

UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

"MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL TORNO DE CONTROL NUMÉRICO (CNC) DEL TALLER DE MECÁNICA "

TRABAJO TEÓRICO PRÁCTICO

Que para obtener el título de: INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA

PRESENTA:
OSCAR ALBERTO ANDRADE FUENTES

DIRECTOR:
ING. FRANCISCO RICAÑO HERRERA



XALAPA, VER.

FEBRERO 2012



UNIVERSIDAD VERACRUZANA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



PROGRAMA ACREDITADO POR EL CONSEJO DE ACREDITACIÓN DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA, A.C.

AL C.
OSCAR ALBERTO ANDRADE FUENTES
PRESENTE.

EN RELACION A SU SOLICITUD RELATIVA, ME ES GRATO TRANSCRIBIR A USTED A CONTINUACIÓN EL TEMA QUE APROBADO POR EL H. CONSEJO TÉCNICO Y LA DIRECCIÓN DE ESTA FACULTAD QUE PROPUESTO POR ING. FRANCISCO RICAÑO HERRERA DESARROLLE CON LA MODALIDAD DE TRABAJO TEORICO PRACTICO DE INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA.

MANUAL DE PRACTICAS DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (CNC).

INIT		MON	JCCI	ONL
11.4	- PAC	n	الماليال	OIN

CAPITULO I EL TORNO Y SUS GENERALIDADES

CAPÍTULO II TORNOS DE CONTROL NUMERICO (CNC)

CAPITULO III USO Y ESPECIFICACIONES DEL TORNO DE CONTROL

NUMERICO (CNC) DEL LABORATORIO DE MECÁNICA.

CAPITULO IV MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LA OPERACIÓN DEL TORNO

DE CONTROL NUMERICO (CNC)

CAPITULO V MANUAL DE PRÁCTICAS DEL TORNO DE CONTROL

NUMERICO (CNC). CONCLUSIONES REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA

ATENTAMENTE.

XALAPA, VER. A 1º DE FEBRERO DEL 2012.

ING. MIGUEL A. VELEZ CASTILLEJOS SECRETARIO

jcc.

Este trabajo fue realizado en el Taller de Mecánica de la Universidad Veracruzana Campus Xalapa bajo la dirección del Ing. Francisco Ricaño Herrera.

DEDICATORIAS

A mi mamá:

No hay palabras para agradecerte todo lo que has hecho por mí, porque has sido y serás un ejemplo a seguir y todo lo que soy es gracias a ti. Porque este logro también es tuyo, gracias por acompañarme y estar siempre conmigo en este largo camino que hoy veo culminado. Para ti, con cariño y admiración, te dedico este trabajo.

A mis hermanos:

Gracias por brindarme ese cariño que solo los hermanos saben dar, por apoyarme incondicionalmente y estar conmigo en todo momento. Gracias hermanos, los quiero mucho.

A Dios:Por permitirme vivir este momento y darme las herramientas para llegar hasta aquí, pero sobre todo por estar siempre presente en mi vida y darme la mejor familia que pude haber tenido.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

A la Fam. Andrade Barreda; gracias por brindarme su apoyo incondicional y estar conmigo en todo momento.

A la Fam. Fuentes Seseña; gracias por estar conmigo apoyándome toda la vida, por hacerme crecer día a día, inculcándome buenos valores que me han ayudado a ser una mejor persona en todos los aspectos.

A mis amigos:

Muchas gracias Carlitos, Iván, David, Huguito, Mario, Josué, Héctor, Efraín, Claudia, Jovany, Ángel, Alan; a todos mis primos, Othoniel, Jaime Cruz, Lucia Andrade, etc., a todos ustedes gracias por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

NTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: EL TORNO Y SUS GENERALIDADES	3
1. EL TORNO	4
1.1. PARTES DEL TORNO	6
1.1.1. CAJA DE AVANCES	6
1.1.2. CARRO PRINCIPAL	7
1.1.3. CARRO TRANSVERSAL	7
1.1.4. CARRO ORIENTABLE	7
1.1.5. PORTAHERRAMIENTAS	7
1.1.6. EJE PRINCIPAL	8
1.1.7. BANCADA	8
1.1.8. CAJA DE VELOCIDADES O CABEZAL FIJO	8
1.1.9. CONTRAPUNTO	<u>S</u>
1.1.10. CABEZAL GIRATORIO O CHUCK	9
1.2. HERRAMIENTAS DE CORTE	10
1.2.1. CARACTERISTICAS DE LAS PLAQUITAS DEL METAL DURO	13
1.2.2. CODIGO DE FORMATOS DE LAS PLAQUITAS DE METAL DURO	15
1.3. VELOCIDAD DE CORTE	17
1.3.1. LA VELOCIDAD DE CORTE EXCESIVA PUEDE DAR LUGAR A:	18
1.3.2. LA VELOCIDAD DE CORTE DEMASIADO BAJA PUEDE DAR LUGAR A:	18
1.4. VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA PIEZA	19
1.5. VELOCIDAD DE AVANCE	19
1.5.1. EFECTOS DE LA VELOCIDAD DE AVANCE	20
1.5.2. LA ELEVADA VELOCIDAD DE AVANCE DA LUGAR A:	20
1.5.3. LA VELOCIDAD DE AVANCE BAJA DA LUGAR A:	21
1.6. TIEMPO DE TORNEADO	21
1.7. POTENCIA DE CORTE	22
1.8. TIPOS DE TORNO	2 3
1.8.1. TORNOS DE TALLER	2 3
1.8.2. TORNOS DE SEMIPRODUCCIÓN	24
1.8.3. TORNOS DE PRODUCCIÓN	24

1.9. REGLAS DE SEGURIDAD	25
CAPÍTULO 2: TORNOS DE CONTROL NUMERICO (CNC)	27
2. CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC)	28
2.1. ESTANDARES DE PROGRAMACION	30
2.2. PROGRAMACION CNC	32
2.3. CODIGOS DE PROGRAMACION	33
2.3.1. NUMEROS DE SECUENCIA N	33
2.3.2. PROGRAMACION DE COTAS X, Z	34
2.3.3. FUNCIONES AUXILIARES M	34
2.3.4. FUNCIONES PREPARATORIAS G	34
2.3.5. PROGRAMACION DE LA HERRAMIENTA T	37
2.3.6. FACTORES TECNOLOGICOS F-S	38
2.4. FASES DE UN PROGRAMA	40
2.5. RESTRICCIONES EN LOS BLOQUES	41
2.6. PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACION	41
2.7. TORNO CNC	
2.7.1. FUNCIONAMIENTO	44
2.7.2. ARQUITECTURA GENERAL DE UN TORNO CNC	45
2.7.3. FORMACION DE VIRUTA	51
2.7.4. MECANIZADO EN SECO Y CON REFRIGERANTE	52
2.7.5. FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DEL TORNEADO	52
2.7.6. VENTAJAS DE LA MAQUINA CNC	55
2.7.7. DESVENTAJAS DE LA MAQUINA CNC	56
CAPÍTULO 3: USO Y ESPECIFICACIONES DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (C. DEL LABORATORIO DE MECANICA	
3. CARACTERISTICAS DEL TORNO CNC DEL TALLER DE MECANICA	59
3.1. DATOS TECNICOS	60
3.2. COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO	61
3.3. NOCIONES BASICAS	64
3.4. SISTEMA COORDENADO CARTESIANO	65
3.5. APLICACIÓN DEL SISTEMA COORDENADO CARTESIANO PARA EL TORNO	65
3.6. SISTEMAS PARA DIMENSIONAMIENTO EN EL CONTROL NUMÉRICO	. 66

3.7. SISTEMA ABSOLUTO	67
3.8. SISTEMA INCREMENTAL	67
3.9. SISTEMA COORDENADO POLAR	68
3.10. UNIDADES DE MEDIDA	69
3.11. PUNTO CERO DE REFERENCIA (PIEZA CERO)	70
3.12. ENTRADAS POR CÓDIGOS	70
3.13 DESARROLLO DEL COMPONENTE A ESCALA	74
CAPÍTULO 4: MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LA UTILIZACION DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (CNC)	76
4. MEDIDAS DE SEGURIDAD	77
4.1. REGLAS DE SEGURIDAD PARA EL OPERADOR	77
4.2. ANTES DE HACER FUNCIONAR EL SISTEMA	79
4.3. MIENTRAS SE HACE FUNCIONAR EL SISTEMA QUEDA PROHIBIDO	79
4.4. EQUIPO DE PROTECCIÓN	82
4.4.1. OVER ALL	82
4.4.2. GAFAS PROTECTORAS DE TRABAJO	82
4.4.3. GUANTES	83
4.4.4. TAPONES PARA OÍDOS	84
4.4.5. CALZADO ADECUADO	84
CAPÍTULO 5:MANUAL DE PRACTICAS DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (CN	'C). 85
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
7.REFERENCIAS DE IMÁGENES	118
8.REFERENCIAS DE TABLAS	120

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un ambiente de grandes expectativas e incertidumbre. Mucho de esto se da por los rápidos cambios de la tecnología actual, pues estos no permiten asimilarla en forma adecuada de modo que es muy difícil sacar su mejor provecho. También surgen cambios rápidos en el orden económico y político los cuales en sociedades como la nuestra (países en desarrollo) inhiben el surgimiento de soluciones autóctonas o propias para nuestros problemas más fundamentales. Entre todos estos cambios uno de los de mayor influencia lo será sin duda la globalización que vivimos hoy en día. Esto nos habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin de que puedan satisfacer el reto de los próximos años. Una opción o alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo el elemento de la automatización. Sin embargo se debe hacerse en la forma más adecuada de modo que se pueda absorber gradualmente la nueva tecnología en un tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción.

Uno de los elementos importantes dentro de este resurgir de la automatización son las Máquinas de Herramientas de Control Numérico Computarizado, las cuales brindan algunas ventajas adicionales.

Desde los orígenes del control numérico todos los esfuerzos se han encaminado a incrementar la productividad, precisión, rapidez y flexibilidad de las máquinas-herramienta. Su uso ha permitido la mecanización de piezas muy complejas, especialmente en la industria aeronáutica, que difícilmente se hubieran podido fabricar de forma manual.

La utilización de sistemas de control abiertos aportará considerables beneficios, no sólo a los fabricantes de control y fabricantes de máquina-herramienta, sino también al usuario final. Permitirá la integración de módulos propios, dando así a una empresa la posibilidad de implementar, por ejemplo, su sistema de programación específico tanto a pie de máquina como en el departamento de programación. Al

basarse en estándares, la integración en un entorno CIM (Computer Integrated Manufacturing) será fácil y económica. También se obtendrán una reducción del tiempo de desarrollo y un incremento de la flexibilidad en la adaptación de los controles a las demandas especiales de las máquinas - herramienta y células de producción. Finalmente, se reducirán los costos de desarrollo, adaptación, puesta en marcha, formación, documentación y mantenimiento.

Las maquinas herramienta de control numérico configuran una tecnología de fabricación que de la mano de la microelectrónica, la automática y la informática industrial ha experimentado en los últimos años un desarrollo acelerado y una plena incorporación a los procesos productivos, desplazando progresivamente a las maquinas convencionales, su capacidad de trabajo automático y de integración de los distintos equipos entre si y con los sistemas de control, planificación y gestión de formación, hacen del control numérico (CN) la base de apoyo a las tecnologías de fabricación.

CAPITULO 1

EL TORNO Y SUS GENERALIDADES

1. EL TORNO

Los tornos son maquinas que nos permiten mecanizar piezas de forma geométricas mediante revoluciones. Estas maquinas operan haciendo girar una pieza, sujeta en el cabezal, a distintas revoluciones por minuto, según sea la composición del material, las especificaciones y condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas (Figura 1.1). Mientras esto sucede, una herramienta de corte empieza a trabajar, siendo esta empujada en un movimiento regulado de avance, ya sea paralela o perpendicularmente a la dirección de giro, contra la superficie de la pieza a mecanizar, realizando así, un corte en la pieza. Por lo cual cuando esta pieza está terminada se ve igual por todos sus lados posibles.

Estas maquinas trabajan en el plano, es decir dos coordenadas, porque solo tiene dos ejes de trabajo normalmente denominados Z y X. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado orientable que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado o también llamado careado.



Figura 1.1. Ejemplo de un torno mecánico.

Todos los tornos desprenden viruta de piezas que giran sobre su eje de rotación y que están siendo maquinadas, por lo que su trabajo se distinguirá por que la superficie generada será circular, teniendo como centro su eje de rotación (o eje de revolución) (Vea la figura 1.2).

En el torno de manera regular se pueden realizar trabajos de desbastado o acabado de las siguientes superficies:

- Cilíndricas (exteriores e interiores)
- Cónicas (exteriores e interiores)
- Curvas o semiesféricas
- Irregulares (pero de acuerdo a un centro de rotación)

Se pueden realizar trabajos especiales como:

- Tallado de roscas
- Realización de barrenos (Millán, 2006)

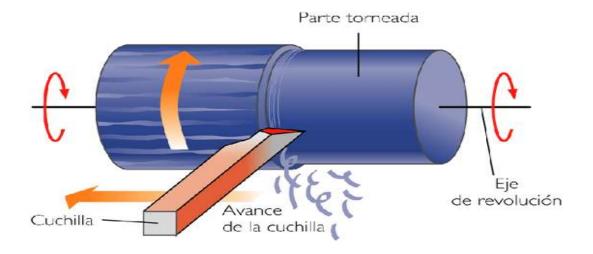


Fig. 1.2 Ejemplo de pieza torneada

1.1. PARTES DEL TORNO

1.1.1. CAJA DE AVANCES

El mecanismo de avance hace posible el avance automático y regula su magnitud. Como el cambio de ruedas en la lira resulta una operación lenta y engorrosa, la mayoría de tornos tiene en la parte anterior una bancada, una caja de cambios, mas o menos compleja, para obtener diversas velocidades a su salida, sin cambiar las ruedas de recambio (Figura 2.1).

1.1.2. CARRO PRINCIPAL

Consta de dos partes, una de las cuales se desliza sobre las guías de la bancada y la otra llamada delantal, está atornillada a la primera y se desliza por la parte anterior de la bancada. Unas protecciones provistas de hendiduras, en los extremos anterior y posterior del carro, que sirven de alojamiento a unos filtros, tienen por finalidad que no penetren las virutas y suciedad entre la superficie de desplazamiento y las guías (Figura 1.3).

1.1.3. CARRO TRANSVERSAL

El carro transversal se desplaza sobre el cuerpo del carro principal siguiendo al eje de rotación del carro principal.

En la parte superior lleva una ranura circular en forma de T que sirve para alojar las cabezas de los tornillos que servirán para el carro portaherramientas. Se puede desplazar a mano o automáticamente (Figura 1.3).

1.1.4. CARRO ORIENTABLE

El carro orientable, llamado también carro portaherramientas esta apoyado en el carro transversal en una plataforma giratoria que puede girar sobre un eje central y fijarse en cualquier posición al carro transversal por medio de cuatro tornillos. Sirve para hacer conicidades e inclinaciones (Figura 1.3).

1.1.5. PORTAHERRAMIENTAS

El carro orientable esta provisto de un eje fijo sobre el que puede girar una torreta cuadrada que permite fijar 4 útiles a la vez y presentarlos en el momento preciso

sobre la pieza. Para cambiar de útil solo es necesario aflojar la tuerca central y girar, luego se aprieta otra vez y ya está (Figura 1.3).

1.1.6. EJE PRINCIPAL

Es el mecanismo que más esfuerzos soporta mientras se está mecanizando, ya que esta sujeto a esfuerzos de torsión y axiales. Se fabrica de acero tratado al cromoniquel, debe de ser robusto y estar perfectamente guiado por casquillos o rodamientos para que no haya desviaciones, la barra suele estar hueca. En la punta exterior tiene que llevar un sistema para la sujeción del plato (Figura 1.3).

1.1.7. BANCADA

Sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal. Normalmente es fundición gris perlifica dura y frágil capaz de soportar las fuerzas que se originan durante el trabajo sin experimentar deformaciones apreciables que pudieran falsear la medidas de las piezas mecanizadas (Figura 1.3).

1.1.8. CAJA DE VELOCIDADES O CABEZAL FIJO

Contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo (Figura 1.3).

1.1.9. CONTRAPUNTO

El contrapunto es el elemento que se desliza sobre la bancada y que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, así como otros elementos tales como portas brocas o brocas para hacer taladros en el centro de los ejes. Este contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada (Figura 1.3) (Rubiano 2011).

1.1.10. CABEZAL GIRATORIO O CHUCK

Su función consiste en sujetar la pieza a mecanizar. Hay varios tipos, como el chuck independiente de cuatro mordazas o el universal, mayoritariamente empleado en el taller mecánico, al igual que hay chucks magnéticos y de seis mordazas (Figura 1.3) (Larbáburu 2004).

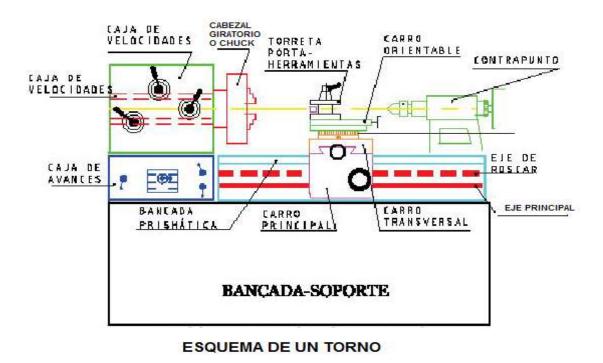


Figura 1.3. Esquema ilustrativo sobre las partes más importantes de un torno mecánico.

1.2. HERRAMIENTAS DE CORTE

Las herramientas de torneado llamadas comúnmente buriles, se diferencian en dos

factores, el material del que están constituidas y el tipo de operación que realizan.

Según el material constituyente, las herramientas pueden ser de acero rápido

(aleaciones de molibdeno y tungsteno, también puede tener vanadio y cromo, tienen

buena resistencia a la temperatura y al desgaste), metal duro soldado o plaquitas de

metal duro intercambiables, también llamadas pastillas.

Cuando la herramienta es de acero rápido (vea la figura 1.4) o tiene la plaquita de

metal duro soldada en el portaherramientas, hay que desmontarla y afilarla

correctamente con los ángulos de corte específicos en una afiladora, cada vez que el

filo se desgasta. Esto alenta bastante el trabajo. Por ello, cuando se mecanizan

piezas en serie lo normal es utilizar portaherramientas con plaquitas intercambiables,

que tienen varias caras de corte de usar y tirar y se reemplazan de forma muy rápida.

El afilado correcto de los buriles (o cuchillas) de corte es uno de los factores más

importantes que deben ser tomados en consideración para mecanizar los metales en

las máquinas. El buril de corte debe estar correctamente afilado, de acuerdo con el

tipo particular de metal que va a ser torneado y debe tener un filo adecuado para

cortar exacta y eficientemente. Para obtener buriles de corte correctamente afilados,

debe prestarse atención especial a los ángulos que forman las aristas cortantes.

Estos ángulos reciben los nombres de ángulo de inclinación y de despejo. (Sandvik

Coromant, 2006).

Los buriles se pueden clasificar de acuerdo a su uso, los principales son:

Útiles de desbaste:

rectos: derechos e izquierdos

curvos: derechos y curvos

10

Útiles de afinado:

- puntiagudos
- cuadrados

Útiles de corte lateral

- derechos
- izquierdos

Útiles de forma

- corte o tronzado
- forma curva
- roscar
- desbaste interior (Amstead et al; 1981)

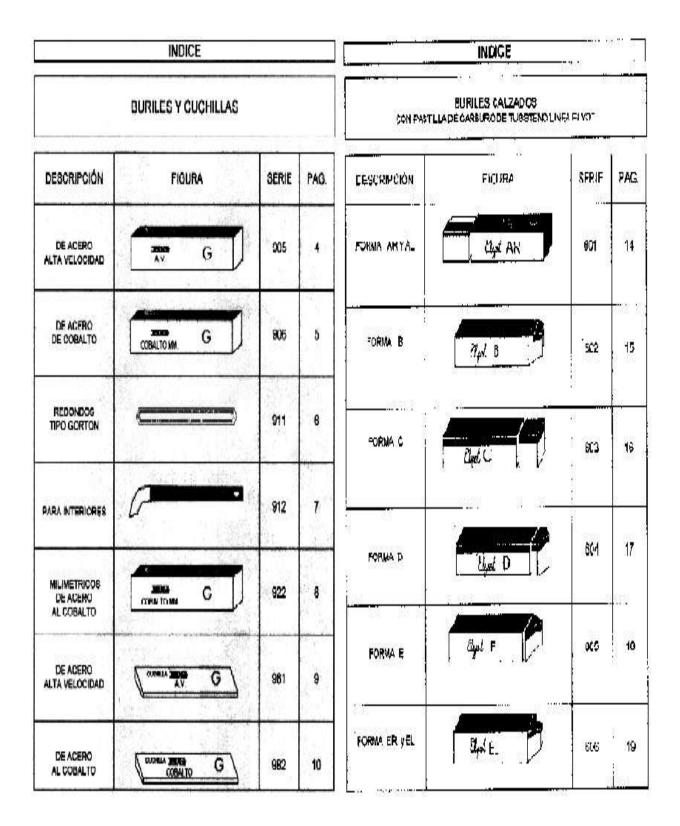


Fig. 1.4. A continuación se presentan algunos de los buriles más comerciales.

1.2.1. CARACTERISTICAS DE LAS PLAQUITAS DEL METAL DURO

La calidad de las plaquitas de metal duro se selecciona teniendo en cuenta el material de la pieza, el tipo de aplicación y las condiciones de mecanizado.

La variedad de las formas de las plaquitas es grande y está normalizada. Asimismo la variedad de materiales de las herramientas modernas es considerable y está sujeta a un desarrollo continuo (vea la figura 1.5) (Sandvik Coromant 2006).

Los principales materiales de herramientas para torneado son los que se muestran en la tabla 1.1.

Materiales	Símbolos
Metales duros recubiertos	нс
Metales duros	Н
Cermets	HT, HC
Cerámicas	CA, CN, CC
Nitruro de boro cúbico	BN
Diamantes policristalinos	DP, HC

Tabla 1.1. Clasificación de los diferentes tipos de plaquitas y su simbología.

La adecuación de los diferentes tipos de plaquitas según sea el material a mecanizar se indican en la tabla 1.2 y se clasifican según una Norma ISO/ANSI para indicar las aplicaciones en relación a la resistencia y la tenacidad que tienen.

Serie	ISO	Características				
Serie P	ISO 01, 10, 20, 30, 40, 50	Ideales para el mecanizado de acero, acero fundido, y acero maleable de viruta larga.				
Serie M	ISO 10, 20, 30, 40	Ideales para tornear acero inoxidable, ferrítico y martensítico, acero fundido, acero al manganeso, fundición aleada, fundición maleable y acero de fácil mecanización.				
Serie K	ISO 01, 10, 20, 30	Ideal para el torneado de fundición gris, fundición en coquilla, y fundición maleable de viruta corta.				
Serie N	ISO 01, 10. 20, 30	Ideal para el torneado de metales no-férreos				
Serie S		Pueden ser de base de níquel o de base de titanio. Ideales para el mecanizado de aleaciones termorresistentes y súperaleaciones.				
Serie H	ISO 01, 10, 20, 30	Ideal para el torneado de materiales endurecidos.				

Tabla 1.2. Clasificación de aplicaciones de las plaquitas según la Norma ISO/ANSI.

1.2.2. CODIGO DE FORMATOS DE LAS PLAQUITAS DE METAL DURO

Como hay tanta variedad en las formas geométricas, tamaños y ángulos de corte, existe una codificación normalizada compuesta de cuatro letras y seis números donde cada una de estas letras y números indica una característica determinada del tipo de plaquita correspondiente (vea la tabla 1.3).

Primera letra	Forma geométrica	Segunda letra	Ángulo de incidencia	Tercera letra	Tolerancia dimensional	Cuarta letra	Tipo de sujeción
С	Rómbica 80º	A	3º	J		Α	Agujero sin avellanar
D	Rómbica 55º	В	5º	K		G	Agujero con <u>rompevirutas</u> en dos caras
L	Rectangular	С	7º	L	Menor	М	Agujero con <u>rompevirutas</u> en una cara
R	Redonda	D	15º	M	↑ ↓ Mayor	N	Sin agujero ni <u>rompevirutas</u>
S	Cuadrada	E	209		·	W	Agujero avellanado en una cara
Т	Triangular	F	25º	N		Т	Agujero avellanado y <u>rompevirutas</u> en una cara
٧	Rómbica 35º	G	30º	U		N	Sin agujero y con <u>rompevirutas</u> en una cara
W	Hexagonal 80º	N	05			Х	No estándar
		Р	119				

Tabla 1.3. Codificación normalizada para determinar los tipos de plaquitas. Ejemplo de código de plaquita: SNMG 160408 HC

Las **dos primeras cifras** indican en milímetros la longitud de la arista de corte de la plaquita.

Las dos cifras siguientes indican en milímetros el espesor de la plaquita.

Las dos últimas cifras indican en décimas de milímetro el radio de punta de la plaquita.

A este código general, el fabricante de la plaqueta puede añadir dos letras para indicar la calidad de la plaqueta o el uso recomendado. (Sandvik Coromant, 2006).



Figura 1.5. Ejemplos de plaquitas de metal duro.

1.3. VELOCIDAD DE CORTE

Se define como velocidad de corte la velocidad lineal de la periferia de la pieza que está en contacto con la herramienta. La velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de herramienta que se utilice, de la profundidad de pasada, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que se mecanice y de la velocidad de avance empleada. Las limitaciones principales de la máquina son su gama de velocidades, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

A partir de la determinación de la velocidad de corte se puede determinar las revoluciones por minuto que tendrá el cabezal del torno, según la siguiente fórmula:

$$V_c\left(\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{min}}\right) = \frac{n \, (\mathrm{min}^{-1}) \, \times \, \pi \times \, \mathrm{D_c(mm)}}{1000 \, \left(\frac{mm}{m}\right)}$$

Donde:

Vc es la velocidad de corte n es la velocidad de rotación de la herramienta Dc es el diámetro de la pieza.

La velocidad de corte es el factor principal que determina la duración de la herramienta. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta como se muestra en la figura 1.6. Los fabricantes de herramientas y prontuarios de mecanizado, ofrecen datos orientativos sobre la velocidad de corte adecuada de las herramientas para una duración determinada de la herramienta, por ejemplo, 15 minutos. En ocasiones, es deseable ajustar la velocidad de corte para una duración diferente de la herramienta, para lo cual, los valores de la velocidad de corte se multiplican por un factor de corrección. La relación entre este factor de corrección y la duración de la herramienta en operación de corte no es lineal. (Sandvik Coromant, 2006).

1.3.1. LA VELOCIDAD DE CORTE EXCESIVA PUEDE DAR LUGAR A:

Desgaste muy rápido del filo de corte de la herramienta.

Deformación plástica del filo de corte con pérdida de tolerancia del mecanizado.

Calidad del mecanizado deficiente.

1.3.2. LA VELOCIDAD DE CORTE DEMASIADO BAJA PUEDE DAR LUGAR A:

Formación de filo de aportación en la herramienta.

Efecto negativo sobre la evacuación de viruta (Figura 1.7).

Baja productividad.

Coste elevado del mecanizado.



Fig. 1.6. Herramienta de corte con desgaste.



Fig. 1.7. Ejemplo de viruta no uniforme.

1.4. VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA PIEZA

La velocidad de rotación del cabezal del torno se expresa habitualmente en revoluciones por minuto (rpm). En los tornos convencionales hay una gama limitada de velocidades, que dependen de la velocidad de giro del motor principal y del número de velocidades de la caja de cambios de la máquina. En los tornos de control numérico, esta velocidad es controlada con un sistema de realimentación que habitualmente utiliza un variador de frecuencia y puede seleccionarse una velocidad cualquiera dentro de un rango de velocidades, hasta una velocidad máxima. La velocidad de rotación de la herramienta es directamente proporcional a la velocidad de corte e inversamente proporcional al diámetro de la pieza.

$$n~(min^{-1}) = \frac{V_c\left(\frac{m}{min}\right)*1000\left(\frac{mm}{m}\right)}{\pi*D_c(mm)}$$

Donde:

Vc es la velocidad de corte

n es la velocidad de rotación de la herramienta

Dc es el diámetro de la pieza. (Sandvik Coromant, 2006).

1.5. VELOCIDAD DE AVANCE

El avance o velocidad de avance en el torneado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance de la herramienta de corte es un factor muy importante en el proceso de torneado. Cada herramienta puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la pieza, denominado avance por revolución (fz). Este rango depende fundamentalmente del diámetro de la pieza, de la profundidad de pasada, y de la calidad de la herramienta. Este rango de velocidades se determina experimentalmente y se encuentra en los catálogos de los fabricantes de

herramientas. Además esta velocidad está limitada por las rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina. El grosor máximo de viruta en mm es el indicador de limitación más importante para una herramienta. El filo de corte de las herramientas se prueba para que tenga un valor determinado entre un mínimo y un máximo de grosor de la viruta. La velocidad de avance es el producto del avance por revolución por la velocidad de rotación de la pieza.

Al igual que con la velocidad de rotación de la herramienta, en los tornos convencionales la velocidad de avance se selecciona de una gama de velocidades disponibles, mientras que los tornos de control numérico pueden trabajar con cualquier velocidad de avance hasta la máxima velocidad de avance de la máquina.

1.5.1. EFECTOS DE LA VELOCIDAD DE AVANCE

Decisiva para la formación de viruta

Afecta al consumo de potencia

Contribuye a la tensión mecánica y térmica.

1.5.2. LA ELEVADA VELOCIDAD DE AVANCE DA LUGAR A:

Buen control de viruta

Menor tiempo de corte

Menor desgaste de la herramienta

Riesgo más alto de rotura de la herramienta

Elevada rugosidad superficial del mecanizado.

1.5.3. LA VELOCIDAD DE AVANCE BAJA DA LUGAR A:

Viruta más larga (Fig. 1.8)

Mejora de la calidad del mecanizado (Fig. 1.9)

Desgaste acelerado de la herramienta

Mayor duración del tiempo de mecanizado

Mayor coste del mecanizado



Fig. 1.8. Viruta larga y rígida.



Fig. 1.9. Buena calidad de mecanizado.

1.6. TIEMPO DE TORNEADO

Es tiempo la herramienta efectuar que tarda en una pasada. La fuerza de corte es un parámetro necesario para poder calcular la potencia necesaria para efectuar un determinado mecanizado. Este parámetro está en función del avance de la herramienta, de la profundidad de pasada, de la velocidad de corte, de la maquinabilidad del material, de la dureza del material, de las características de la herramienta y del espesor medio de la viruta. La fuerza específica de corte se expresa en N/mm2. (Kazanas HC et al; 1983).

1.7. POTENCIA DE CORTE

La potencia de corte (Pc) necesaria para efectuar un determinado mecanizado se calcula a partir del valor del volumen de arranque de viruta, la fuerza específica de corte y del rendimiento que tenga la máquina. Se expresa en kilovatios (kW). Esta fuerza específica de corte (Fc), es una constante que se determina por el tipo de material que se está mecanizando, geometría de la herramienta, espesor de viruta, etc.

Para poder obtener el valor de potencia correcto, el valor obtenido tiene que dividirse por un determinado valor (p) que tiene en cuenta la eficiencia de la máquina. Este valor es el porcentaje de la potencia del motor que está disponible en la herramienta puesta en el husillo. (Sandvik Coromant 2006).

$$P_c = \frac{A_c * p * f * F_c}{60 * 10^6 * \rho}$$

Donde:

Pc es la potencia de corte (kW)
Ac es el diámetro de la pieza (mm)
f es la velocidad de avance (mm/min)
Fc es la fuerza específica de corte (N/mm2)
ρ es el rendimiento o la eficiencia de la máquina

1.8. TIPOS DE TORNO

1.8.1. TORNOS DE TALLER.

Los tornos de taller que incluyen los de banco, rápidos, de precisión, para cuarto de herramientas o taller mecánico y de escote o bancada partida, están disponibles en diversos tamaños:

- El torno de banco es un torno pequeño que se monta en un banco o en un gabinete metálico y se utilizan para maquinado ligero en piezas de trabajo pequeñas.
- Un torno rápido que se puede montar en un banco o un gabinete, se caracteriza por la rapidez de preparación y cambio de la pieza de trabajo, facilidad de operación y poco mantenimiento.
- El torno para cuarto de herramientas o taller mecánico está equipado con aditamentos y accesorios especiales que permiten efectuar una serie de operaciones de precisión. Por lo general, se utiliza para producir herramientas y calibradores que se emplean en trabajo de producción de troqueles y herramientas.
- El torno de escote (bancada partida) tiene una sección de la bancada, debajo del plato que se puede desmontar, para aumentar el diámetro máximo del trabajo que se puede voltear. (Cruz J. et al; 2008)

1.8.2. TORNOS DE SEMIPRODUCCIÓN.

Los tornos de semiproducción son, básicamente, tornos de taller modificados con la adición de un aditamento copiador o un sistema de lectura digital. Los tornos copiadores o trazadores se utilizan para reproducir piezas que sería muy difícil o costoso producir en otros tipos de tornos.

.

1.8.3. TORNOS DE PRODUCCIÓN.

Los tornos de producción se utilizan cuando hay que producir un gran número de piezas iguales. Los tornos revólver o de torreta, los tornos automáticos de un solo husillo y los tornos de control numérico son los más comunes en este grupo.

- El torno revólver o de torreta se utiliza para producir un gran número de piezas iguales que pueden requerir operaciones tales como torneado, taladrado, barrenado, escariado, refrentado y corte de roscas. En algunos tornos de torreta se pueden montar hasta 20 herramientas diferentes en una torreta de tipo de ariete o de porta herramienta; cada herramienta se puede hacer girar a su posición en forma rápida y exacta.
- El torno automático de un solo husillo es destinado a la producción automática y en serie de piezas que requieren, principalmente, torneado y refrentado. Los tornos automáticos, por lo general, tienen dos cursores porta herramienta montados en el carro. Las herramientas en el cursor delantero se utilizan para tornear y barrenar. Las herramientas en el cursor trasero se utilizan para refrentar, rebajar, biselar y ranurar.
- El torno de control numérico es uno de los adelantos más recientes del torno básico de taller, que se controla con una cinta numérica, se utiliza en especial

para tornear y puede producir ejes de casi cualquier forma y tamaño de un modo económico y automático. (Cruz J. et al; 2008).

1.9. REGLAS DE SEGURIDAD

Un torno puede ser muy peligroso si no se maneja en forma apropiada, aun cuando esté equipado con diversas protecciones. Es obligación del operador observar diversas medidas de seguridad y evitar accidentes. Se debe tener conciencia de que conservar limpia y en orden la zona alrededor de una máquina ayudará en gran parte a la prevención de accidentes.

Estas son algunas de las reglas de seguridad más importantes que deben observarse al manejar un torno:

- Use siempre anteojos de seguridad al manejar cualquier máquina o una máscara protectora.
- Nunca intente manejar un torno hasta que esté familiarizado con su funcionamiento.
- Nunca use ropas holgadas ni tenga puestos anillos o relojes al manejar un torno (éstos pueden ser atrapados por las partes giratorias del torno y causar un grave accidente).
- Detenga siempre el torno antes de realizar una medición de cualquier tipo.
- Use siempre una brocha para quitar las virutas (no emplee la mano, tienen filo.
 Quitar las virutas con la mano es una práctica peligrosa; siempre debe usarse una brocha).
- Antes de montar o quitar los accesorios, corte el suministro de potencia al motor.
- No realice cortes profundos en piezas muy delgadas (esto podría provocar que la pieza se doblara y saliera volando de la máquina).
- No se incline sobre la máquina. Manténgase erecto, procurando que su cara y ojos queden alejados de las virutas que salen volando.

- Conserve limpio el piso alrededor de la máquina, libre de grasa, aceite u otros materiales que pudieran provocar una caída peligrosa.
- Nunca deje la llave del plato en éste (si se arranca la máquina, la llave saldrá volando y podrá herir a alguien. Dejar una llave para plato en el mismo puede hacer que alguien reciba una herida peligrosa). (Laborda et al; 2006).

CAPITULO 2

TORNOS DE CONTROL NUMERICO (CNC).

2. CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO (CNC)

Control Numérico (CN) es el término original de esta tecnología. Actualmente es intercambiable con el término Control Numérico por Computadora (CNC).

Desde hace ya varios años el afán del humano por incrementar la productividad en las industrias ha sido muy grande, tanto así que han inventado maquinas que nos ayudan a disminuir el esfuerzo y a incrementar el trabajo, tal es el caso del CNC (Control Numérico Computarizado) estas han incrementado la productividad, precisión, rapidez y flexibilidad de las máquinas. Su uso ha permitido la mecanización de piezas muy complejas, especialmente en las industrias, como lo son la aeronáutica y la automotriz, ya que difícilmente se hubieran podido fabricar piezas de forma manual.

EL CNC es un sistema que nos ayuda a maquinar piezas de manera más rápida y sencilla, ya sea por medio del "Torno" o por la "Fresadora", los más importantes hoy en día, este sistema es comandado por medio de códigos que se mandan a una computadora y esta le dice a la maquina lo que debe hacer, además gracias a esto el operador puede hacer una gran producción de piezas en menos tiempo y con menor cansancio. (Jiménez, 2011).

El CNC ha sido uno de los más importantes desarrollos en manufactura en los últimos 50 años, al desarrollar:

- Nuevas técnicas de producción
- Incrementar la calidad de los productos
- Reducción de costos

Esta tecnología es aplicada diversas maquinas y actividades, entre las cuales destacan las siguientes:

- Fresado
- Torneado
- Taladrado
- Esmerilado
- Doblado
- Punzonado
- Maquinado por descarga eléctrica (EDM)
- Inspección (Máquina de coordenadas)

Para el manejo del CNC existen programas (softwares) que se rigen por estándares de controladores, que permiten el fácil manejo y entendimiento de su utilización.

Existen diferencias entre los controladores que se encuentran en el mercado, inclusive de un mismo fabricante debido a la variedad de modelos existentes.

Para entender el CNC, es necesario conocer las diferencias y similitudes que presentan los diferentes controladores así como los estándares que utilizan para su programación.

Normalmente se siguen dos estándares mundiales:

ISO 6983

(International Standarization Organization)

EIA RS274

(Electronic Industries Association)

2.1. ESTANDARES DE PROGRAMACION.

Estándar ISO/EIA

Estándares de instrucciones de programación (código) que permiten a la máquina

herramienta llevar a cabo ciertas operaciones en particular.

Por ejemplo: Las siguientes líneas ordenan a una fresadora de CNC que ejecute en

la línea de código 100 un corte relativo al origen con un avance de 20 in./min a lo

largo del eje X 1.25 in. y del eje Y 1.75 in.

N95 G90 G20

N100 G01 X1.25 Y1.75 F20

Estándar EIA-267-C

Define el sistema coordenado de las máquinas y los movimientos de la misma y

también se utilizan los movimientos de la herramienta, relativos al sistema

coordenado de la pieza estacionaria (Fig. 2.1 y 2.2).

(Jiménez, 2011)

30

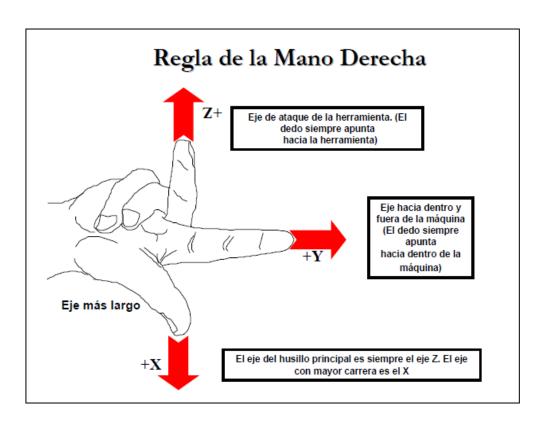


Fig. 2.1. Regla de la mano derecha para la ubicación de los ejes en una maquina.

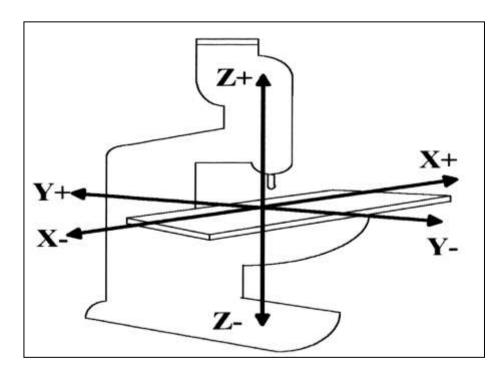


Fig. 2.2. Ejemplo de ubicación de los ejes en una máquina.

2.2. PROGRAMACION CNC.

Un programa es una lista secuencial de instrucciones de maquinado que serán ejecutadas por la máquina de CNC (Vea la figura 2.3 y 2.4).

A las instrucciones se les conoce como CODIGO de CNC, las cuales deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza.

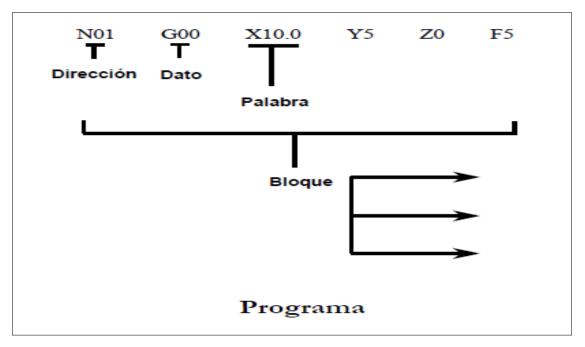


Fig. 2.3. Cuerpo de un programa.

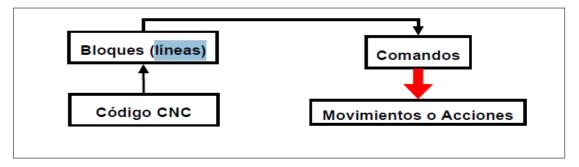


Fig. 2.4. Esquema de programación.

Cada movimiento o acción se realiza secuencialmente y cada BLOQUE debe ser numerado y usualmente contiene un solo comando.

Tamaño de la pieza: Z-15 Diam 15

Herramienta: #3,3/8 end mill

Inicio de la herramienta: X0, Y0, Z1

% (Bandera de inicio de programa)

: 1002 (Programa #1002)

N5 G90 G20 (Bloque #5, Absolutas en pulgadas)

N10 T0303 (Cambiar a la herramienta #3)

N15 M03 S1250 (Prender husillo a 1250rpm CW)

N20 M05 (Apagar husillo)

N25 M30 (Fin de programa)

(Jiménez, 2011)

2.3. CODIGOS DE PROGRAMACION

El control numérico se ha estado caracterizado por sus códigos de programación. Los caracteres más usados comúnmente son:

2.3.1. NUMEROS DE SECUENCIA N

Es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia, es decir, órdenes no contradictorias que se pueden dar de una sola vez a la máquina. Esta dirección va seguida normalmente de un número desde dos hasta cuatro cifras. Como ya mencionamos se identifican por la letra N, y en un torno normal se pueden dar has 9999 órdenes sucesivas (N00 hasta N9999). Si el programa no es muy largo se pueden numerar de 10 en 10, por si es necesario introducir alguna orden complementaria no prevista, así tendremos N10, N20, N30, etc.

2.3.2. PROGRAMACION DE COTAS X, Z

Se entiende por programación de cotas la concreción en el programa de los recorridos que tienen que realizar las herramientas para conformar el perfil de la pieza de acuerdo con el plano de la misma. La programación de dichas cotas se puede hacer mediante coordenadas en forma absoluta o relativa es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente (X y Z) o bien en coordenadas polares.

Para hacer una programación correcta de las cotas hay que conocer bien los excedentes de material que hay que remover, para determinar el número de pasadas que hay que realizar así como la rugosidad superficial que deben tener los acabados mecanizados, así como la forma de sujetar la pieza en la máquina y la rigidez que tenga.

2.3.3. FUNCIONES AUXILIARES M

Funciones misceláneas que se requieren para el maquinado de piezas y funcionamiento de la maquina, (Arranque y paro del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, paro de programa, etc.) pero no son de movimiento de la máquina.

2.3.4. FUNCIONES PREPARATORIAS G

Bajo la letra G se agrupan una gran variedad de funciones que permiten al torno realizar las tareas adecuadas y necesarias para su trabajo. 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, avances, avances radiales, pausas, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

Hay cuatro tipos básicos de funciones preparatorias:

- Funciones de movilidad
- Funciones tecnológicas
- Funciones de conversión
- Funciones de mecanizado especiales

2.3.4.1. FUNCIONES DE MOVILIDAD

Las funciones de movilidad más importantes son las siguientes:

G00. **Desplazamiento rápido**. Indica el desplazamiento más rápido posible del carro portaherramientas, desde el punto de referencia al punto donde inicia el trabajo cada herramienta. Actúa al inicio del programa, cada vez que se produce un cambio de herramienta, y al final del programa en el retorno al punto de referencia.

G01. **Interpolación lineal**. Indica que la herramienta se está desplazando al avance de trabajo programado, permitiendo las operaciones clásicas de cilindrado y refrentado así como el mecanizado de conos.

G02. **Interpolación circular a derechas**. Se utiliza cuando es necesario mecanizar zonas esféricas o radiales.

G03. Interpolación circular a izquierdas. Se utiliza cuando es necesario mecanizar zonas esféricas vacías, o radios a izquierdas.

Hay otras funciones de movilidad G, menos importantes y que están en función del equipo que se instale en la máquina, las cuales mencionaremos más adelante en una tabla.

2.3.4.2. FUNCIONES TECNOLÓGICAS

Las funciones tecnológicas son las que se refieren a la forma de programar la velocidad del cabezal y el avance de trabajo. La velocidad de rotación del cabezal se puede programar a las revoluciones por minuto que se desee, para lo cual se antepondrá la función G97, o se puede programar para que gire a una velocidad de corte constante en m/min. En tal caso se indica con la función G96. Igual sucede con el avance de trabajo, si se desea programar el avance en mm/rev, se antepone la función G95 y si se desea trabajar en mm/min se antepone la función G94.

2.3.4.3. FUNCIONES DE CONVERSIÓN

La función más importante de este grupo es la que corresponde al traslado de origen para situar el cero pieza que se realiza mediante la función G59. también existen funciones si el acotado está en pulgadas o en milímetros. Si bien ya tiene preestablecida la que se va a usar normalmente. Otro caso de conversión es si se programa con cotas absolutas o cotas incrementales.

2.3.4.4. FUNCIONES DE MECANIZADOS ESPECIALES

La más popular de estas funciones es la que corresponde a un ciclo de roscado representada por la función G33. Otras funciones de este tipo son las de refrentados, taladrados, roscado con macho, escariado, etc.

2.3.4.5. FUNCIONES MODALES

En los programas de CNC, existen funciones que, una vez programadas, permanecen activas hasta que se programa una función contraria, o el programa se termina. Estas funciones son las llamadas funciones modales. En un bloque se pueden programar tantas funciones como se desee, siempre que no sean incompatibles entre ellas. Por ejemplo no se pueden programar en un bloque las funciones G00 y G01

2.3.5. PROGRAMACION DE LA HERRAMIENTA T

Los tornos de control numérico tienen un tambor frontal donde pueden ir alojados un número variable de herramientas generalmente de 4 a 20 herramientas diferentes. Las herramientas se programan con una letra T seguida del número que ocupa en el tambor, por ejemplo T2, la letra T, es la inicial de esta palabra en inglés (tool). Como cada herramienta tiene una longitud diferente y un radio en la punta de corte también diferente es necesario introducir en el programa los valores correctores de cada herramienta, para que el programa pueda desarrollarse con normalidad.

Aparte de la longitud de la herramienta existen unas funciones G para introducir una corrección de acuerdo al valor que tenga el radio de la herramienta en la punta de corte. La compensación del radio de la herramienta tiene una gran importancia en el mecanizado, especialmente en piezas que contengan perfiles irregulares. Las placas

de herramientas de torno tienen siempre puntas redondeadas, de esta forma son más rígidas. Cuanto menor es el radio de la punta mayor tendencia presenta a astillarse.

2.3.6. FACTORES TECNOLOGICOS F-S

Los factores tecnológicos que hay que tener a la hora de elaborar un programa son los siguientes:

- Material de la pieza a mecanizar.
- Tolerancia de cotas y calidad superficial del mecanizado.
- Estructura de la pieza a mecanizar.

Estos factores son los que van a determinar entre otras cosas los siguientes elementos.

2.3.6.1. VELOCIDAD DE CORTE

La velocidad de corte se programa mediante la letra S, inicial de la palabra inglesa (speed) que significa velocidad, y una cifra que puede referirse a un valor constante de velocidad de corte que queremos mantener en todo el mecanizado o a una cifra que corresponde a las revoluciones por minuto del cabezal de acuerdo con la velocidad de corte que se funcione y el diámetro de la pieza que se esté torneando. La elección de un sistema de programa u otro se realiza mediante la función G que corresponda.

2.3.6.2. PROFUNDIDAD DE PASADA

Este concepto viene determinado por la cantidad de viruta que se tenga que remover y del grado superficial que se tenga que obtener y de la tolerancia de mecanizado del plano.

2.3.6.3. AVANCE DE TRABAJO

El avance de trabajo de la herramienta se representa por la letra F inicial de la palabra inglesa (Feed) que significa avance, seguida de una cifra que puede referirse al avance de la herramienta expresado en mm/rev o en mm/min. En el torneado lo más común es programar el avance expresado en mm/rev. La elección de un sistema de programa u otro se realiza con la función G que corresponda.

2.3.6.4. REFRIGERANTE

En muchos mecanizados es necesario refrigerar la zona donde está actuando la herramienta, esta función se programa mediante una función auxiliar M.

2.3.6.5. FIJACIÓN DE LA PIEZA

En el cabezal en las máquinas de control numérico es muy importante asegurarse que la fijación de la pieza sea lo suficientemente rígida como para poder soportar las tensiones del mecanizado, asimismo se debe prever un sistema rápido y seguro de anclaje de la pieza para eliminar tiempos muertos inactivos de la máquina.

2.4. FASES DE UN PROGRAMA

INICIO

Contiene todas las instrucciones que preparan a la máquina para su operación:

% Bandera de inicio

: 1001 Número de programa 0-9999

N5 G90 G20 Unidades absolutas, programación en pulgadas.

N10 T0202 Paro para cambio de herramienta, Usar #2

N15 M03 S1200 Prender husillo a 1200 rpm CW

REMOCION DEL MATERIAL

Contiene las velocidades y movimientos de corte, circulares, lineales, movimientos rápidos, ciclos de corte, etc.

N20 G00 X1 Y1 Mov. rápido a (X1,Y1)

N25 Z0.125 Mov. rápido a Z0.125

N30 G01 Z-0.125 F 5 Avance a Z-0.125 a 5ipm

N35 G00 Z1 Mov. rápido a Z1

N40 X0 Y0 Mov. rápido a X0,Y0

APAGAR EL SISTEMA

Contiene todos los códigos G's y M's que desactivan todas las opciones que fueron activadas en la fase de inicio.

Funciones como el refrigerante y la velocidad del husillo deberán ser desactivadas antes de remover la pieza de la máquina.

N45 M05 Apagar el husillo

N50 M30 Fin del programa

2.5. RESTRICCIONES EN LOS BLOQUES

- Deben contener únicamente un solo movimiento de herramienta
- Debe contener únicamente una velocidad de corte
- Debe contener únicamente una herramienta o velocidad del husillo
- El número del bloque debe ser secuencial

2.6. PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACION

1. Desarrollar un orden de operaciones.

Planear las secuencias de principio a fin antes de escribir el programa

2. Hacer los cálculos necesarios (cálculo de coordenadas).

Indicar las coordenadas sobre el dibujo o utilizar hojas de coordenadas

3. Elegir la herramienta y velocidades de corte.

Asegurarse de las herramientas que se encuentran disponibles (Vea la figura 2.5). (Jiménez, 2007)

Flujo del procesamiento de CNC

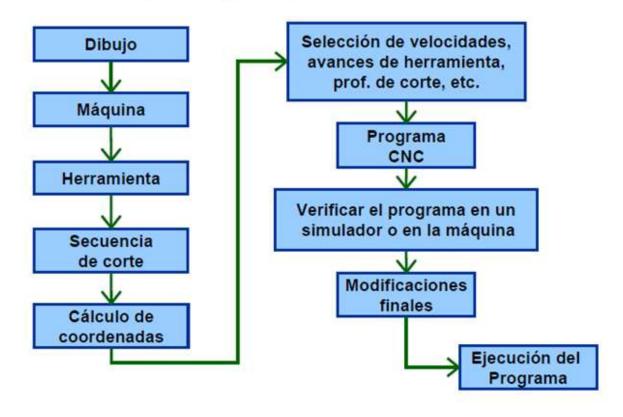


Fig.2.5. Flujo de procesamiento para un programa CNC

2.7. TORNO CNC

El torno CNC es un tipo de torno operado mediante control numérico por computadora. Se caracteriza por ser una máquina herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada a través del ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno. Es una máquina ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas (Ver figura 2.6).

Un torno CNC puede hacer todos los trabajos que normalmente se realizan mediante diferentes tipos de torno como paralelos, copiadores, revólver, automáticos e incluso los verticales. Su rentabilidad depende del tipo de pieza que se mecanice y de la cantidad de piezas que se tengan que mecanizar en una serie.

Este tipo de maquinas comúnmente se encuentran en las grandes empresas, ya que son muy caras y delicadas, normalmente se encuentran en las industrias de automóviles ya que las piezas que se necesitan para los carros son muy difíciles y deben ser exactas, pues de no ser así el carro no funcionaria de forma adecuada.

El primer desarrollo en el área del control numérico lo realizó el inventor norteamericano John T. Parsons (Detroit 1913-2007), junto con su empleado Frank L. Stulen, en la década de 1940. La aplicación del control numérico abarca gran variedad de procesos. Se dividen las aplicaciones en dos categorías:

- Aplicaciones con máquina herramienta, tales como el taladrado, laminado, torneado, etc.
- Aplicaciones sin máquina herramienta, tales como el ensamblaje, trazado e inspección.

Los primeros tornos usaban un pedal o volante pata girar el usillo, más adelante se agregaron motores, después se integraron interruptores y toda la operación era muy laboriosa por eso se desarrollo el CNC que permite definir cualquier secuencia de operaciones mediante una serie de códigos al agradarse una computadora que permite programar piezas, simular operaciones, llevar cuenta etc. Después de esto llego el CNC son eternamente controladas por computadora que ejecuta los programas que el operador indica.



Figura 2.6. Torno de control numérico.

2.7.1. FUNCIONAMIENTO

Los ejes X y Z pueden desplazarse simultáneamente en forma intercalada, dando como resultado mecanizados cónicos o esféricos según la geometría de las piezas.

Las herramientas se colocan en portaherramientas que se sujetan a un cabezal que puede alojar hasta 20 portaherramientas diferentes, dependiendo de la marca y

especificaciones de la maquina, que rotan según el programa elegido, facilitando la realización de piezas complejas.

En el programa de mecanizado se pueden introducir como parámetros: la velocidad de giro de cabezal portapiezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza. La máquina opera a velocidades de corte y avance muy superiores a los tornos convencionales por lo que se utilizan herramientas de metal duro o de cerámica para disminuir la fatiga de materiales.

2.7.2. ARQUITECTURA GENERAL DE UN TORNO CNC

Las características propias de los tornos CNC respecto de un torno normal universal son las siguientes:

2.7.2.1. MOTOR Y CABEZAL PRINCIPAL

Este motor limita la potencia real de la máquina y es el que provoca el movimiento giratorio de las piezas, normalmente los tornos actuales CNC equipan un motor de corriente continua, que actúa directamente sobre el husillo con una transmisión por poleas interpuesta entre la ubicación del motor y el husillo, siendo innecesario ningún tipo de transmisión por engranajes.

Estos motores de corriente continua proporcionan una variedad de velocidades de giro casi infinita desde cero a un máximo determinado por las características del motor, que es programable con el programa de ejecución de cada pieza. Muchos motores incorporan dos gamas de velocidades uno para velocidades lentas y otro para velocidades rápidas, con el fin de obtener los pares de esfuerzo más favorables. El husillo lleva en su extremo la adaptación para los correspondientes platos de garra y un hueco para poder trabajar con barra.

2.7.2.2. BANCADA Y CARROS DESPLAZABLES

Para poder facilitar el desplazamiento rápido de los carros longitudinal y transversal, las guías sobre las que se deslizan son templadas y rectificadas con una dureza del orden de 450 HB. Estas guías tienen un sistema automatizado de engrase permanente (Vea la figura 2.7).

Los husillos de los carros son de bolas templadas y rectificadas asegurando una gran precisión en los desplazamientos, estos husillos funcionan por el principio de recirculación de bolas, mediante el cual un tornillo sin fin tiene un acoplamiento a los respectivos carros. Cuando el tornillo sin fin gira el carro se desplaza longitudinalmente a través de las guías de la bancada. Estos tornillos carecen de juego cuando cambian de sentido de giro y apenas ofrecen resistencia. Para evitar los daños de una colisión del carro con algún obstáculo incorporan un embrague que desacopla el conjunto y detiene la fuerza de avance.

Cada carro tiene un motor independiente que pueden ser servomotores o motores encoder que se caracterizan por dar alta potencia y alto par a bajas revoluciones. Estos motores funcionan como un motor convencional de Motor de corriente alterna, pero con un encoder conectado al mismo. El encoder controla las revoluciones exactas que da el motor y frena en el punto exacto que marque la posición programada de la herramienta.

Por otra parte la estructura de la bancada determina las dimensiones máximas de las piezas que se puedan mecanizar.



Figura 2.7. Bancada y carros desplazables en un torno CNC.

2.7.2.3. AJUSTE POSICIONAMIENTO DE CARROS

A pesar de la calidad de los elementos que intervienen en la movilidad de los carros longitudinal y transversal no hay garantía total de poder conseguir la posición de las herramientas en la cota programada.

Para corregir los posibles fallos de posicionamiento hay dos sistemas electrónicos uno de ellos directo y el otro sistema indirecto. El sistema de ajuste de posicionamiento directo utiliza una regla de medida situada en cada una de las guías de las bancadas, donde actúa un lector óptico que mide exactamente la posición del carro, transfiriendo a la UCP (Unidad Central de Proceso) las desviaciones que existen donde automáticamente se reprograma hasta conseguir la posición correcta.

2.7.2.4. PORTAHERRAMIENTAS

El torno CNC utiliza un tambor, o ya sea bien una torreta, como portaherramientas donde pueden ir ubicados de cuatro a veinte herramientas diferentes, según sea el tamaño del torno, o de su complejidad. El cambio de herramienta se controla mediante el programa de mecanizado, y en cada cambio, los carros retroceden a una posición donde se produce el giro y la selección de la herramienta adecuada para proseguir el ciclo de mecanizado. Cuando acaba el mecanizado de la pieza los carros retroceden a la posición inicial de retirada de la zona de trabajo para que sea posible realizar el cambio de piezas sin problemas. El tambor portaherramientas, conocido como revólver, lleva incorporado un servomotor que lo hace girar, y un sistema hidráulico o neumático que hace el enclavamiento del revólver (Vea figura 2.8), dando así una precisión que normalmente está entre 0.5 y 1 micra de milímetro. Las herramientas tienen que ser ajustadas a unas coordenadas adecuadas en un accesorio externo a los tornos de acuerdo con las cotas que indique el programa. En la mayoría de los casos se trabaja con plaquitas intercambiables de metal duro, con lo cual, cuando se necesita reponer la plaquita, no hace falta desmontar el portaherramientas de su alojamiento.

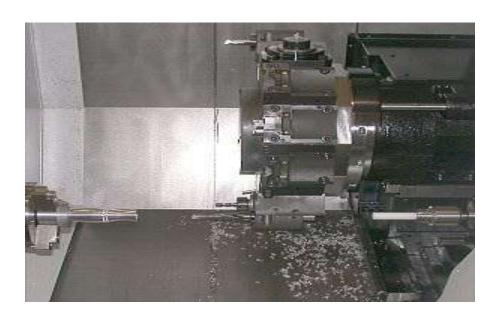


Figura 2.8. Portaherramientas en un torno CNC.

2.7.2.5. ACCESORIOS Y PERIFÉRICOS

Se conocen como accesorios de una máquina aquellos equipamientos que formando parte de la misma son adquiridos a un proveedor externo, porque son de aplicación universal para ese tipo de máquina. Por ejemplo la batería de un automóvil es un accesorio de mismo.

Todas las máquinas que tienen incorporado su funcionamiento CNC, necesitan una serie de accesorios que en el caso de un torno se concretan en los siguientes:

- CPU (Unidad de Control de Proceso)
- Gráficos dinámicos de sólidos y de trayectoria
- Editor de perfiles
- Periféricos de entrada
- Periféricos de salida

2.7.2.6. CPU (Unidad Central de Proceso)

La CPU o UCP es el cerebro de cálculo de la máquina, gracias al microprocesador que incorpora. La potencia de cálculo de la máquina la determina el microprocesador instalado. A cada máquina se le puede instalar cualquiera de las CPU que hay en el mercado, por ejemplo: FAGOR, FANUC, SIEMENS, etc. Lo normal es que el cliente elige las características de la máquina que desea y luego elige la CPU que más le convenga por prestaciones, precio, servicio, etc.

Las funciones principales encomendadas a la CPU es desarrollar las órdenes de mando y control que tiene que tener la máquina de acuerdo con el programa de mecanizado que el programador haya establecido, como por ejemplo calcular la posición exacta que deben tener las herramientas en todo el proceso de trabajo, mediante el control del desplazamiento de los correspondientes carros longitudinal y transversal. También debe controlar los factores tecnológicos del mecanizado, o sea

las revoluciones del husillo y los avances de trabajo y de desplazamiento rápido así como el cambio de herramienta.

Por otra parte la CPU, integra las diferentes memorias del sistema, que pueden ser EPROM, ROM, RAM y TAMPON, que sirven para almacenar los programas y actuar como un disco duro de cualquier ordenador.

Como periférico de entrada el más significativo e importante es el teclado que está instalado en el panel de mandos de la máquina, desde donde se pueden introducir correcciones y modificaciones al programa inicial, incluso elaborar un programa individual de mecanizado. Hay muchos tipos de periféricos de entrada con mayor o menor complejidad, lo que si tienen que estar construidos es a prueba de ambientes agresivos como los que hay en los talleres.

Como periférico de salida más importante se encuentra el monitor que es por donde nos vamos informando del proceso de ejecución del mecanizado y podemos ver todos los valores de cada secuencia. También podemos controlar el desplazamiento manual de los carros y demás elementos móviles de la máquina.



Figura 2.9. Ejemplo de CPU FANUC de un torno CNC.

2.7.3. FORMACION DE VIRUTA

El torneado ha evolucionado tanto que ya no se trata tan solo de arrancar material a gran velocidad, sino que los parámetros que componen el proceso tienen que estar estrechamente controlados para asegurar los resultados finales de economía calidad y precisión.

La forma de tratar la viruta se convierte en un proceso complejo, donde intervienen todos los componentes tecnológicos del mecanizado, para que pueda tener el tamaño y la forma que no perturbe el proceso de trabajo. Si no fuera así se acumularían rápidamente masas de virutas largas y fibrosas en el área de mecanizado que formarían madejas enmarañadas e incontrolables.

La forma que toma la viruta se debe principalmente al material que se está cortando y puede ser de material dúctil y también quebradizo y frágil.

El avance con el que se trabaje y la profundidad de pasada, son bastante responsables de la forma de viruta, y cuando no se puede controlar con estas variables hay que recurrir a elegir la herramienta que lleve incorporado un rompevirutas eficaz.



FIGURA 2.10. Buen control de virutas

2.7.4. MECANIZADO EN SECO Y CON REFRIGERANTE

Hoy en día el torneado en seco es completamente viable y se emplea en numerosas aplicaciones. Hay una tendencia reciente a efectuar los mecanizados en seco siempre que la calidad de la herramienta lo permita. Una zona de temperatura de corte más elevada puede ser en muchos casos, un factor positivo.

Sin embargo el mecanizado en seco no es adecuado para todas las aplicaciones, especialmente para taladrados, roscados y mandrinados para garantizar la evacuación de las virutas.

Es necesario evaluar con cuidado operaciones, materiales, piezas, exigencias de calidad y maquinaria para identificar los beneficios de eliminar el aporte de refrigerante.



Figura 2.11. Manguera del sistema de refrigeración de un torno CNC.

2.7.5. FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DEL TORNEADO

En el torneado hay seis parámetros clave:

Los tornos CNC, debido a sus mecanismos de funcionamiento permiten ajustar al máximo las condiciones de mecanizado y por lo tanto conseguir el mejor tiempo de torneado posible.

- 1. Velocidad de corte (Speed) (V_c). Se define como la velocidad lineal en la periferia de la zona que se está mecanizando. Su elección viene determinada por el material de la herramienta, el tipo de material de la pieza y las características de la máquina. Una velocidad de corte alta permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta. La velocidad de corte se expresa en metros/minuto.
- 2. **Velocidad de rotación de la pieza (N)**. Normalmente expresada en revoluciones por minuto. Se calcula a partir de la velocidad de corte y del diámetro mayor de la pasada que se está mecanizando.
- Avance (F). Definido como la velocidad de penetración de la herramienta en el material. En el torneado suele expresarse en mm/rev. No obstante para poder calcular el tiempo de torneado es necesario calcular el avance en mm/min de cada pasada.
- Profundidad de pasada. Es la distancia radial que abarca una herramienta en su fase de trabajo. Depende de las características de la pieza y de la potencia del torno.
- 5. **Potencia de la máquina**. Está expresada en <u>kW</u>, y es la que limita las condiciones generales del mecanizado, cuando no está limitado por otros factores.

6. Tiempo de torneado (T). Es el tiempo que tardan todas las herramientas en realizar el mecanizado sin tener en cuenta otras cuestiones como posibles paradas de control o el tiempo poner y quitar la pieza del cabezal que puede variar dependiendo de cada pieza y máquina. Se calcula a base de ir sumando los tiempos parciales de cada herramienta.

Estos parámetros están relacionados por las fórmulas siguientes:

$$V_c~(\mathrm{m/minuto})~=~\frac{N~(\mathrm{rpm})~\times~3,14~\times~\mathrm{Di\acute{a}metro}~(\mathrm{mm})}{1000}$$

$$T \text{ (minutos)} = \frac{\text{Longitud de mecanizado (mm)}}{F \text{ (mm/minuto)}}$$

$$F \text{ (mm/minuto)} = N \text{ (rpm)} \times F \text{ (mm/revolución)}$$

Generalmente, la velocidad de corte óptima de cada herramienta y el avance de la misma vienen indicados por el fabricante de la herramienta o, en su defecto, en los prontuarios técnicos de mecanizado.

2.7.6. VENTAJAS DE LA MAQUINA CNC.

1) Piezas exactas

En ocasiones trabajamos en una pieza y al terminarla nos damos cuenta que no quedo exactamente igual al diseño original, que por una u otra razón quedan de diferente tamaño y esto nos hace enfurecer. Pues con estas maquinas ya no más, ya que trabajan con simuladores que nos permiten ver si nuestra pieza está bien hecha o tiene algún error.

2) Menos tiempo y más producción

Muchas veces hemos escuchado la frase "El tiempo es oro" y es muy cierta, nuestro tiempo es muy valioso; y este tipo de maquinas nos ayudan a no perderlo, ya que con un solo diseño puedes hacer una serie de piezas iguales, en menos tiempo y sin necesidad de trabajar duramente.

3) Menos cansado

Después de trabajar en maquinas como lo son las fresadoras convencionales, el cansancio del trabajador se hace notar, ya que se trabaja parado, y esto hace que duela la espalda y los pies. En cambio cuando trabajamos en una fresadora CNC la posición del trabajador es muy diferente; ya que estas maquinas trabajan en forma automática, y el operador puede estar sentado junto a la maquina supervisando los movimientos de ella.

4) Más limpio

La limpieza en el área de trabajo es muy importante, esto evita accidentes; y más en zonas industriales ya que cualquier accidente en este tipo de lugares puede costar hasta la vida de una persona.

2.7.7. DESVENTAJAS DE LA MAQUINA CNC.

1) Se descomponen con facilidad

Este tipo de maquinas trabajan por medio de códigos, por lo cual son un poco más difíciles, pues cualquier error puede llegar a descomponerlas.

2) Hay pocas personas especializadas en estas maquinas, ya sea para trabajarlas y arreglarlas.

En México existen pocas personas que pueden trabajar y arreglar estas maquinas, por eso también es difícil tenerlas, pues si una persona no sabe trabajarla es fácil que la descomponga, y muy difícil encontrar una persona que la arregle.

CAPITULO 3

USO Y ESPECIFICACIONES DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (CNC) DEL LABORATORIO DE MECANICA



Figura 3.1. Fotografía del Torno de CNC con el que cuenta el taller de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Campus Xalapa.

3. CARACTERISTICAS DEL TORNO CNC DEL TALLER DE MECANICA

Las series BJ son tornos CNC de bancada plana y alta versatilidad, pues pueden ser utilizados para fabricar lotes de alto volumen ó pues lotes pequeños o de una sola pieza, gracias a su fácil manejo y operación (Vea la figura 3.1).

Son construidos como fundición de alta rigidez y utiliza **Turcite B**¹ en los puntos de fricción para mantener su alta precisión y durabilidad.

El husillo principal está equipado con el freno electromagnético, lo cual proporciona un frenado confiable, rápido y suave.

El husillo genera un alto torque para el torneado y desbaste de piezas que requieran de un alto volumen de remoción de material.

¹Turcite B® es el nombre comercial para el poli-tetrafluoretileno, una resina termoplástica usada en aplicaciones industriales que requieren la reducción de fricción para partes en movimiento y sometidas a cargas. Es fabricado en hojas, es resistente a la corrosión química y es auto-lubricante. Frecuentemente compuestos químicos más comunes son usados para sustituir al Turcite B®, entre ellos Delrin AF® y el Rulon 142®. Delrin AF® es el nombre comercial para el polímero poli-oximetileno formaldehido y el Rulon 142®, es preparado como un platico solido azulverdoso, con algunos compuestos metálicos agregados tales como el cobre, estaño, zinc y otros más. Los metales tales como el cromo y el bronce a menudo son agregados al Turcite B® como relleno para incrementar su fuerza y propiedades térmicas.

El nombre de Turcite B® es una marca registrada de la compañía Trelleborg Sealing Solutions, de Fort Wayne, Indiana en Estados Unidos. Es una empresa fabricante de piezas de fricción mecánica, plásticos, cojinetes, y otros componentes diseñados para la reducción en varias aplicaciones. Trelleborg también fabrica otras variaciones del Turcite B®, como el Turcite A®, que es un plástico diseñado para cargas pesadas y que es fácil de mecanizar. Otra variación del Turcite B® es el Turcite X®, el cual está diseñado para cargas pequeñas, pero para aplicaciones a alta velocidad, haciéndolo menos resistente al desgaste que el Turcite A®, pero capaz de soportar temperaturas prolongadas de hasta 180° Fahrenheit (82° Celsius) (wisegeek, 2011).

3.1. DATOS TECNICOS

Como ya sabemos, todo torno, dependiendo del fabricante y de las necesidades del comprador, presenta especificaciones técnicas diferentes, necesarias para el rendimiento optimo ya sea de la empresa ó lugar de utilización. Vea la Tabla 3.1 donde se mencionan las especificaciones para un torno CNC BJ-1640 VSCNC.

ESPECIFICACIONES	Unidad	BJ-1640VSCNC
Volteo sobre la bancada	mm	410
Volteo sobre el carro	mm	180
Máx. diá. de torneado sobre la bancada	mm	400
Distancia entre puntos	mm	1,000
Máx. long. de torneado	mm	800
Velocidad variable del husillo	rpm	45 - 2,500
Motor del husillo	hp	10
Vel. avances rápidos X, Z	m / min	6 / 12
Paso de barra	mm	77
No. de herramientas		4
Viajes en X, Z	mm	200 / 800
Dimensiones (largo x ancho x alto)	mm	2,140 x 1,260 x 1,650
Peso	kg	2,000

Tabla 3.1. Datos especificos para el torno CNC de la facultad Ingenieria Mecanica.

3.2. COMPONENTES PRINCIPALES DEL EQUIPO

Los principales componentes de un Torno de CNC están señalados en las siguientes figuras (3.2 – 3.9)

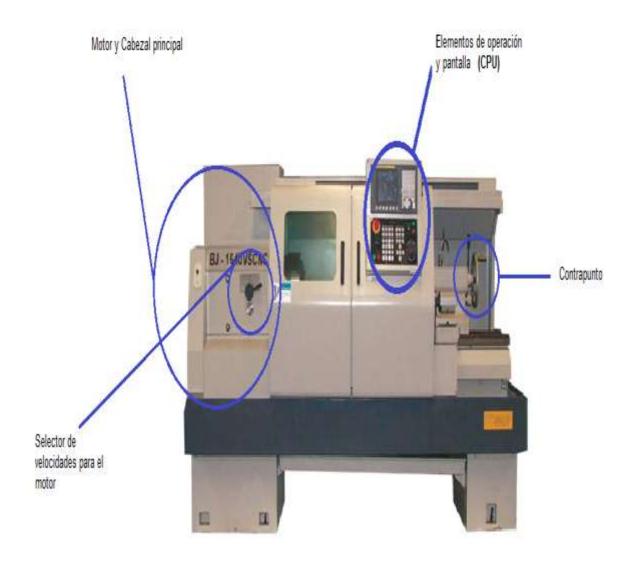


Figura 3.2. Fotografía del Torno de CNC con el que cuenta el taller, en donde se señalan los componentes principales.



Fig. 3.3. Imagen señalizando las guías de bancada del torno CNC.



Fig. 3.4. Imagen señalizando el chuck o cabezal giratorio del torno de CNC.

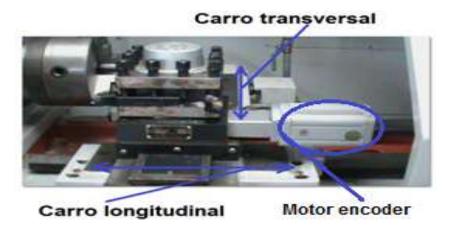


Fig. 3.5. Imagen señalizando los Carros Transversal, longitudinal y el Servomotor ó Motor Encoder.



Fig. 3.6. Imagen señalizando el portaherramientas con capacidad para 4 cortadores.

Herramienta de corte

Fig. 3.7. Imagen señalizando la Herramienta de Corte en el Portaherramientas.



Fig. 3.8. Imagen señalizando el Contrapunto del Torno de CN



Fig. 3.9. Imagen señalizando la ubicación el botón de encendido del Torno de CNC.

3.3. NOCIONES BASICAS

- Denominación de los ejes
- Se denomina carro transversal al eje X y carro de bancada o longitudinal al eje Z.
- Todos los valores X visualizados y programados se toman como diámetro.
- Los valores Z visualizados y programados se toman a partir del cero pieza, y se toman con respecto a lo largo de la pieza (vea la figura 3.10).

Para los desplazamientos se tiene en cuenta:

- Los desplazamientos en sentido positivo (+) parten de la pieza
- Los movimientos en sentido negativo () van hacia la pieza

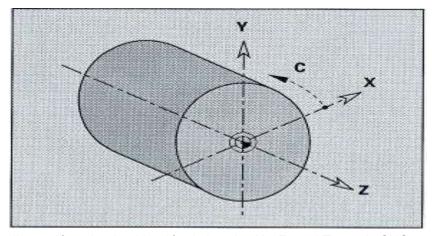


Fig. 3.10. Ilustración sobre la ubicación de los ejes X y Z en el Torno de CNC.

3.4. SISTEMA COORDENADO CARTESIANO

La introducción de coordenadas de los **ejes principales** X y Z se refieren al cero pieza. La mayoría de los tornos solo trabajan con los ejes X, Z. Aunque si existen tornos que trabajan con el eje Y, estas coordenadas son perpendiculares al eje Z, X. (Básico para el control numérico y para la fabricación automatizada)

El sistema coordenado cartesiano es la base para el sistema de la identificación del eje utilizado para máquinas herramientas programadas y otras formas de automatización flexible. Este sistema es ideal para describir los movimientos de máquinas herramientas y también es fácil y simple de utilizar, también da una identificación de cualquier punto en el espacio.

3.5. APLICACIÓN DEL SISTEMA COORDENADO CARTESIANO PARA EL TORNO

Para las máquinas herramientas CNC los 3 ejes para los movimientos son descritos en base al Sistema Coordenado Cartesiano. El torno sólo tiene 2 ejes principales de movimiento (véase la figura 3.11). Los movimientos herramentales paralelos a la línea central del eje principal (eje "Z") los cuales son horizontales para el torno pero todavía se les llama movimientos "Z". "X" es asignado para movimientos herramentales perpendiculares a la línea central del eje principal.

Cuando la herramienta sea movida en dirección hacia el trabajo, se considera que se está moviendo en una dirección negativa. Cuando la herramienta se está alejando del trabajo en cualquier eje se considera que se está moviendo en una dirección positiva (vea la figura 3.11). Usted debe de aprenderse estos ejes y estas direcciones bien para evitar errores.

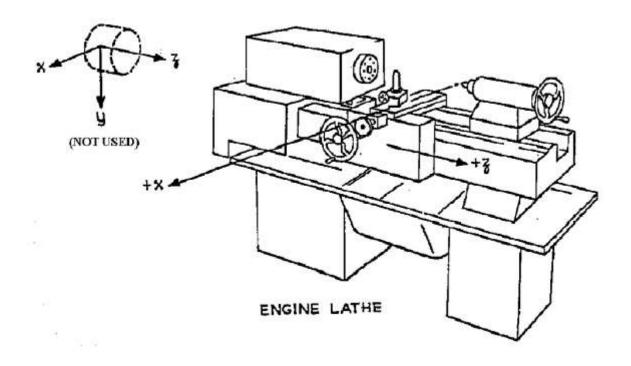


Fig. 3.11. Ilustración sobre los ejes y la dirección del los movimientos en el torno.

Aunque sólo se está refiriendo al torno en este manual, las letras están asignadas en una manera similar a los ejes de movimientos de varios tipos de máquinas herramientas de CNC. No debe de tener problema para adaptar el Sistema Coordenado Cartesiano a otras máquinas.

3.6. SISTEMAS PARA DIMENSIONAMIENTO EN EL CONTROL NUMÉRICO

En el Control Numérico existen 3 formas o sistemas para la descripción de puntos o localización en una pieza o máquina. Estos sistemas son llamados: absoluto, incremental (relativo), y polar. Los dos primeros sistemas (el absoluto o el incremental) están basados en el Sistema Coordenado Cartesiano, mientras que el tercer sistema (el polar) está basado en radios y ángulos.

3.7. SISTEMA ABSOLUTO

El Sistema absoluto es el Sistema de dimensionamiento más comúnmente utilizado en el control numérico. Puntos o localizaciones descritos como valores absolutos siempre relacionados a una simple posición base u origen. En el torno esta posición base es conocida como CERO DE REFERENCIA. Todos los puntos o localizaciones utilizados para describir una pieza están relacionados con este punto.

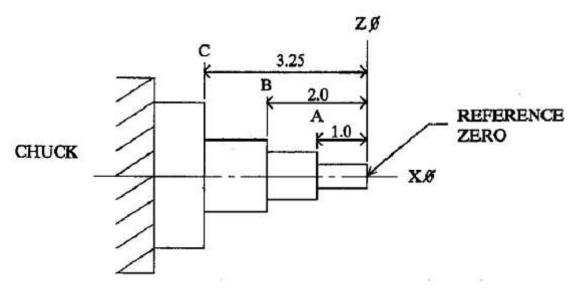


FIGURA 3.12. Ejemplo de una pieza dimensionada utilizando el sistema absoluto

La figura 3.12 muestra una pieza en un torno para el cual varias localizaciones Z han sido dimensionadas utilizando el sistema absoluto. Note que el punto C es dimensionado directamente como 3.25 pulgadas desde el plano de referencia cero.

3.8. SISTEMA INCREMENTAL

En el sistema incremental o (relativo) la localización de cada punto es dimensionada desde el punto previo. En la figura 3.13 la localización Z del punto "C" es definida como de 1.25 pulgadas del punto "B" en lugar de su distancia del punto de referencia como es en el sistema absoluto de la figura 3.12 para obtener la distancia de "A" a "B" y del cero de referencia a "A".

Como se mencionó el sistema absoluto es utilizado comúnmente para dimensionar el CNC. Sin embargo, hay casos como por ejemplo en la descripción del movimiento de radios en los que el sistema incremental es utilizado con una mayor ventaja.

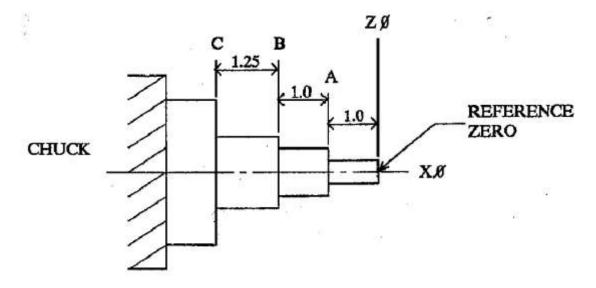


FIGURA 3.13. Pieza dimensionada utilizando el sistema incremental (relativo).

3.9. SISTEMA COORDENADO POLAR

El sistema llamado sistema coordenado polar es algunas veces utilizado para definir puntos en el espacio.

A diferencia de utilizar el sistema coordenado cartesiano sobre el cual están basados el sistema incremental y el sistema absoluto. El sistema coordenado polar está basado en una serie de círculos con el punto cero en el centro. Una localización dada es descrita como si estuviera en un radio particular desde el centro y localizado en un número particular de grados del eje "X" positivo. De esta forma las coordenadas polares son dadas como un radio o un ángulo en lugar de las familiares coordenadas X y Y o X y Z. La figura 3.14 muestra un ejemplo de este tipo de coordenadas.

El sistema coordenado polar es conveniente utilizarlo en la descripción de ciertos tipos de corte en el torno como lo son los ángulos de chaflán en las esquinas.

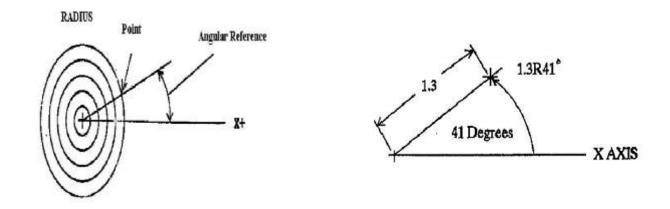


FIGURA 3.14. Ilustración sobre como utilizar las coordenadas polares.

3.10. UNIDADES DE MEDIDA

El CNC puede programarse y manejarse en sistema "métrico" o "en pulgadas". Las unidades métricas de la tabla son válidas para las programaciones y visualizaciones. Vea la figura 3.15.

Medidas	métrica	
Coordenadas	mm	pulgadas
Longitudes	mm	pulgadas
Angulos	grados rpm	grados
Revoluciones	m/min	rpm
Velocidad de corte	mm∆uelta	pies/min
Avance por vuelta (revolución) Avance por minuto Aceleración	mm/min <i>mis"</i>	pulg./vuelta
		pulg./min
		pies/s2

Fig. 3.15. Unidades métricas utilizadas para la programación en Maquinas CNC.

3.11. PUNTO CERO DE REFERENCIA (PIEZA CERO)

En la mayoría de los tornos CNC modernos, donde los ejes coordenados X y Z tienen su origen o cero en la intersección, su cero puede ser movido de una forma convencional para hacer la programación y la operación de la máquina más fácil. Estos ceros son normalmente denominados "Puntos de referencia" Vea la figura 3.16. Algunas veces se utiliza más de un punto de referencia en un programa o descripción de la pieza. La siguiente figura muestra como 3 tipos diferentes de puntos de referencia o "ceros" son utilizados en la programación de la CNC.

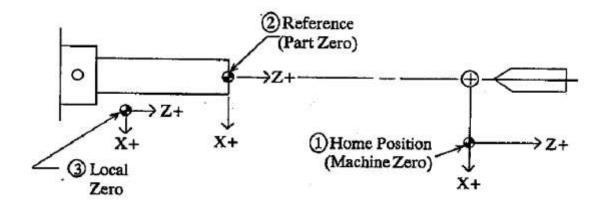


Fig. 3.16. Localización de diferentes puntos cero de referencia.

3.12. ENTRADAS POR CÓDIGOS.

La programación en código significa que el usuario debe de decirle a la máquina que es lo que quiere por medio de una combinación de códigos de letras y números, como ya lo hemos mencionado anteriormente. Por ejemplo, cuando se inserta un M08 en el programa el líquido refrigerante se encenderá. Metiendo un M03 el eje principal se encenderá en la dirección de las manecillas del reloj. Un M30 llamara a un final del programa y regresión en la memoria. Se encuentra disponible una lista de comandos de códigos hechas de letras y números para utilizarse en la programación de la maquina y el controlador. Existe variación en los códigos utilizados para máquinas diferentes y controladores de manufactura pero la asociación de industrias electrónicas han recomendado una serie de estándares. Una letra "G" (Código G) es utilizado para llamar a una función general como un corte de radio o ciclo de taladro. La función exacta seleccionada se especifica por un

número en seguida de la letra. Una letra "M" es utilizada para llamar operaciones misceláneas (funciones M) como lo son prender y apagar el líquido refrigerante o llamar para un cambio de herramienta. Aquí también, la función particular específica es llamada con un número seguido de una letra. Otras letras utilizadas para comandos incluye la "F" que es para el rango de alimentación, "T" para el cambio de herramienta. Las letras son seguidas por valores especificados como lo son el actual rango de alimentación en pulgadas por minuto o el numero de herramienta; ejemplo (T4). Estas combinaciones de letras - números son llamadas palabras y el formato que utiliza estas palabras con código es llamado formato de "dirección de palabras". 4 de los más comunes tipos de palabras son:

G---- --- Palabras de función general M--- --- --- Palabras de función miscelánea T- --- --- --- Palabras de identificación de herramienta X, Y, Z, A, B, C- --- --- Palabras para la identificación de ejes

Los estándares EIA tienen varias palabras no asignadas que los fabricantes pueden utilizar en cualquier forma que ellos deseen. Por ejemplo un G98 en algunas máquinas hace que la máquina vaya al 0 de referencia del programa. Algunas veces diferentes fabricantes pueden asignar diferentes códigos para la misma función. Un ejemplo puede ser que G20 y G70 ambos sean utilizados para la programación en pulgadas y que G21 y G71 ambos sean utilizados para programación métrica.

Es recomendable obtener una lista de posibles códigos de comando y de otras instrucciones de programación que son dadas por el fabricante de la máquina que este programando, en este caso el torno CNC del taller de mecánica. Probablemente usted memorizara los códigos de comando más comunes.

A continuación se muestran las tabla 3.1 y 3.2 de códigos G y M completa de los estándares recomendados EIA para la programación de la maquina. (ITQ, 2008).

FUNCIONES PREPARATORIAS G (modo y forma de realizar trayectorias)

Código	Función		
G00	Movimiento Rápido Sin Corte		
G01	Movimiento lineal con corte (alimentación de corte) (avance F)		
G02	interpolación circular (sentido horario)		
G03	Interpolación circular (sentido anti horario)		
G04	Detención momentánea (temporizada)		
G09	Detención exacta		
G10	Fijación de datos		
G11	Cancelar modo de fijación de datos		
G17	Selección del plano XY (fresadora)		
G18	Selección del plano ZX (torno)		
G19	Selección del plano YZ		
G20	Entrada de cotas en pulgadas (sistema ingles)		
G21	Entrada de cotas en milímetros (sistema métrico decimal)		
G27	Verificación de retorno al punto de referencia		
G28	Regresar al punto de referencia (HOME)		
G29	Regresar del punto de referencia		
G30	Regresar al segundo punto de referencia		
G31	Ignorar función		
G33	Cortar rosca		
G39	Interpolación circular de corte de esquina		
G40	Cancelar compensación del cortador		
G41	Compensación izquierda del cortador		
G42	Compensación derecha del cortador		
G43	Compensación del largo de herramienta + Dirección		
G44	Compensación del largo de herramienta - Dirección		
G49	Cancelar compensación de largo de herramienta		

G50	Cancelar escalación	
G51	Escalación	
G54	Sistema de coordenadas de trabajo 1, selección	
G55	Sistema de coordenadas de trabajo 2, selección	
G56	Sistema de coordenadas de trabajo 3, selección	
G57	Sistema de coordenadas de trabajo 4, selección	
G58	Sistema de coordenadas de trabajo 5, selección	
G59	Sistema de coordenadas de trabajo 6, selección	
G60	Posicionamiento en una dirección	
G61	Modo de detención exacta	
G62	Dominio de esquina automático	
G63	Modo de manipulación	
G64	Modo de corte	
G65	Llamada a macro, comando macro	
G90	Comando absoluto	
G94	Alimentación por minuto	
G95	Alimentación por revolución	

Tabla 3.1. Lista de los principales códigos de comandos G para la programación en el torno de Control Numérico.

FUNCIONES AUXILIARES M (modo de funcionamiento de la máquinaherramienta)

Código	Función
M03	Giro en sentido horario del husillo
M04	Giro en sentido anti-horario del husillo
M05	Parar el husillo
M06	Cambio automático de herramienta
M07	Enfriador "B" conectado (refrigerante)
M08	Enfriador "A" conectado (refrigerante)
M09	Desconectar enfriador (refrigerante)
M30	Reiniciar el programa.

Tabla 3.2. Lista de los principales códigos de comandos M para la programación en el torno de Control Numérico.

3.13 DESARROLLO DEL COMPONENTE A ESCALA

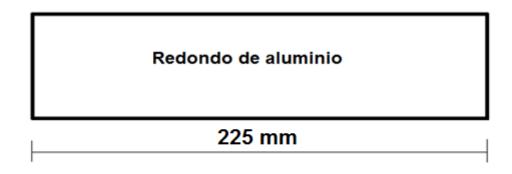
Después de completar la hoja de planeación dibuje el componente a escala mostrando las rutas del cortador (el dibujo a escala no es necesario donde la figura del componente y las rutas de corte sean simples, un croquis puede ser suficiente).

Seleccione el plano de referencia del componente y dimensiones en el dibujo a escala (o croquis) y el tamaño de los cortes. Lleve a cabo los cálculos necesarios para las pendientes y arcos.

Dibuje en una hoja el esquema herramental con la indicación del código de orden para cada cortador en el portaherramientas.

Comience escribiendo el procedimiento de inicio sobre las hojas de programación (papel milimétrico).

Introduzca los códigos de instrucción en la maquina.



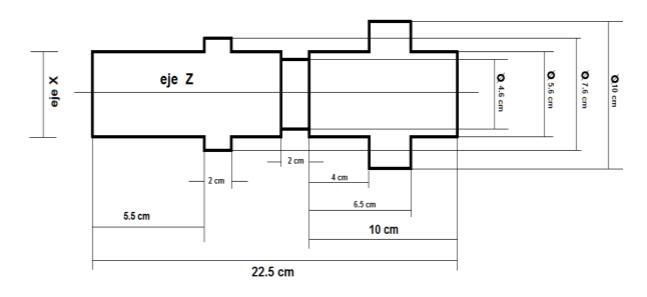


Fig. 3.16. Dibujo de un componente a escala.

CAPITULO 4

MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LA UTILIZACION DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (CNC)

4. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Al trabajar con el torno CNC, algunos peligros pueden resultar, debido a la operación del equipo de manera incorrecta, usando el equipo con propósitos diferentes a los que fueron concebidos. Todo el mantenimiento e instalación del equipo debe ser realizado sólo por personal calificado.

4.1. REGLAS DE SEGURIDAD PARA EL OPERADOR

- El operador se debe asegurar que ninguna persona no autorizada trabaje con o en el equipo.
- El operador está obligado a reportar cualquier cambio inmediatamente.
- El operador está obligado a sólo operar el equipo si este esta en perfectas condiciones de trabajo.
- En ninguna circunstancia se deben remover dispositivos de seguridad
- Si los dispositivos de seguridad son desinstalados debido a mantenimiento o servicio, se debe apagar la máquina de acuerdo al manual del equipo.
 Inmediatamente después de haber terminado el mantenimiento o servicio, todos los dispositivos de seguridad deben ser reinstalados.
- Cualquier tipo de reconstrucción o modificación del equipo no autorizada está prohibida debido a razones de seguridad personal.
- Todas las cubiertas y puertas de protección deben estar cerradas antes de la puesta en marcha de la máquina y no pueden ser abiertas durante el servicio.
 Las instalaciones de seguridad incorporadas no pueden ser colocadas fuera de servicio.

- Los medios de presión pueden producir lesiones físicas. Si se han montado recipientes sometidos a presión están sujetos los mismos a pruebas regulares y si fuera necesario a una prueba de recepción en el lugar de emplazamiento de la máquina de acuerdo al reglamento de recipientes de presión y/o normas de las CE para equipos a presión. Todos los certificados de ensayos del recipiente sometido a presión deben ser guardados cuidadosamente.
- Es necesario usar guantes de protección para utilizar los lubricantes, aceites y agentes refrigerantes, así como evitar el contacto con los ojos y la piel y no aspirar vapores ni la niebla de los refrigerantes.
- Accionar el pulsador Paro-Emergencia ante peligros.
- Verificar la máquina en cuanto a posibles fugas y eliminar causas.
- Tener precaución al retirar las virutas, utilizar solamente ganchos de virutas y cepillos de mano.
- No tocar ni manipular el interior del transportador de virutas en movimiento.
- En caso de incendios en instalaciones hidráulicas utilizar únicamente dióxido de carbono, nunca emplee agua.
- En caso de incendios en instalaciones en instalaciones hidráulicas utilizar únicamente dióxido de carbono, espuma, polvo o niebla de agua pero nunca agua.

Sólo accionar el dispositivo de paro de emergencia cuando:

- Esté en peligro la vida de personas
- Haya peligro de daño a la máquina o pieza.

4.2. ANTES DE HACER FUNCIONAR EL SISTEMA

.

- 1. No llevar pelo suelto, y/o joyas.
- 2. No utilizar la maquina sin la presencia de personal del laboratorio.
- 3. No haber tomado medicamentos que causen somnolencia y disminuyan la concentración o el tiempo de reacción.
- 4. Reservar el tiempo de uso de la maquina con la persona responsable.
- 5. Leer el manual de uso.

4.3. MIENTRAS SE HACE FUNCIONAR EL SISTEMA QUEDA PROHIBIDO

- 1. Cualquier intervención manual o con medios auxiliares estando la maquina en marcha y las piezas en rotación.
- 2. Llevar pelo suelto, joyas o anillos

- 3. Modificar las instalaciones de seguridad, ej. Interruptores, guardas o coberturas.
- 4. La programación de revoluciones que sean mayores que las revoluciones máximas indicadas en los medios de sujeción utilizados.
- 5. Pintar o retirar avisos de advertencia.
- 6. La operación de la máquina por personas no autorizadas.
- 7. El torneado de piezas de cerámica y madera.
- 8. Realizar modificaciones de programa (software) en el sistema programable de mando.
- La utilización de aparatos generadores de radiaciones electromagnéticas.
 (Teléfonos móviles, unidades de soldadura eléctrica) en un radio de 2 m. Con respecto a la máquina.
- 10. El acceso al espacio de trabajo de la maquina.
- La explotación de la máquina con la placa de seguridad de poli carbonato dañada, lo que significa no ocupar el equipo cuando la mica de la pantalla esté rota o dañada,
- 12. La ejecución de trabajos de soldadura en la máquina.
- Abstenerse de toda modalidad de trabajo que represente un riesgo para la seguridad de la máquina.

- 14. Retirar virutas de forma manual, se deberán utilizar ganchos de virutas y cepillo.
- 15. Arrojar desperdicios en el refrigerante o en la eliminación de virutas.
- 16. Descuidar la máquina aun si esta trabajando de forma automática.
- 17. Tocar o manipular el interior del transportador de virutas en movimiento.
- 18. Limpiar la máquina con aire comprimido.
- 19. Utilizar lubricantes refrigerantes que no se puedan mezclar con el agua para evitar posibles explosiones. Si se va a utilizar refrigerantes con aceite a más del 15% se debe utilizar un dispositivo de protección contra explosión.
- 20. Almacenar durante la pulverización de la pieza cantidades mayores de refrigerante de 10 gr / m³.
- 21. Los trabajos con material con capacidad explosiva (magnesio, silicio, etc). sólo se deben realizar torneando medidas de protección adicionales como la instalación de extintor de incendios.
- 22. Desconectar el interruptor principal durante el desarrollo del procedimiento de mecanización ya que esto puede tener como consecuente daños en la máquina.
- 23. Dejar objetos de acero o hierro como pinzas, desatornilladores, etc. no deben quedarse tirados en el área cercana directa. (González G. 2011).

4.4. EQUIPO DE PROTECCIÓN

4.4.1. OVER ALL

Es importante utilizar el overall para una mayor protección personal, así como el cuidado de la ropa portada al momento de trabajar en el taller y así evitar accidentes de trabajo. Vea figura 4.1.

Nos mantiene protegidos de agentes químicos, salpicaduras, entre otras cosas.



Figura 4.1. Ejemplo de un overall para la protección personal.

4.4.2. GAFAS PROTECTORAS DE TRABAJO

Las gafas son de uso importante ya que protegen los ojos de impactos, deslumbramiento, polvo, líquido, etc.

Estas gafas deben estar diseñadas para soportar impacto de partículas a gran velocidad, baja energía y temperaturas extremas. Por lo que no cualquier tipo de gafas es recomendable utilizar. Vea la figura 4.2.



Figura 4.2. Ejemplo de unas gafas protectoras para la utilización dentro del taller de Mecánica.

4.4.3. GUANTES

Los guantes, son una herramienta indispensable en la protección de las manos, ya que estas son una de las partes más expuestas a la hora de trabajar en el torno CNC.

Se debe tener la suficiente prevención y utilizar la protección adecuada cuando se exponen a peligro, con el fin de disminuir y evitar su accidentalidad. Generalmente son de material combinado entre carnaza y vaqueta. Vea la figura 4.3.

La importancia de estos guantes a la hora de trabajar, es muy importante, ya que evita cortaduras con las virutas de acero y con las herramientas de corte, así como quemaduras con el calor producido por la fricción de la pieza con las herramientas de corte.



Figura 4.3. Ejemplo de unos guantes de carnaza.

4.4.4. TAPONES PARA OÍDOS

Son una prenda de protección que se inserta en el canal auditivo externo para evitar dañar la capacidad de audición de quien los lleva. Se usan en ambientes con ruidos muy fuertes, o para evitar que entre el agua, arena o viento.



Figura 4.4. ejemplo de tapones para la protección del oído.

4.4.5. CALZADO ADECUADO

En el taller es recomendable utilizar algún tipo de botas, ya que estas ayudan a protegerse de peligros a la hora de trabajar. Entre las protecciones q brindan están las de pisar metal incandescente, un agente químico, de posibles exposiciones, etc. Se recomienda que sean antiderrapables.



Figura 4.5. Ejemplo de calzado adecuado para la utilización en el taller de Mecánica.

CAPITULO 5

MANUAL DE PRACTICAS DEL TORNO DE CONTROL NUMERICO (CNC).



ALUMNO(A):

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA **REGION XALAPA**



TALLER DE MECANICA

PRACTICA # 1. RECONOCIMIENTO DE EQUIPO Y MEDIDAS DE SEGURIDAD.

MATRÍCULA:	APELLIDO PATERNO: OSCAR ALBERTO	APELLIDO MATERNO:	NOMBRE(S)	
GRUPO:	HORARIO DE PRACTICA:	FECHA:	FIRMA:	
			·	
REVISÓ (PARA SER LI	ENADO POR EL INSTRUCT	OR):		
NOMBRE DEL PROFESOR	:			
NOMBRE DEL INSTRUCTOR:				
FECHA DE REVISION	RESULTADO		FIRMA	
	ACREDITADO	NO ACREDITADO		
OBSERVACIONES:	•	SELLO DEL LABO	ORATORIO	

SHIP CONTROL OF THE PARTY OF TH

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Objetivos:

- 1.- El alumno aprenderá la importancia y reconocerá las partes principales de un torno CNC, así como, cuál es el funcionamiento de cada una de ellas, además de la función que cumplen dentro del desarrollo y operación de la maquina.
- 2.- Reconocerá cada una de los diferentes tipos de comandos que existen para la realización de un programa.
- 3.- Aprenderá la importancia del uso del equipo de protección.

Material a utilizar:

- Papel milimétrico.
- Equipo de protección.

Introducción:

TORNO CNC.

El torno CNC es un tipo de torno operado mediante control numérico por computadora. Se caracteriza por ser una máquina herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada a través del ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno. Es una máquina ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas.

Un torno CNC puede hacer todos los trabajos que normalmente se realizan mediante diferentes tipos de torno como paralelos, copiadores, revólver, automáticos e incluso los verticales. Su rentabilidad depende del tipo de pieza que se mecanice y de la cantidad de piezas que se tengan que mecanizar en una serie.





FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA

TALLER DE MECANICA

Metodología: Actividad 1.

Descripción del equipo mediante la siguiente clasificación:

- Arquitectura general de un torno CNC (características propias de los tornos CNC)
- Equipo de protección.

Describir el funcionamiento de las partes principales del torno CNC.

Motor y cabezal principal

Este motor limita la potencia real de la máquina y es el que provoca el movimiento giratorio de las piezas, normalmente los tornos actuales CNC equipan un motor de corriente continua, que actúa directamente sobre el husillo con una transmisión por poleas interpuesta entre la ubicación del motor y el husillo, siendo innecesario ningún tipo de transmisión por engranajes.

Estos motores de corriente continua proporcionan una variedad de velocidades de giro casi infinita desde cero a un máximo determinado por las características del motor, que es programable con el programa de ejecución de cada pieza.

El husillo lleva en su extremo la adaptación para los correspondientes platos de garra y un hueco para poder trabajar con barra.

Bancada y carros desplazables

Para poder facilitar el desplazamiento rápido de los carros longitudinal y transversal, las guías sobre las que se deslizan son templadas y rectificadas con una dureza del orden de 450 HB. Estas guías tienen un sistema automatizado de engrase permanente.

El carro que se desplaza en el eje X es llamado "Carro transversal" y el carro que se desplaza en el eje Z es llamado "Carro longitudinal".

Cada carro tiene un motor independiente que pueden ser servomotores o motores encoder que se caracterizan por dar alta potencia y alto par a bajas revoluciones. Estos motores funcionan como un motor convencional de Motor de corriente alterna, pero con un encoder conectado al mismo. El encoder controla las revoluciones exactas que da el motor y frena en el punto exacto que marque la posición programada de la herramienta.

Por otra parte la estructura de la bancada determina las dimensiones máximas de las piezas que se puedan mecanizar.





FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA

TALLER DE MECANICA

Portaherramientas

El torno CNC utiliza un tambor como portaherramientas donde pueden ir ubicados de seis a veinte herramientas diferentes, según sea el tamaño del torno, o de su complejidad. El cambio de herramienta se controla mediante el programa de mecanizado, y en cada cambio, los carros retroceden a una posición donde se produce el giro y la selección de la herramienta adecuada para proseguir el ciclo de mecanizado. Cuando acaba el mecanizado de la pieza los carros retroceden a la posición inicial de retirada de la zona de trabajo para que sea posible realizar el cambio de piezas sin problemas. El tambor portaherramientas, conocido como revólver, lleva incorporado un servomotor que lo hace girar, y un sistema hidráulico o neumático que hace el enclavamiento del revólver, dando así una precisión que normalmente está entre 0.5 y 1 micra de milímetro.

CPU (Unidad central de proceso)

La CPU o UCP es el cerebro de cálculo de la máquina, gracias al microprocesador que incorpora. La potencia de cálculo de la máquina la determina el microprocesador instalado. Las funciones principales encomendadas a la UCP es desarrollar las órdenes de mando y control que tiene que tener la máquina de acuerdo con el programa de mecanizado que el programador haya establecido, como por ejemplo calcular la posición exacta que deben tener las herramientas en todo el proceso de trabajo, mediante el control del desplazamiento de los correspondientes carros longitudinal y transversal. También debe controlar los factores tecnológicos del mecanizado, o sea las revoluciones del husillo y los avances de trabajo y de desplazamiento rápido así como el cambio de herramienta.

Contrapunto

El contrapunto es el elemento que se desliza sobre la bancada y que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, así como otros elementos tales como portas brocas o brocas para hacer taladros en el centro de los ejes. Este contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada.





FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA

TALLER DE MECANICA

Actividad 2.

Realice una descripción de los diferentes tipos de comandos que existen para la realización de un programa

<u>Número de secuencia N</u>: Es la dirección correspondiente al número de bloque o secuencia, es decir, órdenes no contradictorias que se pueden dar de una sola vez a la máquina. Esta dirección va seguida normalmente de un número desde dos hasta cuatro cifras. Como ya mencionamos se identifican por la letra N, y en un torno normal se pueden dar has 9999 órdenes sucesivas (N00 hasta N9999). Si el programa no es muy largo se pueden numerar de 10 en 10.

<u>Programación de cotas X y Z:</u> Se entiende por programación de cotas la concreción en el programa de los recorridos que tienen que realizar las herramientas para conformar el perfil de la pieza de acuerdo con el plano de la misma. La programación de dichas cotas se puede hacer mediante coordenadas en forma absoluta o relativa es decir, con respecto al cero pieza o con respecto a la última cota respectivamente (X y Z) o bien en coordenadas polares.

<u>Funciones auxiliares M:</u> Funciones misceláneas que se requieren para el maquinado de piezas y funcionamiento de la maquina, (Arranque y paro del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, paro de programa, etc.) pero no son de movimiento de la máquina.

<u>Funciones preparatorias G:</u> Bajo la letra G se agrupan una gran variedad de funciones que permiten al torno realizar las tareas adecuadas y necesarias para su trabajo. 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, avances, avances radiales, pausas, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

<u>Programación de la herramienta T</u>: Los tornos de control numérico tienen un tambor frontal donde pueden ir alojados un número variable de herramientas generalmente de 4 a 20 herramientas diferentes. Las herramientas se programan con una letra T seguida del número que ocupa en el tambor, por ejemplo T2, la letra T, es la inicial de esta palabra en inglés (tool). Como cada herramienta tiene una longitud diferente y un radio en la punta de corte también diferente es necesario introducir en el programa los valores correctores de cada herramienta, para que el programa pueda desarrollarse con normalidad.



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Factores tecnológicos F-S

<u>Velocidad de corte:</u> la velocidad de corte se programa mediante la letra S, inicial de la palabra inglesa (speed) que significa velocidad, y una cifra que puede referirse a un valor constante de velocidad de corte que queremos mantener en todo el mecanizado o a una cifra que corresponde a las revoluciones por minuto del cabezal de acuerdo con la velocidad de corte que se funcione y el diámetro de la pieza que se esté torneando.

Avance de trabajo: el avance de trabajo de la herramienta se representa por la letra F inicial de la palabra inglesa (Feed) que significa avance, seguida de una cifra que puede referirse al avance de la herramienta expresado en mm/rev o en mm/min. En el torneado lo más común es programar el avance expresado en mm/rev.



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Actividad 3.

Describa el funcionamiento del equipo de protección.

Over all:

Es importante utilizar el overall para una mayor protección personal, así como el cuidado de la ropa portada al momento de trabajar en el taller y así evitar accidentes de trabajo. Nos mantiene protegidos de agentes químicos, salpicaduras, entre otras cosas.

Gafas protectoras de trabajo:

Las gafas son de uso importante ya que protegen los ojos de impactos, deslumbramiento, polvo, líquido, etc.

Estas gafas deben estar diseñadas para soportar impacto de partículas a gran velocidad, baja energía y temperaturas extremas. Por lo que no cualquier tipo de gafas es recomendable utilizar.

Guantes:

Los guantes, son una herramienta indispensable en la protección de las manos, ya que estas son una de las partes más expuestas a la hora de trabajar en el torno CNC.

Se debe tener la suficiente prevención y utilizar la protección adecuada cuando se exponen a peligro, con el fin de disminuir y evitar su accidentalidad.

Generalmente son de material combinado entre carnaza y vaqueta.

La importancia de estos guantes a la hora de trabajar, es muy importante, ya que evita cortaduras con las virutas de acero y con las herramientas de corte, así como quemaduras con el calor producido por la fricción de la pieza con las herramientas de corte.

Tapones para oídos:

Son una prenda de protección que se inserta en el canal auditivo externo para evitar dañar la capacidad de audición de quien los lleva. Se usan en ambientes con ruidos muy fuertes, o para evitar que entre el agua, arena o viento.

Calzado adecuado

En el taller es recomendable utilizar algún tipo de botas, ya que estas ayudan a protegerse de peligros a la hora de trabajar. Entre las protecciones que brindan están las de pisar metal incandescente, un agente químico, de posibles exposiciones, etc. Se recomienda que sean antiderrapables.



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Autoevaluación: Actividad 4.

Dibuje o pegue una imagen de cada uno de los elementos principales del torno CNC y realice una lista de las diferentes clasificaciones de comandos incluyendo la letra asignada.



ALUMNO(A):

MATRÍCULA:

GRUPO:

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

PRACTICA # 2. PRINCIPIOS DE LA PROGRAMACION

APELLIDO PATERNO:

HORARIO DE PRACTICA:

REVISÓ (PARA SER LLI	ENADO POR EL INSTRUCTOR):			
NOMBRE DEL PROFESOR:				
NOMBRE DEL INSTRUCTOR:				
FECHA DE REVISION	RESULTADO		FIRMA	
	ACREDITADO NO	O ACREDITADO		
OBSERVACIONES:		SELLO DEL LABO	RATORIO	

APELLIDO MATERNO:

FECHA:

NOMBRE(S)

FIRMA:



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Objetivos:

- 1.- El alumno aprenderá las nociones básicas para la realización de un programa
- 2.- Reconocerá y aprenderá los comandos más importantes utilizados en la elaboración de un programa CNC.
- 3.- Reconocerá la estructura principal de un programa CNC.

Material a utilizar:

Papel milimétrico. Equipo de protección.

Introducción:

CNC

Control Numérico (CN) es el término original de esta tecnología. Actualmente es intercambiable con el término Control Numérico por Computadora (CNC).

EL CNC es un sistema que nos ayuda a maquinar piezas de manera más rápida y sencilla, ya sea por medio del "Torno" o por la "Fresadora", los más importantes hoy en día, este sistema es comandado por medio de códigos que se mandan a una computadora y esta le dice a la maquina lo que debe hacer, además gracias a esto el operador puede hacer una gran producción de piezas en menos tiempo y con menor cansancio.

Para el manejo del CNC existen programas y softwares que a su vez se rigen por estándares de controladores, que permiten el fácil manejo y entendimiento de su utilización.

Existen diferencias entre los controladores que se encuentran en el mercado, inclusive de un mismo fabricante debido a la variedad de modelos existentes.

Para entender el CNC, es necesario conocer las diferencias y similitudes que presentan los diferentes controladores así como los estándares que utilizan para su programación.

UNIVERSIDAD

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Metodología:

Actividad 1. Conocer las nociones básicas para la realización de un programa CNC y la aplicación del sistema coordenado cartesiano para el torno.

NOCIONES BASICAS

- Denominación de los ejes
- Se denomina carro transversal al eje X y carro de bancada o longitudinal al eje Z.
- Todos los valores X visualizados y programados se toman como diámetro.
- Los valores Z visualizados y programados se toman a partir del cero pieza, y se toman con respecto a lo largo de la pieza

Para los desplazamientos se tiene en cuenta:

- Los desplazamientos en **sentido positivo** (+) parten de la pieza
- Los movimientos en **sentido negativo** () van hacia la pieza

SISTEMAS PARA DIMENSIONAMIENTO EN EL CONTROL NUMÉRICO

En el Control Numérico existen 3 formas o sistemas para la descripción de puntos o localización en una pieza o máquina. Estos sistemas son llamados: absoluto, incremental (relativo), y polar. Los dos primeros sistemas (el absoluto o el incremental) están basados en el Sistema Coordenado Cartesiano, mientras que el tercer sistema (el polar) está basado en radios y ángulos.

SISTEMA ABSOLUTO

El Sistema absoluto es el Sistema de dimensionamiento más comúnmente utilizado en el control numérico. Puntos o localizaciones descritos como valores absolutos siempre relacionados a una simple posición base u origen. En el torno esta posición base es conocida como CERO DE REFERENCIA. Todos los puntos o localizaciones utilizados para describir una pieza están relacionados con este punto.

SISTEMA INCREMENTAL

En el sistema incremental o (relativo) la localización de cada punto es dimensionada desde el punto previo.

Como se mencionó el sistema absoluto es utilizado comúnmente para dimensionar el NC. Sin embargo, hay casos como por ejemplo en la descripción del movimiento de radios en los que el sistema incremental es utilizado con una mayor ventaja.

UNIVERSIDAD

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

SISTEMA COORDENADO POLAR

El sistema llamado sistema coordenado polar es algunas veces utilizado para definir puntos en el espacio.

A diferencia de utilizar el sistema coordenado cartesiano sobre el cual están basados el sistema incremental y el sistema absoluto. El sistema coordenado polar está basado en una serie de círculos con el punto cero en el centro. Una localización dada es descrita como si estuviera en un radio particular desde el centro y localizado en un número particular de grados del eje "X" positivo. De esta forma las coordenadas polares son dadas como un radio o un ángulo en lugar de las familiares coordenadas X y Y o X y Z.

El sistema coordenado polar es conveniente utilizarlo en la descripción de ciertos tipos de corte en el torno como lo son los ángulos de chaflán en las esquinas.

UNIDADES DE MEDIDA

El CNC puede programarse y manejarse en sistema "métrico" o "en pulgadas". Las unidades métricas de la tabla son válidas para las programaciones y visualizaciones.

Medidas	métrica	
Coordenadas	mm	pulgadas
Longitudes	mm	pulgadas
Angulos	grados rpm	grados
Revoluciones	m/min	rpm
Velocidad de corte	mm∆uetta	pies/min
Avance por vuelta (revolución)	mm/min	pulg./vuelta
Avance por minuto Aceleración	mas'	pulg./min
		pies/s²



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Actividad 2.

Conocer los comandos más utilizados para la realización de un programa CNC.

Código	Función
G00	Movimiento Rápido Sin Corte
G01	Movimiento lineal con corte (alimentación de corte) (avance F)
G02	interpolación circular (sentido horario)
G03	Interpolación circular (sentido anti horario)
G04	Detención momentánea (temporizada)
G09	Detención exacta
G10	Fijación de datos
G11	Cancelar modo de fijación de datos
G18	Selección del plano ZX (torno)
G20	Entrada de cotas en pulgadas (sistema ingles)
G21	Entrada de cotas en milímetros (sistema métrico decimal)
G28	Regresar al punto de referencia (HOME)
G51	Escalación
G65	Llamada a macro, comando macro
G90	Comando absoluto
G91	Comando incremental
G94	Alimentación por minuto
G 95	Alimentación por revolución



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Código	Función
M03	Giro en sentido horario del husillo
M04	Giro en sentido anti-horario del husillo
M05	Parar el husillo
M06	Cambio automático de herramienta
M07	Enfriador "B" conectado (refrigerante)
M08	Enfriador "A" conectado (refrigerante)
M09	Desconectar enfriador (refrigerante)
M30	Reiniciar el programa.

Actividad 3.

Conocer la estructura principal de un programa CNC y aplicación de algunos comandos.

PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACION

1. Desarrollar un orden de operaciones.

Planear las secuencias de principio a fin antes de escribir el programa

2. Hacer los cálculos necesarios (cálculo de coordenadas).

Indicar las coordenadas sobre el dibujo o utilizar hojas de coordenadas

3. Elegir la herramienta y velocidades de corte.

Asegurarse de las herramientas que se encuentran disponibles.

FASES DE UN PROGRAMA

• INICIO

Contiene todas las instrucciones que preparan a la máquina para su operación:

% Bandera de inicio

: 1001 Número de programa 0-9999

N5 G90 G20 Unidades absolutas, programación en pulgadas. N10 T0202 Paro para cambio de herramienta, Usar #2

N15 M03 S1200 Prender husillo a 1200 rpm CW

• REMOCION DEL MATERIAL

Contiene las velocidades y movimientos de corte, circulares, lineales, movimientos rápidos, ciclos de corte, etc.

 N20 G00 X1 Y1
 Mov. rápido a (X1,Y1)

 N25 Z0.125
 Mov. rápido a Z0.125

 N30 G01 Z-0.125 F 5
 Avance a Z-0.125 a 5ipm

N35 G00 Z1 Mov. rápido a Z1 N40 X0 Y0 Mov. rápido a X0,Y0

APAGAR EL SISTEMA

Contiene todos los códigos G's y M's que desactivan todas las opciones que fueron activadas en la fase de inicio.

Funciones como el refrigerante y la velocidad del husillo deberán ser desactivadas antes de remover la pieza de la máquina.

N45 M05 Apagar el husillo N50 M30 Fin del programa



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA



ALUMNO(A):

MATRÍCULA:

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

PRACTICA # 3. REALIZACIÓN DE PREOGRAMA.

APELLIDO PATERNO:

GRUPO:	HORARIO DE PRACTICA:	FECHA:	FIRMA:	
REVISÓ (PARA SER	LLENADO POR EL INSTRUCTOR):		
NOMBRE DEL PROFESO	DR:			
NOMBRE DEL INSTRUC	CTOR:			
FECHA DE REVISION	RESULTADO		FIRMA	
	ACREDITADO	NO ACREDITADO		
OBSERVACIONES:		SELLO DEL LABO	PRATORIO	
Ì				

APELLIDO MATERNO:

NOMBRE(S)

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Objetivos:

- 1.- El alumno realizará un programa CNC completo aplicando las herramientas adquiridas en las prácticas pasadas.
- 2.- desarrollara paso a paso la realización de dicho programa incluyendo el croquis y la escala al que fue realizado.

Material a utilizar:

- Hojas milimétricas.
- Escalimetro.
- Juego de geometría.
- Vernier

Introducción:

DESARROLLO DEL COMPONENTE A ESCALA

Después de completar la hoja de planeación dibuje el componente a escala mostrando las rutas del cortador (el dibujo a escala no es necesario donde la figura del componente y las rutas de corte sean simples, un croquis puede ser suficiente).

Seleccione el plano de referencia del componente y dimensiones en el dibujo a escala (o croquis) y el tamaño de los cortes. Lleve a cabo los cálculos necesarios para las pendientes y arcos.

Dibuje en una hoja el esquema herramental con la indicación del código de orden para cada cortador en el portaherramientas.

Comience escribiendo el procedimiento de inicio sobre las hojas de programación (papel milimétrico).

Introduzca los códigos de instrucción en la maquina.



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA

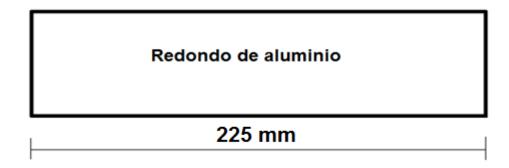


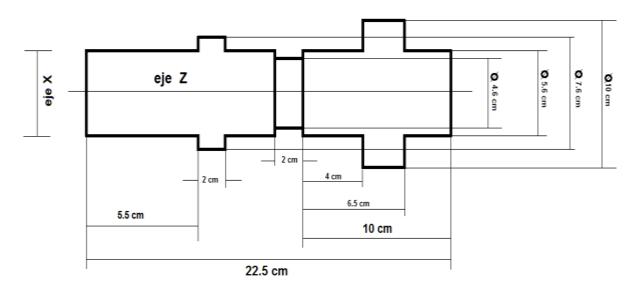
TALLER DE MECANICA

Metodología:

Actividad 1.

Realiza en el papel milimétrico el croquis de la figura deseada a partir de la siguiente imagen, ya sea a escala o en tamaño real.





NOTA: la figura mostrada no representa en sus dimensiones a una pieza real, simplemente es de utilización didáctica.



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Actividad 2.

Realizar el programa CNC de la figura mostrada anteriormente, describa cada una de las acciones realizadas según los comandos utilizados.

Mida con el vernier, o ya sea con una regla, el diámetro de las herramientas de corte para utilizarlos a la hora de realizar el programa CNC. Esto será tomado en cuenta para que cuando en su croquis realice un corte, esta no choque con las paredes de la pieza. Realice esto para cualquier herramienta de corte. Nótese en la figura 1.

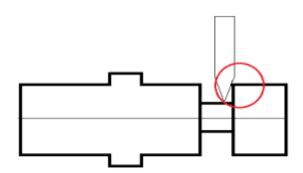


Fig.1. cálculo de dimensión y selección correcta de herramienta corte.

NOTA: Para empezar a programar se debe ubicar el punto CERO DE REFERENCIA, este debe estar situado en cualquier punto que usted desee. Se recomienda ubicarlo en el centro de la cara frontal de la pieza. A partir de ahí se tomara la coordenada X,Z (0,0).



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

University of the second

ALUMNO(A):

APELLIDO PATERNO:

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

PRACTICA # 4. UBICACIÓN DEL PUNTO CERO DE REFERENCIA EN LA MAQUINA CNC Y DESBASTADO DE LA CARA FRONTAL DE LA PROBETA.

NOMBRE(S)

APELLIDO MATERNO:

GRUPO:	HORARIO DE PRACTICA:	FECHA:	FIRMA:
	1		
REVISÓ (PARA SER LL	ENADO POR EL INSTRUCTOR):		
NOMBRE DEL PROFESOR	:		
NOMBRE DEL INSTRUCT	OR:		
FECHA DE REVISION	RESULTADO		FIRMA
	ACREDITADO N	O ACREDITADO	
OBSERVACIONES:		SELLO DEL LABORATO	RIO



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Objetivos:

- 1.- El alumno comenzará a manipular la maquina CNC para así poder ubicar el punto cero de referencia.
- 2.- Aprenderá a montar el equipo necesario para la realización del primer corte en una probeta de aluminio y realizará este corte.
- 3.- Aprenderá las medidas de seguridad necesarias para la ejecución de estas actividades.

Material a utilizar:

- Papel milimétrico.
- Probeta de aluminio redonda (Radio 1pulg. x 9 pulg)
- Llave 1/8
- Herramientas de corte

Introducción:

PUNTO CERO DE REFERENCIA (PIEZA CERO)

En la mayoría de los tornos CNC modernos, donde los ejes coordenados X y Z tienen su origen o cero en la intersección, su cero puede ser movido de una forma convencional para hacer la programación y la operación de la máquina más fácil.

Estos ceros son normalmente denominados "Puntos de referencia". Algunas veces se utiliza más de un punto de referencia en un programa o descripción de la pieza.

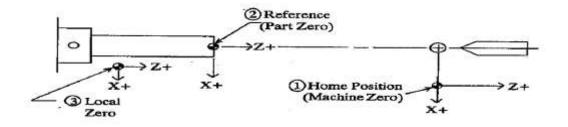


FIG 1. Tres tipos diferentes de puntos de referencia o "ceros".



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Metodología:

Actividad 1.

Realice el croquis de la probeta de aluminio, así como, los cálculos necesarios para desbastar la cara frontal. Tome en cuenta las dimensiones de las herramientas de corte y el margen de sujeción de la pieza.

Actividad 2.

Utilice el equipo de protección necesario (over all, guantes, gafas, botas).

Con ayuda del maestro monte la probeta en el chuck de la maquina, tomado en cuenta el porcentaje de longitud que será tomado para la sujeción de la pieza. Describa paso a paso el protocolo seguido por el maestro a la hora de trabajar con el computador del torno CNC.

Actividad 3.

Utilice el equipo de protección necesario (over all, guantes, gafas, botas).

Con ayuda del maestro, introduzca el programa CNC realizado para desbastar la cara frontal de la probeta, en el computador del torno. Ponga a trabajar el torno y realice sobre la probeta las acciones programadas. Describa paso a paso el protocolo seguido por el maestro a la hora de trabajar con el computador del torno.



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA



FECHA DE REVISION

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

PRACTICA # 5. REALIZACIÓN DE UNA PIEZA MECÁNICA EJECUTANDO COMPLETAMENTE UN PROGRAMA CNC.

MATRÍCULA:	APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRE(S)	
GRUPO:	HORARIO DE PRACTICA:	FECHA:	FIRMA:	
REVISÓ (PARA	A SER LLENADO POR EL INSTRUCTOR)):		
NOMBRE DEL PRO	OFESOR:			
NOMBRE DEL INS	STRUCTOR:			

NO ACREDITADO

SELLO DEL LABORATORIO

FIRMA

RESULTADO

ACREDITADO





FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA

TALLER DE MECANICA

Objetivos:

- 1.- El alumno realizará una pieza mecánica diseñada por el mismo.
- 2.- Aplicará todas las herramientas necesarias para la realización de dicha pieza mecánica. Incluyendo el croquis y el programa CNC.
- 4.- Aprenderá las medidas de seguridad necesaria para la ejecución de este trabajo.

Material a utilizar:

Introducción:



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA REGION XALAPA



TALLER DE MECANICA

Metodología: Actividad 1.

Actividad 2.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amstead BH, Ostwald PF, Begeman ML. Procesos de manufactura: Versión SI. México: Compañía Editorial Continental. 1981. p, 520-542.

Coromant Sandvik. Guía Técnica de Mecanizado. 2006.

Correa JA. Manual de Programación Fanuc Serie 0-TC. Pág. 1-17.

Cruz J, Rico JA, Scharer U. Ingeniería de Manufactura 2008. México: Compañía Editorial Continental. p, 252-272.

González G. Torno CNC Gildemeister CTX410. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. Laboratorio de Ingeniera mecánica y mecatrónica. 2011.

Jiménez Ricardo. Ingeniería de Manufactura, Control Numérico por Computadora (CNC). Obtenido de http://materias.fi.uba.ar/7565/U4-control-numerico-por-computadora.pdf.

Kazanas HC, Gleen EB, Gregor T. Procesos básicos de manufactura. México: McGRaw Hill. 1983. p, 195-203.

Laborda GR, Recalde Rd, Tolsa Mr, Marqués GN. Manual de Seguridad y Salud en Operaciones con herramientas manuales comunes, maquinaria de taller y soldadura. Universidad Politécnica de Valencia. 2006.

Larbáburu AN, Máquinas, Prontuario. Ténicas máquinas herramientas. Madrid: Thomson Editores. 2004. ISBN 84-283-1968-5.

Millán Gómez, Simón (2006). *Procedimientos de Mecanizado*. Madrid: Editorial Paraninfo. ISBN 84-9732-428-5.

What is Turcite B®? Consultado el 09 de Diciembre de 2011, de http://www.wisegeek.com/what-is-turcite-b.htm.

Manual de Operación y Programación de Torno CNC. Instituto Tecnológico de Querétaro, Laboratorio de Ingeniería Industrial. Octubre 2008.

7. REFERENCIAS DE IMÁGENES

Fig. 1.1

http://www.uclm.es/area/aim/images/GaleriadeimagenesequipamientoTallermecanico.html

Fig. 1.2

http://www.kalipedia.com/popup/popupWindow.html?anchor=klpingtcn&tipo=imprimir&titulo=Imprimir%20Art%EDculo&xref=20070822klpingtcn_42.Kes

Fig. 1.3

http://dariosaltoesctecnica.blogspot.com/2010/11/partes-principales-de-un-torno-mecanico.html

Fig. 1.4

http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso2/Temario2_III.html

Fig. 1.5

http://www.monografias.com/trabajos36/investigacion-tornos/investigacion-tornos2.shtml

Fig. 1.6

http://www.maquinariamadrid.com/f_herramientas_de_corte_para_torno_81.html

Fig. 1.7

http://www.ecured.cu/index.php/Viruta

Fig. 1.8

http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-metal-las-virutas-image6090430

Fig. 1.9

http://www.j-perez.net/mecanica/moleteado.asp

Fig. 2.1

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DO CUMENTOS/otros/U4-control-numerico-por-computadora.pdf

Fig. 2.2

 $http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DOCUMENTOS/otros/U4-control-numerico-por-computadora.pdf$

Fig. 2.3

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DO CUMENTOS/otros/U4-control-numerico-por-computadora.pdf

Fig. 2.4

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DO CUMENTOS/otros/U4-control-numerico-por-computadora.pdf

Fig. 2.5

http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/mecatronica/docs_curso/Anexos/TUTORIALcnc/DO CUMENTOS/otros/U4-control-numerico-por-computadora.pdf

Fig. 2.10

http://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-metal-las-virutas-image6090432

Fig. 3.10

González G. Torno CNC Gildemeister CTX410. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. Laboratorio de Ingeniera mecánica y mecatrónica. 2011.

Fig. 3.11

Manual de Operación y Programación de Torno CNC. Instituto Tecnológico de Querétaro, Laboratorio de Ingeniería Industrial. Octubre 2008.

Fig. 3.12

Manual de Operación y Programación de Torno CNC. Instituto Tecnológico de Querétaro, Laboratorio de Ingeniería Industrial. Octubre 2008.

Fig. 3.13

Manual de Operación y Programación de Torno CNC. Instituto Tecnológico de Querétaro, Laboratorio de Ingeniería Industrial. Octubre 2008.

Fig. 3.14

Manual de Operación y Programación de Torno CNC. Instituto Tecnológico de Querétaro, Laboratorio de Ingeniería Industrial. Octubre 2008.

Fig. 3.15

González G. Torno CNC Gildemeister CTX410. Instituto Tecnológico y de estudios superiores de Monterrey. Laboratorio de Ingeniera mecánica y mecatrónica. 2011.

Fig. 3.16

Manual de Operación y Programación de Torno CNC. Instituto Tecnológico de Querétaro, Laboratorio de Ingeniería Industrial. Octubre 2008.

8. REFERENCIAS DE TABLAS

- TABLA 1.1. http://es.wikipedia.org/wiki/Herramientasdecorte
- TABLA 1.2. http://es.wikipedia.org/wiki/Herramientasdecorte
- TABLA 1.3. http://es.wikipedia.org/wiki/Herramientasdecorte