

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE POSGRADO EN INGENIERIA Y CIENCIAS**

**DESARROLLO DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA  
RECTIFICACION DE MATRICES EN TORNOS CNC UTILIZANDO  
SISTEMAS CAD/CAM Y SU APLICACIÓN PARA SOLUCIONAR UN  
PROBLEMA INDUSTRIAL.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL GRADO DE MASTER (MSc) EN  
MATERIALES, DISEÑO Y PRODUCCION**

**JOSE RICARDO SUASTI SALAZAR**

**DIRECTOR: Ing. ALVARO AGUINAGA Ph.D., Msc**

**Quito, Mayo 2006**

## **DECLARACION**

Yo, Ing. José Ricardo Suasti Salazar, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**Ing. José Ricardo Suasti Salazar**

## **CERTIFICACION**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Ingeniero José Ricardo Suasti Salazar, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Alvaro Aguinaga B., Ph.D., Msc**  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AGRADECIMIENTO**

- A IDEAL ALAMBREC por el auspicio que me proporciono para iniciar esta investigación, ya que su política es capacitar en forma permanente al personal.
- Al Ing. Carlos Ubidia por su apoyo y asesoría para enfrentar los nuevos retos tecnológicos que se presentan.
- Al Ing. Alvaro Aguinaga por aceptar el reto de entregar esta investigación a la Escuela Politécnica Nacional.
- A Conduit por permitir presentar esta investigación.



## **DEDICATORIA**

A Mercedes, Michelle y Estefanía  
Por su apoyo y amor en todo momento.

A mis padres que supieron encaminarme.

## CONTENIDO

CAPITULO 1 .....	1
1 INTRODUCCION .....	1
1.1 MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC.....	3
1.2 PROCESOS DE MANUFACTURA POR ARRANQUE DE VIRUTA .....	4
1.3 INTRODUCCION AL CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO .....	13
1.3.1 VENTAJAS Y DEVENTAJAS DE LAS MAQUINAS C.N.C. ....	18
1.3.2 EL FACTOR HUMANO Y LAS MAQUINAS C.N.C. ....	19
1.4 CONTROL NUMERICO EN LA INGENIERIA .....	20
1.4.1 AMBITO DE APLICACION DEL CONTROL NUMERICO .....	21
1.4.2 VENTAJAS DEL CONTROL NUMERICO:.....	22
1.4.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL NUMERICO. ...	23
1.4.4 ARQUITECTURA GENERAL DE UN CONTROL NUMÉRICO.....	25
1.4.5 TIPOS DE CONTROLES NUMERICOS .....	40
1.5 TENDENCIAS DE LA AUTOMATIZACION EN LA INDUSTRIA NACIONAL.....	49
1.5.1 LA AUTOMATIZACION COMO UNA ALTERNATIVA.....	51
1.5.2 EL AMBIENTE DE TRABAJO.....	52
1.6 TORNO CNC.....	52
1.6.1 ¿CUANDO EMPLEAR UN TORNO C.N.C?.....	53
1.6.2 TORNO CONVENCIONAL VS. C.N.C. ....	54
CAPITULO 2 .....	55
2 INTEGRACION CAD/CAM .....	55
2.1 GENERALIDADES .....	55
2.1.1 INTRODUCCION .....	55
2.1.2 VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS CAD/CAM/CAE Y "RAPID PROTOTYPING" .....	56
2.1.3 SISTEMAS CAD .....	57
2.2 SISTEMA MASTERCAM .....	61
2.2.1 CAD/CAM/CNC .....	62
2.2.2 MENU PRINCIPAL.....	65
2.2.3 MENU SECUNDARIO.....	67
2.2.4 BARRA DE HERRAMIENTAS.....	68
2.2.5 EXPORTAR GEOMETRIA DE CAD.....	70
2.3 PROGRAMACION .....	72
2.3.1 IMPORTAR LA GEOMETRIA A MASTERCAM .....	72
2.3.2 TRASLADAR GEOMETRIA .....	74
2.3.3 ESCALAR GEOMETRIA .....	77
2.3.4 TOOL REFERENCE .....	79
2.3.5 TOOL LIBRARY .....	80
2.3.6 MATERIAL .....	80
2.3.7 TOOL NUMBER .....	81
2.3.8 STARTING SEQUENCE NUMBER / INCREMENT .....	82
2.4 SIMULACION .....	88

CAPITULO 3 .....	97
3. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE RECTIFICACION DE MATRICES .....	97
3.1 DESARROLLO DEL METODO .....	97
3.2 SINTESIS DEL METODO .....	105
3.3 ALGORITMO DEL METODO .....	109
CAPITULO 4. ....	111
4. APLICACION DEL PROCEDIMIENTO PARA LA RECTIFICACION DEL PERFIL ORIGINAL DE LA MATRICERIA PARA LA FABRICACION DE LA TUBERIA DE LA EMPRESA CONDUIT DEL ECUADOR S.A. ....	111
4.1 PROGRAMACION DE PAQUETE CAD/CAM PARA UN EJEMPLO ESPECÍFICO. ....	111
4.2 SIMULACION DE RECTIFICACION .....	115
4.3 RECTIFICAR LA MATRICERIA .....	118
4.4 PRUEBAS Y VERIFICACION .....	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
Conclusiones .....	124
Recomendaciones .....	126
Bibliografía .....	127



## Indice de Cuadros

Cuadro N° 1 Proceso de torneado .....	6
Cuadro N° 2 Proceso de taladrado .....	7
Cuadro N° 3 Proceso cepillado.....	8
Cuadro N° 4 Proceso de aserrado .....	9
Cuadro N° 5 Proceso de rectificado.....	11
Cuadro N° 6 Proceso de fresado.....	12
Cuadro N° 7 Block de instrucciones .....	35
Cuadro N° 8 Torno convencional vs. C.N.C .....	54
Cuadro N° 9 Matricería toneladas producidas. ....	105

## Indice de Figuras

FIGURA N° 1 Máquina fresadora CNC.....	13
FIGURA N° 2 Pieza en una fresadora CNC.....	15
FIGURA N° 3 Dibujo pieza a fabricar.....	17
FIGURA N° 4 Trayectorias de movimiento de la herramienta.....	23
FIGURA N° 5 Diagrama funcional simplificado de un CNC.....	26
FIGURA N° 6 Perforaciones y arrastre de cinta.....	27
FIGURA N° 7 Panel de control Fagor 8025.....	42
FIGURA N° 8 Ingreso al Sistema Mastercam.....	64
FIGURA N° 9 Pantalla inicial Sistema Mastercam.....	65
FIGURA N° 10 Menú principal.....	65
FIGURA N° 11 Menú secundario.....	67
FIGURA N° 12 Barra de herramientas.....	68
FIGURA N° 13 Botones de la barra de herramientas.....	68
FIGURA N° 14 Botones de la barra de herramientas.....	68
FIGURA N° 15 Botones barra de herramientas.....	69
FIGURA N° 16 Botones barra de herramientas.....	69
FIGURA N° 17 Botones barra de herramientas.....	70
FIGURA N° 18 Geometría en CAD.....	71
FIGURA N° 19 Pantalla para exportar datos Autocad.....	71
FIGURA N° 20 Menú principal.....	72
FIGURA N° 21 Menú de "conVerter".....	73
FIGURA N° 22 Geometría en Mastercam.....	73
FIGURA N° 23 Menú translate.....	74
FIGURA N° 24 Menú Entites.....	75
FIGURA N° 25 Menú Btween pts.....	75
FIGURA N° 26 Menú Endpoint.....	76
FIGURA N° 27 Asignación del punto de referencia.....	76
FIGURA N° 28 Menú Translate.....	77
FIGURA N° 29 Geometría colocada en el punto de referencia.....	77
FIGURA N° 30 Menú para escalar de pulgadas a milímetros.....	78
FIGURA N° 31 Menú Scale.....	78
FIGURA N° 32 Menú geometría con unidades en milímetros.....	78
FIGURA N° 33 Menú Contour Parameters.....	79
FIGURA N° 34 Menú Select TOOL or CANCEL.....	80
FIGURA N° 35 Menú Tool Library.....	80
FIGURA N° 36 Menú Rapad Depth.....	82
FIGURA N° 37 Menú Spindle Speed.....	82
FIGURA N° 38 Menú Cutter Compensation.....	83
FIGURA N° 39 Menú Roll Cutter Around Corners.....	83
FIGURA N° 40 Menú Depht cuts.....	84
FIGURA N° 41 Menú Linear Array.....	84
FIGURA N° 42 Menú Coordinates.....	85
FIGURA N° 43 Menú Entry/Exit Prameters, Planes.....	86
FIGURA N° 44 Menú Entry/Exit Prameters, Vectores.....	86
FIGURA N° 45 Menú Tool Display.....	87
FIGURA N° 46 Pantalla inicial del Matercam.....	88

FIGURA N° 47 Dibujo de la pieza que se va a simular .....	89
FIGURA N° 48 Selección de parámetros .....	89
FIGURA N° 49 Ciclos de operación .....	90
FIGURA N° 50 Verificación estándar de la simulación. ....	90
FIGURA N° 51 Proceso de refrentado de la pieza. ....	91
FIGURA N° 52 Simulación proceso de cilindrado .....	91
FIGURA N° 53 Simulación de cilindrado según diámetros del plano .....	92
FIGURA N° 54 Simulación cilindrado interior.....	92
FIGURA N° 55 Simulación tronchado o sangrado .....	93
FIGURA N° 56 Simulación de un corte longitudinal .....	93
FIGURA N° 57 Simulación giro de la pieza terminada. ....	94
FIGURA N° 58 Simulación de la pieza cortada y girada en el espacio.....	94
FIGURA N° 59 Instrucciones del programa.....	95
FIGURA N° 60 Perfil del rodillo SQ que se va a rectificar. ....	111
FIGURA N° 61 Selección de parámetros.....	112
FIGURA N° 62 Selección de la herramienta. ....	112
FIGURA N° 63 Selección de la operación .....	113
FIGURA N° 64 Comprobación de la operación. ....	113
FIGURA N° 65 Instrucciones del programa.....	114

## Indice de Fotografías

FOTOGRAFIA Nº 1	Juegos de matrices. ....	97
FOTOGRAFIA Nº 2	Torno convencional. ....	98
FOTOGRAFIA Nº 3	Portaherramienta (mango) y placa de cerámica. ....	101
FOTOGRAFIA Nº 4	Panel de control Fagor CNC 8055i. ....	102
FOTOGRAFIA Nº 5	Torreta automática 8 posiciones. ....	103
FOTOGRAFIA Nº 6	Rodillos SQ en el proceso de soldadura. ....	104
FOTOGRAFIA Nº 7	Perfil de la matricería en el panel de control. ....	106
FOTOGRAFIA Nº 8	Simulación del perfil de la matricería . ....	107
FOTOGRAFIA Nº 9	Sujeción de la matriz en el torno. ....	107
FOTOGRAFIA Nº 10	Rodillos SQ desgastado. ....	115
FOTOGRAFIA Nº 11	Perfil del rodillo a rectificar. ....	116
FOTOGRAFIA Nº 12	Simulación del rodillo a rectificar. ....	116
FOTOGRAFIA Nº 13	Herramienta en la posición central del rodillo. ....	117
FOTOGRAFIA Nº 14	Herramienta en la posición final del perfil del rodillo. ....	117
FOTOGRAFIA Nº 15	Rodillo SQ para ser rectificado. ....	118
FOTOGRAFIA Nº 16	Rodillos SQ rectificado. ....	119
FOTOGRAFIA Nº 17	Rodillos SQ rectificado y por rectificar. ....	119
FOTOGRAFIA Nº 18	Rodillos SQ rectificado. ....	120
FOTOGRAFIA Nº 19	Montaje de la matricería en el tren de laminación. ....	120
FOTOGRAFIA Nº 20	Seteo del tren de laminación. ....	121
FOTOGRAFIA Nº 21	Fleje en los rodillos laminadores. ....	121
FOTOGRAFIA Nº 22	Tubería en los rodillos de laminación horizontales. ....	122
FOTOGRAFIA Nº 23	Proceso continuo de soldadura por inducción. ....	122
FOTOGRAFIA Nº 24	Rodillos finales regulables circularmente. ....	123

**Indice de Anexos**

ANEXO 1 .....	129
ANEXO 2 .....	130

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo es desarrollar un procedimiento mediante la utilización de nuevas tecnologías para resolver un problema en particular, como es la rectificación de matrices para la fabricación de tubería.

En base a esta necesidad se investigó para buscar alternativas de especificaciones técnicas sobre las máquinas CNC que se adaptarían al requerimiento, pero sin descuidar la variable precio, luego que se decidió adquirir el torno CNC más adecuado a las necesidades de la Empresa, se tenía otro parámetro que se debía tomar en cuenta y es la dureza de las matrices. Para llevar a cabo este objetivo se investigó, cual es el material más adecuado para la herramienta de corte, porque la dureza de la matricería es de 60 HRc, llegando a concluir que debían ser plaquitas de cerámica.

Con la implementación de esta innovación tecnológica, se obtuvo excelentes resultados porque a más de resolver un problema latente en la industria, se consiguió la disminución de costos de producción que era el objetivo principal de este estudio, lo que a la Empresa le permitió ser más competitiva.

Aplicando nuevas tecnologías que existen en otros países a nuestras necesidades podemos solucionar problemas puntuales de importancia de manera rápida y eficiente. Lo que nos permite aumentar la productividad con calidad y ser más competitivos en este mundo globalizado.

## **SUMMARY**

The objective of the present work is to develop a procedure using new technologies to solve a problem in particular, like it is the matrix rectification for pipe production.

Based on this necessity it was investigated to look for alternatives of technical specifications on the CNC machines that would adapt to the requirement, but taking care of the price. Then we decided to get the more appropriate CNC lathe to the necessities of the Company. Another parameter that should be taken into account is the hardness of the matrix. In order to carry out this objective it was investigated which is the most appropriate material for the cutting tool, because the hardness of the matrix is 60 HRc, concluding that they should be ceramic plates.

With the implementation of this technological innovation, we obtained excellent results not only solving a latent problem in the industry, but also decreasing production costs that was the main objective of this study, and allowing the Company to be more competitive.

Applying new technologies that exist in other countries for our necessities we can solve punctual problems quickly and efficiently. It allows us to increase the productivity with good quality and become more competitive in this global world.

# CAPITULO 1

## 1 INTRODUCCION

El vertiginoso proceso de innovación tecnológica presente en la actualidad, junto a la fuerte competencia entre las empresas, son las causas principales del aumento de exigencias de los mercados, donde los fabricantes deben presentar productos cada vez más adecuados a las necesidades del cliente. Esto conduce a la reducción de la serie y el aumento de modelos y variantes de productos que cada empresa ofrece a sus potenciales clientes. Todo ello ha traído aparejado el replanteo de los métodos y tecnologías utilizadas en el **Diseño de Producto** y los **Procesos de Manufactura**.

Las nuevas tecnologías de fabricación en el ciclo del producto, que incluyen las máquinas con control numérico computarizado y los sistemas integrados CAD/CAM, han posibilitado obtener productos inclusive muy difíciles de fabricar con tecnologías convencionales, en mayor cantidad y calidad y a más bajos precios, por lo que están siendo ampliamente utilizados en industrias de alta productividad.

En la industria ecuatoriana existe una aplicación muy limitada de estas nuevas tecnologías de manufactura, lo que nos pone en seria desventaja respecto a países vecinos y mucho más en relación a los desarrollados. Nuestro país está por firmar el Tratado de Libre Comercio dentro de la globalización mundial, por lo que debe buscar los mecanismos para aumentar su productividad y ser más competitivo, uno de estos mecanismo es la transferencia y adaptación de tecnología de punta para la producción, iniciando un proceso de innovación tecnológica en nuestro aparato productivo;



que permita a sus empresas manufacturar productos en mayor cantidad y calidad y obviamente disminuyendo sus costos.

El presente Proyecto propone justamente iniciar un proceso de asimilación, difusión, adaptación y transferencia de tecnologías de fabricación en el ciclo del producto, que incluyen las máquinas con control numérico computarizado y los sistemas integrados CAD/CAM.

En esta línea, particularmente se plantea desarrollar un procedimiento detallado para la rectificación de matrices de revolución en tornos CNC con interfase desde paquetes computacionales CAD/CAM y posteriormente aplicar este procedimiento para solucionar un problema concreto de una de las más grandes industrias productoras de tubería de acero del país como es Conduit del Ecuador S.A., conseguir el perfil exacto que se necesita para poder disminuir el desperdicio en el momento de setear la línea para la fabricación de tubería y obtener productos dentro de normas y parámetros técnicos de calidad.

Se espera que una vez realizado este Proyecto se comprueben las grandes ventajas de utilizar estas tecnologías de punta en el aumento de la productividad y se incremente su uso en nuestro aparato productivo.

## 1.1 MAQUINAS HERRAMIENTAS CNC

### GENERALIDADES

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

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

La máquina herramienta ha jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo hasta el punto que no es una exageración decir que la tasa del desarrollo de máquinas herramientas gobierna directamente la tasa del desarrollo industrial. Gracias a la utilización de la máquina herramienta se ha podido realizar de forma práctica, maquinaria de todo tipo que aunque concebida y realizada, no podía ser comercializada por no existir medios adecuados para su construcción industrial.

Así, por ejemplo, si para la mecanización total de un número de piezas fuera necesario realizar las operaciones de fresado, mandrinado y perforado, es lógico que se alcanzaría la mayor eficacia si este grupo de máquinas herramientas estuvieran agrupadas, pero se lograría una mayor eficacia aún si todas estas operaciones se realizaran en una misma máquina. Esta necesidad, sumada a numerosos y nuevos requerimientos que día a día aparecieron forzaron la utilización de nuevas técnicas que reemplazaran al operador humano. De esta forma se introdujo el control numérico en los procesos de fabricación, impuesto por varias razones:

- Necesidad de fabricar productos que no se podían conseguir en cantidad y calidad suficientes sin recurrir a la automatización del proceso de fabricación.
- Necesidad de obtener productos hasta entonces imposibles o muy difíciles de fabricar, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.
- Necesidad de fabricar productos a precios suficientemente bajos. Inicialmente, el factor predominante que condicionó todo automatismo fue el aumento de productividad.
- Posteriormente, debido a las nuevas necesidades de la industria aparecieron otros factores no menos importantes como la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

## **1.2 PROCESOS DE MANUFACTURA POR ARRANQUE DE VIRUTA**

La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Aquí se dividen las aplicaciones en dos categorías:

1.- Aplicaciones con máquina herramienta, tales como el taladrado, laminado, torneado, etc., y

2.- Aplicaciones sin máquina herramienta, tales como el ensamblaje, trazado e inspección. El principio de operación común de todas las aplicaciones del control numérico es el control de la posición relativa de una herramienta o elemento de procesado con respecto al objeto a procesar.

En los siguientes cuadros se presentan los procesos más conocidos de arranque de viruta.

Cuadro N° 1 Proceso de torneado

Proceso	Definición del proceso	Equipo
Torneado	Es un proceso de maquinado en el cual una herramienta de punta sencilla remueve material de la superficie de una pieza de trabajo cilíndrica en rotación	El torneado se lleva a cabo tradicionalmente en una máquina llamada torno
Definición del equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El torno es una máquina, la cual suministra la potencia para tornear la parte a una velocidad de rotación determinada con avance de la herramienta y profundidad de corte especificado	Torno para herramientas Torno de Velocidad Torno Revólver Torno de Mandril Máquina de Barra Automática Tornos controlados numéricamente	Se usan herramientas de punta sencilla, para la operación de roscado, se ejecuta con un diseño con la forma de la cuerda a producir. El torneado de formas se ejecuta con una de diseño especial llamada herramienta de forma.
Definir herramienta	Clasificación de la herramienta	Torneado operaciones relacionadas
Se usa una herramienta de corte con un borde cortante simple destinado a remover material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma de cilindro.	Cabezal Contrapunto Corte a carro transversal Carro principal	Torneado cónico Torneado de contornos Torneado de formas Achaflanado tronzo Rosado, perforado Taladrado Moletado

Cuadro N° 2 Proceso de taladrado

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Taladrado	Es una operación de maquinado que se usa para hacer agujeros redondos en una parte de trabajo	Taladro Prensa
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El Taladro Prensa es la máquina estándar para taladrar.	Taladro vertical Taladro banco Taladro radial Taladro múltiple	Broca
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Taladrado
Hay disponibles varias herramientas de corte para hacer agujeros, pero la broca helicoidal es con mucho la más común. Sus diámetros pueden fluctuar desde 0,1 (mm) hasta brocas grandes como de 75 (mm). Las brocas helicoidales se usan ampliamente en la industria para producir agujeros en forma rápida y económica.	Broca Helicoidal	Escariado Roscado Interior Abocardado Avellanado Centrado Refrentado

Cuadro N° 3 Proceso cepillado

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Cepillado	Proceso para producir superficies planas por medio de una herramienta de corte de un solo filo.	Cepillo
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
La máquina herramienta para cepillado se llama cepillo. La velocidad de corte se logra por medio de una mesa de trabajo oscilante que mueve la parte posterior de una herramienta de corte de punta sencilla	Cepillos de mesa abiertos lateralmente Cepillos de doble columna	La herramienta de corte usadas en el cepillado son herramientas de punta sencilla
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Cepillado
Proceso en el cual se pasa una cuchilla a través de la pieza para ir eliminando material.	Carril transversal Cabeza de la herramienta Mesa de trabajo Columna Base	El cepillado se puede usar para maquinar otras superficies diferentes a las planas. La restricción es que las superficies deben ser rectas.

Cuadro N° 4 Proceso de aserrado

Proceso	Definición del proceso	Equipo
Aserrado	Es un proceso en el que corta una hendidura angosta dentro de la parte de trabajo por medio de una herramienta que tiene una serie de dientes estrechamente espaciados	Segueta
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El corte de segueta involucra un movimiento lineal de vaivén de la segueta contra el trabajo. El Aserrado con cinta implica un movimiento lineal continuo que utiliza una sierra cinta hecha de forma de banda flexible sin fin con dientes en una de sus bordes. La sierra circular usa una sierra circular giratoria para suministrar el movimiento continuo de la herramienta frente al trabajo.	Segueta Sierra Banda Sierra Circular	Hoja de la Sierra



Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Aserrado
<p>Las hojas de la sierra tienen ciertas características comunes que incluyen la forma de los dientes, su espaciamiento y la disposición de los mismos</p>	<p>Forma de los dientes Espaciamiento entre los dientes Disposición de los dientes</p>	<p>Calado Ranurado Corte abrasivo Aserrado por fricción</p>

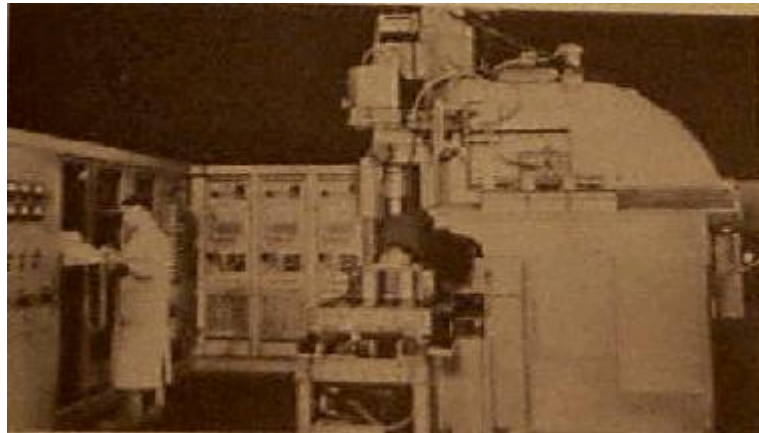
Cuadro N° 5 Proceso de rectificado

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Rectificado	Es un proceso abrasivo ejecutado por un conjunto de barras abrasivas pegadas	Rectificadora
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
El movimiento del equipo es una combinación de rotación y oscilación lineal, regulada de tal manera que un punto dado de la barra abrasiva, no repite la misma trayectoria		Conjunto de barras abrasivas pegadas
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Rectificado
Se usan cuatro barras, pero su número depende del tamaño del agujero	Juntas Universales Impulsor	Lapeado o pulido Superacabado Pulido Abrillantado

Cuadro N° 6 Proceso de fresado

Proceso	Definición del Proceso	Equipo
Fresado	Es una operación de maquinado en la cual se hace pasar una parte de trabajo frente de una herramienta cilíndrica rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes.	Fresadora
Definición del Equipo	Clasificación del equipo	Herramienta
La clasificación de los cortadores para fresadoras o fresas como se les conoce comúnmente, está muy asociada con las operaciones de fresado que acabamos de describir.	Cortadores cilíndricos o fresas planas Cortadores formadores o fresas formadoras Cortadores frontales o fresas frontales Cortadores para acabado o fresa de acabado	Husillo rotatorio Mesa para sujetar
Definir Herramienta	Clasificación de la Herramienta	Operaciones Relacionadas con el Fresado
Las máquinas fresadoras deben tener un husillo rotatorio para el cortador y una mesa para sujetar, poner en posición y hacer avanzar la parte de trabajo.	Máquina fresadora vertical y horizontal Rodilla y columna tipo bancada Tipo cepillo Fresas trazadoras Máquinas fresadoras CNC	Torneado Taladrado Perfilado Cepillado Escariado Aserrado

FIGURA Nº 1 Máquina fresadora CNC.



### 1.3 INTRODUCCION AL CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

En 1948, John Parson inicia la aplicación del control numérico a la máquina-herramienta, con el objeto de resolver el problema del fresado de superficies complejas tridimensionales para la aeronáutica. En 1949 Parson contrató con el Instituto Tecnológico de Massachussets el diseño de los servomecanismos de control para una fresadora. En 1952 funcionaba un control experimental, aplicado a una fresadora Cincinnati. La programación utilizaba un código binario sobre cinta perforada, y la máquina ejecutaba movimientos simultáneos coordinados sobre tres ejes. En 1955 se presentan unas pocas máquinas en la Feria de Chicago, gobernadas por tarjetas y cintas perforadas. La U.S.A. Air Force se interesa por el sistema y formula un pedido de 170 máquinas-herramienta por valor de cincuenta millones de dólares, beneficiándose del mismo varios prestigiosos fabricantes americanos. Pero los modelos desarrollados durante los años cincuenta y sesenta fueron poco eficaces y resultaron muy caros.

Fue a partir de los años setenta, con el desarrollo de la microelectrónica, cuando el CN pasa a ser control numérico por

computadora (CNC) por la integración de una computadora en el sistema. Pero definitivamente fue durante los años ochenta cuando se produce la aplicación generalizada del CNC, debido al desarrollo de la electrónica y la informática, provocando una revolución dentro de la cual todavía estamos inmersos.

Además de su incorporación a las fresadoras, la aplicación del control numérico se extendió a mandrinadoras, tornos y taladros. Pero rápidamente se comprobó que existía un potencial de automatización superior al que podía obtenerse sobre máquinas clásicas y surgió un nuevo concepto de máquina: el llamado centro de mecanizado. Nace así una máquina-herramienta capaz de fresar, taladrar, roscar, mandrinar, etc., que incluye un almacén de herramientas y un sistema de cambio automático de las mismas, de forma que el control numérico ordena las posiciones y trayectorias de las piezas y herramientas, velocidades de avance, giro de herramientas y selección de las mismas.

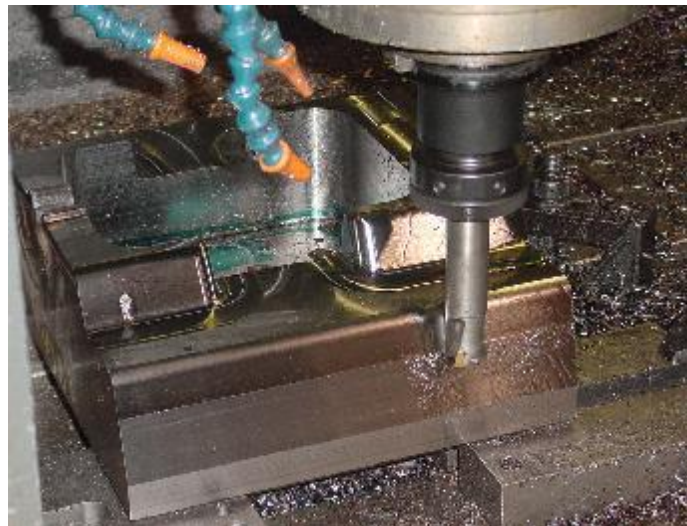
El avance tecnológico del CN ha constituido el aspecto dominante, afectando a todas las máquinas-herramienta, incluso a las universales. En cierto aspecto, las máquinas se han convertido en más simples, porque ciertas funciones han sido transferidas del sistema mecánico al electrónico. Se ha logrado el control simultáneo de varios ejes, como es el caso de los centros de mecanizado, de los tornos, etc., lo cual no era posible hasta la aplicación del CNC.

De la denominación de máquina-herramienta se ha pasado al término de máquina-herramienta avanzada, que se refiere a la máquina con mando numérico, concibiéndose buen número de ellas según criterios modulares que permiten la intercambiabilidad y la complementariedad, pudiéndose integrar en células o sistemas de fabricación flexible posibilitando una automatización a la vez integrada y flexible.

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

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

FIGURA N° 2 Pieza en una fresadora CNC



En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o [manual](#), una computadora controla la posición y velocidad de los [motores](#) que accionan los ejes de la máquina. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales.

Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo [tiempo](#) en los tres ejes para ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el maquinado de complejos moldes y troqueles como se [muestra](#) en la figura N° 2.

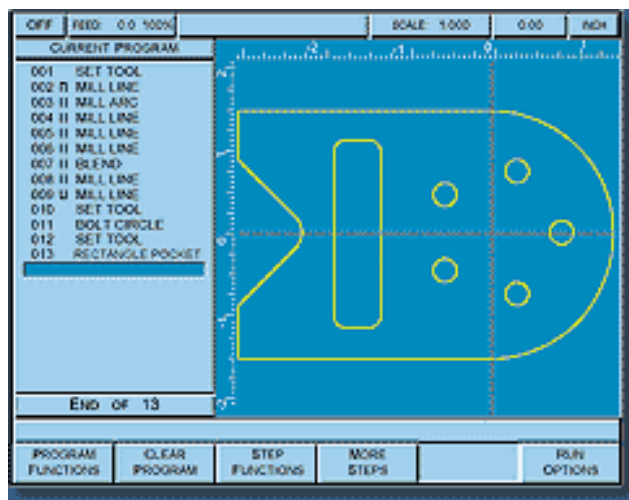
En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada la máquina, ésta ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

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

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

Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de maquinado. Dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, ésta es capaz de maquinar una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en alto relieve o bajo relieve, un grabado artístico un molde de inyección, etc.

FIGURA Nº 3 Plano pieza a fabricar.



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

Actualmente muchas de las máquinas modernas trabajan con lo que se conoce como "[lenguaje](#) conversacional" en el que el programador escoge la operación que desea y la máquina le pregunta los datos que se requieren. Cada instrucción de este [lenguaje](#) conversacional puede representar decenas de códigos numéricos. Por ejemplo, el maquinado de una cavidad completa se puede hacer con una sola instrucción que especifica el largo, alto, profundidad, posición, radios de las esquinas, etc. Algunos controles incluso cuentan con graficación en pantalla y [funciones](#) de ayuda geométrica. Todo esto hace la [programación](#) mucho más rápida y sencilla, como se aprecia en la figura Nº3.

También se emplean sistemas CAD/CAM que generan el programa de maquinado de forma automática. En el sistema CAD (diseño asistido



por computadora) la pieza que se desea maquinar se diseña en la computadora con herramientas de [dibujo](#) y modelado sólido.

Posteriormente el sistema CAM (manufactura asistida por computadora) toma la [información](#) del diseño y genera la ruta de corte que tiene que seguir la herramienta para fabricar la pieza deseada; a partir de esta ruta de corte se crea automáticamente el programa de maquinado, el cual puede ser introducido a la máquina mediante un disco o enviado electrónicamente.

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

### **1.3.1 VENTAJAS Y DEVENTAJAS DE LAS MAQUINAS C.N.C.**

Una máquina CNC posee las siguientes **ventajas**:

- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Mayor uniformidad en los productos producidos.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Fácil control de calidad.
- Reducción en costos de inventario, traslado y de fabricación en los modelos y abrazaderas.
- Es posible satisfacer pedidos urgentes.
- No se requieren operadores con experiencia.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.
- Aumento del tiempo de trabajo en corte por maquinaria.

- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
- Fácil administración de la producción e inventario lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa.
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

Sin embargo no todo es **ventajas** y entre las **desventajas** podemos citar:

- Alto costo de la maquinaria.
- Falta de opciones o alternativas en caso de fallas.
- Es necesario programar en forma correcta la selección de las herramientas de corte y la secuencia de operación para un eficiente funcionamiento.
- Los costos de mantenimiento aumentan, ya que el sistema de control es más complicado y surge la necesidad de entrenar al personal de servicio y operación.
- Es necesario mantener un gran volumen de producción a fin de lograr una mayor eficiencia de la capacidad instalada.

### **1.3.2 EL FACTOR HUMANO Y LAS MAQUINAS C.N.C.**

El tipo de conocimiento y/o habilidades que debe poseer un operador de máquinas CNC.

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

- Interpretación de Planos.
- Conocimientos de la estructura de la máquina CNC.
- Conocimientos del proceso de transformación mecánica.
- Conocimientos de la programación CNC.
- Conocimientos del Mantenimiento y operación CNC.
- Conocimientos generales de programación y computadores personales.

Existen algunos otros aspectos de tipo humano que se derivan de la utilización del control numérico; entre los que podemos mencionar:

- Una persona puede operar varias máquinas simultáneamente.
- Mejora el ambiente de trabajo.
- No se requiere de una gran experiencia.
- El programa tiene el control de los parámetros de corte.

Todos estos aspectos pueden representar cambios culturales dentro del ambiente del taller; sin embargo si el operador es hábil la adaptación será bastante rápida.

#### **1.4 CONTROL NUMERICO EN LA INGENIERIA**

Se considera control numérico a todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas definidas, bien manualmente o por medio de un programa.

### 1.4.1 AMBITO DE APLICACION DEL CONTROL NUMERICO

Como ya se mencionó, las cuatro [variables](#) fundamentales que inciden en la bondad de un automatismo son: productividad, rapidez, precisión y velocidad.

De acuerdo con estas [variables](#), vamos a analizar qué tipo de automatismo es el más conveniente de acuerdo al número de piezas a fabricar. Series de fabricación:

Grandes series: (mayor a 10.000 piezas)

Esta [producción](#) está cubierta en la actualidad por las máquinas transfert, realizadas por varios automatismos trabajando simultáneamente en forma sincronizada. Series medias: (entre 50 y 10.000)

Existen varios automatismos que cubren esta gama, entre ellos los copiadores y los controles numéricos. La utilización de estos automatismos dependerá de la precisión, flexibilidad y rapidez exigidas. El control numérico será especialmente interesante cuando las fabricaciones se mantengan en series comprendidas entre 5 y 1.000 piezas que deberán ser repetidas varias veces durante el año.

Series pequeñas: (menores a 5 piezas) Para estas series, la utilización del control numérico suele no ser rentable, a no ser que la pieza sea lo suficientemente compleja como para justificarse su [programación](#) con ayuda de una computadora. Pero en general, para producciones menores a cinco piezas, la mecanización en máquinas convencionales resulta ser más económica.

#### 1.4.2 VENTAJAS DEL CONTROL NUMERICO:

Las ventajas, dentro de los parámetros de producción explicados anteriormente son:

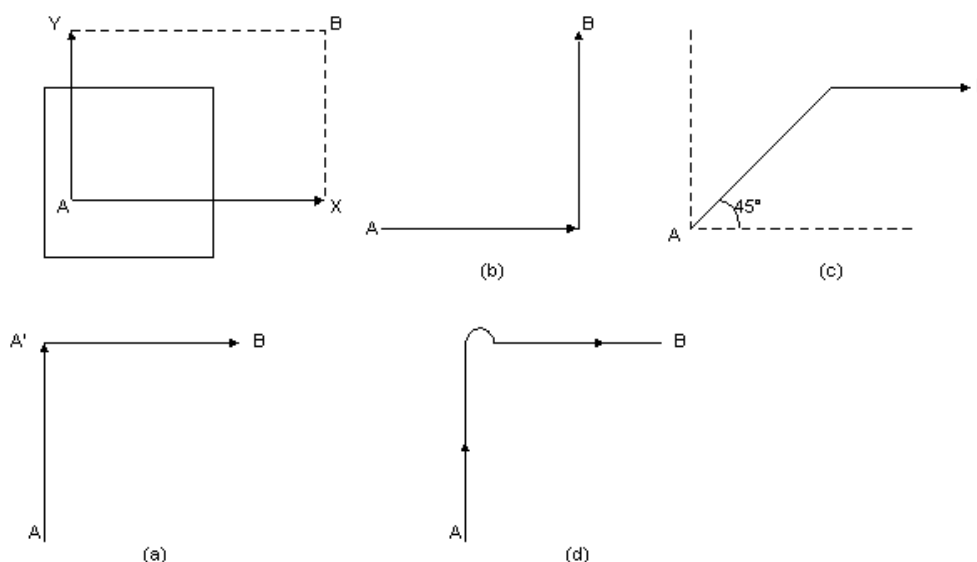
- Posibilidad de fabricación de piezas imposibles o muy difíciles.
- Gracias al control numérico se han podido obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.
- Seguridad. El control numérico es especialmente recomendable para [el trabajo](#) con productos peligrosos.
- Precisión. Esto se debe a la mayor precisión de la máquina herramienta de control numérico respecto de las clásicas.
- Aumento de productividad de las máquinas. Esto se debe a la disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control.
- Reducción de controles y desechos. Esta reducción es debida fundamentalmente a la gran fiabilidad y repetitividad de una máquina herramienta con control numérico. Esta reducción de controles permite prácticamente eliminar toda operación humana posterior, con la subsiguiente reducción de [costos](#) y tiempos de fabricación.

### 1.4.3 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL NUMERICO.

Se dividen fundamentalmente en:

- Equipos de control numérico de posicionamiento o punto a punto.
- Equipos de control numérico de contorno.

FIGURA N° 4 Trayectorias de movimiento de la herramienta.



Supongamos una pieza colocada sobre la mesa (ver figura N° 4), y que en el punto A se quiere realizar una perforación. Sea el eje X el eje longitudinal de la mesa y el eje Y el eje transversal. B representa la proyección del eje del útil sobre la mesa. El problema de llevar el punto A al punto B se puede resolver de las siguientes formas:

- Accionar el motor del eje Y hasta alcanzar el punto A; y a continuación el motor del eje X hasta alcanzar al punto B.

- Análogo al anterior, pero accionando primero el motor del eje longitudinal y después el del transversal. Estos dos modos de posicionamiento reciben el nombre de posicionamiento secuencial y se realiza normalmente a la máxima velocidad que soporta la máquina.
- Accionar ambos motores a la vez y a la misma velocidad. En este caso la trayectoria seguida será una recta de 45 grados. Una vez llegado la altura del punto B, el motor del eje Y será parado para continuar exclusivamente el motor del eje X hasta llegar al punto B. Este tipo de posicionamiento recibe el nombre de posicionamiento simultáneo (punto a punto).
- Accionamiento secuencial de los motores pero realizando la aproximación a un punto siempre en el mismo sentido. Este tipo de aproximación recibe el nombre de aproximación unidireccional y es utilizado exclusivamente en los posicionamientos punto a punto.

En un sistema punto a punto, el control determina, a partir de la información suministrada por el programa y antes de iniciarse el movimiento, el camino total a recorrer. Posteriormente se realiza dicho posicionamiento, sin importar en absoluto la trayectoria recorrida, puesto que lo único que importa es alcanzar con precisión y rapidez el punto en cuestión.

Siempre que se quiera realizar trayectorias que no sean paraxiales (rectas según los ejes) es necesario que el sistema de control posea características especiales.

Los equipos que permiten generar curvas reciben el nombre de equipos de contorno.

Los sistemas de contorno gobiernan no sólo la posición final sino también el movimiento en cada instante de los ejes en los cuales se realiza la interpolación. En estos equipos deberá existir una sincronización perfecta entre los distintos ejes, controlándose, por tanto, la trayectoria real que debe seguir la herramienta. Con estos sistemas se pueden generar recorridos tales como rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas o cualquier otra curva definible matemáticamente. Estos sistemas se utilizan, sobre todo, en fresados complejos, torneados, etc.

Por último, se puede decir que un equipo de control numérico paraxial puede efectuar los trabajos que realiza un equipo punto a punto y un equipo de contorno podrá realizar los trabajos propios de los equipos punto a punto y paraxial.

#### 1.4.4 ARQUITECTURA GENERAL DE UN CONTROL NUMÉRICO.

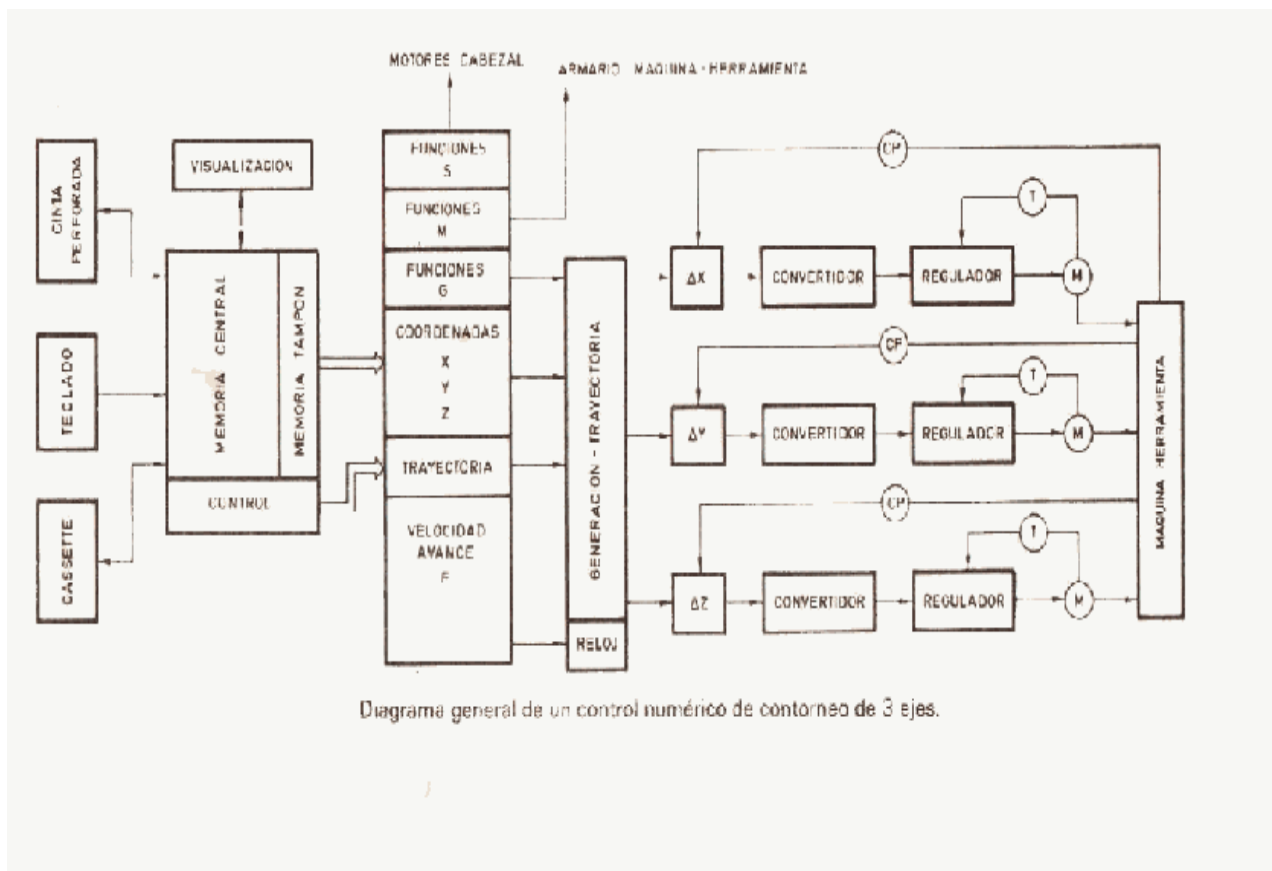
Se puede distinguir cuatro subconjuntos funcionales:

- Unidad de entrada – salida de datos.
- Unidad de memoria interna e interpretación de órdenes.
- Unidad de cálculo.
- Unidad de enlace con la máquina herramienta y servomecanismos.

En la figura N° 5 se muestra un diagrama funcional simplificado de un control numérico de contorno de tres ejes.



FIGURA N° 5 Diagrama funcional simplificado de un CNC.



#### 1.4.4.1 UNIDAD DE ENTRADA – SALIDA DE DATOS

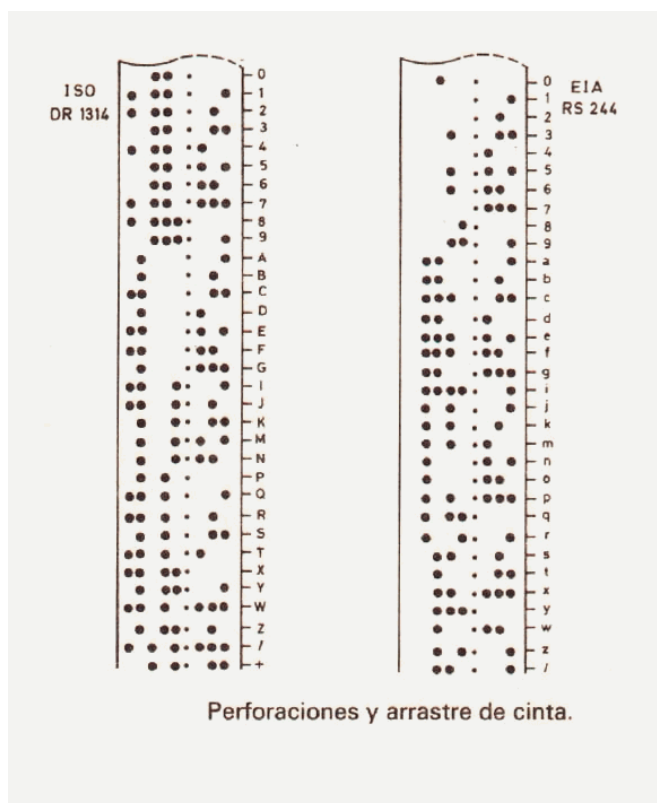
La unidad entrada de datos sirve para introducir los programas de mecanizado en el equipo de control numérico, utilizando un lenguaje inteligible para éste.

En los sistemas antiguos se utilizaron para la [introducción](#) de datos sistemas tipo ficha (Data Modul) o preselectores (conmutadores rotativos codificados); los grandes inconvenientes que presentaron estos métodos, sobre todo en programas extensos, provocó su total eliminación.

Posteriormente se utilizaba para dicho propósito la cinta perforada (de [papel](#), milar o [aluminio](#)), por lo que el lector de cinta se constituía en el órgano principal de entrada de datos.

Esta cinta era previamente perforada utilizando un perforador de cinta o un teletipo(ver figura N° 6). El número de agujeros máximo por cada [carácter](#) era de ocho (cinta de ocho canales). Además de estos agujeros, existía otro de menor tamaño, ubicado entre los canales 3 y 4 que permitía el arrastre de la cinta.

FIGURA N° 6 Perforaciones y arrastre de cinta.



Los primeros lectores de cinta fueron electromecánicos; los cuales utilizaban un sistema de agujas palpadoras que determinaban la existencia de agujeros o no en cada canal de la cinta, luego esto actuaba sobre un conmutador cuyos contactos se abren o cierran dependiendo de la existencia o no de dichos agujeros.

Luego se utilizaron lectores de cinta fotoeléctricos, los cuales permitían una velocidad de [lectura](#) de cinta muy superior. Los mismos constaban de [células](#) fotoeléctricas, fotodiodos o fototransistores como elementos [sensores](#). Estos elementos sensibles a la [luz](#), ubicados bajo cada canal de la cinta (incluso bajo el canal de arrastre). Una fuente luminosa se colocaba sobre la cinta, de tal forma que cada sensor producía una señal indicando la presencia de un agujero que sería amplificada y suministrada al equipo de control como datos de entrada.

Otro medio que se utilizaba para la entrada de datos era el cassette, robusto y pequeño, era más fácil de utilizar, guardar y transportar que la cinta, siendo óptima su utilización en [medios](#) hostiles. Su capacidad variaba entre 1 y 5 Mb.

Luego comenzó a utilizarse el diskette. Su característica más importante era la de tener acceso aleatorio, lo cual permitía acceder a cualquier parte del disco en menos de medio segundo. La velocidad de transferencia de datos variaba entre 250 y 500 Kb / s.

Con la aparición del [teclado](#) como órgano de entrada de datos, se solucionó el problema de la modificación del programa, que no podía realizarse con la cinta perforada, además de una rápida edición de programas y una [cómmoda](#) inserción y borrado de bloques, búsqueda de una [dirección](#) en [memoria](#), etc.

#### **1.4.4.2 UNIDAD DE MEMORIA INTERNA E INTERPRETACION DE ORDENES.**

Tanto en los equipos de programación [manual](#) como en los de programación mixta (cinta perforada o cassette y [teclado](#)), la unidad de memoria interna almacenaba no solo el programa sino también los datos máquina y las compensaciones (aceleración y desaceleración, compensaciones y correcciones de la herramienta, etc.). Son los llamados datos de puesta en operación.

En las máquinas que poseían solo cinta perforada como entrada de datos, se utilizaba [memorias](#) buffer.

Luego, con el surgimiento del teclado y la necesidad de ampliar significativamente [la memoria](#) (debido a que se debía almacenar en la misma un programa completo de mecanizado) se comenzaron a utilizar [memorias](#) no volátiles (su información permanece almacenada aunque desaparezca la fuente de [potencia](#) del circuito, por ejemplo en el caso de un fallo en la [red](#)) de acceso aleatorio (denominadas [RAM](#)) del tipo CMOS.

Además poseían una batería denominada tampón, generalmente de níquel – cadmio, que cumplían la [función](#) de guardar durante algunos días (al menos tres) todos los datos máquina en caso de fallo en la [red](#).

Una vez almacenado el programa en memoria, inicia su [lectura](#) para su posterior ejecución.

Los bloques se van leyendo secuencialmente. En ellos se encuentra toda la información necesaria para la ejecución de una operación de mecanizado.

**UNIDAD DE CALCULO:** Una vez interpretado un bloque de información, esta unidad se encarga de crear el conjunto de órdenes que serán utilizadas para gobernar la máquina herramienta.

Como ya se dijo, este bloque de información suministra la información necesaria para la ejecución de una operación de mecanizado. Por lo tanto, una vez el programa en memoria, inicia su ejecución, el control lee un número de bloques necesario para la realización de un ciclo de trabajo. Estos bloques del programa son interpretados por el control, que identifica:

La nueva cota a alcanzar (x, y, z del nuevo punto en el caso de un equipo de tres ejes), velocidad de avance con la que se realizará el trayecto, forma a realizar el trayecto, otras informaciones como compensación de herramientas, [cambio](#) de útil, rotación o no del mismo, sentido, [refrigeración](#), etc.). La unidad de cálculo, de acuerdo con la nueva cota a alcanzar, calcula el camino a recorrer según los diversos ejes.

**SERVOMECANISMOS:** La [función](#) principal de un control numérico es gobernar los motores (servomotores) de una máquina herramienta, los cuales provocan un desplazamiento relativo entre el útil y la pieza situada sobre la mesa. Si consideramos un desplazamiento en el plano, será necesario accionar dos motores, en el espacio, tres motores, y así sucesivamente.

En el caso de un control numérico punto a punto y paraxial, las órdenes suministradas a cada uno de los motores no tienen ninguna relación entre sí; en [cambio](#) en un control numérico de contorno, las órdenes deberán estar relacionadas según una [ley](#) bien definida. Para el control de los motores de la máquina herramienta se pueden utilizar dos tipos de servomecanismos, a lazo abierto y a lazo cerrado.

En los de lazo abierto, las órdenes a los motores se envían a partir de la información suministrada por la unidad de cálculo, y el servomecanismo no recibe ninguna información ni de la posición real de la herramienta ni de su velocidad.

No así en un sistema de lazo cerrado, donde las órdenes suministradas a los motores dependen a la vez de las informaciones enviadas por la unidad de cálculo y de las informaciones suministradas por un sistema de medidas de la posición real por medio de un captador de posición (generalmente un encoder), y uno

de medida de la velocidad real (tacómetro), montados ambos sobre la máquina.

#### 1.4.4.3 PROGRAMACION EN EL CONTROL NUMERICO.

Se pueden utilizar dos métodos:

Programación Manual: En este caso, el programa de una pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario.

Programación Automática: En este caso, los cálculos los realiza un computador, que suministra en su salida el programa de la pieza en lenguaje máquina. Por esta razón recibe el nombre de programación asistida por computador. De este método hablaremos más adelante.

Programación Manual: El lenguaje máquina comprende todo el conjunto de datos que el control necesita para la mecanización de la pieza.

Al conjunto de informaciones que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia, que se numeran para facilitar su búsqueda. Este conjunto de informaciones es interpretado por el intérprete de órdenes.

El programa de mecanizado contiene todas las instrucciones necesarias para el proceso de mecanizado.

Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado, de tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones.

El comienzo del control numérico ha [estado](#) caracterizado por un [desarrollo](#) anárquico de los códigos de programación. Cada constructor utilizaba el suyo particular.

Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas [máquinas](#) con tal de que fuesen del mismo tipo.

Los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma DIN 66024 y 66025 son, entre otros, los siguientes:

N es la [dirección](#) correspondiente al número de bloque o secuencia. Esta [dirección](#) va seguida normalmente de un número de tres o cuatro cifras. En el caso del formato N03, el número máximo de bloques que pueden programarse es 1000 (N000 N999).

X, Y, Z son las direcciones correspondientes a las cotas según los ejes X, Y, Z de la máquina herramienta. Dichas cotas se pueden programar en forma absoluta o relativa, es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente.

G es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las [características](#) de las funciones de mecanizado, como por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La [función](#) G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

Ejemplos:

G00: El trayecto programado se realiza a la máxima [velocidad](#) posible, es decir, a la [velocidad](#) de desplazamiento en rápido.

G01: Los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta.

G02: Interpolación lineal en sentido horario.

G03: Interpolación lineal en sentido antihorario.

G33: Indica ciclo automático de roscado.

G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro, etc.

M es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar [operaciones](#) tales como: parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, [cambio](#) de útil, etc. La dirección M va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

Ejemplos:

M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la [refrigeración](#).

M02: Indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las [operaciones](#) contenidas en el mismo bloque.



M03: Permite programar la rotación del husillo en sentido horario.

M04: Permite programar la rotación del husillo en sentido antihorario, etc.

F es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.

S es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.

I, J, K son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.

T es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

#### **1.4.4.4 LOS BLOCKS EN CN**

Estructura de block es el modo de dar órdenes a la máquina para que se las ejecute tiene ciertas [características](#) que se debe cumplir.

La máquina ejecuta las órdenes (operaciones) de otra manera por lo que cada orden tiene una [estructura](#) definida, a cada orden le denominamos block o bloque de programa.

De manera general cada block tiene la siguiente [estructura](#):

- a) Número de operaciones
- b) Código de orden de configuración
- c) Puntos coordenados o coordenadas
- d) Parámetros complementarios

### Formato de Block

El modo básico de comunicarse con la máquina herramienta es a través de los elementos que forman la estructura de un block de instrucciones, en donde cada uno de los caracteres alfanuméricos tienen un significado y una representación propia.

Cuadro N° 7 Block de instrucciones

A	b	c	d		
O001					
N010	G21				Encabezado
N020	[BILLET	X 30	Z 80		
N030	G28				
N040	M06			T 1	
N050	M03			S 500	
N060				F 60	Procedimiento
N.....					
N070	M02				
N080	G28				Conclusión
N090	M05				

#### 1.4.4.5 INTRODUCCION A LA PROGRAMACION

Para realizar un programa se debe tener en cuenta varios factores, algunos de ellos similares a los de las máquinas convencionales. Estos factores se los puede dividir en geométricos y tecnológicos.

Los **factores de geometría** de la pieza contienen [datos](#) sobre sus dimensiones (plano de taller); además de:

- Tolerancias
- Acabado superficial
- Origen de movimientos
- Superficie de referencia, etc.

Los **factores tecnológicos** hacen referencia a:

- Material de la pieza a mecanizar
- Tipo de mecanizado
- Velocidad de corte
- Profundidad de pasadas
- Revoluciones de la pieza o herramienta
- Lubricante
- Utillaje, etc.

Así también elaborar un [proceso](#) de trabajo lo más racional posible.

Equipo necesario para la programación

- a) Máquina – Herramienta con C.N.C.
- b) Manual de programación y operación del C.N.C. del que disponga la máquina
- c) Lector de cinta magnética (disquete)

- d) Cinta magnética para grabación en cassette
- e) Ordenador para simular gráfica de la pieza programada
- f) Discos de 3 ½" para ordenador, para activar piezas.
- g) Catálogos de [materiales](#) y [herramientas](#) de diversos fabricantes.

#### 1.4.4.6 CICLOS ENLAZADOS O REPETITIVOS.

Estos ciclos tienen la particularidad de trabajar una sola operación en un mismo sentido hasta lograr el [objetivo](#) establecido.

G90: Cilindrado

G92: Roscado

G94: Careado – Conicidad

Conicidad G94

X: Es la posición final de corte

Z: Es la posición final de corte

R: Siempre va ha ser negativo (cuadro de corte -z).

El signo de R depende de la dirección de la conicidad. La [función](#) G94 es un ciclo enlatado, una línea de [información](#) del programa capacitará a la herramienta para ejecutar cuatro movimientos distintos.

R: Distancia incremental del comienzo el corte a la posición final del corte.

## Ciclo de Roscado

El [código](#) G92 permite realizar la operación de roscado o cuerda en algún [diseño](#) de pieza. La función de este es de manera cíclica que se mete contemplando los factores de importancia. El avance o paso y la profundidad total de maquinado. Realizándose solo cuerdas estándar.

1° Punto previo

2° Velocidad de corte

X: Profundidad del corte

Z: Longitud total de la cuerda

F: Avance (paso)

$$60^\circ = 0.8660 (0.75) = 0.649$$

$$0.649 (2) = 1.299$$

$$16/25.4 = 1.587 \text{ 16 hilos x pulgada}$$

$$(1.3) (1.587) = 2.063 \text{ Profundidad Total.}$$

Si se tiene una medida de 10.0, se le resta la profundidad total y queda una medida de 7.947

## Radios de Curvatura

El código G02 permite realizar radios en sentido derecho o sentido horario (va conforme a las manecillas del reloj).

El código G03 permite realizar radios en sentido izquierdo o sentido de horario.

Radios de Curvatura Inter Polación Circular  
Puntos para aplicar el código G02 y G03.

Ejecución

1° Punto Previo

2° Punto Inicial del arco

3° Punto Final del arco (va a estar dado por x\_ z\_)

4° Sentido en que se debe mover la herramienta

5° Indicar el radio (R-)

Los pares son para interiores.

Sacar la herramienta del plano de trabajo

Paro del husillo

Solicitud de la herramienta

Encendido del husillo

Traer la herramienta al plano de trabajo.

### 1.4.5 TIPOS DE CONTROLES NUMERICOS

A continuación, y a modo de establecer algún tipo de comparación, se detallan dos tipos de controles numéricos, el primero de la firma SIEMENS (SINUMERIK 3T) fabricado en el año 1984 y el segundo de la firma FAGOR (CNC 8025 Y 8030), de [construcción](#) mucho más reciente.

#### SINUMERIK 3T

Control de contorno CNC con [microprocesador](#) para tornos, con mando de interconexión programable integrado (PC) para dos ejes con control de contorno en X, Z. Interpolación lineal y circular.

#### Características

Entrada/Salida del programa:

- A través del [teclado](#) alfanumérico del panel del servicio
- A través de la interfase RS 232C (V. 24), o de 20 mA de corriente de línea (TTY) para conectar una unidad lectora / perforadora de cinta.
- Memoria de programa: [Memoria](#) de [semiconductores](#) ([RAM](#), volátiles de [lectura](#) no destructiva; usa [tecnología](#) CMOS) con capacidad de hasta 32000 caracteres de cinta perforada y batería tampón para 8000 caracteres de cinta perforada (Aprox. 20 m de cinta).
- Programación: [Construcción](#) del programa según norma DIN 66024, 66025

- Tiempo de Parada: Entre 0,001 y 99999,999 seg.

### Informaciones de Desplazamiento

- Para los ejes X, Z (Programables en cotas absolutas e incrementales).
- Parámetros de interpolación I, K (Programables en cotas incrementales para la determinación del centro de la circunferencia de interpolación circular).
- Teach-Inc, Playback: función que permite la realización del programa durante el mecanizado de una pieza [muestra](#).
- Sistemas de vigilancia: [Lectura](#), formato, captadores de posición y accionamiento, perfil de pieza velocidad de giro del cabezal, tensión, temperaturas, [microprocesadores](#), transmisión entre el panel de [servicio](#) y componente lógico de control, transmisión entre control y PC, memoria del [sistema](#) de programa. Permite reconocer perturbaciones en el control, en la interconexión y en la máquina para impedir daños en la pieza.
- Sistema de [Diagnóstico](#): Es un medio de comprobación para [personal](#) de [mantenimiento](#); [muestra el estado](#) de: Temporizadores del PC, [marcas](#) internas del PC, señales entre PC y máquina y entre PC y control.
- Protección de datos: Batería tampón
- Velocidad de avance: desde 0,01 mm/vuelta hasta 50 mm / vuelta.



- Precisión de entrada / salida: de 0,001 mm.

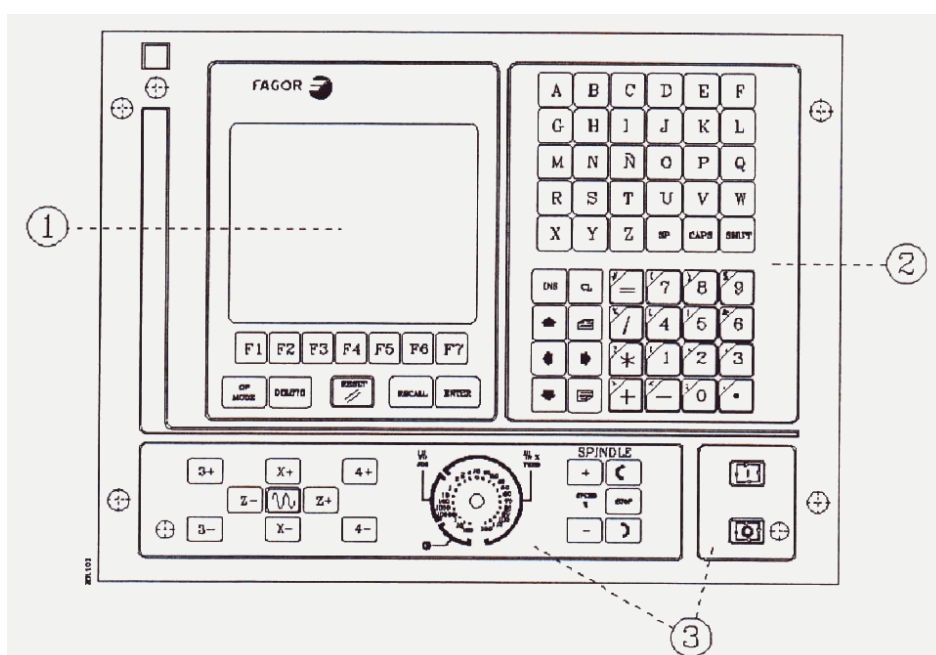
## FAGOR CNC 8025

Este CNC está preparado para su uso en ambientes industriales, concretamente en tornos. Permite controlar los movimientos y accionamientos de la máquina.

El control numérico CNC 8025 (ver figura N<sup>o</sup>7) es un módulo cerrado y compacto que dispone en su parte frontal de:

- Un monitor o pantalla CRT de 8" monocromo, fósforo, ámbar; que se utiliza para mostrar la información requerida del sistema.
- Un teclado que permite la comunicación con el CNC, pudiéndose solicitar información mediante comandos o bien alterar el estado del CNC mediante la generación de nuevas instrucciones.

FIGURA N<sup>o</sup> 7 Panel de control Fagor 8025



- Un panel de mando que contiene las teclas necesarias para trabajar en modo manual y los pulsadores de marcha / parada del ciclo.

## CARACTERISTICAS TECNICAS DEL CNC.

Características generales.

- 3 procesadores de 8 bits
- Capacidad de 32 Kb para albergar programas pieza.
- 2 líneas de comunicación RS232C y RS485
- 6 entradas de contaje hasta 4 ejes + encoder cabezal + herramienta sincronizada + volante electrónico.
- Entrada para palpador digital (TTL o 24 Vcc)
- Resolución de 0.001 mm o 0,0001 pulgadas.
- Factor multiplicador hasta x100 con entrada senoidal.
- Velocidades de avance desde 0.001 mm/min hasta 65535 mm/min (0.0001 hasta 2580 pulgadas/min).
- Recorrido máximo 8388.607 mm (330.2601 pulgadas)
- 11 entradas digitales octoacopladas
- 32 salidas digitales octoacopladas
- 10 V (una para cada eje + cabezal) 6 salidas analógicas.

Peso aproximado :

- Modelo compacto 12kg
- Modelo modular: Unidad central 9 kg. Monitor 20kg
- Consumo aprox.: Unidad central 75 w y monitor 85 w.

Embalaje:

- Cumple la norma EN 60068-2-32

#### Alimentación:

- Alimentación universal de corriente alterna entre 100 V y 240 V (+10% y -15%)
- Frecuencia de red 50-60 Hz ±2% durante períodos muy cortos 1% y cortes de red: cumplen la norma EN 61000-4-11. Es capaz de resistir microcortes de hasta 10 milisegundos a 50 Hz partiendo de 0°; a 180°; (2 polaridades, positiva y negativa).
- Distorsión armónica: menor del 10% de la tensión eficaz total entre conductores bajo tensión (suma del 2°; al 5°; armónico)

#### Características eléctricas de las entradas de captación.

- Consumo de la alimentación de +5 V .750 mA (250 mA por cada conector)
- Consumo de la alimentación de -5 V .0.3 A (100 mA por cada conector)
- Niveles de trabajo para señal cuadrada.
- Frecuencia máx. 200 KHz.
- Separación mín. entre flancos 950 nseg.
- Desfase 90° ±20°;
- Histéresis 0.25V
- Corriente de entrada máx. 3 mA.
- Niveles de trabajo para señal senoidal.
- Frecuencia máx. 25 KHz.
- V Tensión pico a pico 2V a 6V
- Corriente de entrada  $I_i$  1mA.

#### Características eléctricas de las entradas digitales.

- Tensión nominal +24Vcc
- Tensión nominal máx. + 30 Vcc.
- Tensión nominal mín. +18 Vcc.

- Umbral alto (nivel lógico "1")  $V_{IH} +18 V_{cc}$ .
- Umbral bajo (nivel lógico "0")  $V_{IL} +5 V_{cc}$ . o no conectado.
- Consumo típico de cada entrada 5 mA.
- Consumo máx. de cada entrada 7 mA.
- Protección mediante aislamiento galvánico por optoacopladores.
- Protección ante conexión inversa hasta  $-30V_{cc}$ .
- Características eléctricas de las salidas digitales.
- Tensión nominal de alimentación  $+24 V_{cc}$
- Tensión nominal máx  $+30 V_{cc}$
- Tensión nominal mín.  $+18 V_{cc}$ .
- Tensión de salida  $V_{out} = \text{Tensión de alimentación } (V_{cc}) -2V$ .
- Intensidad de salida máx. 100 mA.
- Protección mediante aislamiento galvánico por optoacopladores.
- Protección por fusible exterior de 3 Amp ante conexión inversa hasta  $-30 V_{cc}$  y ante sobretensiones de la fuente exterior superiores a  $33 V_{cc}$ .
- CRT
- Monitor 8" monocromo
- Deflexión: 90 grados
- Pantalla: antireflexiva
- Fósforo: PLA (ámbar)
- Resolución: 600 líneas
- Superficie visualizable: 146x119 mm
- Frecuencia de barrido
- Sincronismo vertical: 50-60 Hz positivo
- Sincronismo horizontal: 19.2 KHz positivo

#### Condiciones ambientales

- Humedad relativa: 30-90% sin condensación
- Temperatura de trabajo  $5^{\circ}$ – $40^{\circ}C$  con una media inferior a  $35^{\circ}C$ .

- Temperatura [ambiente](#) en régimen de no funcionamiento: entre  $-25^{\circ}\text{C}$  y  $+70^{\circ}\text{C}$ .
- Altitud máx. de funcionamiento. Cumple la norma IEC 1131-2

#### Vibración

- En régimen de funcionamiento 10-50 Hz amplitud 0.2 mm
- En régimen de [transporte](#) 10-50 Hz amplitud 1mm, 50-300 Hz 5g de aceleración.

### SOFTWARE DEL PAQUETE FANUC

- Datos de Pantalla - Parte Superior
- Fabricante: Denford
- Versión: V1.34
- Paquete: Mirak

#### Parte Superior Derecha

- Nombre: Nombre del [archivo](#) o Programa (no debe pasar de 8 caracteres).
- CNC Editor: Permite editar o escribir el programa de maquinado de cnc (bloques y columnas).
- Simulación: Permite observar el [diseño](#) de maquinado de la pieza.
- Parte Baja de la Pantalla

**Tutorial:** Permite [poder](#) meter mensajes y así como simularlos () colocar mensajes en la edición del programa.

- Enviar mensajes a pantalla sin detener la ejecución.
- Enviar mensajes y detiene la ejecución del programa hasta pulsar ENTER.

## Teclas de Accionamiento Rápido

- F1: Adquirir Ayuda General.
- F1+Ctrl: Proporciona ayuda de códigos G/M
- F2: Guarda Rápidamente [Programas](#) de C.N.C.
- F3: Carga rápidamente programas de C.N.C.
- F5: Adquirir información sobre el [software](#).
- F9: Chequear, correr, simular programas.
- F10: Menú principal.
- F7: Iniciar demarcación
- F8: Finalizar la demarcación

Además de las teclas de función o accionamiento rápido se tienen otras teclas de combinación tales como:

- ALT+E :Regresar al editor.
- ALT+Q: Abandonar programa o salir del sistema Fanuc.
- CTRL+PGUP: [Movimiento](#) a la primera línea.
- CTRL+PGDN: [Movimiento](#) a la última línea.
- CTRL+Y: Cerrar líneas.
- CTRL+N: Abrir líneas.
- CTRL+R: Recuperar o restaurar líneas antes editadas o borradas. (Esto es solamente si no haces movimientos o [cambio](#) de línea).
- ALT+D: Borrar el área marcada
- ALT+N: Mover el área marcada.
- ALT+E: Permite copiar el área marcada
- Teclas de operación de la máquina

## [Selección](#) de operación

- Auto: Para ejecutar un programa.
- Edit: Para editar un programa.
- Single Block: Ejecución de un programa paso a paso.
- Home: Retorna a los puntos de referencia programados.

- Block Skip: Para ignorar un bloque cuando ejecute un programa.
- Jog: Desplaza los ejes con los incrementos deseados y sobre la marcha.

#### Refrigerante.

- On: Refrigerante encendido.
- Off: Refrigerante apagado.

#### Ejecución

- Cycle Start: Arranca un programa.
- Cycle Stop: Detiene un programa.

#### Husillo

- Spndl Cw: Movimiento del husillo en dirección de las manecillas del reloj.
- Spndl Stop: Paro del husillo.
- Spndl Ccw: Movimiento contrario a las manecillas del reloj.

#### Eje/Dirección

- -X: Movimiento en dirección -x
- +X: Movimiento en dirección +x
- -Z: Movimiento en dirección -z
- +Z: Movimiento en dirección +z
- Trvrs: Movimiento transversal rápido

#### Teclas de Edición

- Alter
- Insert
- Delete
- Cancel

Teclas de números y letras

- Cursor
- Page (final y principio de pagina)

## 1.5 TENDENCIAS DE LA AUTOMATIZACION EN LA INDUSTRIA NACIONAL.

Las industrias modernas exhiben dos tipos de panorama, en términos del tipo de país en la cual se ubica. Cuando se trata de países desarrollados es posible encontrar las siguientes características:

- Cada vez se exige mayor precisión y alto control de calidad.
- Los diseños de los productos son cada vez más complicados.
- La diversidad de productos crea la necesidad de flexibilidad en las maquinarias.
- Hay aumento en el tiempo de inspección.
- La fecha de entrega de los productos es cada vez menor.
- El costo de fabricación de moldes es mayor y es necesario minimizar errores.
- La formación de instructores es más difícil, pues es necesario personal, más experimentado.
- En cuanto al ambiente de trabajo se observa:
- Escasez de la mano de obra calificada.



- Producción de múltiples [modelos](#) y en grandes cantidades.
- El Ambiente de taller no resulta atractivo.

En el caso de países de menor [desarrollo](#) (subdesarrollados), se puede encontrar otro panorama con distintos [problemas](#) como por ejemplo:

- Notable desactualización.
- Baja [competitividad](#).
- Organizaciones rígidas.
- Debilidad en el recurso humano al no conocer las [nuevas tecnologías](#).
- Lo cual también se acompaña de grandes necesidades de ayuda tales como:
  - Programas de [gestión](#) tecnológica.
  - Modelos de cooperación entre [empresas](#).
  - Programas de cooperación internacional.

Tal como se puede observar el panorama desde estas dos perspectivas no es igual, sin embargo a través de una correcta orientación de planes, es posible ir escalando los niveles tecnológicos, adecuándolos cultural y técnicamente a los [objetivos](#) de desarrollo.

Siempre para este tipo de [gestión](#), es necesario integrar los esfuerzos de [la empresa](#) privada, las Universidades y los Centros de Formación Profesional, a fin de encontrar los canales más adecuados de transferencia tecnológica. Igualmente es posible trabajar en la actualización de los [recursos humanos](#) y en la generación de ambientes confiables que fomenten la consulta de las [empresas](#). Una última meta común y necesaria podría ser el desarrollo de la actividad de [investigación](#) que en la actualidad es muy pobre en las universidades y nula a nivel de las empresas nacionales.

Como siempre, para emprender este difícil camino es necesario que exista una voluntad [política](#) ejecutiva. Este aspecto muchas veces es uno de los más difíciles a salvar, sin embargo todo depende de que surja un [clima](#) que los impulse. Lo cual puede darse; cuando los empresarios, como potenciales beneficiarios directos de esta gestión desarrollen [estrategias](#) para lograr este [clima](#) político impulsor.

Uno de los elementos importantes dentro de este resurgir de la automatización son la máquina de herramienta de control numérico computarizado, la cual brinda algunas ventajas adicionales que son de importancia considerar detenidamente.

### **1.5.1 LA AUTOMATIZACION COMO UNA ALTERNATIVA.**

Como se ha visto, las tendencias de globalización y segmentación internacional de los mercados son cada vez más acentuadas. Y como estrategia para enfrentar este nuevo escenario, la automatización representa una alternativa que es necesario considerar.

Los países de mayor desarrollo, poseen una gran experiencia en cuanto a automatización se refiere y los problemas que ellos enfrentan en la actualidad son de características distintas a los nuestros. Por lo cual es necesario precisar correctamente ambas perspectivas.

### 1.5.2 EL AMBIENTE DE TRABAJO.

El entorno del ambiente industrial se encuentra frecuentemente con situaciones tales como:

Escasez de mano de obra calificada.

Producción masiva de múltiples modelos de un mismo producto.

Ambiente de producción y taller poco atractivo.

Estos aspectos son más fácil de encontrar en sociedades industriales, que en países subdesarrollados.

### 1.6 TORNO CNC.

Se considera a los tornos la máquina más antigua del mundo. El [torno](#) básico tiene las siguientes partes principales: bancada, cabezal, contrapunto, carro longitudinal. Los tipos de [torno](#) existen para diversas aplicaciones se puede listar como sigue: tornos mecánicos rápidos, horizontales, verticales, automáticos. Cada categoría influye una gran variedad de tornos y aditamentos, lo cual también depende del [volumen](#) de [producción](#) requerido.

Se acostumbra especificar el tamaño del torno mecánico con el diámetro máximo admisible y la distancia entre centros, cuando la contrapunta está al ras con el extremo de la bancada, el diámetro máximo sobre las guías debe ser mayor que el diámetro nominal.

Los tornos modernos se construyen con la capacidad de velocidades, rigidez y consistencia [mecánica](#) para aprovechar al máximo los nuevos y más fuertes [materiales](#) para herramientas. Las velocidades óptimas para tornear depende de factores como el material de la

pieza de trabajo y su condición, profundidad de corte. Y el tipo de herramienta de corte. Las velocidades de corte se deben de aumentar de la siguiente orden:

Aceros de alta [velocidad](#), [aleaciones](#) fundidas, carburo soldado con [soldadura](#) fuerte, carburo ajustable. Conforme aumenta la profundidad de corte, hay que reducir la velocidad.

### 1.6.1 ¿CUANDO EMPLEAR UN TORNO C.N.C?

La decisión sobre el cuándo es necesario utilizar un torno CNC?, muchas veces se resuelve en base a un análisis de producción y rentabilidad; sin embargo en nuestros países subdesarrollados, muchas veces existe un factor inercial que impide a los empresarios realizar el salto tecnológico en la medida que estas personas se motiven a acercarse a estas tecnologías surgirán múltiples alternativas financieras y de producción que contribuirán a mejorar el aspecto de rentabilidad de este tipo de inversión. Por otro lado una vez tomado este camino se dará una rápida transferencia tecnológica a nivel de las empresas incrementando el nivel técnico. Fenómenos como éstos no son raros, pues se dan muchas veces en nuestros países al nivel de consumidores.

Somos consumidores de productos de alta tecnología y nos adaptamos rápidamente a los cambios que se dan en productos tales como: equipos de alta fidelidad, automóviles, equipo de comunicación y computadores. Entonces, ¿Por qué ser escépticos? y pensar que no somos capaces de adaptar nuevas tecnologías productivas a nuestra experiencia empresarial.

Veamos ahora como se decide la alternativa de usar o no un torno CNC en términos de producción:

- Cuando se tienen altos volúmenes de producción.
- Cuando la frecuencia de producción de un mismo artículo no es muy alta.
- Cuando el grado de complejidad de los artículos producidos es alto.
- Cuando se realizan cambios en un artículo a fin de darle actualidad o brindar una variedad de modelos.
- Cuando es necesario un alto grado de precisión.

### 1.6.2 TORNO CONVENCIONAL VS. C.N.C.

Contraste entre un torno convencional y un torno C.N.C.

Cuadro Nº 8 Torno convencional vs. C.N.C

<b>Torno Convencional</b>	<b>Torno CNC</b>
Se opera por una sola persona	Una persona puede operar muchas máquinas.
Es necesario localizar medidas por los planos.	No es necesario localizar medidas el dimensionamiento viene dado en el programa.
Es necesario la experiencia	No es necesario la experiencia.
El operador tiene el control de profundidad, avance, etc.	El programa tiene todo el control de los parámetros de corte
Existen trabajos que es imposible realizar.	Luego que se ejecuta el programa virtualmente se realiza cualquier trabajo.

## **CAPITULO 2**

### **2 INTEGRACION CAD/CAM**

#### **2.1 GENERALIDADES**

El conjunto de técnicas de diseño asistido por ordenador ha experimentado un notable progreso en los últimos años, hasta el punto de que pueden considerarse suficientemente maduras y aplicarse de forma rentable a lo largo de todo el proceso de diseño y fabricación de un producto. De hecho, cuando las técnicas de diseño asistido por ordenador se contemplan de forma global e integrada el proceso se vuelve verdaderamente efectivo.

##### **2.1.1 INTRODUCCION**

Hasta hace muy poco, las empresas se preguntaban: CAD si o CAD no?, ahora la pregunta es: Qué sistema de CAD?

Hoy en día, prácticamente ninguna compañía que diseñe y desarrolle algún tipo de producto cuestiona la aplicación del CAD, y aunque es evidente que existen muchas formas de enfocar estos temas y cada empresa lo hará del modo que considere más oportuno, la experiencia en la aplicación del CAD demuestra que su utilización aislada aporta únicamente beneficios parciales a la empresa en su conjunto. En definitiva, en muchas ocasiones la simple aplicación del CAD no es suficiente para incrementar la calidad, reducir los plazos de desarrollo y acelerar la salida al mercado de un producto.

El conjunto de técnicas asistidas por ordenador (CAD, CAM, CAE, CAQ, CAPP, "rapid prototyping", etc.) han experimentado una gran evolución en estos últimos años, y pueden ser consideradas

suficientemente maduras como para aplicarse de forma rentable en prácticamente todo el proceso de diseño y fabricación de un producto. Es bajo una perspectiva global de la aplicación integrada de todas estas técnicas donde puede considerarse realmente efectiva la utilización del CAD.

El modelo o diseño realizado mediante CAD es, en general, el punto de partida para la aplicación del resto de técnicas asistidas. La calidad de este modelo CAD condiciona pues la calidad de los resultados que puedan obtenerse posteriormente del CAE, CAM, "rapid prototyping", etc. Este aspecto es de gran importancia para obtener el éxito esperado de la utilización de estos sistemas y merece mucha más atención de la que se le concede normalmente.

Este hecho, unido a la aún insuficiente capacidad de comunicación entre los distintos sistemas y al posible desconocimiento de las posibilidades reales de los mismos, provoca en muchas ocasiones la desazón y decepción de lo que se obtiene de ellos.

### **2.1.2 VISION GENERAL DE LOS SISTEMAS CAD/CAM/CAE Y "RAPID PROTOTYPING"**

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

Algunos ejemplos de ello son los nuevos sistemas de CAD basados en "sólidos", la generación de geometría paramétrica y variacional, las nuevas técnicas de "rapid prototyping", etc.

### 2.1.3 SISTEMAS CAD

El diseño asistido por ordenador empezó aplicándose ya en los años 60 fundamentalmente como sistema sustituto de los tableros de dibujo, permitiendo ganancias de tiempo en la generación de planos. Progresivamente ha ido ampliando su campo funcional de aplicación y sus prestaciones, hasta convertirse en lo que es hoy en día, una potente herramienta que permite diseñar objetos en un ordenador como si de cuerpos reales se tratase.

El CAD puede aplicarse a prácticamente todas las áreas de actividad: electrónica, arquitectura, química, geología, textil, ingeniería civil, etc., aunque aquí se centrará la atención en el CAD mecánico.

Una primera clasificación de estos sistemas puede realizarse en base a la capacidad de representación de un objeto en el espacio:

a.- CAD 2D: sustitutivo básicamente del tablero de dibujo, la representación de los objetos es bidimensional.

b.- CAD 3D: parte de un concepto del objeto en tres dimensiones. Según el nivel de representación pueden distinguirse en:

b.1.- Modelado en jaula de alambre ("wire frame")

b.2.- Modelado en superficies.

b.3.- Modelado sólido.

En los sistemas de CAD 2D, la información geométrica de que dispone el ordenador es bidimensional, es decir, está contenida en un plano. Las vistas son generadas de forma independiente y no



existe asociatividad entre las mismas. No obstante, a pesar de las limitaciones de estos sistemas en cuanto a diseño, su ámbito de aplicación es muy amplio: realización de distribuciones en planta, diseño de circuitos eléctricos, electrónicos, hidráulicos y neumáticos, diseño y proyecto de líneas de montaje, proyecto de moldes y matrices, generación rápida de planos para piezas sencillas, etc.

Los sistemas CAD 3D posibilitan la definición de los objetos de forma espacial, es decir, en tres dimensiones ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Según sea el tipo de representación, se obtendrá más o menos información del sistema y podrán efectuarse operaciones más o menos complejas.

Así, para un modelo CAD en "wire frame", el ordenador dispone de las coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  de los vértices del objeto, así como información de los elementos geométricos que unen dichos vértices. Es evidente que con estos datos no se dispone de información sobre las caras o superficies del objeto.

El modelado en jaula de alambre ha dejado de existir como tal para pasar a formar parte de los modeladores de superficies, sirviendo en muchas ocasiones como estructura de base para la generación de las mismas.

Los modelos CAD en superficies incorporan la información de los "wire frame" y, como su nombre indica, de las superficies del objeto diseñado. Este tipo de sistemas CAD son los más usados actualmente cuando se requiere modelado tridimensional de piezas complejas.

Los modelos CAD de superficies, cuando estos han sido generados correctamente, sirven como base de partida para la aplicación del CAM, CAE, "rapid prototyping", generación de planos, etc.

CAD/CAM, [proceso](#) en el cual se utilizan los ordenadores o [computadoras](#) para mejorar la fabricación, desarrollo y [diseño](#) de los productos. Estos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor [precio](#), con la aplicación adecuada de [tecnología informática](#).

Los [sistemas](#) de [Diseño](#) Asistido por Ordenador (CAD, acrónimo de Computer Aided Design) pueden utilizarse para generar [modelos](#) con muchas, si no todas, de las [características](#) de un determinado [producto](#). Estas [características](#) podrían ser el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenados como [dibujos](#) bi y tridimensionales. Una vez que estos [datos](#) dimensionales han sido introducidos y almacenados en el [sistema](#) informático, el diseñador puede manipularlos o modificar las ideas del diseño con mayor facilidad para avanzar en el desarrollo del [producto](#). Además, pueden compartirse e integrarse las ideas combinadas de varios diseñadores, ya que es posible mover los [datos](#) dentro de [redes](#) informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí pueden trabajar como un equipo. Los [sistemas](#) CAD también permiten simular el funcionamiento de un producto. Hacen posible verificar si un circuito electrónico propuesto funcionará tal y como está previsto, si un puente será capaz de soportar las cargas pronosticadas sin peligros e incluso si una salsa de tomate fluirá adecuadamente desde un envase de nuevo diseño.

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por ordenador conforman un [sistema](#) integrado CAD/CAM (CAM, acrónimo de Computer Aided Manufacturing).

La fabricación asistida por ordenador ofrece significativas ventajas con respecto a los [métodos](#) más tradicionales de controlar equipos de fabricación con ordenadores en lugar de hacerlo con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación

de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores. Por ejemplo, las cuchillas y herramientas de corte se desgastarán más lentamente y se estropearían con menos frecuencia, lo que reduciría todavía más los costos de fabricación. Frente a este [ahorro](#) pueden aducirse los mayores costos de [bienes](#) de [capital](#) o las posibles implicaciones sociales de mantener la [productividad](#) con una reducción de la [fuerza](#) de trabajo.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en [archivos](#) informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por [Computadora](#) (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la [geometría](#) de formas de los componentes, creando [archivos](#) informáticos especializados o [programas](#) de piezas. La creación de estos [programas](#) de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por [software](#) informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a las necesidades específicas de sus situaciones. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear rápidamente un primer prototipo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá emplee el sistema porque es el único modo de [poder](#) fabricar con precisión un componente complejo.

La gama de [prestaciones](#) que se ofrecen a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión. Los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automática sobre la tela para reducir al

máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un [láser](#) CNC. Además de la [información](#) de CAD que describe el contorno de un componente de [ingeniería](#), es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la [base de datos informática](#), y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo.

La Fabricación Integrada por [Computadora](#) (CIM) aprovecha plenamente el potencial de esta [tecnología](#) al combinar una amplia gama de actividades asistidas por ordenador, que pueden incluir el control de existencias, el [cálculo](#) de costos de [materiales](#) y el control total de cada proceso de [producción](#). Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a [la empresa](#) responder con mayor agilidad a las demandas del [mercado](#) y al desarrollo de nuevos productos.

La futura [evolución](#) incluirá la [integración](#) aún mayor de sistemas de [realidad virtual](#), que permitirá a los diseñadores interactuar con los prototipos virtuales de los productos mediante [la computadora](#), en lugar de tener que construir costosos [modelos](#) o simuladores para comprobar su viabilidad. También el área de prototipos rápidos es una [evolución](#) de las [técnicas](#) de CAD/CAM, en la que las [imágenes](#) informatizadas tridimensionales se convierten en modelos reales empleando equipos de fabricación especializado, como por ejemplo un sistema de estereolitografía.

## **2.2 SISTEMA MASTERCAM**

A continuación se explicará el proceso CAD/CAM usando como software el Sistema Mastercam involucrando la creación de geometría, conversión de geometría a un código general de maquinado, y convertir este código a un código específico listo para ser enviado a un controlador CNC.

### 2.2.1 CAD/CAM/CNC

CAD/CAM/CNC: Asigna a un dibujo trayectorias de herramientas y luego las convierte en un código que una máquina de control numérico pueda usar para producir una parte.

Se diseñan partes geométricas (CAD) para producir en ellas trayectorias de herramientas (CAM) y con ellas generar un código CNC para fabricar piezas en una máquina controlada por una computadora.

El controlador de una máquina CNC es una computadora que controla la operación de la misma. Esto es: Analiza el código de máquina y lo convierte en información en forma de señales eléctricas que coordinan los motores de la máquina CNC.

Mastercam ofrece tres módulos para diferentes tipos de operaciones:

- Mastercam Design.- Para el diseño de las piezas.
- Mastercam Lathe.- Para trayectorias de operaciones de torno.
- Mastercam Mill.- Para trayectorias de operaciones de maquinado.

Para iniciar el proceso es necesario producir la geometría de la pieza a producir, para esto se puede utilizar el modulo de diseño del Sistema Mastercam o cualquier software de CAD.

Se puede diseñar la pieza a fabricar en cualquier paquete de diseño; para luego exportar el dibujo con extensión \*.DXF o \*.SAT (si el dibujo incluye sólidos) y trabajar con él en el Sistema Mastercam.

Para traer un dibujo desde AutoCAD se utiliza el comando DXFOUT y se creará un archivo con extensión \*.DXF; este archivo se puede acceder desde Mastercam y grabarlo con extensión \*.GE3 para proceder a crear las trayectorias del cortador.

Una vez creada la geometría, es necesario analizarla para ver que modificaciones se necesitan hacer antes de crear las trayectorias del cortador. Esto es verificar las especificaciones de la geometría antes de hacer las trayectorias.

Para crear las trayectorias del cortador, es necesario especificar las líneas que serán usadas para cada proceso de maquinado, para poder ver los movimientos del cortador en la pantalla de la computadora. Estas líneas son unidas para formar un perfil continuo en el cual su área alrededor será maquinada. Mientras se definen estas trayectorias se pueden definir muchas variables de maquinado dependiendo del tipo del proceso deseado.

La computadora necesita información sobre el tamaño y forma del cortador, que tan rápido debe cortar, velocidad de giro etc. Todos estos datos son introducidos manualmente por el programador en la pantalla de parámetros, una vez dada de alta esta información la computadora genera las trayectorias del cortador, que son líneas y arcos en la pantalla que muestran por donde viaja el cortador.

En el Sistema Mastercam la trayectoria del cortador tiene la extensión \*.NCI

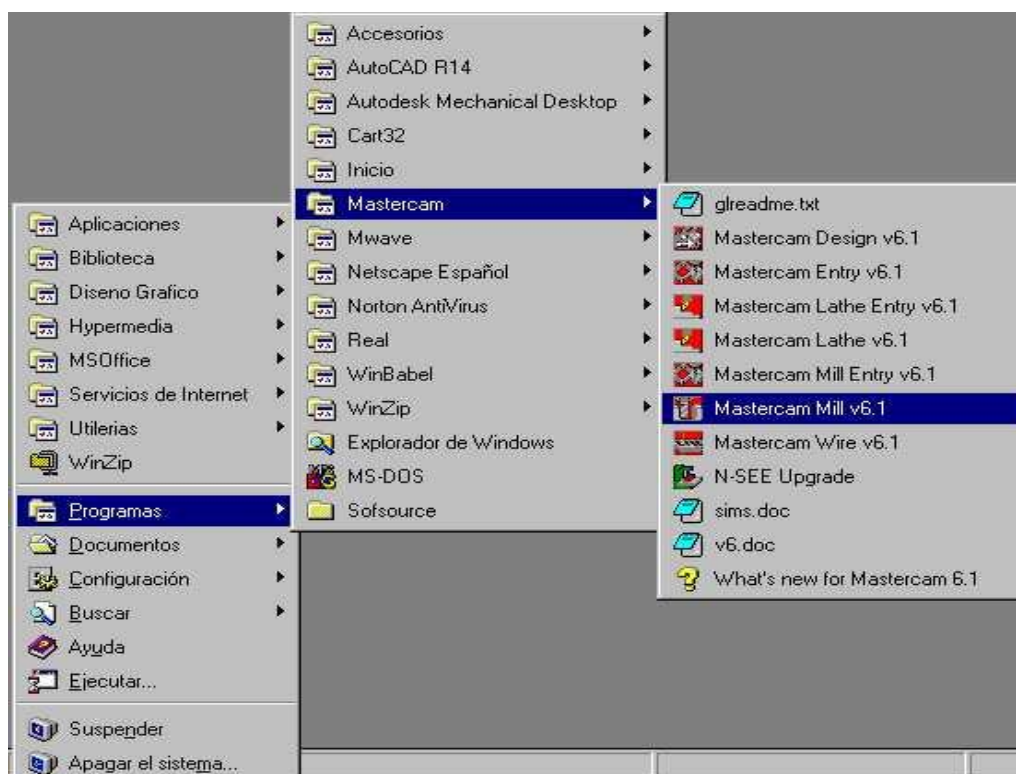
Antes que la máquina de control numérico pueda usar el vector información NCI, éste tiene que ser convertido al mismo lenguaje que la máquina CNC. En el Sistema Mastercam esta conversión es efectuada por un postprocesador que se encarga de leer la

información almacenada en el archivo \*.NCI y escribe un nuevo archivo con el código CNC completo.

Este archivo con el código CNC tiene una extensión \*.NC. Este archivo está listo para ser enviado al controlador de la máquina de manufactura. El postprocesador no cambia el archivo \*.NCI

Para entrar al sistema desde Windows XP se realiza mediante Inicio/Programas/Mastercam.

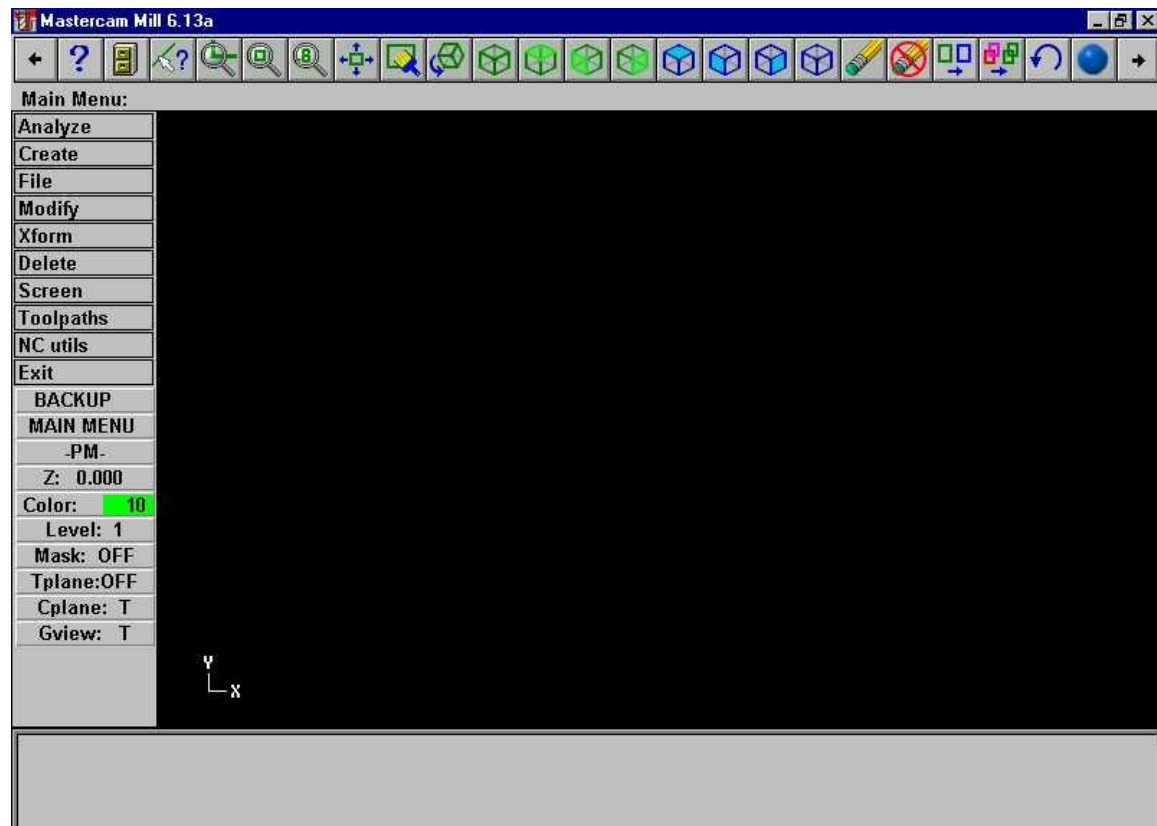
FIGURA N° 8 Ingreso al Sistema Mastercam.



Las versiones de los programas marcadas con ENTRY son versiones con menos características y funciones que la original, es decir tiene sólo las funciones básicas de cada módulo.

Al inicializar los programas se mostrará en pantalla el menú principal, el secundario y la barra de herramientas:

FIGURA N° 9 Pantalla inicial Sistema Mastercam.



A continuación se dará una breve explicación de cada una de las partes:

### 2.2.2 MENU PRINCIPAL.

FIGURA N° 10 Menú principal

Main Menu:
Analyze
Create
File
Modify
Xform
Delete
Screen
Toolpaths
NC utils
Exit



Analyze: Despliega toda la información relevante en relación a un punto, una línea, arco, polilínea, superficie o dimensión en pantalla.

Create: Agrega geometría a la base de datos de sistema y las dibuja en pantalla

File: Manipula los archivos (graba, convierte, transmite, recibe, obtiene, mezcla etc.)

Modify: Altera la geometría en pantalla mediante comandos de fillet, trim, break y join.

Xform: Transforma la geometría mediante comandos de rotar, escalar, trasladar, mirror y offset.

Delete: Remueve una entidad o grupos de entidades de pantalla y de la base de datos del sistema.

Screen: Manipula la geometría que se muestra en pantalla, cambia el nivel o color actual, o cambia la forma en la cual se muestra la geometría.

Toolpaths: Programa las trayectorias de las herramientas de control numérico (solo en sistemas CAM)

NC utils: Manipula las trayectorias de herramientas de control numérico (solo en sistemas CAM)

Exit: Sale el sistema a la interfase de Windows.

### 2.2.3 MENU SECUNDARIO.

FIGURA N° 11 Menú secundario.



PM: Parámetros; Fija los parámetros globales de dibujo, se hace doble click a este botón para usarlo.

Z: Se selecciona Z del menú secundario para cambiar la actual profundidad de construcción. La profundidad de construcción es la profundidad del actual plano de construcción definido.

Color: Fija el color actual del sistema; el color del sistema es usado para mostrar cualquier nueva geometría creada o cargada de un archivo que no contiene color (Ejemplo \*.DXF)

Level: Esta opción fija el nivel del sistema actual. El nivel del sistema es usado para almacenar cualquier nueva geometría creada o la cargada de un archivo que no mantiene los niveles (NFL o ASCII). Esta característica también controla el nivel que debe ser visible.

Mask: Con el mask level OFF el sistema reconocerá cualquier entidad de la base de datos; sin embargo cuando tiene un valor desde 1 hasta 255, el sistema reconocerá solo las entidades que están en ese nivel.

Cplane: Es para definir el plano en el cual se creará la geometría.

Gview: Se puede alterar forma en la cual puedes ver la geometría, esta característica te permite verla desde diferentes ángulos.

## 2.2.4 BARRA DE HERRAMIENTAS

FIGURA N° 12 Barra de herramientas.



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

Funciones de los botones de la barra de herramienta de inicio:

FIGURA N° 13 Botones de la barra de herramientas.



Help: Abre la ayuda de Mastercam para un acceso directo a la información on-line sobre sus características.

File Menu: Activa el menú de archivos

Analyze menu: Activa el menú de analizar.

FIGURA N° 14 Botones de la barra de herramientas



Zoom: Activa la ventana zoom-in. Utilice esta opción para amplificar parte de la geometría.

Unzoom: Reduce el tamaño de la geometría en pantalla.

Unzoom by 0.8: Reduce la imagen en pantalla con incrementos de 0.2

Fit: Ajusta la imagen mostrada al área gráfica de pantalla.

Repaint: Reexpone la gráfica en pantalla limpiando cualquier imperfección.

**FIGURA Nº 15 Botones barra de herramientas.**



Cambia la vista de la gráfica a una forma dinámica. Click en la geometría y se mueve el ratón para ajustar la geometría. Se hace click en el ratón cuando esté la vista como se desee.

Gview (Isometric): Cambia la vista de la gráfica a la forma isométrica.

Gview (Top): Cambia la vista de la gráfica a la vista superior.

Gview (Front): Cambia la vista de la gráfica a la vista frontal.

Gview (Side): Cambia la vista de la gráfica a la vista lateral.

**FIGURA Nº 16 Botones barra de herramientas.**



Cplane (Top): Cambia el plano de construcción a superior.

Cplane (Front): Cambia el plano de construcción a frontal.

Cplane (Side): Cambia el plano de construcción a lateral.

Cplane (3d): Cambia el plano de construcción a 3d.

FIGURA N° 17 Botones barra de herramientas.



Delete Menu: Activa el Delete Menu.

Delete-Undelete-Single: Undelete una entidad.

Change color: Cambia el color de las entidades.

Clear color: Remueve el color resultante de memoria.

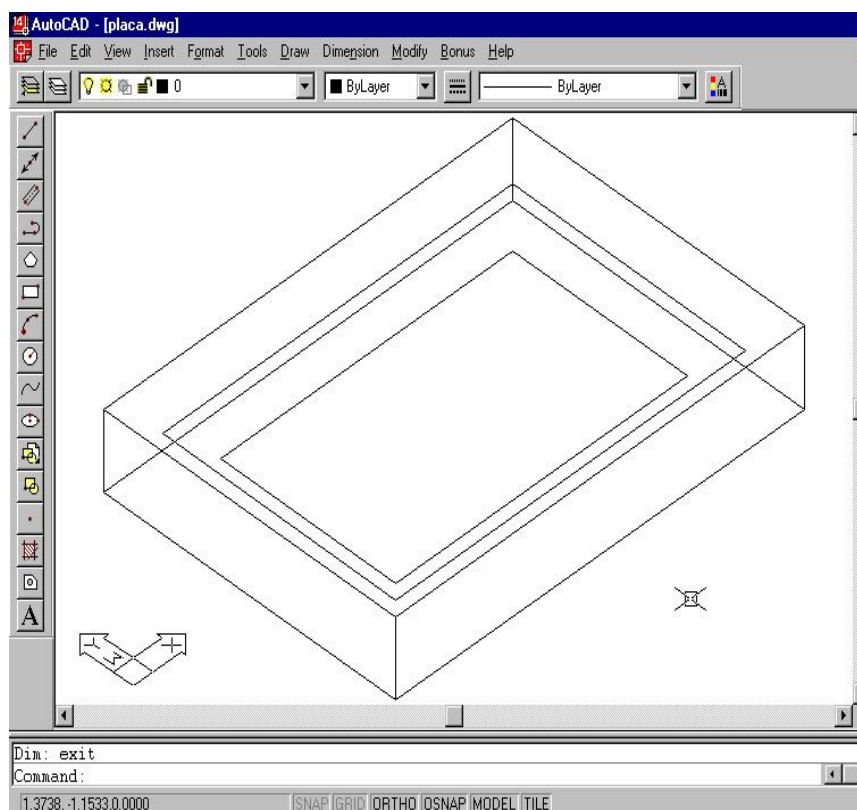
Undo: Permite deshacer la última operación que se realizó. Debe estar en el último menú de operaciones para deshacerlo, ya que al cambiar de menú donde se lo hizo ya no se puede deshacerlo con esta opción.

Shade: Activa el menú de sombreado.

### 2.2.5 EXPORTAR GEOMETRIA DE CAD

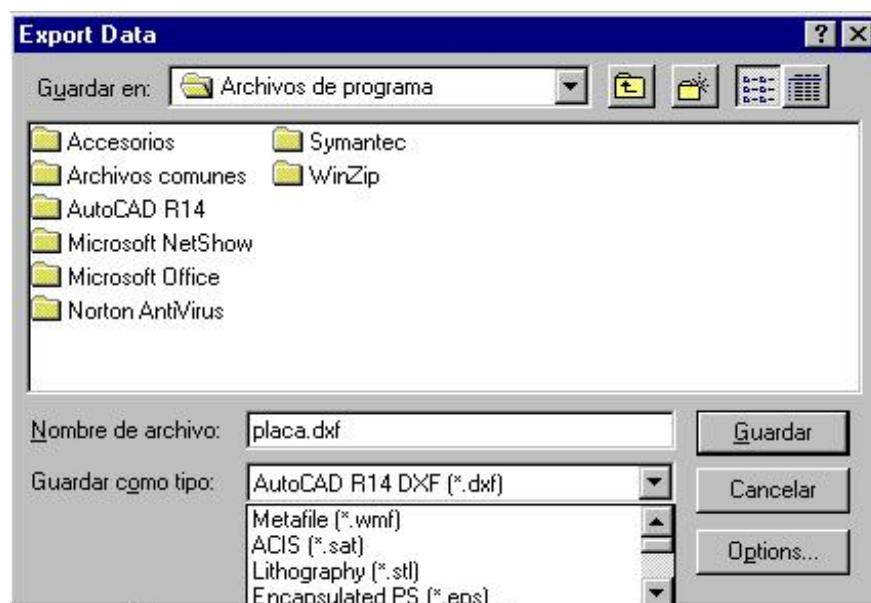
Se tiene la siguiente geometría en CAD y ya está lista para ser exportada y poder ser procesada en Mastercam:

FIGURA N° 18 Geometría en CAD.



En Autocad dentro del menú de archivo se selecciona exportar y aparecerá la siguiente pantalla.

FIGURA N° 19 Pantalla para exportar datos Autocad.



En este menú se selecciona el tipo de archivo al que se quiere convertirlo.

Se recomienda los archivos extensión DXF para aquellos que manejen líneas y modelos de alambre mientras que el formato SAT es recomendable para superficies y sólidos.

Además en este menú se selecciona el lugar donde se debe grabar el archivo.

De esta manera se tiene el archivo listo para trabajar en Mastercam.

## 2.3 PROGRAMACION

### 2.3.1 IMPORTAR LA GEOMETRIA A MASTERCAM

Una vez en Mastercam se selecciona del menú principal los siguientes comandos para importar el archivo

FIGURA N° 20 Menú principal.

Main Menu:	File:
Analyze	neW
Create	Edit
<b>File</b>	Get
Modify	Merge
Xform	List
Delete	Save
Screen	sAve some
Toolpaths	Browse
NC utils	<b>conVerters</b>
Exit	Next menu

En el menú de conVerters se selecciona el tipo de extensión con el cual se lo exporta y se busca el archivo correspondiente.

En este caso seleccionamos los archivos DXF

FIGURA N° 21 Menú de "conVerter".

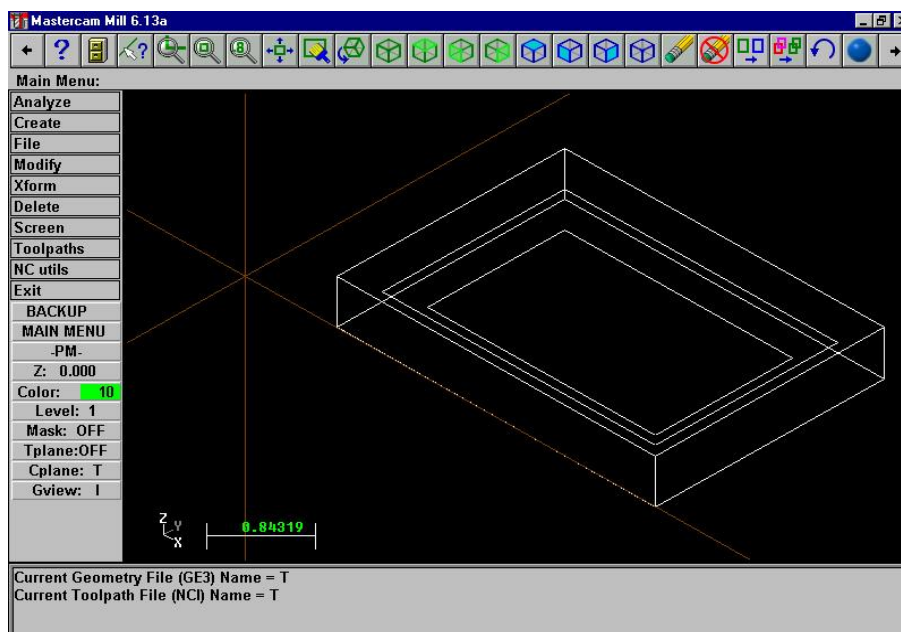
File Convert:	DXF:
Ascii	Read file
CADL	Write file
DXF	read Dir
IGES	write dlr
NFL	
STL	
VDA	
SAT	
Old Files	

Una vez cargado el archivo, aparecerá en la pantalla principal la geometría del objeto.

Posteriormente se graba el archivo con extensión GE3 en el menú principal dentro de **FILE/SAVE**

A continuación se procede a verificar su posición respecto al origen y las unidades del objeto con la función **F9**

FIGURA N° 22 Geometría en Mastercam.





Esta función despliega en la pantalla los ejes de movimiento y las unidades en las que está la geometría.

El punto cero absoluto o punto origen de referencia debe estar en el centro de maquinado, en la parte de arriba de la placa en la esquina inferior izquierda de la pieza de trabajo.

En el torno: En la cara frontal y en la línea de centro de la pieza. La línea de centro forma el eje Z, y la cara frontal forma el eje X.

En el caso particular se muestra que el punto cero absoluto o punto de origen de referencia del dibujo está fuera de la geometría por lo que se debe mover la geometría hacia donde debe estar el cero absoluto.

### 2.3.2 TRASLADAR GEOMETRIA

El proceso consiste en mover toda la geometría al punto cero absoluto correspondiente; esto se logra mediante:

FIGURA N° 23 Menú translate.

Main Menu:	Xform:
Analyze	Mirror
Create	Rotate
File	Scale
Modify	scaleXyz
<b>Xform</b>	<b>Translate</b>
Delete	Offset
Screen	ofs Ctour
Toolpaths	Group
NC utils	stretch
Exit	roll

En el menú de translate se debe escoger la opción "Betetween point" para mover las piezas hacia el punto cero absoluto; y se seleccionan todas las entidades que conforman el dibujo.

FIGURA N° 24 Menú Entites.

Translate	All:
Unselect	Points
Chain	Lines
Only	Arcs
All	Splines
Group	surFaces
Result	Drafting
Window	Entities
Intr wndw	Color
Polygon	leVel
Done	Mask

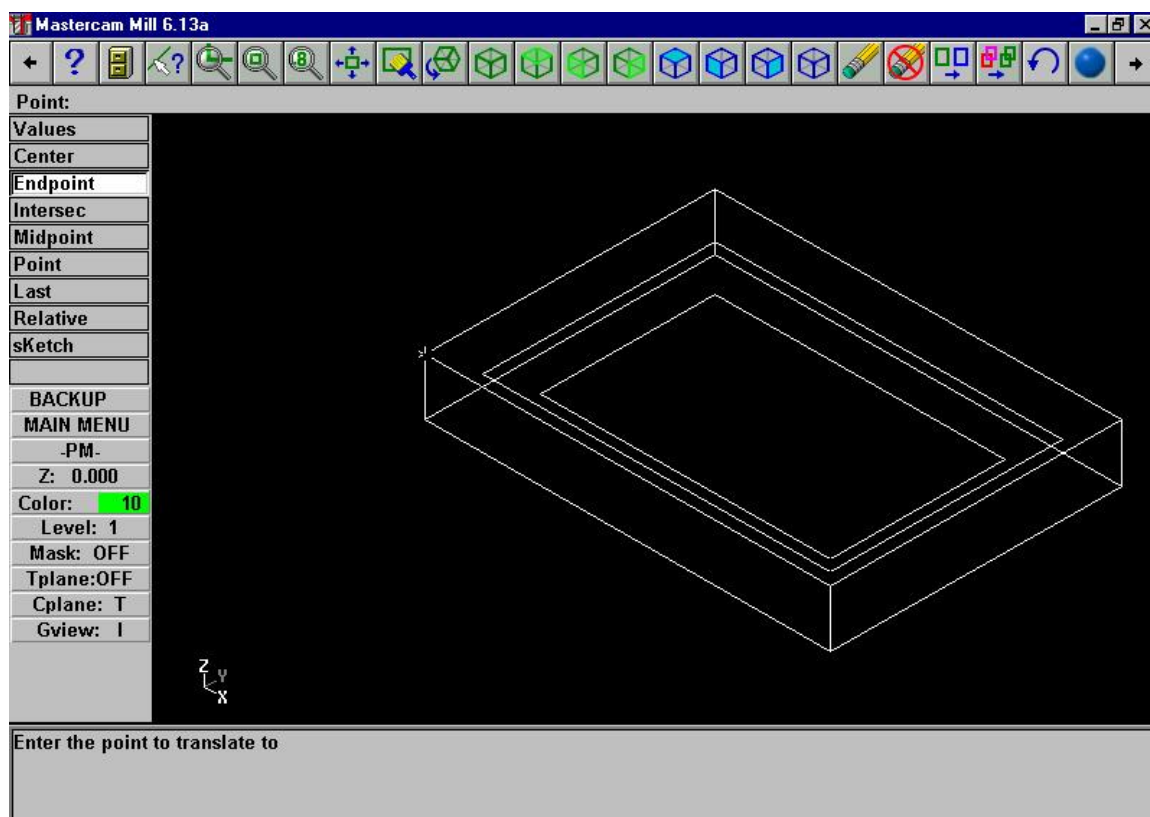
Se elige el formato trasladar entre puntos.

FIGURA N° 25 Menú Btween pts.

Translate:
Rectang
Polar
Btween pts
btween Vws

El punto de origen se señala en la geometría mediante **ENDPOINT**, un punto al final de una entidad en la parte superior de la geometría donde se quiere que este el cero de pieza.

FIGURA N° 26 Menú Endpoint.



El punto destino se asignará mediante VALUE para dar las coordenadas del punto a donde se moverá el punto anterior, esto se asigna en la parte inferior de la pantalla.

FIGURA N° 27 Asignación del punto de referencia.



Se asignan 0,0,0 para mover al punto de referencia.

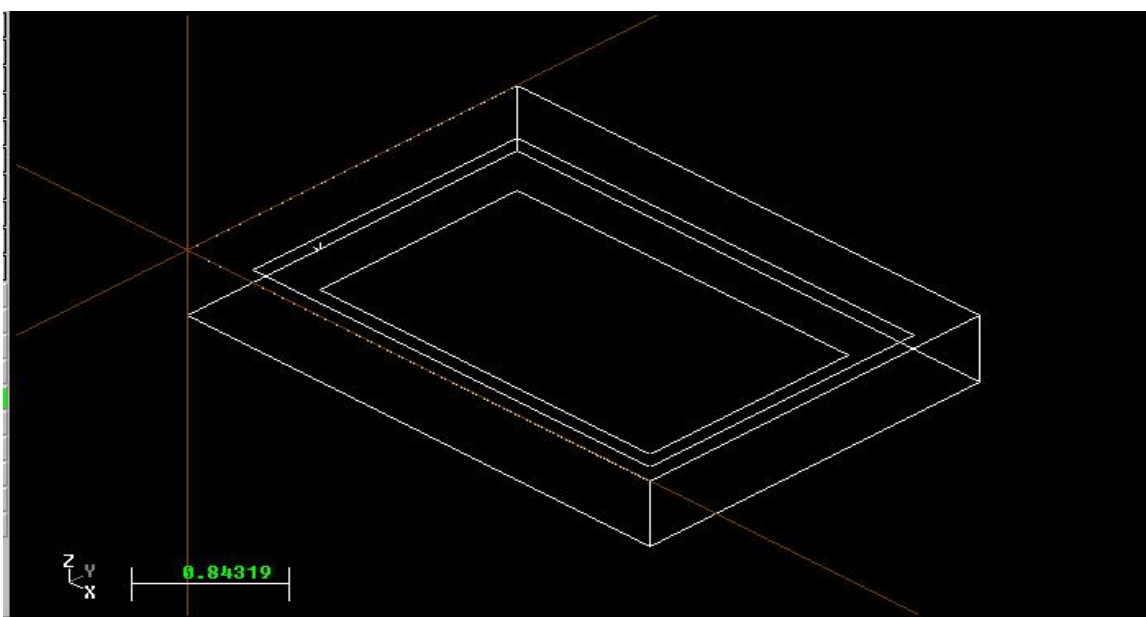
A continuación aparece una opción para elegir si borra la primera opción (mover) o lo copia a la nueva posición; se elige mover.

FIGURA N° 28 Menú Translate.



Luego se vuelve a presionar F9 para ver los ejes de movimiento:

FIGURA N° 29 Geometría colocada en el punto de referencia.



Se encuentran en el lugar que se deseaba.

### 2.3.3 ESCALAR GEOMETRIA

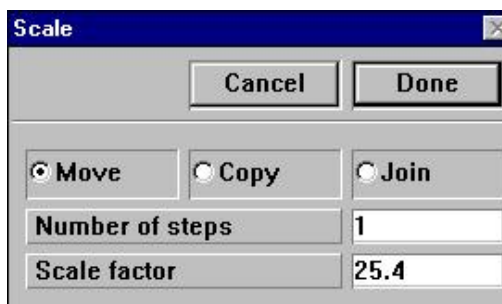
Se va a escalar la pieza de pulgadas como es su estado actual, a milímetros.

FIGURA N° 30 Menú para escalar de pulgadas a milímetros.

Main Menu:	Xform:	All:
Analyze	Mirror	Points
Create	Rotate	Lines
File	Scale	Arcs
Modify	scaleXyz	Splines
Xform	Translate	surFaces
Delete	Offset	Drafting
Screen	ofs Ctour	Entities
Toolpaths	Group	Color
NC utils	stretch	leVel
Exit	roll	Mask

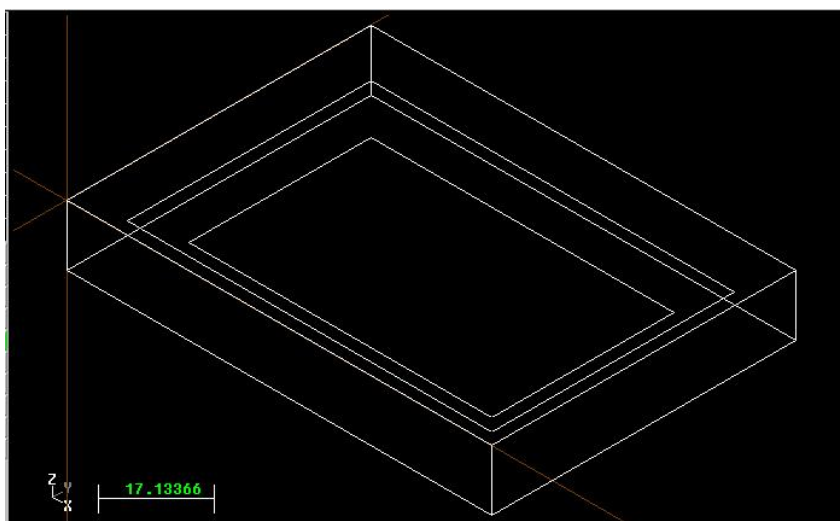
El factor de escala de pulgadas a milímetros es de 25.4

FIGURA N° 31 Menú Scale.



Y las nuevas unidades pueden ser apreciadas nuevamente con **F9**.

FIGURA N° 32 Menú geometría con unidades en milímetros.

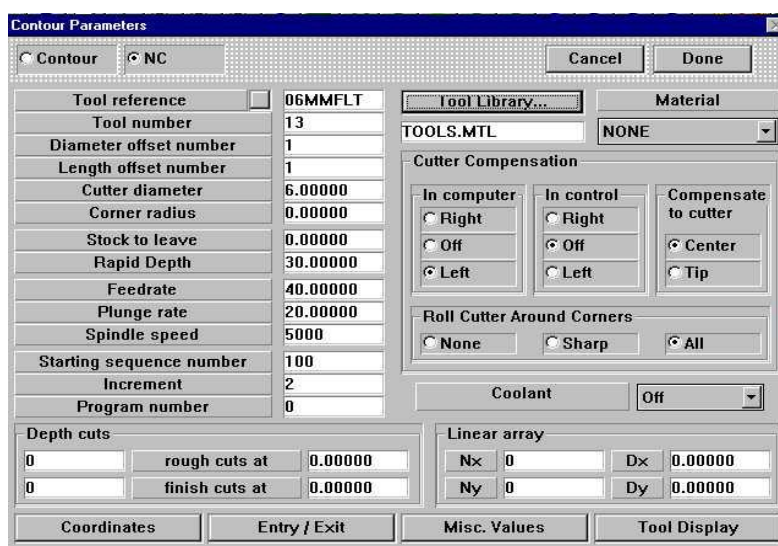


De esta manera se tiene la pieza en las unidades y la localización correcta para empezar a trabajar.

A continuación se presenta los comandos de maquinado NC para la creación de trayectorias de herramientas. Se explica cada parámetro necesario para la definición de trayectorias y generación del código NC.

Una vez que se seleccionan las líneas de la trayectoria de la herramienta aparecerá la siguiente ventana para parámetros de NC:

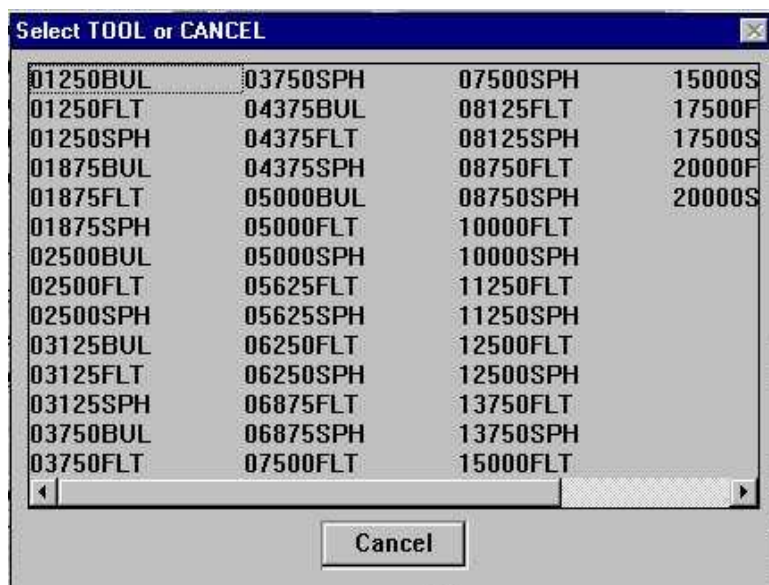
FIGURA N° 33 Menú Contour Parameters.



### 2.3.4 TOOL REFERENCE

Este parámetro llama la información almacenada en la librería de herramientas actual bajo una referencia específica. Cuando se seleccione el botón de Tool Reference aparecerá la siguiente pantalla:

FIGURA N° 34 Menú Select TOOL or CANCEL.



Cuando se selecciona una herramienta de dicha librería aparecen los parámetros de esa herramienta que incluyen: número de herramienta, compensaciones radiales y longitudinales y velocidades de giro y avance.

### 2.3.5 TOOL LIBRARY

Este parámetro permite activar determinada librería de herramientas.

### 2.3.6 MATERIAL

Este parámetro permite seleccionar un tipo de material.

FIGURA N° 35 Menú Tool Library.

Tool reference	<input type="checkbox"/> 06MMFLT
Tool number	13
Diameter offset number	1
Length offset number	1
Cutter diameter	6.00000
Corner radius	0.00000
Stock to leave	0.00000
Rapid Depth	30.00000

### **2.3.7 TOOL NUMBER**

Este parámetro fija el número de herramienta que será usada en el programa NC (T1, T2 etc.), posición de la herramienta en la torreta.

#### **Diameter offset number**

Este parámetro se usa sólo cuando la compensación de corte en el controlador está a la derecha o a la izquierda (ejemplo para los G42 y G43 en el código de NC)

#### **Lenght offset number**

Es el lugar donde esta almacenado la compensación longitudinal de la herramienta en relación a la herramienta de referencia (H1, H2 etc.)

#### **Cutter diameter**

Es el diámetro del cortador de la herramienta.

#### **Corner Radius**

Es el radio de la punta de la herramienta cuando ésta es esférica.

#### **Stock to leave**

Es el material a dejar para futuras operaciones de acabado

#### **Rapid Depth**

Este parámetro es la profundidad (coordenada en Z) en la cual se moverá rápidamente antes de los cortes de la parte.



FIGURA N° 36 Menú Rapad Depth.

<b>Feedrate</b>	<b>40.00000</b>
<b>Plunge rate</b>	<b>20.00000</b>
<b>Spindle speed</b>	<b>5000</b>

### **Feedrate / Plunge Rate**

Este parámetro asigna la velocidad de avance y funciones de hundimiento del cortador

### **Spindle Speed**

Es el valor de la velocidad de giro de la herramienta.

FIGURA N° 37 Menú Spindle Speed.

<b>Starting sequence number</b>	<b>100</b>
<b>Increment</b>	<b>2</b>
<b>Program number</b>	<b>0</b>

### **2.3.8 STARTING SEQUENCE NUMBER / INCREMENT**

Este parámetro permite asignar la numeración de las líneas del programa, empezando de determinada línea e incrementándose con determinado valor.

### **Program number**

Es el valor que se le asigna al programa de NC y puede variar entre 0 y 2.147.483.647

FIGURA N° 38 Menú Cutter Compensation.



### Cutter compensation

Esta opción puede dar la posibilidad de compensar el radio de la herramienta. Se pueden utilizar dos métodos.

Asignar la compensación de corte en el controlador o en la computadora:

Al asignarla en el controlador el comando generará las líneas G41 o G42, es decir el sistema generará las trayectorias exactas de movimiento y el controlador se encargará de considerar el radio de la herramienta, se puede elegir a la izquierda o derecha o ignorar las compensaciones en el controlador (OFF)

Al asignar las compensaciones en la computadora el sistema generará trayectorias de la herramienta ya compensada es decir generará las trayectorias descontando el radio de la herramienta.

FIGURA N° 39 Menú Roll Cutter Around Corners.



## Roll cutter around corners

Este parámetro funciona sólo cuando se emplea el parámetro de compensación en computadora. Se utiliza principalmente para insertar movimientos arqueados alrededor de las esquinas con bastante filo o puntiagudas en la trayectoria de la herramienta, en algunos casos el sistema hará un fillet en dichas esquinas (aún si se elige none). Esto es porque en algunos casos algunos objetos de la trayectoria de la herramienta no se intersectan.

FIGURA N° 40 Menú Depth cuts.

Depth cuts		
0	rough cuts at	0.00000
0	finish cuts at	0.00000

## Depth cuts

Esta opción asigna el número de pasadas de desbaste y acabado que hará el sistema. Puede ser una combinación de ambos para completar la profundidad final deseada del corte.

FIGURA N° 41 Menú Linear Array.

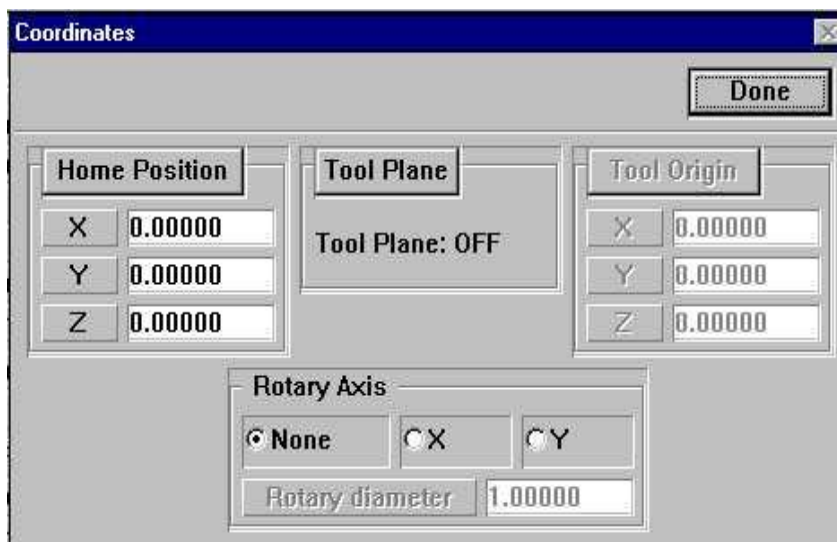
Linear array			
Nx	0	Dx	0.00000
Ny	0	Dy	0.00000

## Linear array

Este parámetro instruye al sistema a pasar la trayectoria de la herramienta a través de los ejes X y Y del plano de construcción, el espacio entre las pasadas debe ser el mismo cada vez, Nx y Ny veces a pasar y repetir la trayectoria de la herramienta a lo largo del

eje Dx y Dy distancia entre los pasos de la trayectoria de la herramienta a lo largo de los ejes.

FIGURA N° 42 Menú Coordinates.



### Home Position

El sistema usa este parámetro solo para controladores que lo acepten

### Tool plane / tool origin

Estos parámetros permiten seleccionar el plano de la herramienta y el origen de la herramienta para la operación actual.

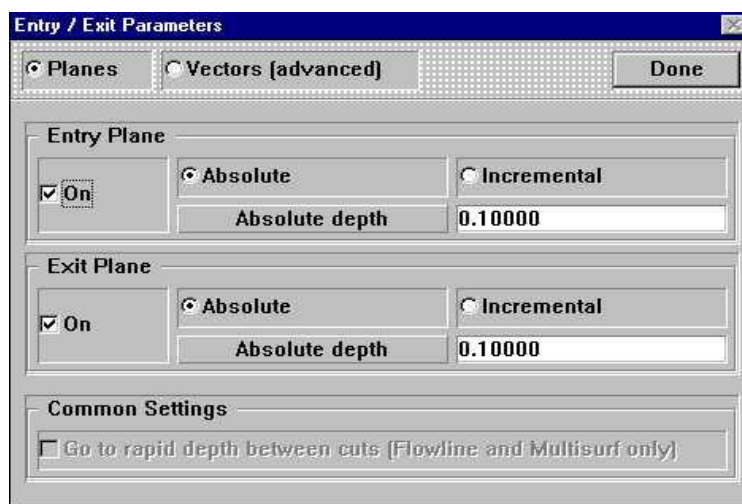
### Rotary axis about

El sistema usa este parámetro para programar simultáneamente el movimiento de los cuatro ejes.

## Entry / exit

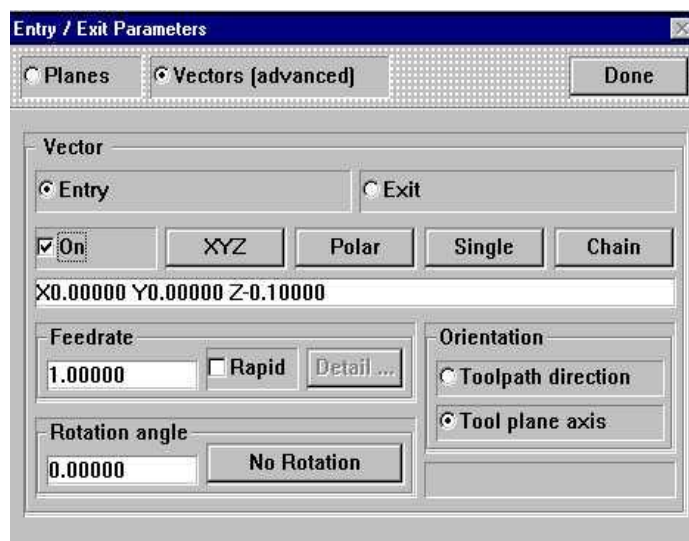
Mediante estos parámetros se puede asignar la forma en que la herramienta puede entrar o salir de las trayectorias de herramientas, pueden utilizarse mediante planos.

FIGURA N° 43 Menú Entry/Exit Parameters, Planes.



O bien, mediante vectores.

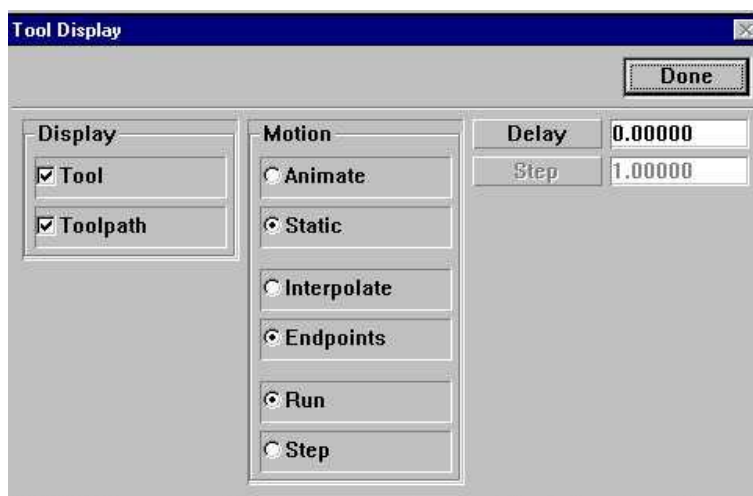
FIGURA N° 44 Menú Entry/Exit Parameters, Vectores.



## Tool display

Este parámetro permite escoger el tipo de presentación de la herramienta que el sistema muestra cuando la computadora escribe el programa de NC en funciones de contorno y pocket.

FIGURA N° 45 Menú Tool Display.



Se puede seleccionar que muestre la herramienta o la trayectoria de la herramienta o las dos. Cuando se elige mostrar la herramienta muestra un círculo representando el final del cortador, cuando muestra la trayectoria de la herramienta muestra una línea que representa el centro y el final del cortador

## Motion

**Animate:** La herramienta aparece y desaparece en cada punto a lo largo de la trayectoria de la herramienta.

**Static:** La herramienta aparece en cada punto a lo largo de la trayectoria y no será borrada.

Interpolate: La herramienta aparecerá en incrementos determinados por el step size.

Endpoints: La herramienta aparece sólo cada punto final de las entidades seleccionadas en el contorno

Run: Genera la trayectoria sin pausas hasta completarla.

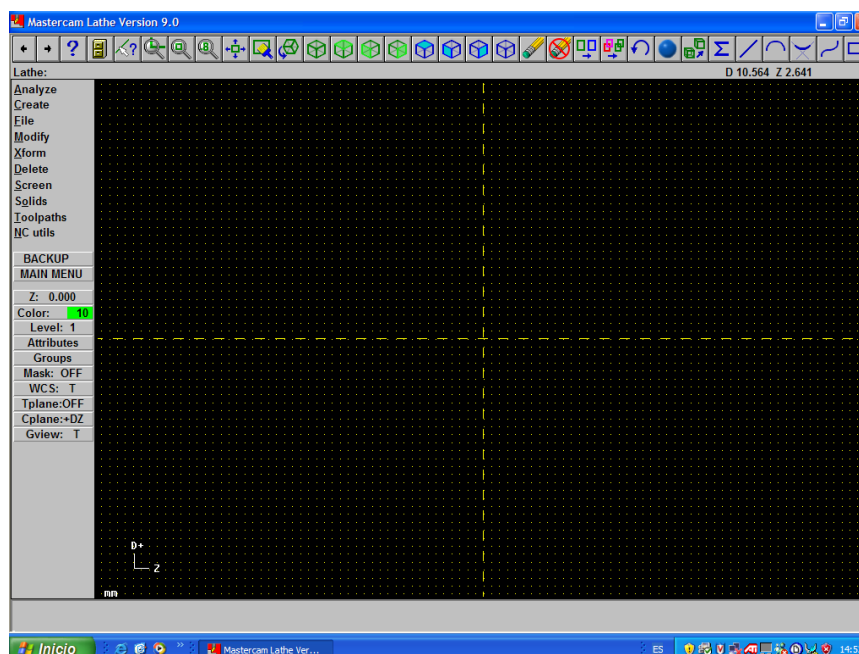
Step: Genera la trayectoria paso a paso.

## Delay

Permite determinar el tiempo que pasará para que aparezca una y otra vez la herramienta.

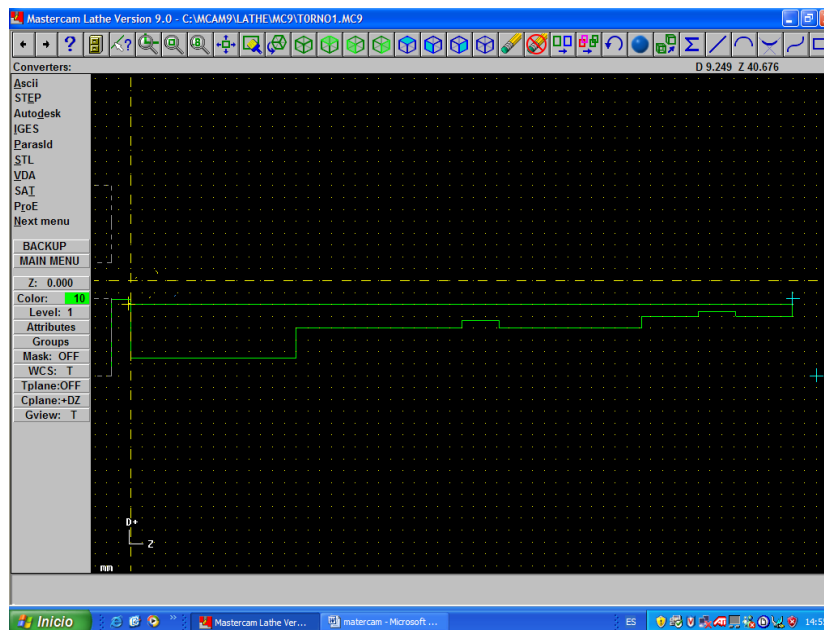
## 2.4 SIMULACION

FIGURA N° 46 Pantalla inicial del Mastercam



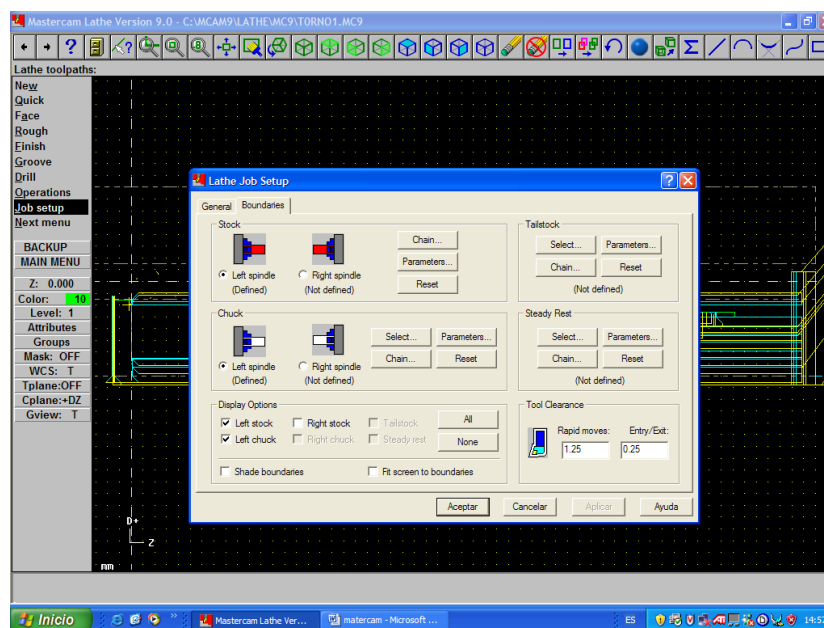
En la figura N° 46 se puede apreciar la pantalla inicial del Mastercam.

FIGURA N° 47 Dibujo de la pieza que se va a simular



En la figura N° 47 Se observa el dibujo de una pieza de ejemplo que se va a simular en el Mastercam.

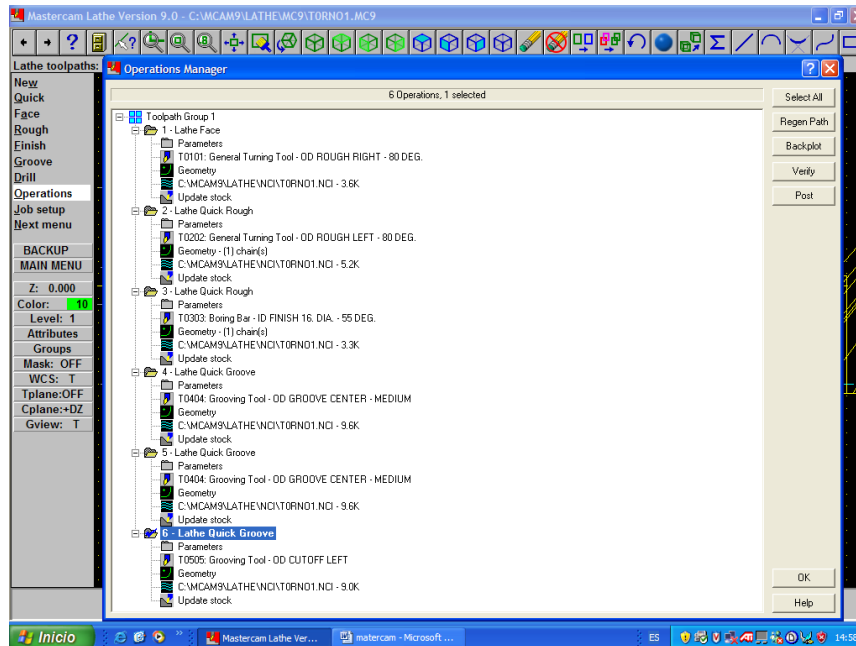
FIGURA N° 48 Selección de parámetros



En la figura N° 48 Se observa la selección de los parámetros iniciales Job setup.

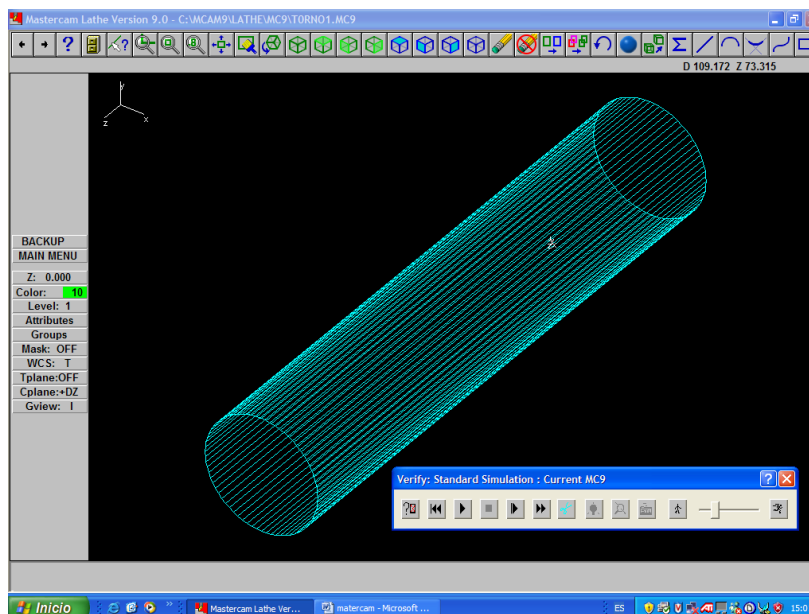


FIGURA N° 49 Ciclos de operación



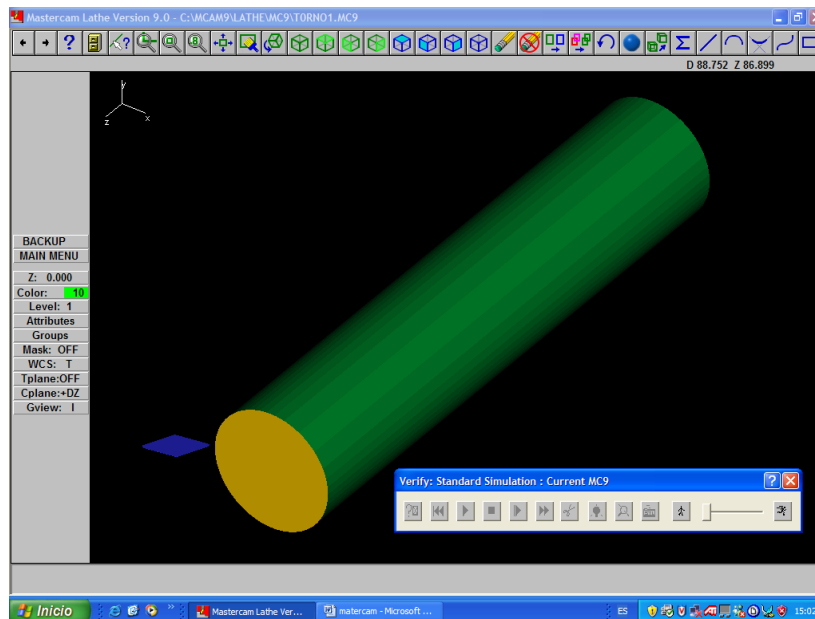
En la figura N° 49 Se visualiza las operaciones que se efectúan para realizar la simulación de la pieza.

FIGURA N° 50 Verificación estándar de la simulación.



En la figura N° 50 Se tiene el eje en el cual se va realizar la simulación.

FIGURA N° 51 Proceso de refrentado de la pieza.



En la figura N° 51 Comienza el proceso de simulación con la primera operación que es la de refrentado.

FIGURA N° 52 Simulación proceso de cilindrado

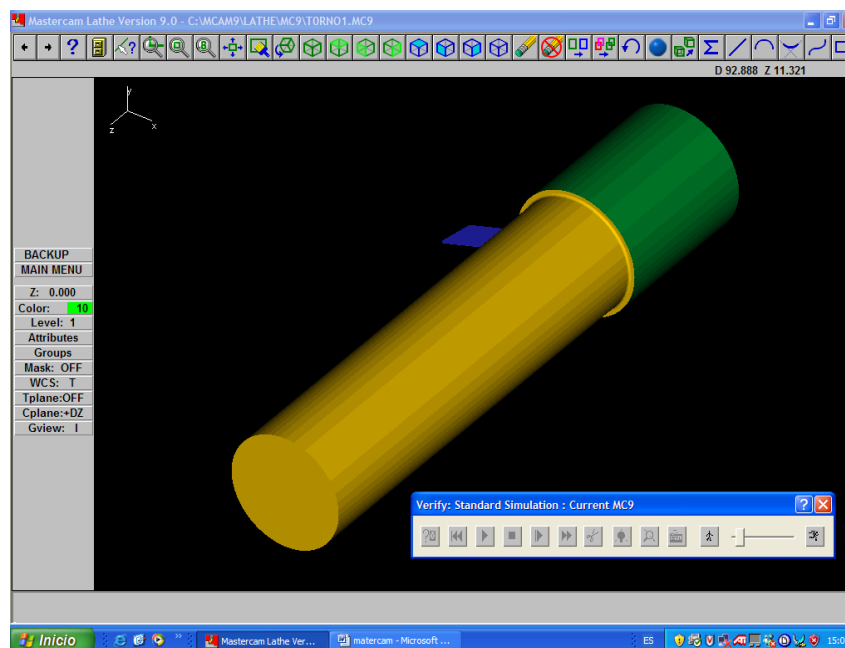
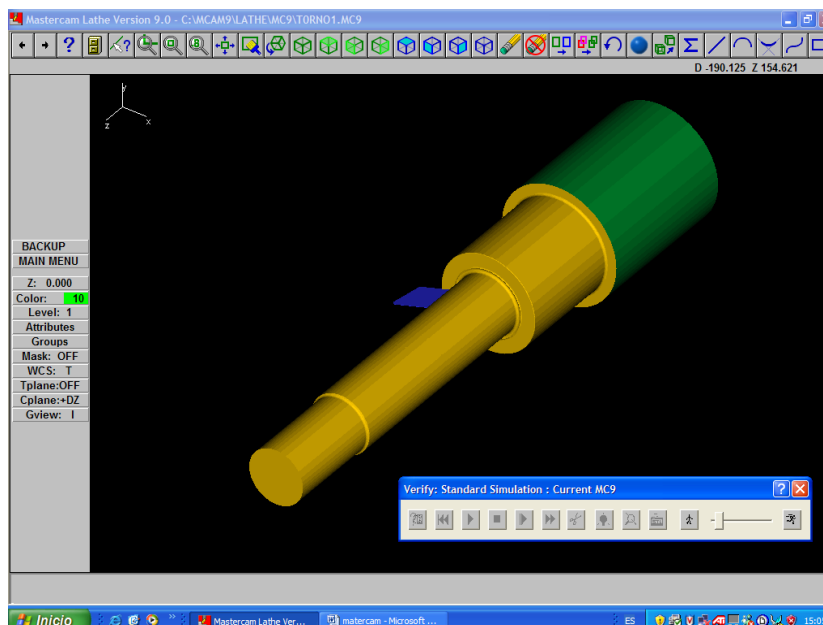
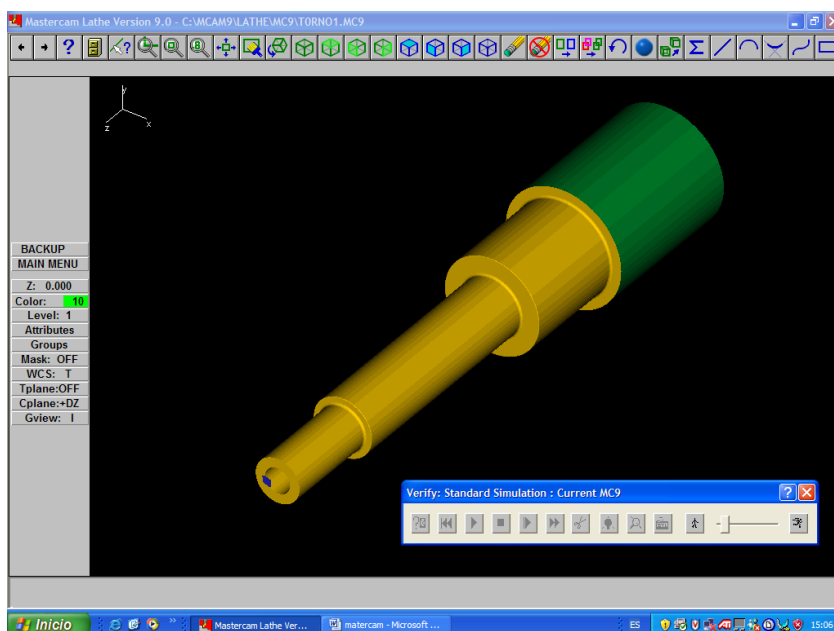


FIGURA N° 53 Simulación de cilindrado según diámetros del plano



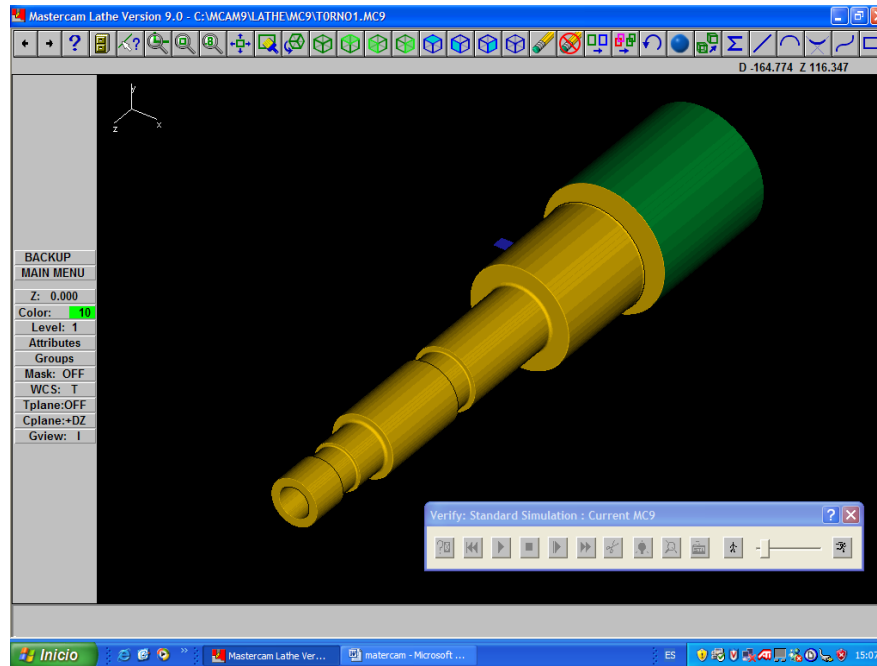
Las figuras N° 52 y N° 53 muestran la simulación del segundo proceso que es el de cilindrado de la pieza según las medidas.

FIGURA N° 54 Simulación cilindrado interior



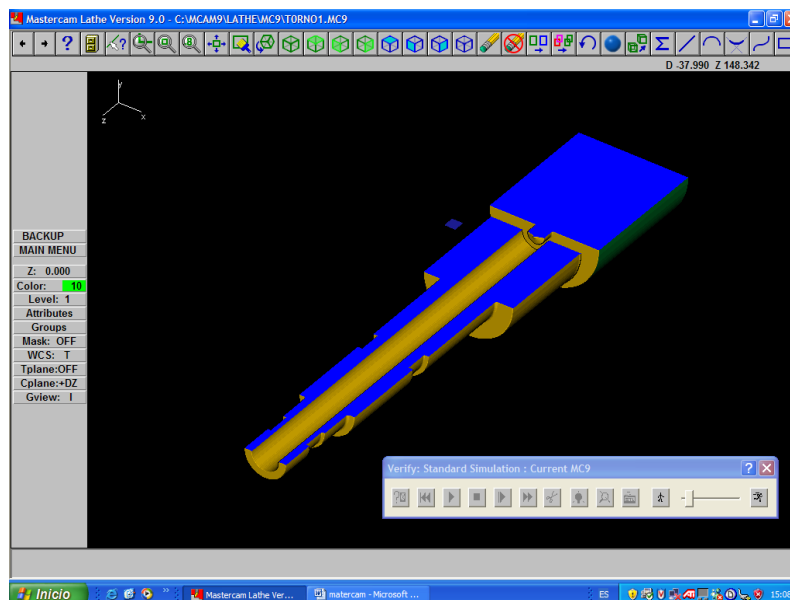
En la figura N° 54 se muestra la simulación del proceso de cilindrado interior de la pieza.

FIGURA N° 55 Simulación tronzado o sangrado



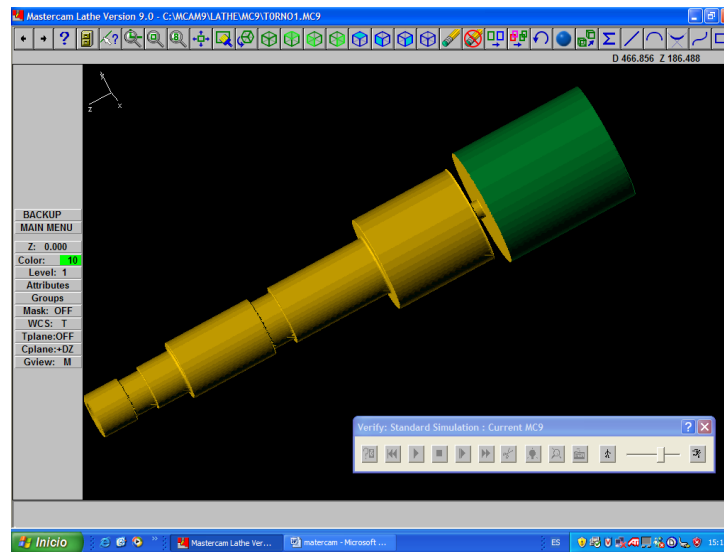
En la figura N° 55 se observa la simulación del proceso de tronzado o sangrado que se va a realizar en la pieza.

FIGURA N° 56 Simulación de un corte longitudinal



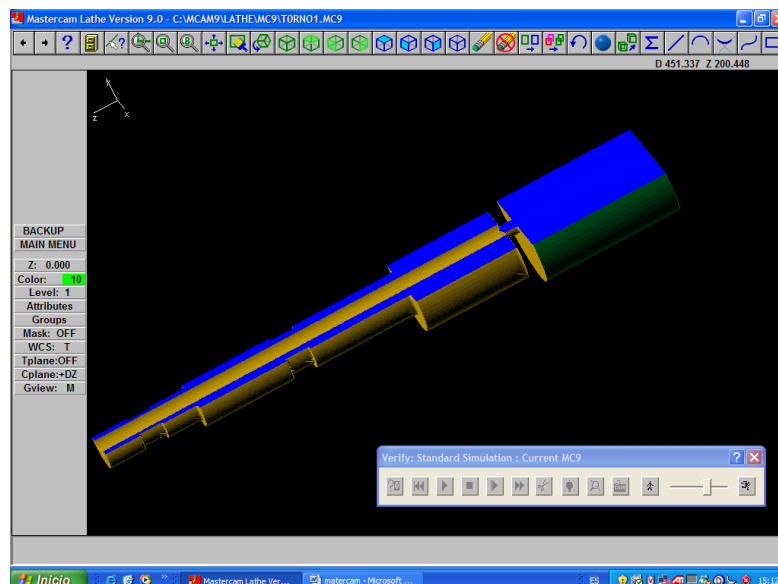
En la figura N° 56 se muestra una vista en corte de la pieza simulada terminada, este de corte nos ayuda para verificar si estamos realizando bien la simulación.

FIGURA N° 57 Simulación giro de la pieza terminada.



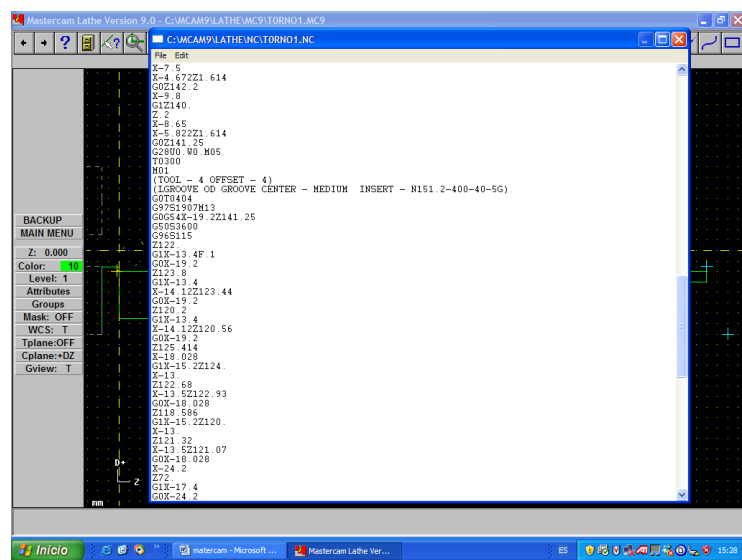
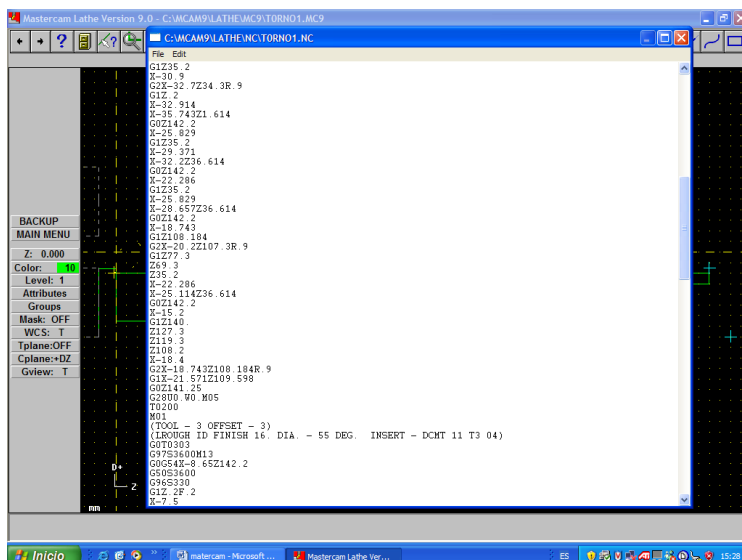
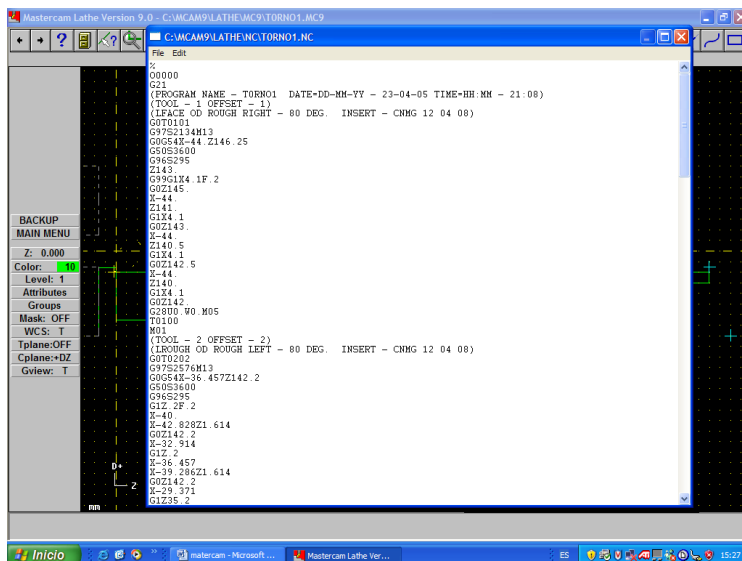
En la figura N° 57 se observa que se puede girar en cualquier sentido la pieza simulada, para de esta manera verificar la forma exacta que se quiere obtener.

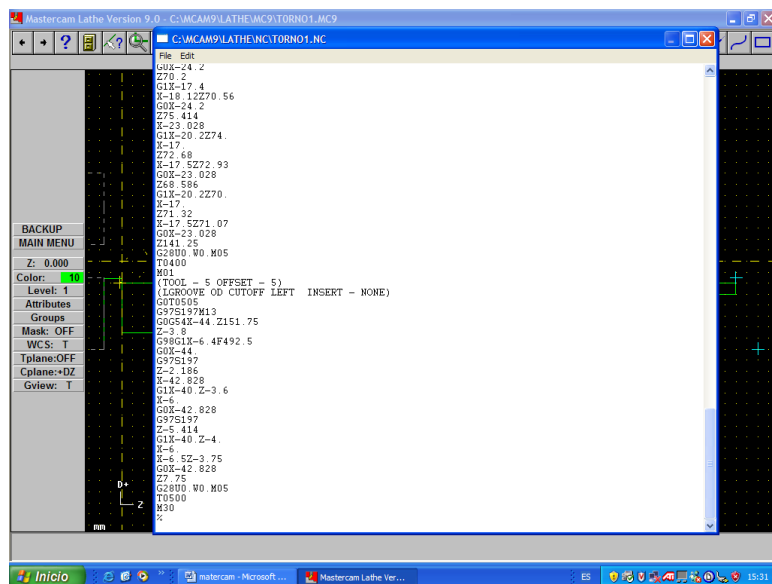
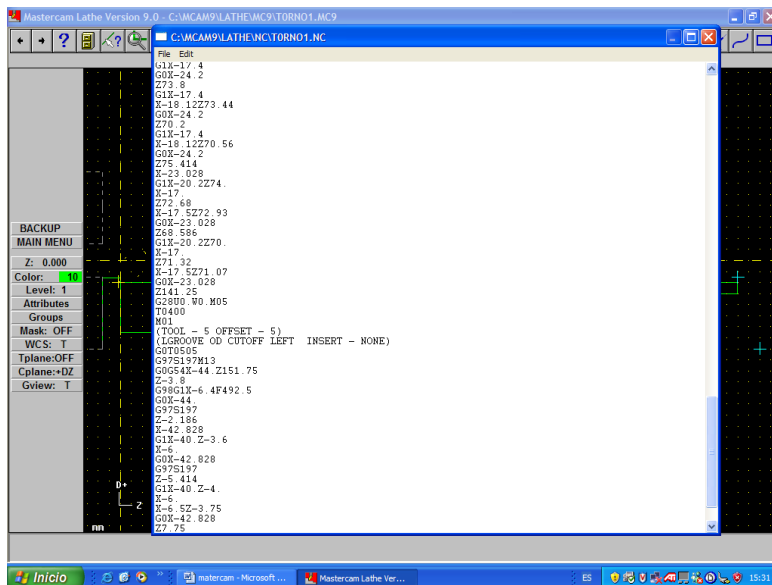
FIGURA N° 58 Simulación de la pieza cortada y girada en el espacio.



En la figura N° 58 se muestra como la pieza simulada podemos cortarla y girarla en espacio para verificar la forma.

FIGURA N° 59 Instrucciones del programa





En la figura N° 59 y siguientes se puede apreciar las instrucciones del programa de la simulación de la pieza anterior.

## CAPITULO 3

### 3. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO DE RECTIFICACION DE MATRICES

#### 3.1 DESARROLLO DEL METODO

##### **Antecedentes.**

En este capítulo se va hacer una breve reseña de como se realizaba la rectificación de matrices para la fabricación de tubería en una de las empresas más grandes del país como lo es Conduit del Ecuador, antes de implementarla con el torno CNC.

FOTOGRAFIA N° 1 Juegos de matrices.



Se tiene juegos completos de matrices (rodillos) de un tren de laminación que pueden ser de 50 a 60 rodillos, que tienen una dureza de 60 HRc, y además tienen perfiles bastante complejos como para realizar manualmente. Este



problema se trató de solucionar desde el año 1992, porque a pesar de que se los recuperaba manualmente en un torno convencional, con lijas de diferente tamaño de grano, la operación era bastante tediosa y demorada, por lo que los costos se elevaron debido a que el perfil del rodillo no era adecuado y se producían más desperdicios. La demora en la rectificación de las matrices determinaba la necesidad de seguir adquiriendo nuevas para satisfacer la demanda de tubería que se presentaba, lo que generó una gran cantidad de rodillos usados con los consiguientes problemas de almacenamiento.

FOTOGRAFIA N° 2 Torno convencional.



La rectificación manual se demoraba hasta 30 días trabajando 8 horas diarias, para comprobar el perfil adecuado se tenía unas galgas para cada uno de los perfiles de los rodillos, por lo que esta operación dependía mucho de la habilidad y experiencia del tornero.

Otra alternativa era realizar un proceso de recocido de las matrices para luego rectificarlas, pero también el inconveniente era la forma de los perfiles complejos y luego el tratamiento térmico que se le debía dar a los rodillos para alcanzar la dureza de 60 HRc. Por las distorsiones que sufre el material luego de este

tratamiento térmico de temple, se debía rectificar nuevamente y se presentaba el problema de dureza y forma del perfil por lo que esta alternativa se descartó por completo.

Cuando se realizaba la rectificación manual del rodillo con lija y luego se comprobaba con las galgas aparentemente estaba lista la matricería y se procedía a montar en el tren de laminación, esta operación se demoraba unas 4 horas, el tiempo de seteo de la línea era de 30 minutos y se tenía un desperdicio de 4 a 5%; pero cuando la tubería no tenía la forma adecuada es decir cilíndrica, o con una buena costura en la etapa de soldadura se debía desmontar los rodillos para pulir nuevamente el perfil de los rodillos que pudieran estar con problemas. Esta operación de determinar cuales rodillos se debía rectificar nuevamente para garantizar la calidad de la tubería, dependía de la habilidad del personal, por lo que se debía contar con operadores hábiles y con bastante experiencia. Esta operación paraba todo el tren de laminación y demoraba unos 90 minutos, por lo cual ocasionaba problemas de retraso en la programación de producción, y también demora en el despacho de producto terminado.

Posteriormente se rectificaba con esmeriles neumáticos de alta velocidad (25000 RPM) que facilitaban aproximar el perfil de la matriz mediante piedras pequeñas de óxido de aluminio, esta operación se la realizaba también manualmente y luego se debía terminar con lija de grano fino y comprobar con las galgas, se disminuyó el tiempo de rectificado a 20 días pero el perfil adecuado no se conseguía.

En el año 2004 Ideal Alambrec S.A. decide la compra de un torno CNC por la cantidad de repuestos que se fabrica y con la idea de dar servicio a la empresa Conduit del Ecuador, especialmente en la rectificación de las matrices. Se contaba ya con la tecnología del torno CNC para realizar los perfiles especiales que tienen esas matrices, el segundo paso fue investigar con que herramienta se debía realizar la rectificación con durezas de 60HRc. Mientras se realizaba la importación del torno se comenzó a investigar sobre la herramienta.

Con los proveedores de herramientas de corte del país se realizó el contacto, para que importen unas plaquitas y un portaherramienta (mango) que se había consultado en un catálogo de herramientas para torneado, se determinó cual era la solución más adecuada por la dureza y forma que tienen los rodillos, se escogió la geometría que debía tener la plaquita de cerámica para poder realizar la rectificación de la matricería, se recurrió nuevamente al manual para torneado exterior de formas cóncavas (ver anexos), también se escogió el tipo de portaherramienta (mango).

Se tenía dos alternativas para el torneado de piezas con 60 HRc. de dureza que eran plaquitas de cerámica o de nitruro de boro cúbico CBN. Se decidió por las plaquitas de cerámica por la facilidad que tenía el proveedor para realizar la importación, ya que tenía el stock necesario en el mercado internacional. El nitruro de boro cúbico solo se fabrica bajo pedido por su alto costo.

### **Características de las cerámicas.**

Para las herramientas de corte se utilizan dos materiales de cerámica básicos:

- El óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ )
- El nitruro de silicio ( $Si_3N_4$ ).

Las cerámicas que tienen los proveedores son las siguientes:

- **CC620** La cerámica pura está compuesta por una base de alúmina ( $Al_2O_3$ ) con una pequeña cantidad de óxido de circonio ( $ZrO_2$ ), con el fin de incrementar su tenacidad.
- **CC650** La cerámica mixta está compuesta por una base de ( $Al_2O_3$ ) con adición de carburo de titanio (TiC), con el fin de incrementar sus propiedades térmicas.

- **CC670** La cerámica reforzada esta compuesta por una base de con micro-filamentos de carburo de silicio (SiC), que contribuyen a incrementar su conductividad térmica y a mejorar considerablemente su tenacidad.
- **CC690** La cerámica basada en nitruro de silicio (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) tiene unas propiedades térmicas y de tenacidad superiores a las cerámicas basadas en (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).
- **GC1690** Una cerámica dura y muy pura, basada en nitruro de silicio, con recubrimiento, que ofrece una excelente resistencia al desgaste.

De estas cerámicas se escogió las **CC650** y **CC670** según especificaciones del manual del fabricante (ver anexos).

El tipo de mango y plaquita son: mango **CRDCN 3225P 12-A**, y la plaquita **RCGX 12 07 00 E**. Se realizó la importación del mango y dos cajas de plaquitas.

FOTOGRAFIA N° 3 Portaherramienta (mango) y placa de cerámica.



FOTOGRAFIA N° 4 Panel de control Fagor CNC 8055i.



### Características del torno CNC:

Marca: **Sunlike**

Modelo: DY-510 x 2000C

Control: Fagor CNC 8550i

Volteo: 310 (mm)

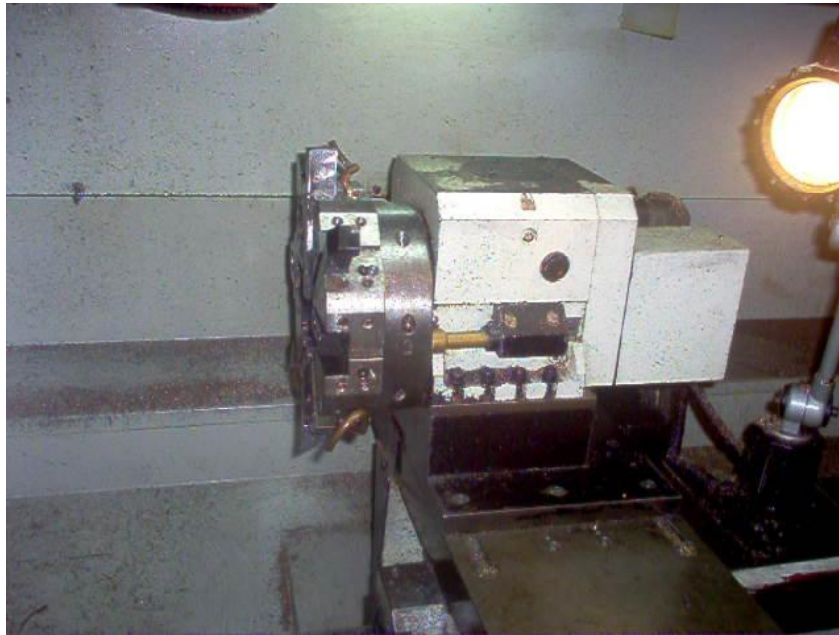
Distancia entre centros: 2000 (mm)

Peso: 3250 (Kg)

Torreta: Automática para 8 herramientas.

Para mayores especificaciones técnicas (Ver anexos)

FOTOGRAFIA N° 5 Torreta automática 8 posiciones.



Se va a desarrollar la metodología que se debe seguir para determinar cuando un juego de rodillos (matricería) se debe rectificar.

En todo proceso de fabricación se debe tener estándares para controlar la calidad en la producción, en el caso de las tuberías se tiene que comprobar la ovalidad y la soldadura en la costura de la tubería, que son los parámetros más críticos. La presencia de estas fallas se debe a que se va desgastando el perfil de los rodillos formadores de la tubería.

Anteriormente cuando se realiza las mediciones del diámetro un lote de tubos y estas mediciones estaban fuera del estándar (ovalados), el supervisor tenía que realizar un chequeo al proceso para determinar donde estaban los problemas, si creía que el problema era de la matricería comprobaba con las galgas con las que comparaba la forma de los rodillos que se estaba usando, o podía tratarse de algún desajuste en los rodillos formadores el cual corregía y luego realizaba las mediciones del diámetro de un nuevo tubo para ver si se estaba cumpliendo el estándar.

Si se tenía problemas con el perfil de los rodillos formadores se tomaba el dato de cuantas toneladas se ha producido y se registraba, para llevar una estadística del consumo de rodillos por tonelada producida.

FOTOGRAFIA N° 6 Rodillos SQ en el proceso de soldadura.



Otra forma para determinar en el proceso de fabricación de tubería si los rodillos SQ están desgastados, era cuando se tenía problemas en la soldadura por inducción en la costura de la tubería, ya que en esta etapa el fleje para la fabricación de la tubería debe tener un perfil adecuado para realizar la soldadura, de no ser así hay fallas en la costura del tubo y se debía proceder a la rectificación de la matricería de esta etapa.

En la actualidad se está llevando la estadística de cuantas toneladas se produce con los rodillos rectificadas, por lo que se tiene ya un parámetro para que cada cierto tonelaje se envíe a rectificar. También se cuenta con datos de cuantas toneladas se puede producir cuando una matricería es nueva y se compara.

Estos son los valores:

Cuadro N° 9 Matricería toneladas producidas.

	Toneladas producidas
Matricería Nueva	2.000
Matricería Rectificada a mano	800
Matricería Rectificada en Torno CNC	1.600

Como resultado de este procedimiento, ahora se tiene menos tiempo de seteo y menos porcentaje de desperdicio en el tren de laminación cuando se efectúa el arranque de un nuevo lote de producción. En el seteo para el arranque de un lote de producción de demoraban 90 minutos, en la actualidad se realiza en 40 minutos; en relación al desperdicio anteriormente se tenía de 4 a 5%, ahora con la rectificación en el torno CNC se tiene de 2 a 3% lo que representa gran ahorro, la producción mensual es de 1500 Toneladas.

### 3.2 SINTESIS DEL METODO

Como síntesis del método se tiene lo siguiente:

Se debe comparar los parámetros de ovalidad que se tiene en forma estadística, para saber si está dentro de los estándares de calidad, caso contrario se debe mandar a rectificar la matricería.

Otra referencia son las toneladas producidas, se debe comparar con el respectivo estándar que se tiene para matricería rectificada.

En la actualidad se tiene control sobre el proceso y se puede programar de mejor manera producción de tubería y la rectificación de la matricería, de esta forma se tiene la matricería en buenas condiciones para ser usada en cualquier momento.



Cuando se determina que por el estándar de tonelaje producido se debe enviar a rectificar la matricería, se verifica la existencia de planos originales con el perfil de la matricería y se procede a realizarlos en AUTOCAD, para tenerlos en la biblioteca para futuras rectificaciones.

Se hace el pedido de rectificación y se envía con los planos en Autocad.

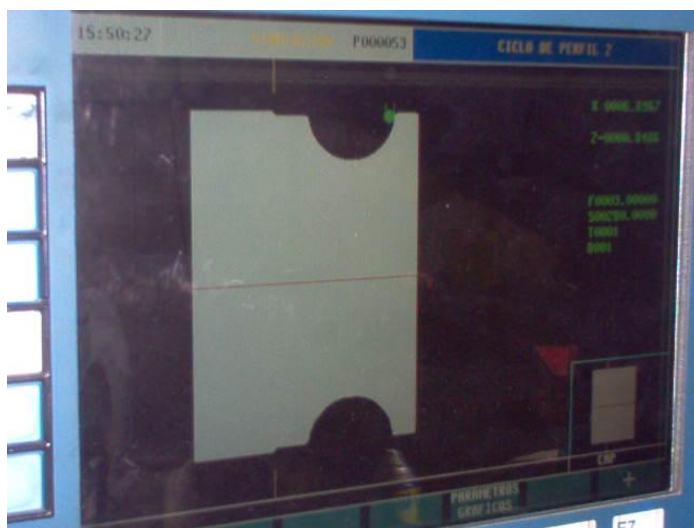
FOTOGRAFIA N° 7 Perfil de la matricería en el panel de control.



Con el plano en Autocad, se verifica medidas con la matricería que se va a rectificar y se procede a cargar los datos en el panel de control del torno CNC de punto en punto y comprobando que el perfil esté cumpliendo con el plano; se selecciona la herramienta de corte con la cual se va realizar la rectificación, se escoge los parámetros de la herramienta (geometría) en el programa del torno y luego se realiza la simulación. Si la simulación no se puede realizar el programa da un mensaje que indica que está mal seleccionada la geometría de la herramienta de corte.

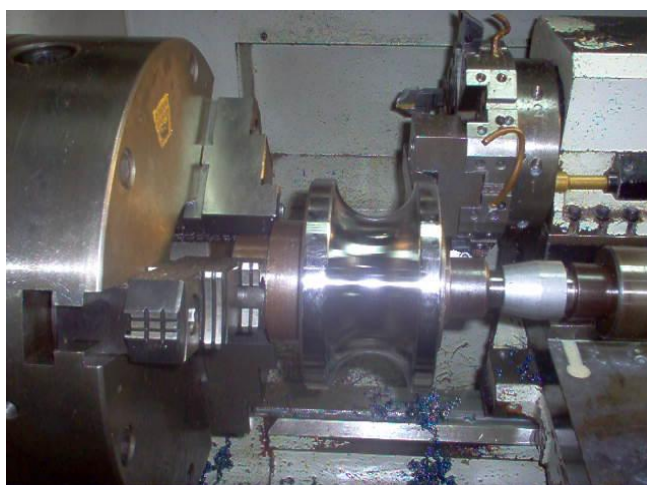
Luego se procede a cargar los parámetros de velocidad y avance de la herramienta y si se va a utilizar refrigerante o no, ya que este tipo de plaquitas puede trabajar en seco o con refrigerante.

FOTOGRAFIA N° 8 Simulación del perfil de la matricería .



Una vez comprobada la simulación procedemos a ver la forma de sujeción de las matrices en el mandril del torno y la posición de cambio de herramientas de la torreta automática.

FOTOGRAFIA N° 9 Sujeción de la matriz en el torno.



Los rodillos de la matricería trabajan siempre en parejas, por lo que se debe evaluar cual está más desgastado para proceder a rectificar este primero. Cuando ya se sujeta la matriz procedemos a setear el torno y verificar cuantas décimas de milímetro se debe rectificar y cuantas pasadas de desbaste se va a realizar, la última es la de acabado se la realiza con menos avance para conseguir un excelente acabado superficial.

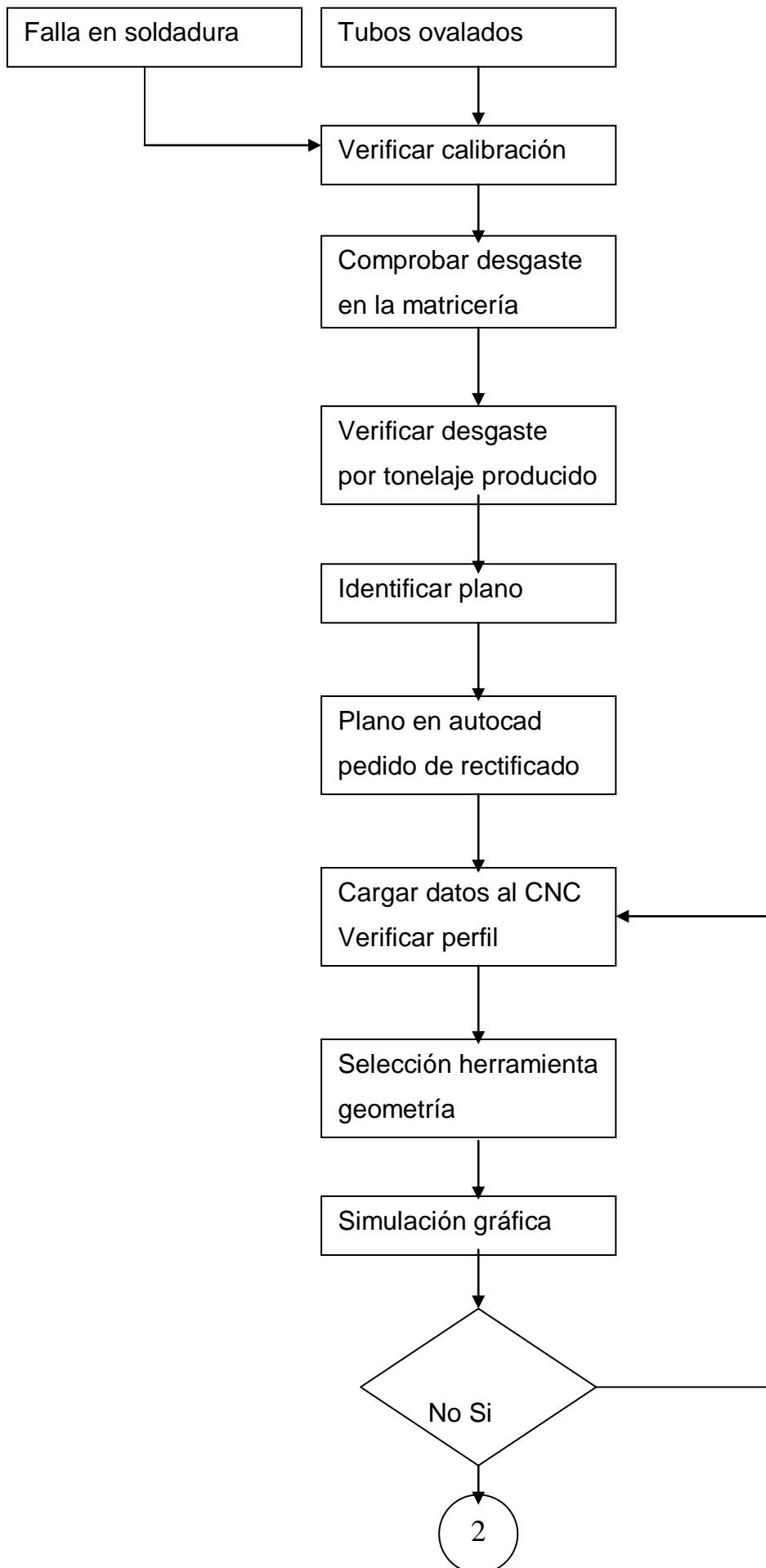
Luego que se termina el proceso de rectificar se comprueba visualmente si está con sombra la superficie rectificada, si tiene sombra se debe rectificar una vez más y comprobar si queda la superficie completamente rectificada y brillante; especialmente queda con sombra en las partes mas externas de la matricería donde se presenta mas desgaste, una vez que toda la superficie está totalmente brillante (pulida) se tiene ya lista la matriz y se procede a desmontar. Este proceso de rectificación de un rodillo del juego de una matricería se lo realiza en 15 minutos.

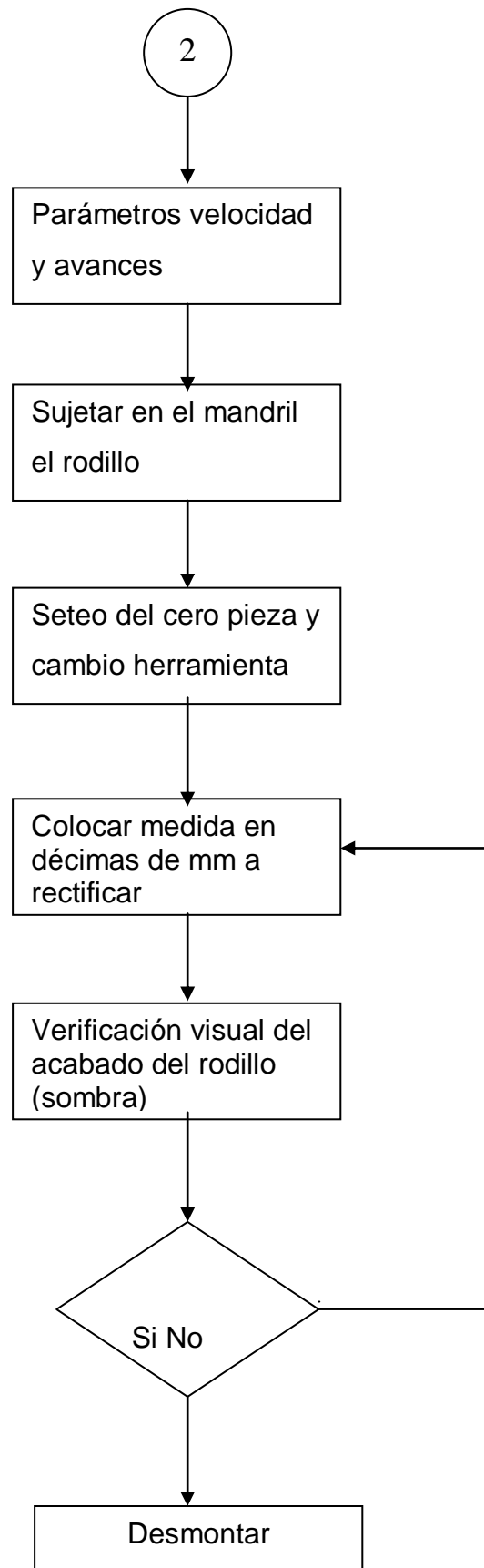
Luego se monta la pareja del rodillo que acabamos de rectificar para dejarle con la misma medida, lo único que hacemos es poner en el programa que tenemos la sobre medida, y se procede nuevamente a correr el programa.

Mientras la matricería se está rectificando se puede seguir cargando los datos para realizar otros programas y con esto se ahorra tiempo.

En la actualidad se está entregando las matrices rectificadas con el perfil original de un tren de laminación que son en promedio 50 rodillos en 3 turnos de 8 horas. Lo máximo que se puede rectificar estos rodillos de la matricería es de 5 (mm) al diámetro, porque luego se presentan problemas en la distancia de los centros en las regulaciones del tren de laminación. Por lo que se puede rectificar hasta 5 veces la matricería completa, ya que lo máximo que se ha rectificado es 0,7 (mm) en cada ocasión.

### 3.3 ALGORITMO DEL METODO





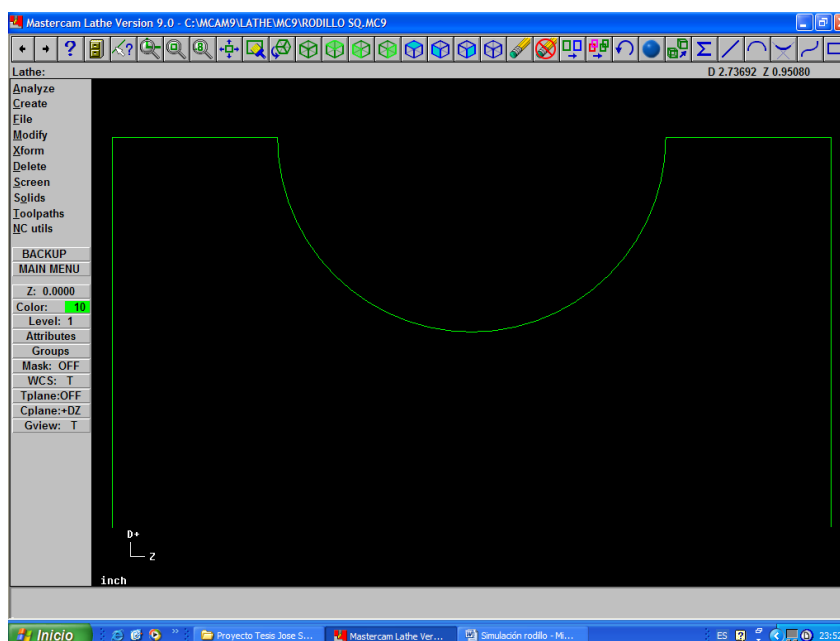
## CAPITULO 4.

### 4. APLICACION DEL PROCEDIMIENTO PARA LA RECTIFICACION DEL PERFIL ORIGINAL DE LA MATRICERIA PARA LA FABRICACION DE LA TUBERIA DE LA EMPRESA CONDUIT DEL ECUADOR S.A.

#### 4.1 PROGRAMACION DE PAQUETE CAD/CAM PARA UN EJEMPLO ESPECÍFICO.

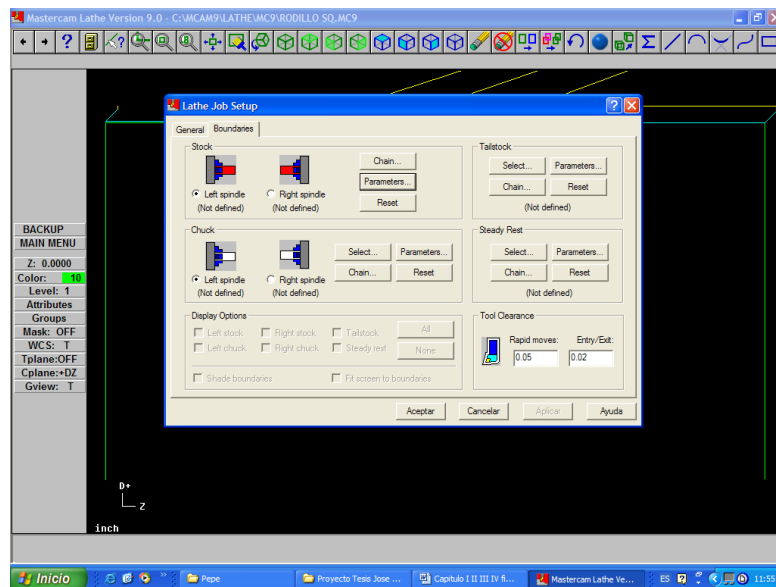
En el sistema Mastercam se va realizar la programación del perfil del rodillo de la matricería partiendo del plano en autocad que se tiene y con estos datos se ingresa en el programa.

FIGURA N° 60 Perfil del rodillo SQ que se va a rectificar.



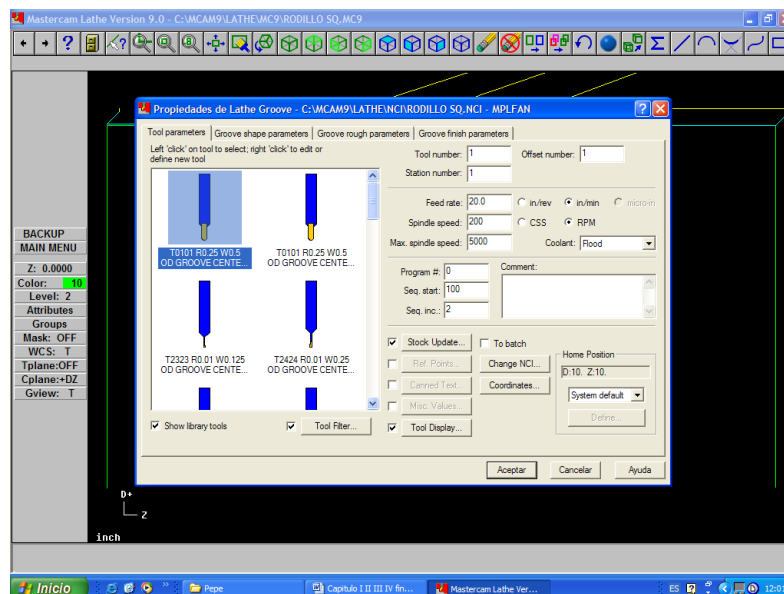
En la figura N° 60 se observa el perfil del rodillo SQ que vamos a realizar la programación en el sistema Mastercam.

FIGURA N° 61 Selección de parámetros



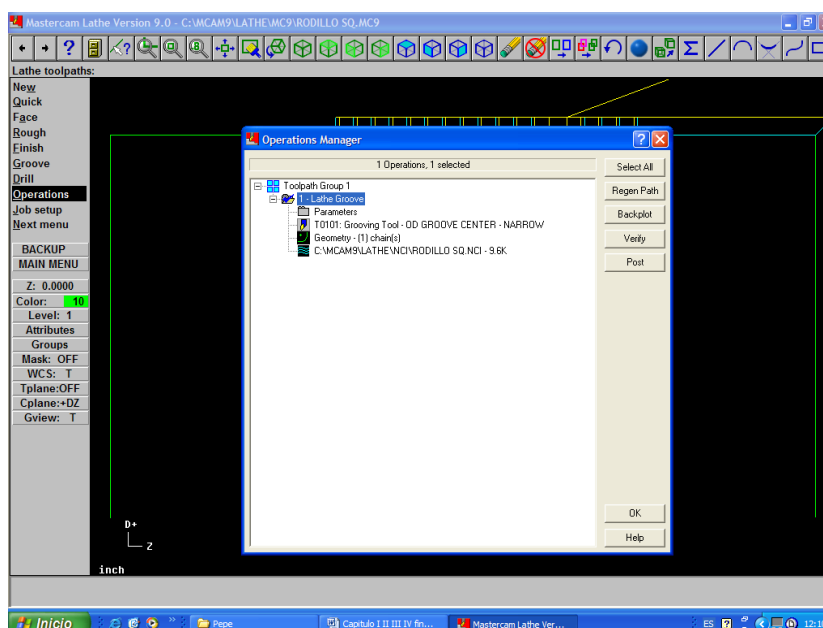
En la figura N° 61 se observa el inicio la selección de parámetros para la programación de la rectificación del rodillo.

FIGURA N° 62 Selección de la herramienta.



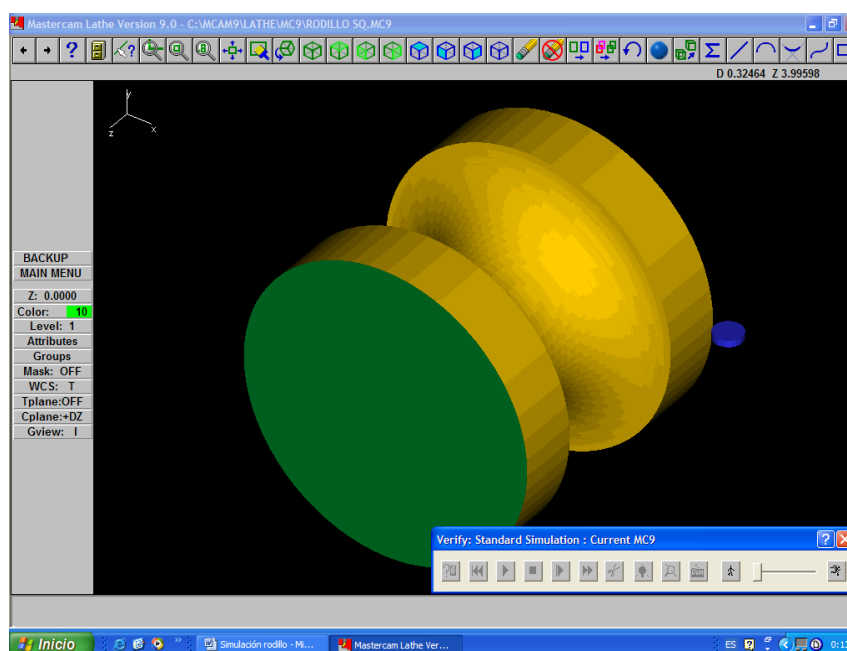
En la figura N° 62 se precisa la selección de la herramienta más adecuada para realizar la rectificación, con estos datos se carga la programa.

FIGURA N° 63 Selección de la operación



En la figura N° 63 se selecciona la operación en el programa para realizar la rectificación.

FIGURA N° 64 Comprobación de la operación.



En la figura N° 64 se verifica la selección de la operación y esta listo el programa para enviar al torno CNC.



FIGURA N° 65 Instrucciones del programa

```

C:\WCAM9\LATHE\NC\RODILLO SQ.NC
File Edit
%
O0000
%
(PROGRAM NAME - RODILLO SQ DATE=DD-MM-YY - 07-05-06 TIME=HH:MM - 00:02)
(TOOL - 1 OFFSET - 1)
(OD GROOVE CENTER - NARROW INSERT - GC-4125)
G0T0101
G97S200M13
G0G54X4.467Z2.548
G99G1X2.639F20.
G0X4.467
Z2.4488
G1X2.4657
G0X4.467
Z2.6472
G1X2.888
X2.9277Z2.6274
G0X4.467
Z2.3496
G1X2.3403
X2.3822Z.3694
G0X4.467
Z2.7464
G1X3.3264
X3.3661Z2.7266
G0X4.467
Z2.2504
G1X2.2507
X2.2904Z2.2702
G0X4.467
Z2.8456
G1X4.1151
X4.1548Z2.8258
G0X4.467
Z2.1511
G1X2.191
X2.2307Z2.171
G0X4.467
Z2.9449
G1X4.2463
X4.2862Z.925
G0X4.467
Z2.0519
G1X2.1577
X2.1974Z2.0718
G0X4.467
Z1.9527
G1X2.1493
X2.18921.9726
G0X4.467
Z1.8535
G1X2.1653
%

C:\WCAM9\LATHE\NC\RODILLO SQ.NC
File Edit
G1X2.1653
X2.20521.8733
G0X4.467
Z1.7543
G1X2.2065
X2.2462Z1.7741
G0X4.467
Z1.6551
G1X2.2749
X2.3146Z1.6749
G0X4.467
Z1.5559
G1X2.3747
X2.4144Z1.5757
G0X4.467
Z1.4566
G1X2.5132
X2.5529Z1.4765
G0X4.467
Z1.3574
G1X2.7055
X2.7452Z1.3773
G0X4.467
Z1.2582
G1X2.9306
X3.0303Z1.2781
G0X4.467
Z4.0077
X4.4084
G1X4.267Z3.937
Z3.032
G3X3.767Z2.782R.25
G2X2.139Z1.968R.814
X3.767Z1.154R.814
G0X3.9084
G2800.W0.M05
T0100
M02
(TOOL - 2 OFFSET - 2)
(LROUGH OD ROUGH - HEXAGON INSERT - NONE)
G0T0202
G97S200M13
G0G54X4.287Z1.1915
G99G1Z.9509F.01
Z0
X4.4284Z.0707
G0X4.4784
G2800.W0.M05
T0300
M30
%

```

En la figura N° 65 se puede apreciar las sentencias del programa de la simulación de la rectificación del rodillo SQ

## 4.2 SIMULACION DE RECTIFICACION

En la fotografía N° 10 se puede apreciar un rodillo SQ que se retiró del tren de laminación y va a ser rectificado porque presenta desgaste en la superficie, entonces se verifica el tipo de rodillo, el plano en autocad y se procede a cargar en el programa del torno CNC los datos correspondientes al perfil del rodillo.

FOTOGRAFIA N° 10 Rodillos SQ desgastado.



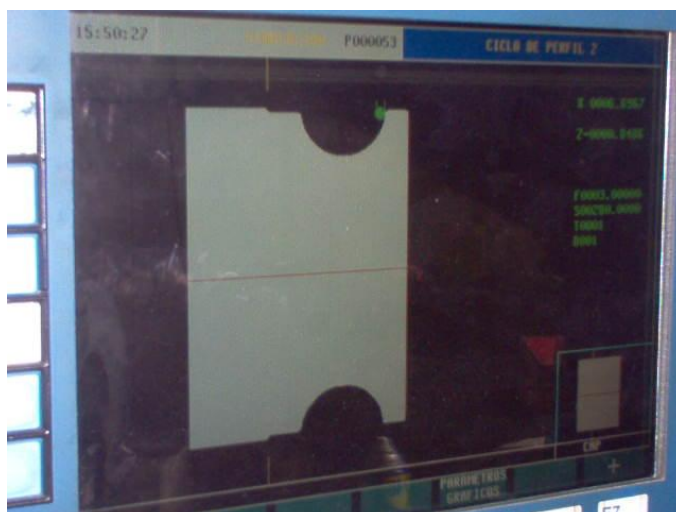
Como se observa en la fotografía N° 11 se tiene el perfil correspondiente generado mediante los datos que se proporcionó en el plano, una vez que se ha conseguido el perfil procedemos a seleccionar la geometría de la herramienta que vamos a utilizar para realizar la rectificación de la matricería.

FOTOGRAFIA N° 11 Perfil del rodillo a rectificar.



Se observa la simulación correspondiente al perfil que se ha realizado anteriormente, la herramienta de corte es de color verde y la pieza a rectificar es de color blanco.

FOTOGRAFIA N° 12 Simulación del rodillo a rectificar.



Ahora se aprecia en la posición central del rodillo, la herramienta de corte en la simulación.

FOTOGRAFIA N° 13 Herramienta en la posición central del rodillo.



En la fotografía N° 14 se aprecia que la herramienta está terminando la simulación del perfil correspondiente, que luego se ejecutará en el rodillo que se va a rectificar.

FOTOGRAFIA N° 14 Herramienta en la posición final del perfil del rodillo.



Una vez terminada la simulación y comprobado el perfil que se debe realizar se terminará la etapa de simulación de manera satisfactoria, en el caso de que la simulación no se efectúe adecuadamente, en el display se observan mensajes de errores que se debe corregir generalmente es el de la geometría de la herramienta.

### **4.3 RECTIFICAR LA MATRICERIA**

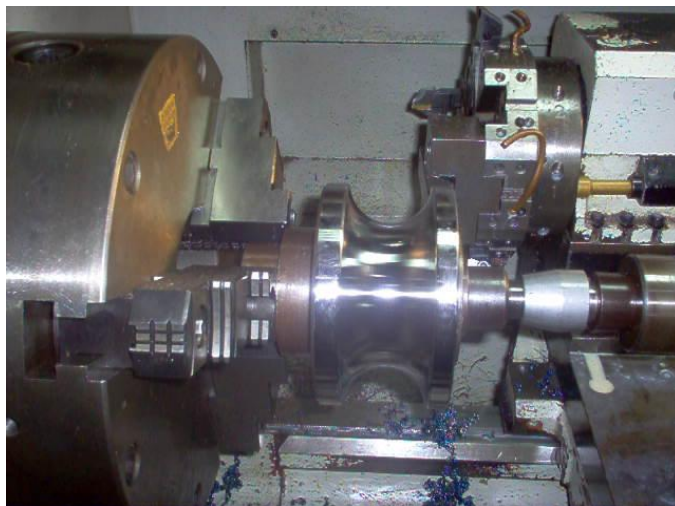
Luego de realizar la simulación correspondiente, se procede a montar el rodillo en el mandril para realizar el seteo, se debe determinar el cero pieza y la posición de cambio de herramienta.

FOTOGRAFIA N° 15 Rodillo SQ para ser rectificado.



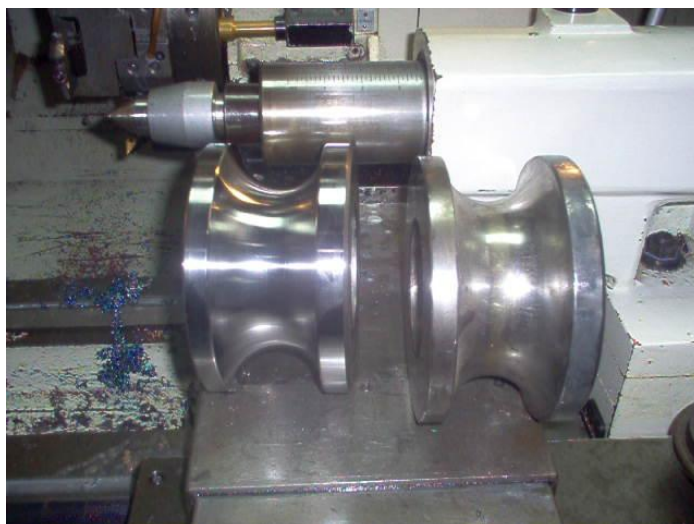
En la fotografía N° 16 se puede apreciar como se montó y luego se procedió a rectificar el rodillo, y está listo para ser montado en el tren de laminación.

FOTOGRAFIA N° 16 Rodillos SQ rectificado.



En la fotografía N° 17 se puede observar dos rodillos, el de la izquierda está ya rectificado y brillante, mientras que el usado del lado derecho está opaco, se procede a medir para colocar la diferencia de medida en el programa y realizar la rectificación del rodillo usado, de esta manera el diámetro será el mismo al terminar la rectificación.

FOTOGRAFIA N° 17 Rodillos SQ rectificado y por rectificar.



En la fotografía N° 18 se aprecia el rodillo que fue rectificado con buen acabado y tiene el perfil que el fabricante del tren de laminación recomienda.

FOTOGRAFIA N° 18 Rodillos SQ rectificado.



#### 4.4 PRUEBAS Y VERIFICACION

Una vez terminado el proceso de rectificación de la matricería para la fabricación de tubería se procede al montaje en el tren de laminación, este cambio de la matricería se demora de 3 a 4 horas dependiendo de la medida de tubería que se va a producir.

FOTOGRAFIA N° 19 Montaje de la matricería en el tren de laminación.



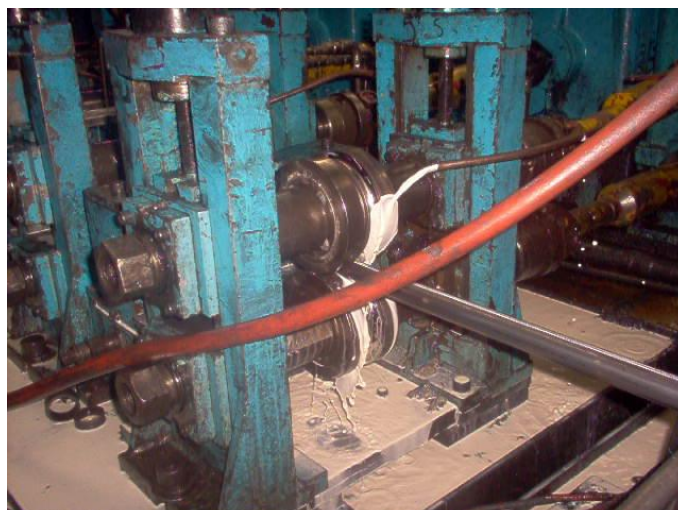
Concluido el montaje se procede a alimentarlo de fleje al tren de laminación y se comienza a realizar el seteo para el arranque de un lote de producción, antes se demoraban 90 minutos ahora se lo realiza en 40 minutos y se tiene menor desperdicio, anteriormente se tenía de 4 a 5%, ahora con la rectificación en el torno CNC se tiene de 2 a 3%.

FOTOGRAFIA N° 20 Seteo del tren de laminación.



En la fotografía N° 21 se puede observar que el fleje tomó la forma de la tubería que se va a producir.

FOTOGRAFIA N° 21 Fleje en los rodillos laminadores.





En la fotografía N° 22 observamos mejor la forma de la tubería en los rodillos horizontales.

FOTOGRAFIA N° 22 Tubería en los rodillos de laminación horizontales.



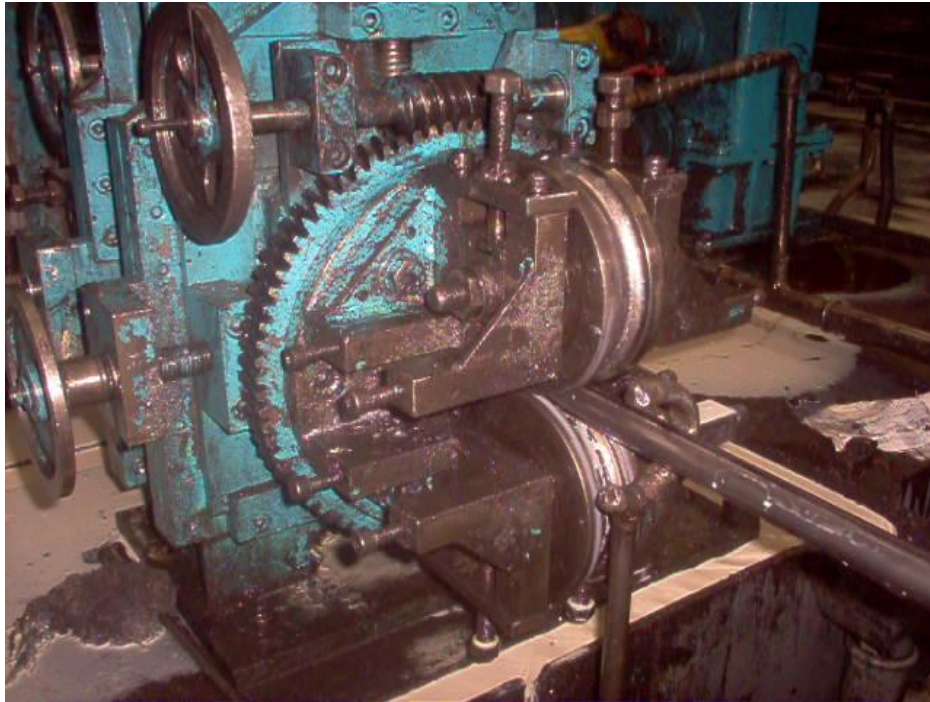
Luego se realiza el proceso de soldadura por inducción, para realizar la costura de la tubería se utilizan los rodillos SQ que deben tener la forma exacta, para no tener inconvenientes de soldadura cuando ya está formada la tubería.

FOTOGRAFIA N° 23 Proceso continuo de soldadura por inducción.



Al finalizar el proceso están los rodillos regulables circularmente, que son los que dan la forma cilíndrica a la tubería.

FOTOGRAFIA N° 24 Rodillos finales regulables circularmente.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Por todo lo descrito anteriormente se concluye que el proceso de innovación tecnológica, junto a la fuerte competencia entre las empresas, son las principales causas del aumento de exigencias de los mercados, donde los fabricantes deben presentar productos cada vez más adecuados y a menor precio, a fin de ser competitivos y poder permanecer en el mercado.

Las nuevas tecnologías de fabricación en el ciclo de un producto, que incluyen las máquinas con control numérico computarizado y los sistemas integrados CAD/CAM han posibilitado obtener productos, inclusive difíciles de fabricar con tecnologías convencionales, en mayor cantidad y calidad y a más bajos costos, por lo que se debería difundir la utilización de estas máquinas en nuestro país debido a sus ventajas, para que la industria ecuatoriana pueda participar y competir en el actual mercado globalizado.

En la industria ecuatoriana existe actualmente una aplicación muy limitada, casi nula, de estas tecnologías de manufactura lo que nos pone en seria desventaja respecto a países vecinos y no se diga respecto a otros desarrollados. Nuestro país esta a punto de firmar el Tratado de Libre Comercio dentro de la globalización, por lo que se debe buscar los mecanismos para aumentar la productividad y uno de estos mecanismos es la transferencia y adaptación de tecnología de punta para la producción.

En el presente trabajo se utiliza adecuadamente las tecnologías de punta como el torno CNC, donde se generan productos de calidad. El cumplimiento de los estándares solicitados se traducen en eficiencia y productividad en las fases siguientes del proceso. Las ventajas que se obtuvieron son el seteo para el arranque de un lote de producción, antes se demoraban 90 minutos ahora se lo realiza en 40 minutos, menor desperdicio en el momento del arranque de un

nuevo programa de producción, lo que significa un ahorro y abaratamiento de los costos de los productos finales. Se pudo disminuir el desperdicio de un promedio de 4,5% a 2,5%, lo que representa un ahorro de 30 toneladas de la producción mensual de 1500 toneladas, en el momento del estudio el precio por tonelada de acero era de \$ 800, por lo que se obtuvo un ahorro promedio de \$ 24.000 mensuales.

También se ha recuperado matrices que estaban fuera de uso y utilizando espacio físico, el valor de un juego nuevo completo de matrices es de \$ 20.000, lo que representa una inversión para la empresa y un costo adicional para el producto, este es otro ahorro que se obtiene al recuperar las matrices de una forma técnica y cumpliendo los parámetros de calidad que tiene este producto.

Otro de los aspectos que se concluye de este trabajo es que se pudo mejorar el tiempo de rectificación de las matrices de una manera importante, de 20 días de turnos de 8 horas a 3 días de turnos 8 horas, es otra ventaja del uso de estas tecnologías de punta, permitiendo aumentar la productividad de la empresa Conduit del Ecuador.

También se dejó establecido un procedimiento que sirve para determinar cuando un juego de matrices están de rectificar, permitiendo realizar una programación de producción más adecuada que se traduce en mejora de tiempo de entrega a los clientes.

Se ha capacitado al personal que tiene formación técnica en el manejo de estas tecnologías de punta y se ha obtenido buenos resultados, de esta manera se ha dado soluciones a problemas que se tenían anteriormente por las formas complicadas que tienen algunas piezas.

## Recomendaciones

Se recomienda la utilización de este tipo de máquinas de control numérico computarizado en nuestro país, porque es muy fácil su uso y se obtienen piezas en serie con calidad y a muy bajos costos.

Se recomienda dar un enfoque mas práctico sobre las nuevas tecnologías en la carrera de pregrado, para de esta manera mejorar la formación de las nuevas generaciones que son las que tendrán en sus manos los destinos de nuestro país y podrán aplicar eficientemente estas herramientas y las tecnologías de punta.

También se debería ampliar este trabajo complementando con la fabricación de piezas de formas complicadas y en serie mediante la utilización de fresadora C.N.C. para cubrir un gran campo de las aplicaciones de las máquinas de control numérico orientándonos siempre a ser más competitivos y obtener productos de calidad.

## Bibliografía

- + AMIROUCHE, FARID M. L. Computer Aided Design and manufacturing. Prentice Hall International, 1993.
- + AGUINAGA ALVARO, Apuntes para la Maestría de Materiales Diseño y Producción EPN, 2005.
- + D. QIULIN, B.J. DAVIES Surface Engineering Geometry for Computer-Aided Design & Manufacture Ellis Horwood Ltd., 1987.
- + HAWKES Computer-Aided Design and Manufacture C.B. BESANT, C.W.K. Lui. Ellis Horwood Limited, 1986.
- + HAWKES CAD/CAM B.. Paraninfo S.A., 1989.
- + McMAHON, CH.; BROWNE, J. CAD/CAM from Principles to Practice. Addison Wesley, 1993.
- + M. E. MORTENSON Geometric Modeling John Wiley & Sons, 1985.
- + MASTERCAM, Design, User Guide, Manuales. Artículos concernientes a los temas.
- + TAYLOR, DEAN .A. Computer-Aided Design. Addison Wesley, 1992.
- + ZEID IBRAHIM. CAD/CAM. Theory and Practice, McGraw-Hill. 1991.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**

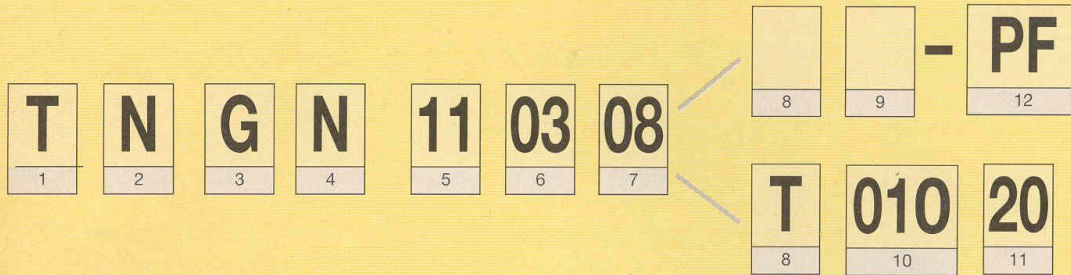
**PLAQUITAS PARA TORNEADO GENERAL**





# TORNEADO EN GENERAL

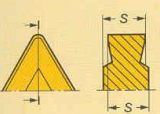
Clave de códigos para plaquetas



Extracto de ISO 1832—1991


1 Forma de la plaquita		2 Ángulo de incidencia de la plaquita		3 Tolerancias $\pm$ en $s$ y $iC/iW$																																				
80° C	55° D	B 5°	C 7°	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo <math>s</math></th> <th colspan="2"><math>iC / iW</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>G</td> <td colspan="2"><math>\pm 0,025</math></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td colspan="2"><math>\pm 0,05 - \pm 0,15</math></td> </tr> <tr> <td>U</td> <td colspan="2"><math>\pm 0,08 - \pm 0,25</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><sup>1)</sup>Varía dependiendo del tamaño de <math>iC</math>. Ver más abajo.</p>		Tipo $s$	$iC / iW$		G	$\pm 0,025$		M	$\pm 0,05 - \pm 0,15$		U	$\pm 0,08 - \pm 0,25$																								
Tipo $s$	$iC / iW$																																							
G	$\pm 0,025$																																							
M	$\pm 0,05 - \pm 0,15$																																							
U	$\pm 0,08 - \pm 0,25$																																							
55° K	R	E 20°	N 0°	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Círculo inscrito <math>iC</math> mm</th> <th colspan="2">Tipo de tolerancia</th> </tr> <tr> <th>M</th> <th>U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3,97</td> <td rowspan="10"><math>\pm 0,05</math></td> <td rowspan="10"><math>\pm 0,08</math></td> </tr> <tr><td>5,0</td></tr> <tr><td>5,56</td></tr> <tr><td>6,0</td></tr> <tr><td>6,35</td></tr> <tr><td>8,0</td></tr> <tr><td>9,0</td></tr> <tr><td>9,525</td></tr> <tr><td>10,0</td></tr> <tr><td>12,0</td></tr> <tr> <td>12,7</td> <td><math>\pm 0,08</math></td> <td><math>\pm 0,13</math></td> </tr> <tr> <td>15,875</td> <td rowspan="5"><math>\pm 0,10</math></td> <td rowspan="5"><math>\pm 0,18</math></td> </tr> <tr><td>16,0</td></tr> <tr><td>19,05</td></tr> <tr><td>20,0</td></tr> <tr><td>25,0</td></tr> <tr> <td>25,0</td> <td rowspan="3"><math>\pm 0,13</math></td> <td rowspan="3"><math>\pm 0,25</math></td> </tr> <tr><td>25,4</td></tr> <tr><td>31,75</td></tr> <tr> <td>32,0</td> <td><math>\pm 0,15</math></td> <td><math>\pm 0,25</math></td> </tr> </tbody> </table>		Círculo inscrito $iC$ mm	Tipo de tolerancia		M	U	3,97	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$	5,0	5,56	6,0	6,35	8,0	9,0	9,525	10,0	12,0	12,7	$\pm 0,08$	$\pm 0,13$	15,875	$\pm 0,10$	$\pm 0,18$	16,0	19,05	20,0	25,0	25,0	$\pm 0,13$	$\pm 0,25$	25,4	31,75	32,0	$\pm 0,15$	$\pm 0,25$
Círculo inscrito $iC$ mm	Tipo de tolerancia																																							
	M	U																																						
3,97	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$																																						
5,0																																								
5,56																																								
6,0																																								
6,35																																								
8,0																																								
9,0																																								
9,525																																								
10,0																																								
12,0																																								
12,7	$\pm 0,08$	$\pm 0,13$																																						
15,875	$\pm 0,10$	$\pm 0,18$																																						
16,0																																								
19,05																																								
20,0																																								
25,0																																								
25,0	$\pm 0,13$	$\pm 0,25$																																						
25,4																																								
31,75																																								
32,0	$\pm 0,15$	$\pm 0,25$																																						
35° V	80° W	P 11°	O Descripción específica																																					
5 Tamaño de plaquita = longitud de arista de corte, $l$ mm																																								
$iC$ mm	$iC$ pulgadas	C	D	R	S	T	V	W	K																															
3,97	5,32"					06																																		
5,0	7/32"			05		09																																		
5,56																																								
6,0	1/4"	06	06			11	11																																	
6,35			07																																					
8,0				08																																				
9,0				09																																				
9,525	3/8"	09	11	09	09	16	16		16*																															
10,0				10																																				
12,0				12																																				
12,7	1/2"	12	15	12	12	22	22	08																																
15,875	5/8"	16		15	15	27																																		
16,0				16																																				
19,05	3/4"	19		19	19	33																																		
20,0				20																																				
25,0				25																																				
25,4	1"	25		25	25																																			
31,75				31																																				
32				32																																				
* Para plaquetas del tipo K (KNMX, KNUX) sólo se indica la longitud teórica de la arista de corte.																																								
4 Tipo de plaquita																																								
A	M																																							
G	R																																							
N	W																																							
T																																								
X	Diseño especial																																							

**6 Espesor de plaquita, s mm**








01	s = 1,59
T1	s = 1,98
02	s = 2,38
03	s = 3,18
T3	s = 3,97
04	s = 4,76
05	s = 5,56
06	s = 6,35
07	s = 7,94
09	s = 9,52
10	s = 10,00
12	s = 12,00

**7 Radio de punta,  $r_\epsilon$  mm**

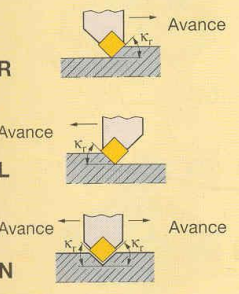


00	$r_\epsilon$ = Plaquita redonda
04	$r_\epsilon$ = 0,4
08	$r_\epsilon$ = 0,8
12	$r_\epsilon$ = 1,2
16	$r_\epsilon$ = 1,6
24	$r_\epsilon$ = 2,4

**8 Filo de corte**

F	 Filo de corte agudizado
E	 Arista de corte tratada ER
T	 Faceta negativa
K	 Facetas negativas dobles
S	 Faceta negativa y filo de corte con tratamiento ER

**9 Sentido de la herramienta**

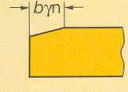


R

L

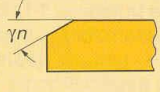
N

**10 Anchura de chaflán, mm**



010	$b\gamma_n$ = 0,10
025	$b\gamma_n$ = 0,25
070	$b\gamma_n$ = 0,70
150	$b\gamma_n$ = 1,50
200	$b\gamma_n$ = 2,00

**11 Ángulo de chaflán**



15	$\gamma_n$ = 15°
20	$\gamma_n$ = 20°

**12 Opinión del fabricante**

El código ISO está compuesto por nueve símbolos, incluyendo el 8 y el 9 que se utilizan solamente cuando sea necesario. Además de éstos, el fabricante puede añadir dos símbolos adicionales, p.e. -PF = ISO P acabado, -PR = ISO P desbaste.

## Torneado con cerámicas y CBN

### Cerámicas — dos familias

Para las herramientas de corte se utilizan dos materiales de cerámica básicos: el óxido de aluminio ( $Al_2O_3$ ) y el nitruro de silicio ( $Si_3N_4$ ).

**CC620** La cerámica pura está compuesta por una base de alúmina ( $Al_2O_3$ ) con una pequeña cantidad de óxido de circonio ( $ZrO_2$ ), con el fin de incrementar su tenacidad.

**CC650** La cerámica mixta está compuesta por una base de ( $Al_2O_3$ ) con adición de carburo de titanio (TiC), con el fin de incrementar sus propiedades térmicas.

**CC670** La cerámica reforzada está compuesta por una base de ( $Al_2O_3$ ) con micro-filamentos de carburo de silicio (SiC), que contribuyen a incrementar su conductividad térmica y a mejorar considerablemente su tenacidad.

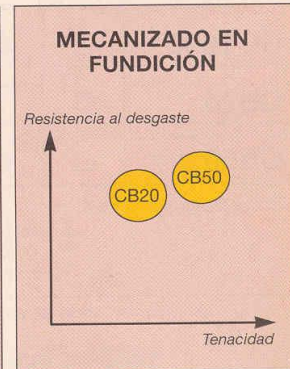
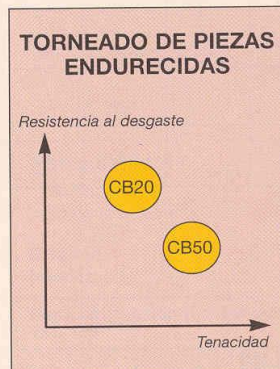
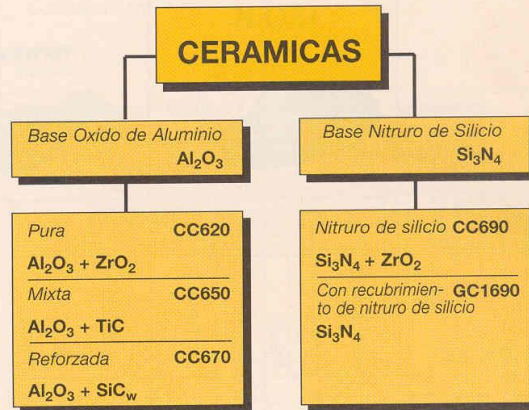
**CC690** La cerámica basada en nitruro de silicio ( $Si_3N_4$ ) tiene unas propiedades térmicas y de tenacidad superiores a las cerámicas basadas en ( $Al_2O_3$ ).

**GC1690** Una cerámica dura y muy pura, basada en nitruro de silicio, con recubrimiento, que ofrece una excelente resistencia al desgaste.

### Nitruro de boro cúbico — CBN

Comparado con las cerámicas, CBN ofrece una mayor dureza y resistencia a la fractura, aunque, por otro lado, una menor resistencia química. Por lo tanto, si se utiliza este material en operaciones de corte para las que la estabilidad química constituye un requisito esencial, se recomienda utilizar una calidad CBN que contenga parte de material cerámico.

La figura muestra las dos calidades CBN de Coromant, incluyendo la CB20 que contiene parte de cerámica. Las plaquitas están normalmente compuestas por una lamina soldada a una base de metal duro.



### PLAQUITAS DE NITRURO DE BORO CUBICO

**T-MAX P**, ver páginas 27 - 28.



**T-MAX U**, ver página 39.



**T-MAX**, ver página 51.



**T-MAX Q-Cut**, ver páginas 179 y 184.



**T-MAX U-Lock**, ver páginas 227 - 228.



### PLAQUITAS DE CERÁMICA

**T-MAX P**, ver páginas 13 - 24 y 43 - 48.



**T-MAX - negativa**, ver páginas 43 - 48.



**T-MAX - plaquitas positivas**, ver páginas 43 - 48.



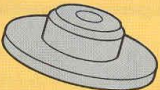
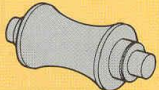

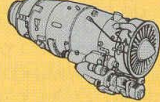
**RANURADO**, ver página 185.



150.23

# TORNEADO EN GENERAL Cerámicas y CBN

Cómo utilizar las plaquitas de cerámica y CBN

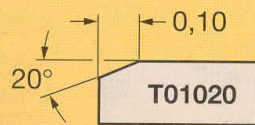
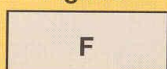
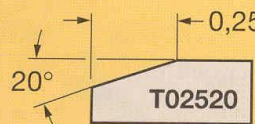
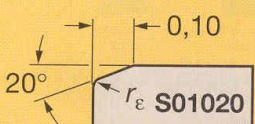
CALIDADES	ISO K			ISO K-H Torneado de piezas endurecidas						ISO M-S Industria aeroespacial		
												
	FUNDICIÓN						ACERO			SUPER-ALEACIONES TERMORESISTENTES		
	Acabado	Medio	Desbaste	Acabado	Medio	Desbaste	Acabado	Medio	Desbaste	Acabado	Medio	Desbaste
CC620	●	○										
CC650	●			●	● <sup>1)</sup>	○ <sup>1)</sup>	●	●		○		
CC670					○	●		○	●	●	●	●
CC690		●	●			●						
GC1690	○	●	●	○	●	●						
CB20	●			●			●	●				
CB50	●	●		○	●	○		○	●			

1) Con faceta grande T o K

● Recomendada


○ Alternativa

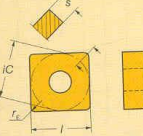

## Chaflanes básicos para plaquitas de cerámica y CBN

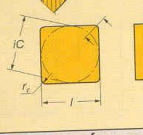

CERÁMICAS		NITRURO DE BORO CUBICO	
Calidades	Chaflán básico	Calidades	Chaflán básico
CC650 CC670	 <p>T01020</p>	CB50	<p>Agudo</p>  <p>F</p>
CC620 CC690 GC1690	 <p>T02520</p>	CB20	 <p>r<sub>e</sub> S01020</p>

# TORNEADO EN GENERAL

## Plaquetas de cerámica

GEOMETRÍAS COMPLEMENTARIAS		CALIDADES COROMANT									
		CC			GC						
Código de pedido		620	650	670	690	1690					
 RCGX RPGX	RCGX	12 07 00 E		☆	☆						
		12 07 00 T01020		☆	☆						
		12 07 00 T15015									
		12 07 00 K15015									
		15 10 00 T20015									
		19 10 00 K20015									
	RPGX	09 07 00 T01020			☆						
		12 07 00 T01020			☆						




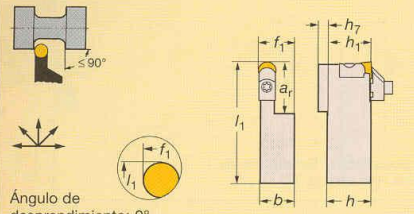



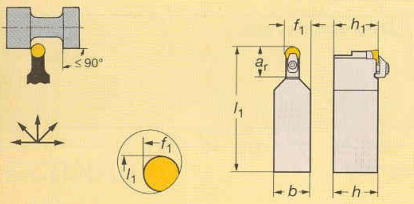
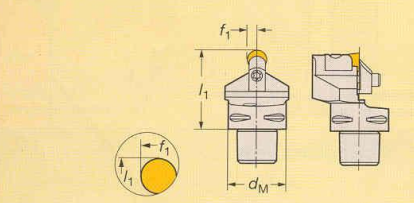
Cuadradas		SNGA 12 04 08 T01020		Portaplaquetas:							
		↓ ↓ ↓ ↓ l s r <sub>E</sub>		Mango Coromant Capto™							
Para clave de códigos, ver página 6.				Página 83							
				Exterior: Interior:							
				111							
				Para información técnica y datos de corte, ver páginas 137-169.							
GEOMETRÍAS COMPLEMENTARIAS		CALIDADES COROMANT									
Código de pedido		CC			GC						
		620	650	670	690	1690					
 SNGA	SNGA	12 04 08 T01020	☆								
		12 04 08 T02520									
		12 04 12 T01020									
		12 04 12 T02520									
		12 04 16 T01020									
		12 04 16 T02520									

Cuadradas		SNGN 09 03 08 T01020		Portaplaquetas:								
		↓ ↓ ↓ ↓ l s r <sub>E</sub>		Mango Coromant Capto™								
Para clave de códigos, ver página 6.				Página 83								
				Exterior: Interior:								
				111								
				Para información técnica y datos de corte, ver páginas 137-169.								
GEOMETRÍAS COMPLEMENTARIAS		CALIDADES COROMANT										
Código de pedido		CC			GC							
		620	650	670	690	1690						
 SNGN	SNGN	09 03 08 T01020	☆									
		12 04 08 T01020										
		12 04 08 T02520										
		12 04 12 T01020										
		12 04 12 T02520										
		12 04 16 T01020										
		12 04 16 T02520										
		12 07 08 T01020		☆								
		12 07 08 T02520										
		12 07 12 T01020		☆								
		12 07 12 T02520										
		12 07 16 T01020		☆								
		12 07 16 T02520										

Ejemplo de pedido: 10 piezas RCGX 12 07 00 E 670

# TORNEADO EN GENERAL

## Cerámicas – Mecanizado exterior

<b>Plaquitas</b>  RCGX RPGX Ver páginas 45-46.		<b>Código de pedido</b>	<b>Dimensiones, mm</b>							
			<i>h</i>	<i>h</i> <sub>1</sub>	<i>b</i>	<i>h</i> <sub>7</sub>	<i>l</i> <sub>1</sub>	<i>a</i> <sub>r</sub>	<i>f</i> <sub>1</sub>	
<b>CRDCR/L</b> <b>Mango</b>  Ángulo de desprendimiento: 0° Ángulo de inclinación: 0° Ilustración a derecha	09	CRDCR/L 3225P 09-A	32	32	25	6,1	170	29,5	25,8	4
	12	3225P 12-A	32	32	25	6,1	170	38,5	25,9	4
<b>Plaquitas</b>  RCGX RPGX Ver páginas 45-46.		<b>Código de pedido</b>	<b>Dimensiones, mm</b>							
			<i>h</i>	<i>h</i> <sub>1</sub>	<i>b</i>	<i>l</i> <sub>1</sub>	<i>a</i> <sub>r</sub>	<i>f</i> <sub>1</sub>		
<b>CRDCN</b> <b>Mango</b>  Ángulo de desprendimiento: 0° Ángulo de inclinación: 0°	06	CRDCN 3225P 06-A	32	38,1	25	170	19,4	15,6	4	
	09	3225P 09-A	32	38,1	25	170	29	17,2	4	
	12	3225P 12-A	32	38,1	25	170	38,5	18,8	4	
<b>Coromant Capto™</b> 	09	C5-CRDCN-00060-09AV	50	5	60				4	
	12	C5-CRDCN-00060-12AV	50	5	60				4	

La llave para la fijación de la plaquita debe pedirse por separado.  
 Para información técnica, ver páginas 137-169.  
 Para piezas de repuesto, ver páginas 372-375.

**Ejemplo de pedido: 2 piezas CRDCR 3225P 09-A**  
**2 piezas CRDCL 3225P 09-A**  
 R = A derecha , L = A izquierda

### SUPER-ALEACIONES TERMORRESISTENTES

ISO	Material	Material de la herramienta de corte		Velocidad de corte, $v_c$ m/min					Avance, $f_n$ mm/r				
		CMC <sup>1)</sup>	Con base Ni	Acabado / Desbaste ligero	Desbaste	200	300	400	500	600	0,10	0,20	0,30
<b>M-S</b> <i>Super-aleaciones termorresistentes</i>	20.21	Recocido o tratado con solución	CC670 (CC650)	CC670									
	20.22	Envejecido o tratado con solución y envejecido	CC670 (CC650)	CC670									
	20.24	Fundido o fundido y envejecido	CC670 (CC650)	CC670									
		<i>Con base Co</i>			$v_c$ m/min					$f_n$ m/min			
	20.31	Recocido o tratado con solución	CC670 (CC650)	CC670									
	20.32	Tratado con solución y envejecido	CC670 (CC650)	CC670									
	20.33	Fundido o fundido y envejecido	CC670 (CC650)	CC670									

1) Clasificación de Materiales Coromant.

2) Acabado:  $a_p = 0,3 - 1,0$   
 $f_n = 0,05 - 0,20$

Desbaste ligero:  $a_p = 0,7 - 2,5$   
 $f_n = 0,12 - 0,30$

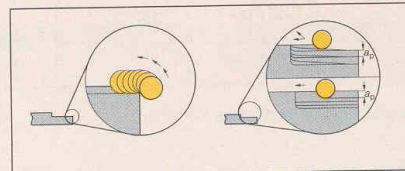
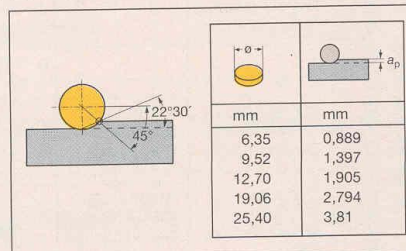
Desbaste:  $a_p = 0,3 - 1,0$   
 $f_n = 0,15 - 0,45$

### PARA EVITAR EL DESGASTE EN ENTALLA CON CC670 EN ALEACIONES TERMORRESISTENTES

El desgaste en entalla no se puede eliminar totalmente, pero se puede reducir mediante una buena planificación y siguiendo ciertas reglas de tipo general.

- Utilice plaquitas redondas siempre que ello sea posible.
- Utilice el ángulo de posición más pequeño posible.
- Debe tener en cuenta la relación adecuada entre el diámetro de plaquita y la profundidad de corte, P.D.C. (ver figura).
- En la programación se puede tener en cuenta la acción de "rotación", al objeto de eliminar la necesidad de achaflanado previo y minimizar el desgaste en entalla. Se producirá un punto de contacto en el lugar en donde la plaquita golpee la costra dura/superficie, en el extremo de la pieza, y otro en la línea P.D.C.
- Avance en rampa. Este método es muy adecuado para tornos CNC. Asegura que los daños al filo de corte se distribuyan en su superficie. Variando la profundidad de corte (P.D.C.), constituye la mejor solución. Como alternativa, se pueden aplicar pasadas múltiples variando la profundidad de corte.

Si se utiliza el mecanizado en rampa o pasadas múltiples, la profundidad de corte (P.D.C.) no deberá ser nunca inferior a 0,25 mm, teniendo en cuenta que se podrían producir riesgos de astillamiento.





**Datos de corte para CC670**

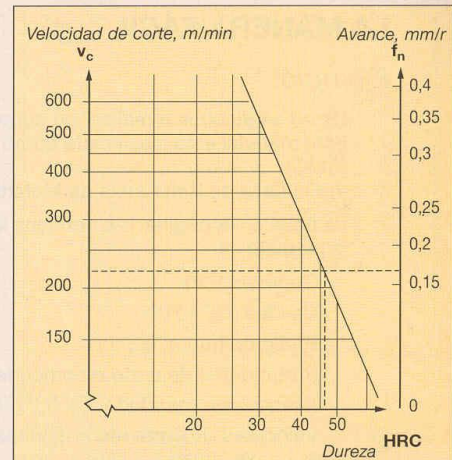
Recomendaciones para aleaciones a base de Ni

**Ejemplo:**

Material = Inconel 718  
 Dureza: 46 Rc  
 $V_c = 220$  m/min  
 $f_n = 0,17$  mm/r

**Punto de partida para RNGN 120400 CC670**

1. Seleccione la dureza en el gráfico.
2. Siga verticalmente la línea inclinada.
3. Lea el valor obtenido horizontalmente: velocidad de corte a la izquierda y avance a la derecha.



Los valores que aparecen en el siguiente gráfico se indican solamente como referencia y no deben tomarse como recomendaciones estrictas.

**Profundidad de corte**

Emplear una profundidad de corte que sea un 15% (máx.) del diámetro de una *plaquita redonda*, o un 15% del radio de punta de una *plaquita de diferente forma* para minimizar el desgaste en entalla y obtener los mejores resultados.

Se pueden emplear profundidades de corte mayores, pero nunca superiores a un 25% del diámetro de la plaquita. La pieza a trabajar debe estar limpia de costra de forjado o costra dura antes de poder aplicar tales profundidades de corte.

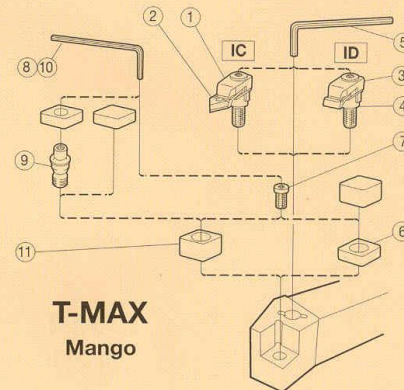
**Reducción de la velocidad de avance**

La tabla indica las reducciones del avance recomendado que se deben aplicar con plaquitas distintas a RNGN.

A		B		C		D		Ejemplo: CNGN 120408
Ángulo de punta de la plaquita		Radio de punta de la plaquita		Ángulo de posición		Profundidad de corte		
$\beta$	Reducción	mm	Reducción	$K_r^\circ$	Reducción	mm	Reducción	
90	0%	3,0	0%	15	0%	0,6	0%	A: 80 10%
80	10%	2,4	35%	30	10%	1,2	25%	B: 0,8 80%
60	60%	1,6	50%	45	25%	2,5	50%	C: 95 90%
55	70%	1,2	70%	60	45%	5,0	70%	D: 2,5 50%
35	90%	0,8	80%	75	65%	7,5	80%	230
		0,4	90%	90 – 95	90%	10,0	90%	$\frac{230\%}{4} = 57,5\%$
								<b>Reducción del avance = 57,5 %</b>

# PIEZAS DE REPUESTO

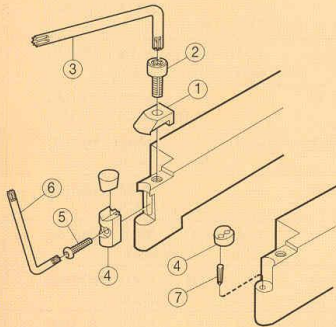
## Torneado en general - Mangos para cerámicas T-MAX



**T-MAX**  
Mango

### Herramientas para torneear T-MAX, diseño brida superior

Longitud filo de corte	Tamaño de mango		Piezas normalizadas					
	Portaplaquitas Exteriores	Barras para mandrinar	Suministradas con la herramienta					
			1 Brida (IC)	2 Rompevirutas (IC) A derecha    Neutro    A izquierda			3 Brida (ID)	4 Placa de presión (ID)
19	3232 (CSRN)	-	5412 125-02	5192 022-02	-	5192 022-03	-	-
11	2525 (CTGN)	-	-	-	-	-	5412 127-01	-
	2525 (CTGP)	-	-	-	-	-	5412 127-01	-
16	2525-3225 (CTGN)	-	-	-	-	-	5412 125-01	5192 020-01
	3225 (CTGP)	-	-	-	-	-	5412 125-01	5192 020-01
22	3232 (CTGN)	-	-	-	-	-	5412 125-01	5192 020-01



Longitud filo de corte	Tamaño de mango	Piezas normalizadas			
		Suministradas con la herramienta			
	Portaplaquitas Exteriores	1 Brida A derecha    A izquierda    Neutro			2 Tornillo de sujeción
06	3236 (176.9)	5412 110-02	5412 110-01	-	3212 036-506
	3225 (CRDC)	-	-	5412 105-01	3212 036-506
09	3225 (CRDC)	-	-	5412 100-01	3212 035-452
	3225 (CRDC)	-	-	5412 100-02	3212 036-504
12	5040 (CRDC)	-	-	5412 100-02	3212 036-504
	5040 (CRDC)	-	-	5412 126-01	-
19	5040 (CRDC)	-	-	5412 126-02	-
25	5040 (CRDC)	-	-	5412 126-02	-

# CALIDADES COROMANT

## CERMETS

**P** **CT5015 (P05)**  
 CT5015 es una calidad de metal duro con base de titanio que consiste en partículas duras de TiC/TiN cementadas con níquel/cobalto. Al utilizar titanio en lugar de tungsteno, se consigue una mayor estabilidad química, además de una buena resistencia al desgaste de incidencia y a la craterización y una excelente resistencia tanto al desgaste en entalla, como a la deformación por blandura y deformación plástica, que le aportan unas excelentes propiedades en operaciones de acabado, a velocidades de corte altas y avances bajos.

TiC/TiN

**P** **CT525 (P10)**  
 CT525 es una calidad de metal duro con base de titanio, con mayor contenido de TiN y de aglomerante, lo que resulta en una mejor tenacidad, comparado con la calidad CT5015. Combinada con las típicas ventajas de las calidades cermet, tales como una buena resistencia a la oxidación, al desgaste en entalla y a la deformación por blandura, CT525 es una calidad excelente para operaciones de acabado y semiacabado a velocidades de corte moderadas, con avances de bajos a medios.

TiC/TiN

TiC, N

**P** **GC1525 (P15)**  
 GC1525 es una tenaz calidad cermet, con recubrimiento PVD, para acabado y semiacabado. Su substrato robusto, a base de titanio, combinado con un recubrimiento PVD extremadamente duro, a base de TiC,N, le aportan unas extraordinarias propiedades para operaciones de acabado y semiacabado, en una amplia gama de velocidades de corte.

## CERÁMICAS

**P** **CC620 (K01)**  
**K** CC620 es una calidad de óxido cerámico puro con base de alúmina, con una pequeña adición de dióxido de circonio para mejorar la tenacidad. CC620 ha sido diseñada para aplicaciones en fundición y acero a velocidades de corte elevadas.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
+  
ZrO<sub>2</sub>

**M** **CC650 (M10, K01)**  
**K** CC650 es una calidad de cerámica mixta con base de alúmina, con adición de carburo de titanio. CC650 se recomienda principalmente para operaciones de acabado de fundición, acero tratado, fundición tratada y super-aleaciones termoresistentes, que requieren una combinación de resistencia al desgaste y de buenas propiedades térmicas.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
+  
TiC

**M** **CC670 (M10, K10)**  
**K** CC670 es una calidad de cerámica con base de óxido de aluminio, reforzada con micro-filamentos de carburo de silicio distribuidos entre el polvo base. CC670 es particularmente adecuada para el mecanizado de super-aleaciones termostresistentes y materiales endurecidos.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>  
+  
SiC<sub>w</sub>

**K** **CC690 (K10)**  
 CC690 es una calidad de nitruro de silicio puro, adecuada para operaciones de mecanizado en desbaste y semiacabado en fundición gris.

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

TiN

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>

**K** **GC1690 (K10)**  
 GC1690 está formada por un substrato de nitruro de silicio, con un recubrimiento de nitruro de titanio. Las propiedades de la calidad GC1690, hacen que sea especialmente adecuada para aplicaciones de desbaste ligero y medio, y el acabado en fundición.

## OTROS MATERIALES

**K** **CB20 (K01)**  
 CB20 es una calidad de Nitruro de Boro Cúbico (CBN), basada en CBN con adición de nitruro de titanio. Ello proporciona a esta calidad unas buenas propiedades de resistencia química y al desgaste, para las operaciones de acabado en acero tratado y fundición endurecida.

CBN/TiN

**K** **CB50 (K05)**  
 CB50 es una calidad de Nitruro de Boro Cúbico (CBN) puro con propiedades de resistencia al desgaste muy elevadas. CB50 está principalmente recomendada para fundición y materiales endurecidos, en condiciones difíciles.

CBN

**K** **CD10 (K01)**  
 CD10, es una calidad de diamante policristalino. Está compuesta por cristales de grano fino a medio, de un diámetro medio de 7 μm. Su uso se recomienda para operaciones de acabado y semiacabado en metales no-férreos y materiales no-metálicos.

PCD

Recubrimiento de diamante CVD

**K** **CD1810 (K10)**  
 CD1810 es una plaquita con recubrimiento de diamante CVD, basada en un substrato especial. Su recubrimiento de extrema resistencia al desgaste, formado por diamante de alta pureza, de 6 – 8 μ, le asegura unas excelentes propiedades para el mecanizado de aleaciones no-férreas.

## **ANEXO 2**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS TORNO C.N.C.**

# SUNLIKE

SPECIFICATION					
ITEM	MODEL	DY-350	DY-410	DY-460	DY-510
Machining capability	Swing over bed	350 (13 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> "	410 (16")	460 (18")	510 (20")
	Swing over cross slide	170 (6 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> "	210 (8")	270 (10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	310 (12.2")
	Max. cutting diameter	300 (12")	300 (12")	300 (12")	335 (13")
	Distance between centers	750/1000/1500/30"/40"/60"	850/1250/1500/2000/33"/50"/60"/80"	850/1250/1500/2000/33"/50"/60"/80"	850/1250/1500/2000/33"/50"/60"/80"
Main spindle	Spindle nose	A2-6	D1-8	D1-8	D1-8
	Spindle bore	54 (2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> "	80/102 (4")	80/102 (4")	80/102 (4")
	Spindle speed (rpm)	50-4500	H 140-2000	H 140-2000	H 140-2000
			M 50-850	M 50-850	M 50-850
			L 30-300	L 30-300	L 30-300
Spindle taper	MT6	MT8/MT10	MT8/MT10	MT8/MT10	
Travel	Cross travel (X axis)	180 (7")	200 (8")	200 (8")	200 (8")
	Longitudinal travel (Z axis)	500/750/1250	500/950/1200/1700	500/950/1200/1700	500/950/1200/1700
		20"/29.5"/49"	20"/37"/47"/66"	20"/37"/47"/66"	20"/37"/47"/66"
Feeds	Max rapid traverse (X axis)	5M/min (196.5ipm)	5M/min (196.5ipm)	5M/min (196.5ipm)	5M/min (196.5ipm)
	Max rapid traverse (Z axis)	10M/min (393ipm)	10M/min (393ipm)	10M/min (393ipm)	10M/min (393ipm)
Motors	Feed rate (X axis, Z axis)	0.001-500mm/rev (0.0004"-20"/rev)			
	Main motor	10HP	10HP/125.HP	10HP/125.HP	10HP/125.HP
	Servo motors	2.1Nm/4.5Nm	2.1Nm/4.5Nm	2.1Nm/4.5Nm	2.1Nm/4.5Nm
	Oil pump	2hp(1.5kw)			
	Power	100W	100W	100W	100W
	Coolant pump	1/6HP	1/6HP	1/6HP	1/6HP
Bed	Width	305(12")	330(13")	330(13")	330(13")
Tailstock	Quill diameter	54(2")	75(3")	75(3")	75(3")
	Quill travel	130(5")	150(6")	150(6")	150(6")
	Quill taper	MT4	MT5	MT5	MT5
Machine	Net weight (approx.)	1800/2000/2200 kgs	2100/2400/2600/3150 kgs	2150/2400/2650/3200 kgs	2200/2500/2700/3250 kgs