36	16%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

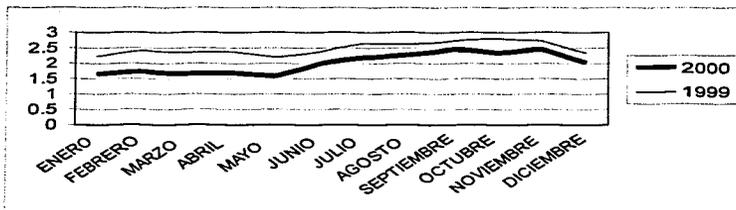


Tabla y gráfica 5.1

La tendencia de la gráfica muestra los beneficios obtenidos gracias a la implementación de equipo CNC (tornos y centros de maquinado) con lo cual se pudo incrementar la capacidad productiva de los operadores de la planta.

COSTOS POR UNIDAD EN DOLARES

MES	1999	2000	%
ENERO	2.05	0.9	-56%
FEBRERO	1.63	0.92	-44%
MARZO	1.57	0.88	-44%
ABRIL	1.74	0.72	-59%
MAYO	1.9	0.77	-59%
JUNIO	1.51	0.75	-50%
JULIO	1.27	0.64	-50%
AGOSTO	1.02	0.81	-21%
SEPTIEMBRE	0.91	0.59	-35%
OCTUBRE	1.18	0.59	-50%
NOVIEMBRE	0.82	0.71	-13%
DICIEMBRE	1.51	0.66	-56%

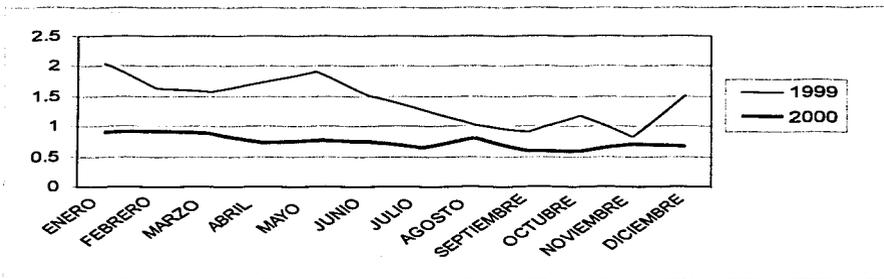


Tabla y gráfica 5.2

Una de las ventajas más importantes de la implementación de un equipo CNC está plasmada en la gráfica 5.2, puesto que al abatir costos la utilidad se incrementa de manera considerable, el flujo de costos de la gráfica es uniforme (con poca variación) permitiendo tener proyecciones de presupuesto más acertadas, lo cual brinda mayor confianza a los inversionistas de recuperar su inversión inicial.

SEGURIDAD

MES	1999	2000	%
ENERO	7	2	-71%
FEBRERO	10	3	-70%
MARZO	6	3	-50%
ABRIL	1	3	200%
MAYO	5	0	-100%
JUNIO	11	1	-91%
JULIO	10	2	-80%
AGOSTO	4	4	0%
SEPTIEMBRE	8	2	-75%
OCTUBRE	9	3	-67%
NOVIEMBRE	14	0	-100%
DICIEMBRE	7	2	-71%

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

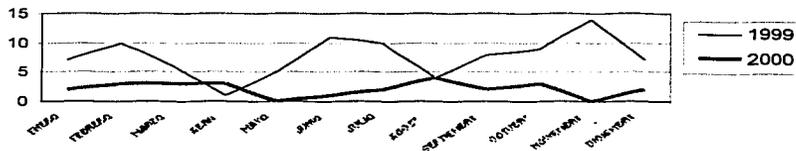


Tabla y gráfica 5.3

Uno de los aspectos primordiales a considerar por una empresa es que su planta productiva pueda laborar en un ambiente libre de accidentes, teniendo en cuenta esto el hecho de implementar un equipo CNC reduce hasta 3 veces o más la posibilidad de accidentes del personal en comparación con las máquinas convencionales. En el periodo de enero a marzo de 2001, el gerente de planta de esta empresa nos proporcionó el dato de que se registraron cero accidentes en la línea que implementa solamente máquinas CNC.

TOTAL DE DESPERDICIO DE 1999-2000

MES	1999	2000	%
ENERO	2.05	0.9	-56%
FEBRERO	1.63	0.92	-44%
MARZO	1.57	0.88	-44%
ABRIL	1.74	0.72	-59%
MAYO	1.9	0.77	-59%
JUNIO	1.51	0.75	-50%
JULIO	1.27	0.64	-50%
AGOSTO	1.02	0.81	-21%
SEPTIEMBRE	0.91	0.59	-35%
OCTUBRE	1.81	0.59	-67%
NOVIEMBRE	0.82	0.71	-13%
DICIEMBRE	1.51	0.66	-56%

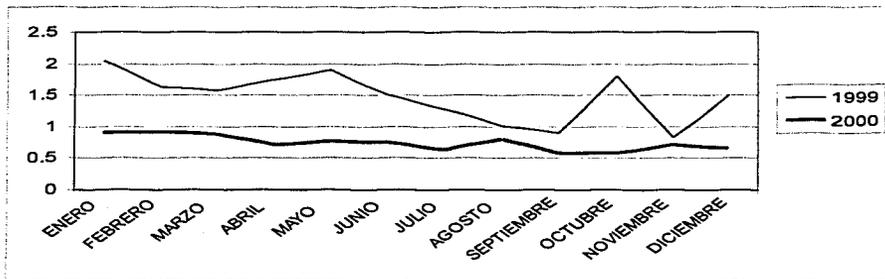


Tabla y figura 5.4

Con la información y tendencia de la gráfica 5.1 nos podemos percatar de que la tendencia de generación de desperdicio en el área de maquinado de la empresa tuvo una baja considerable entre 1999 y 2000, lo cual se dio gracias a la implementación de más equipos CNC (tornos y centros de maquinado verticales) obteniendo como resultado un incremento en la productividad y utilidades de la empresa.

5.3 PERSPECTIVAS A FUTURO DE ESTA EMPRESA

Debido a los resultados del incremento de la producción, seguridad, reducción de desperdicio, mejora del nivel de vida de su planta productiva así como de las ganancias de la empresa, ésta tiene proyectado eliminar el resto de su línea de máquinas convencionales para reemplazarla por tornos y centros de maquinado CNC, además de implementar un sistema automatizado y flexible (robots y líneas de manejo de materiales) para llegar a ser una empresa líder en la fabricación de piezas para el sistema de frenado de camiones. Como ejemplo anexamos la siguiente foto (foto 5.8) la cual muestra la línea de maquinado de mazas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

en la cual la producción de las mismas es realizada en células con tornos y centros de maquinado CNC. Y en la figura 5.9 se muestra la línea de tambores para el sistema de frenado con máquinas convencionales a ser reemplazadas por tornos y centros de maquinado CNC como se muestra en la figura 5.10.



Foto 5.8 célula flexible para el maquinado de mazas



Foto 5.9 célula de máquinas convencionales para el maquinado de tambores



Foto 5.9 célula de máquinas convencionales para el maquinado de tambores

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Como parte final de este trabajo, teniendo las bases y fundamentos necesarios procederemos a dar los argumentos y beneficios que darán el soporte para poder justificar la adquisición de un torno y/o centro de maquinado CNC.

ECONÓMICOS: El adquirir un equipo de las características ya mencionadas en el capítulo 3 de la presente tesis, le permite a la empresa el tener un rápido retorno de su inversión, un margen mayor de utilidades debido a: una disminución en la prima de riesgo, una reducción casi total del mantenimiento correctivo y una reducción en los desperdicios y retrabajos de las piezas fabricadas.

SOCIALES: Le permite a la planta productiva de la empresa el obtener una mayor percepción salarial, incrementar su nivel de preparación y capacitación lo cual le permite tener una mayor cotización en el mercado laboral, además de que su nivel de riesgo de accidentes de trabajo se reduce o elimina por completo.

PRODUCTIVOS: El hecho de poder incorporarse a la tecnología CNC (tornos y/o centros de maquinado) permite elevar la eficiencia, flexibilidad y disminución de tiempos de proceso (tiempos ciclos y tiempos muertos), lo cual da como resultado una alta capacidad de fabricación de piezas.

CALIDAD: Este es uno de los rubros más importantes y principales por los que se debe de adquirir este equipo, ya que permite manejar altos estándares de repetibilidad,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

precisión y elaboración de piezas complejas (3 D), las cuales de intentarse elaborar en una máquina convencional se tendría que hacer de manera artesanal, lo cual tendría costos, y tiempos de fabricación sumamente elevados además de que se dependería de la habilidad del operador.

COMPETITIVIDAD Y GLOBALIZACIÓN: Estos dos aspectos de la productividad son una parte constitutiva de todos los fabricantes de máquinas CNC puesto que ellos deben de garantizar que sus equipos cumplen con las normas y estándares de calidad más exigentes (ISO 9000), lo cual da la garantía de que al adquirir la empresa estos equipos podrá satisfacer las necesidades de los mercados nacionales e internacionales.

Con base en los puntos mencionados, que son un resumen del trabajo aquí presentado, tanto su parte teórica como en el caso práctico de una empresa que en su principio fue 100 % mexicana, la cual con la adquisición de tornos y centros de maquinado CNC pudo ingresar y cumplir satisfactoriamente las demandas de un consorcio norteamericano alemán quien requiere de un proveedor interno confiable para la fundición, fabricación y ensamble de partes para el sistema de frenado de camionetas y tractocamiones a nivel nacional e internacional.

Con el presente trabajo llegamos a la conclusión de que para poder hacer que las empresas mexicanas compitan con productos de calidad mundial deben de adquirir equipos de las características ya mencionadas, a no ser de que éstas quieran quedar fuera por la obsolescencia de sus equipos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BIBLIOGRAFÍA

EL CONTROL NUMÉRICO EN LAS MÁQUINAS HERRAMIENTA.

NUÑEZ GONZALEZ JUAN

COMPañIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V.

1990

MÉXICO

MÁQUINAS HERRAMIENTAS CON CONTROL NUMÉRICO

VERGNAS J.

URMO S.A. DE EDICIONES

1985 PARÍS

IMPRESO POR GRAFO S.A.

BILBAO

INTRODUCTION TO CUMPUTER NUMERICAL CONTROL

VALENTINO JAMES V.

GOLDBERG JOSEPH

REGENTS, PRENTICE HALL

NEWJERSEY

1993 E.E. U.U

MÁQUINAS HERRAMIENTA 1

FRESADO

ED. GUSTAVO GILLI, S.A.

BARCELONA 1989.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

COMPUTER NUMERICAL CONTROL PROGRAMING OF MACHINES

LARRY HORATH

MAC MILLAN PUBLICING COMPANY

USA 1993

CNC TEGNOLOGY AND PROGRAMING

STEVE KRAR & ARTHUR GILL

MC GRAWHILL

SINGAPUR 1990

COMPUTER NUMERICAL CONTROL OPERATION AND PROGRAMING

HON STENERSON & KELLY KURRAN

PRENTICE HALL

NEW JERSEY/ OHAIO

1997

KENAMETAL CD ROM

1998 IMTS

KOROLOY CD ROM

1999

DAEWOO MACHINE TOOLS

INTERNET HOME PAGE & CATALOGS 1999

MANUAL JAVIER CERVANTES CABELLO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MANUFACTURA

AÑO 6 No. 56

FEBRERO 2000

GRUPO EDITORIAL EXPANSIÓN

MÁQUINAS HERRAMIENTAS (MÁS RÁPIDAS, MÁS FUERTES, MÁS FLEXIBLES)

EMILIO ALTAMIRANO

PAGG 6-15

MANUFACTURA

VOL. 1, #3

NOV-DIC DE 1994

GRUPO EDITORIAL EXPANSIÓN

"FLEXIBILIDAD EN LA MANUFACTURA"

PAGS: 40,41

AUTOR: MARCELO WOHLMUT

MANUFACTURA

VOL. 3, #17

OCT DE 1996

GRUPO EDITORIAL EXPANSIÓN

"¿ISO 9000 O QS 9000 "

PAGS: 50

AUTOR: MARIUSZ BEDNAREKI Y SALVADOR E. LANDAVERDE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN