

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN HUMANAS Y TECNOLOGÍAS

ESCUELA DE EDUCACIÓN TÉCNICA



TÍTULO DE LA TESIS

**“LAS TECNOLOGÍAS DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL
NUMÉRICO Y SU INCIDENCIA EN EL CAMPO INDUSTRIAL”**

TRABAJO DE INVESTIGACION PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

MENCIÓN

MECÁNICA INDUSTRIAL- AUTOMOTRIZ

Autor:

YUQUILEMA SÁEZ DIEGO ARMANDO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. EDWIN ORTEGA

RIOBAMBA - ECUADOR

2016

PAGINA DE REVISIÓN DEL TRIBUNAL

LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADUACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TÍTULO: **LAS TECNOLOGÍAS DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO Y SU INCIDENCIA EN EL CAMPO INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR: YUQUILEMA SAESZ DIEGO ARMANDO

DIRIGIDO POR: DR. EDWIN GONZALO ORTEGA

UNA VEZ ESCUCHADA LA DEFENSA ORAL Y REVISADO EL INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CON FINES DE GRADUACIÓN ESCRITO EN LA CUAL SE CONSTATADO EL CUMPLIMIENTO DE LAS OBSERVACIONES REALIZADAS, REMITE LA PRESENTE PARA USO Y CUSTODIA EN LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

PARA CONSTANCIA DE LO EXPUESTO FIRMAN:

Ing. Paulo David Herrera
Presidente del Tribunal



Firma

Dr. Edgar Francisco Llanga
Miembro del Tribunal



Firma

Dr. Edwin Gonzalo Ortega
Miembro del Tribunal



Firma

CERTIFICACIÓN

Que el presente trabajo, **LAS TECNOLOGÍAS DE LAS MAQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO Y SU INCIDENCIA EN EL CAMPO INDUSTRIAL**, de autoría del señor: Yuquilema Saez Diego Armando ha sido dirigido y revisado durante todo el proceso de investigación, cumple con todos los requisitos metodológicos y los requerimientos esenciales exigidos por las normas generales, para la graduación, tal virtud autorizo la presencia del mismo por su calificación correspondiente.

Riobamba Marzo de 2016



.....
Dr. Edwin Ortega

Tutor

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

LA RESPONSABILIDAD del contenido de este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente a:

Yuquilema Saez Diego Armando con CI N 060363656-4

TUTOR: DR. EDWIN ORTEGA

Soy responsable de las ideas, resultados conclusiones y recomendaciones realizadas en la presente investigación y el patrimonio intelectual del trabajo investigado pertenece a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....
Yuquilema Saez Diego Armando

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A padre y mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo en todo momento.

A mis compañeros, y profesores, porque sin el equipo que formamos, no habiéramos logrado esta meta.

RECONOCIMIENTO

La realización de esta investigación de tesis, fue posible, en primer lugar, a la cooperación brindada por mi profesor, quien en su desempeño como mi tutor de tesis poniendo todo su conocimiento y entrega en la realización de mi trabajo de investigación, de igual manera al personal docente y administrativo quien facilito todo tramite requerido para llegar a la conclusión éxitos

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	v
RECONOCIMIENTO.....	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1 El problema de investigación	¡Error! Marcador no definido.
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4 Preguntas directrices o problemas derivadas.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 OBJETIVO GENERAL:	3
1.5.2 OBJETIVO ESPECIFICO:.....	4
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II.....	6
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
2.2.1 CONTROL NUMÉRICO	6
2.2.3 CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES NECESARIOS PARA OPERAR LOS SISTEMAS CNC	10
2.3 EL TORNO.	11
2.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL TORNO CNC.	12
2.3.2. PARTES CONSTITUTIVAS DEL TORNO CNC.....	13
2.3.3. PROGRAMACIÓN DEL TORNO CNC.	17
2.3.3.1. PROCEDIMIENTO PARA PROGRAMAR MANUALMENTE.	18
2.3.3.2. CÁLCULO DE COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE TRAYECTORIA	19
2.3.3. FORMATO Y COMPOSICIÓN DE UN PROGRAMA CNC.....	20
2.4. LA FRESADORA.....	30
EJES DE TRABAJO	33

EJES COMPLEMENTARIOS	34
DISPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS EJES EN LA MHCN	35
2.4.1. FUNCIONAMIENTO DE LA FRESADORA CNC.	36
FUNCIONES PROGRAMABLES CN.....	38
SISTEMAS CNC BÁSICOS:	39
SISTEMAS CNC: (CONTROLADOS NUMÉRICAMENTE POR ORDENADOR) .	39
TIPOS DE CONTROL	41
CONTROL DE FUNCIONES MÁQUINA	44
EL FACTOR MÁQUINA	45
FACTOR HERRAMIENTAS Y REFRIGERANTE	47
VIDA DE LAS HERRAMIENTAS.....	48
SELECCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LAS HERRAMIENTAS	48
EL FACTOR PIEZA.....	50
EJES DE COORDENADAS EN CN	52
SISTEMAS DE COORDENADAS DE DOS EJES.....	53
PUNTOS SIGNIFICATIVOS EN PROGRAMACIÓN CNC.....	63
2.4.2. PARTES CONSTITUTIVAS DE LA FRESADORA CNC.....	66
SISTEMAS DE TRANSMISIÓN.....	66
MEDIDA DE LOS DESPLAZAMIENTOS.....	67
EL HUSILLO PRINCIPAL EN LAS FRESADORAS.....	69
SISTEMAS DE SUJECIÓN	71
CAMBIADORES DE HERRAMIENTA	74
HERRAMIENTAS DE FRESADORA.....	76
ACOPLAMIENTOS	77
2.4.3. PROGRAMACION DE LA FRESADORA CNC.....	78
PUNTOS SIGNIFICATIVOS EN PROGRAMACIÓN CNC.....	78
EL ORIGEN DE LA PIEZA	83
DESPLAZAMIENTOS	87
DESPLAZAMIENTOS LINEALES.....	88
DESPLAZAMIENTOS CIRCULARES.....	90
COMPENSACIÓN DE HERRAMIENTA	91
DIMENSIONES Y ACOTACIÓN PARA CN	93
COORDENADAS ABSOLUTAS E INCREMENTALES.....	94
ELECCIÓN DEL ORIGEN PIEZA	97

ACOTACIÓN DE RECTAS Y CÍRCULOS.....	99
CÁLCULOS TRIGONOMÉTRICOS.....	101
PROGRAMACIÓN DE CNC.....	101
PROGRAMACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE	101
PROGRAMACIÓN CON DISTRIBUCIÓN DE PASADAS	106
2.2.6.1. PROGRAMACIÓN DE DATOS TECNOLÓGICOS.....	108
EDICIÓN DE PROGRAMAS CNC.	109
DESARROLLO DE PROGRAMAS CN.....	109
INSTRUCCIONES CN	115
(TERUEL, 2004)	116
EL DESPLAZAMIENTO RÁPIDO, G00.....	116
EL DESPLAZAMIENTO LINEAL CON AVANCE, G01	117
EL DESPLAZAMIENTO CIRCULAR HORARIO Y ANTIHORARIO (G02, G03).....	120
2.5. HIPÓTESIS	122
2.6.1. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	123
INDEPENDIENTES.....	123
DEPENDIENTES	123
2.6.2. VARIABLES INDEPENDIENTES: las tecnologías de las máquinas herramientas de control numérico.....	124
2.5. DEFINICIONES DE TÉRMINOS.	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO III	125
3 MARCO METODOLÓGICO.....	125
3.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	125
3.1.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	126
3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	126
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	127
3.2.1 POBLACIÓN:	127
3.2.2 MUESTRA	127
3.2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:.....	128
3.2.4 TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS	129
CAPITULO IV.....	133
4 MARCO ADMINISTRATIVO	133
4.1 RECURSOS HUMANOS	133
4.2 RECURSOS MATERIALES	133

4.3	RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	133
4.4	ESTIMACIÓN DE COSTOS (PRESUPUESTO ESTIMADO).....	133
4.4.1	INGRESOS	133
4.4.2	EGRESOS	133
4.5	Cronograma de Actividades	134
	CAPITULO V	135
5	MATERIALES DE REFERENCIA	135
5.1	BIBLIOGRAFÍA.....	135
5.2	LINKGRAFIA.....	135
5.3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	136
5.4	ANEXOS.....	138

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1 Historia Del Control.....	6
Figura. 2 Torno CNC.....	11
Figura. 3 Ejes de torno.....	12
Figura. 4 Husillo de bolas con rosca redondeada rectificada.	14
Figura. 5Detalle del cabezal portaherramientas.	15
Figura. 6. Imagen máquina Herramienta Fresadora	30
Figura. 7. Fresadora CNC.....	31
Figura. 8. Máquina Herramienta Fresadora Vertical.....	32
Figura. 9. Desplazamientos de ejes en fresadora.....	33
Figura. 10. Ejes de trabajo.....	33
Figura. 11. Ejes Rotativos Asociados.....	34
Figura. 12. Eje de giro controlado C	35
Figura. 13Dimensiones básicas de una fresa	36
Figura. 14. Dimensiones básicas de una herramienta de la fresadora	37
Figura. 15. Diferencia de longitud de varias herramientas respecto a la referencia o "cero	38
Figura. 16. Esquema de un sistema CN.....	40
Figura. 17. Esquema de un sistema CNC	40
Figura. 18. Control punto a punto.....	42
Figura. 19. Control paraxial.....	42
Figura. 20. Control continuo.....	43
Figura. 21. Los factores de la máquina herramienta.....	47
Figura. 22. Partes básicas de las herramientas de torno fresa.....	49
Figura. 23. Geometría del filo de corte (plano de trabajo)	49
Figura. 24. Tipos de desgaste (plano de trabajo).....	50
Figura. 25. Resumen de los factores pieza	51
Figura. 26. Resumen de los factores material.....	52
Figura. 27 Movimientos durante el fresado	52
Figura. 28 Dibujo dimensionado de una pieza	54
Figura. 29. Dibujo de pieza en sistema de coordenadas.....	54
Figura. 30. Puntos con coordenadas positivas y negativas (Cruz Teruel, Control Numérico y Programación II, 2011)	55
Figura. 31 Pieza en un sistema de coordenadas.....	56

Figura. 32. Pieza en sistema de coordenadas 3-D	56
Figura. 33 Regla de la mano derecha	56
Figura. 34 Coordenadas 3-D.....	57
Figura. 35. Sistema de coordenadas 3-D con valores negativos en los ejes de coordenadas.....	57
Figura. 36. Sistema de coordenadas rotatorio en sentido horario.....	58
Figura. 37. Pieza fija Figura. 38. Herramienta fija	59
Figura. 39. Sistema de coordenadas para trabajos de fresado	59
Figura. 40. Ejemplos de posiciones de sistemas de coordenadas en máquinas.....	60
Figura. 41. Representación de un punto mediante un ángulo y coordenadas polares	60
Figura. 42. Ángulos de rotación de eje A, B y C.....	60
Figura. 43. Dirección de los ejes de rotación	61
Figura. 44. Coordenadas polares (R, C) en el plano X/Y	61
Figura. 45. Ángulo de coordenada polar como el ángulo de rotación sobre el tercer eje de coordenadas	62
Figura. 46 Ejemplos de ángulos de rotación (ángulos de giro) en máquinas-herramienta... ..	62
Figura. 47. Dirección de rotación (dirección de giro) usando coordenadas polares.	63
Figura. 48. Orígenes y puntos de referencia en MHCN	63
Figura. 49. Croquis de una pieza en el sistema de coordenadas de la MHCN	65
Figura. 50. Posición del origen máquina en tornos CN.....	65
Figura. 51. Posición del origen máquina en fresadoras CN	66
Figura. 52. Generación de movimiento de una herramienta.....	66
Figura. 53 Sistema directo para la medición de una posición	68
Figura. 54. Sistema indirecto para la medición de una posición	68
Figura. 55. Disposición del husillo vertical.....	71
Figura. 56. Disposición del husillo horizontal.....	71
Figura. 57 Fijación de una pieza en un plato.....	73
Figura. 58. Mesa de fresadora con tornillos de apriete.....	73
Figura. 59. TCarrusel de herramientas (fresadoras)	74
Figura. 60. Carrusel de herramientas de una fresadora	75
Figura. 61 Torreta de sentido de giro fijo.....	75
Figura. 62 Torreta con giro lógico.....	76
Figura. 63 Herramienta completa de fresado.....	76
Figura. 64. Herramienta completa para fresadora	77
Figura. 65 Acoplamiento para fresadoras.....	78

Figura. 66 Acoplamientos para fresas maquina convencional	78
Figura. 67. Orígenes y puntos de referencia en MHCN	79
Figura. 68. Croquis de una pieza en el sistema de coordenadas de la MHCN	80
Figura. 69. Posición del origen máquina en fresadoras CN	80
Figura. 70. Ejemplo de la ubicación del origen máquina en MHs	81
Figura. 71. Objeto de los puntos de referencia	82
Figura. 72. Posiciones favorables del sistema de referencia	83
Figura. 73. Ejemplo de la localización del origen pieza en torno y fresadora.....	84
Figura. 74, Longitud útil de una fresa	85
Figura. 75. Origen herramienta o punto cero de reglaje.....	86
Figura. 76. Torreta y punto de referencia del carro	87
Figura. 77. Desplazamientos	88
Figura. 78. Planos fundamentales.....	88
Figura. 79. Desplazamiento lineal 2D	89
Figura. 80. Desplazamiento lineal en el plano XY	89
Figura. 81. Desplazamiento lineal tridimensional.....	90
Figura. 82 Desplazamientos circulares 2D, en el plano XY y 3D.....	91
Figura. 83. Trayectoria de fresa con compensación	91
Figura. 84. Compensación del radio de corte	92
Figura. 85Trayectoria de fresa a izquierda y derecha.....	92
Figura. 86 Cálculo de puntos auxiliares en trayectorias equidistantes	93
Figura. 87 Diferencia entre cotas absolutas e incrementales (o relativas).....	94
Figura. 88. Cotas absolutas.....	95
Figura. 89. Coordenadas absolutas	95
Figura. 90. Cotas incrementales o relativas	96
Figura. 91. Coordenadas incrementales o relativas	96
Figura. 92. Acotación incremental aplicada a un contorno secuencial	97
Figura. 93. Ejemplo de plano pieza	97
Figura. 94. Origen pieza abs. e incremental	98
Figura. 95. Ejemplo de origen sin conversión de cotas y con conversión.....	98
Figura. 96. Origen en pieza simétrica.....	99
Figura. 97. Puntos destino en coordenadas absolutas e incrementales.....	99
Figura. 98. Programación de círculos	100
Figura. 99. Dibujo de la pieza de trabajo.....	101

Figura. 100. Pieza en el sistema de coordenadas (coordenada X: diámetro)	102
Figura. 101 Movimiento rápido a X =35, Z =150	103
Figura. 102. Posicionamiento X =-1 Z =150	103
Figura. 103. Posicionamiento en X =0	104
Figura. 104. Movimiento rápido a X =30 Z =155	104
Figura. 105. Avance a X =30 Z =130 / Avance a X =25 Z =125 / Avance a X =25 Z =98	105
Figura. 106. Arco en sentido horario a X =45 Z =88 con centro de circunferencia X =45 Z =98.....	105
Figura. 107. Avance a X =45 Z =65 / Avance a X =75 Z =50 / Avance a X =75 Z =25 ...	106
Figura. 108. Avance a X =80 Z =30, movimiento rápido a X =115 Z =200.....	106
Figura. 109. Representación del mecanizado durante el desbaste.....	107
Figura. 110. Primera pasada de desbaste	107
Figura. 111. Contorno de la pieza tras ser desbastada.....	108
Figura. 112. Herramientas de torneado: para desbaste, de acabado, para roscar, de acaba	108
Figura. 113. Desplazamiento	115
Figura. 114 G00 para torneado	116
Figura. 115. G00 para fresado	117
Figura. 116. Desplazamiento para torneado Desplazamiento para fresado	117
Figura. 117. Coordenadas absolutas (tras G90).....	118
Figura. 118. Coordenadas incrementales (tras G91)	118
Figura. 119. G01 para torneado	119
Figura. 120. G01 para fresado	119
Figura. 121. Línea recta en avance (tridimensional)	120
Figura. 122. G03 con coordenadas polares (I y J son las coordenadas del centro relativas al punto inicial	120
Figura. 123 Arco para torneado.....	121
Figura. 124 Arco para fresado	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparación De Utilización Entre Máquinas Convencionales Y Sistemas CNC..	11
Tabla 2 Capacidad de interpolación de una MHCN.....	36
Tabla 3Desplazamiento rápido a X =40, Z =20	111
Tabla 4 Secuencia de bloques de programa.....	112
Tabla 5 Todos los bloques numerados	112
Tabla 6 Sólo el cambio de herramienta numerado	112
Tabla 7Lenguaje De Programación Cn	113
Tabla 8 Bloques de programa:.....	114
Tabla 9 Desplazamiento	115

RESUMEN

En el presente trabajo se pretende desarrollar un marco metodológico para estudiantes como profesionales con experiencia tecnológica en el campo de la elaboración de piezas, puedan compenetrarse con la preparación de los programas aplicados a las máquinas-herramientas asistidas por computadora o conocidas como máquinas CNC. Se sabe que el Control Numérico es un sistema que automatiza los movimientos de las partes de las máquinas, insertando al sistema instrucciones codificadas con números y letras (PROGRAMA). El sistema interpreta, en forma automática, esos datos y los convierte en señales de salida, a su vez controlan varios componentes, como el encendido y apagado, giro del husillo, cambio de herramienta, desplazamiento de la pieza o las herramientas, etc. Lo que permite el mecanizado de las piezas en tiempos reducidos, con mayor precisión, acabado de calidad y en mayor cantidad. El programador puede preparar el programa para una pieza en lugar o espacio remoto, puede incorporar información obtenida de dibujo técnico y para asegurar que no haya errores simularlos la trayectoria de la herramienta y guardar en la memoria de la computadora hasta cuando se requiera mecanizar la pieza.

Con estos antecedentes el trabajo investigativo está contemplado en cinco capítulos bien definidos:

-

SUMMARY

In this work, the intention is to develop a methodological framework for students as professionals with technological experience in the field of development of parts, it can gain knowledge with the preparation of programs applied to machine tools assisted by computer or known like machines CNC. It is known that the Numerical Control is a system, which automates the movement of the machine parts, inserting to the system the instructions encoded with numbers and letters (PROGRAM). The system interprets automatically, those data and converts them into output signals in turn control various components, such as switching on and off, turn the spindle, tool change, moving the part or tools, etc. It allows parts machining in short times, with greater precision, quality finish and in greater quantity. The programmer can prepare the program for a piece in place or space, it can incorporate information from technical drawing and for ensuring that no errors occur simulate the tool path and stored in the computer memory until when it is required to mechanize the part.

** Myria Carcamel*

Dra. Myriam Trujillo B. Mgs.

COORDINADORA DEL CENTRO DE IDIOMAS



INTRODUCCIÓN

La evolución del control numérico ha incursionado en grandes, medianas, y pequeñas empresas, lo que ha generado la necesidad de trabajadores especializados con conocimientos de la técnica de CNC.

A lo largo de este trabajo veremos los diferentes tipos de especialidad que se desarrollan a partir de una necesidad, no obstante lo anteriormente expuesto, analizaremos las ventajas e inconvenientes de un sistema CNC en las industrias manufactureras, con técnicas para suplir las necesidades reales en diferentes tipos de producción.

Los conocimientos y habilidades para operar los sistemas CNC que los técnicos necesitan disponer de conocimientos en geometría, álgebra, trigonometría, herramientas de corte y sujeción, metrología, interpretación de planos, procesos de mecanización, programación, mantenimiento y operación CNC, manejo de ordenadores, parámetros de mecanizado y condiciones de corte.

De la misma forma se analizarán los mecanismos y dispositivos que controlan los diferentes movimientos y acciones que realizan las máquinas CNC para llevar a cabo el conjunto de instrucciones asociadas a un programa CNC que realizará la pieza propuesta, las herramientas usadas en estas máquinas, las funciones programables con CNC y los componentes del sistema.

El principal estudio de los diferentes dispositivos y componentes se realizará sobre la base del torno y la fresadora, dado que son estas dos máquinas las de mayor utilización en las empresas de mecanizado.

Ya que para poder operar estos equipos debemos realizarlo con todos los pasos correctos de manipulación y así obtener prototipos de excelente calidad.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1 MARCO REFERENCIAL

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“LAS TECNOLOGÍAS DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS DE CONTROL NUMÉRICO Y SU INCIDENCIA EN EL CAMPO INDUSTRIAL”

1.2 **Problematización del problema**

El área industrial es uno de los campos más importantes para el desarrollo de los países, ya que de ello depende el adelanto económico Nacional e internacional por ser la encargada de la construcción de pabellones e implementación de mobiliarios y máquinas para todo tipo de empresa o negocio, por este motivo ha ido creciendo día a día, debido a la demanda del medio.

Esto ha hecho que los propietarios de los talleres y laboratorios industriales a nivel internacional, nacionales y regionales busquen formas más eficaces y procesos mucho más eficiente con la ayuda del adelanto tecnológico como automatización de procesos, construcción en serie, control de calidad computarizado, la sofisticación de equipos y máquinas de mecanizado industrial, reemplazando las conocidas máquinas herramientas tales como: Tornos, Fresadoras, Limadoras, Cepilladoras, Rectificadoras, etc; por Centros de Mecanizado y Centro de Torneado, capaces de realizar procesos de producción de una manera autónoma, logrando tolerancias mucho más exactas de lo que se podría lograr en una máquina convencional, cumpliendo los más altos estándares de calidad, con un ahorro significativo de materia prima y en tiempos de producción cortos.

Al ser estas máquinas programables, el operario necesita tener amplio conocimiento y destrezas en aspectos de mantenimiento, control, funcionamiento de la máquina

herramienta, programación, y corrección si así lo requiere en los procesos ejecutados, para de esta manera la máquina herramienta cumpla a cabalidad su función.

Debido a la variedad de mecanizados que se pueden realizar en las fresadoras actuales, al amplio número de máquinas diferentes entre sí, tanto en su potencia como en sus características técnicas, a la diversidad de accesorios utilizados y a la necesidad de cumplir especificaciones de calidad rigurosas, la utilización de fresadoras CNC requiere de personal calificado profesionalmente, ya sea programador, preparador o fresador.

Por esta razón vemos la necesidad de profundizar el estudio en el tema, de manera que el trabajo investigativo nos ayude a fortalecer nuestro conocimiento y junto a ello dejar un precedente para futuros trabajos de investigación y así obtener personal capacitado para el manejo de estos equipos de producción. (TERUEL, 2004)

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera inciden las tecnologías de las Máquinas Herramientas de Control Numérico (MCN) en el campo industrial?

1.4 Preguntas directrices o problemas derivadas

¿Aplicando los parámetros de mecanizado, el tiempo de producción?

¿Calculando el número de revoluciones de las herramientas de corte se obtendrá calidades superficiales?

¿La programación con un software resolverá complejidades de mecanizado?

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 GENERAL:

Investigar las Tecnologías de las Máquinas Herramientas de Control Numérico y su incidencia en el campo industrial.

1.5.2 ESPECIFICO:

- Determinar el funcionamiento de las maquinas herramientas de control numérico.
- Conocer las partes constitutivas del Centro de Mecanizado Vertical.
- Programar el centro de mecanizado con los códigos Gs.

6 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Sabemos que desde los principios que la humanidad el hombre está acostumbrado a Moldear Materiales para poder dar lugar a nuevas y utilísimas herramientas de trabajo, que le permiten moldear y trozar de mejor manera los Alimentos y Bienes que han obtenido de la naturaleza.

Por otro lado el avance de la tecnología también tuvo su aporte en la obtención de Mejores Recursos, pues con el pasar del tiempo se han implementado herramientas que ya no son realizadas en forma rudimentaria como me referí en el párrafo anterior, hasta la utilización de nuevos objetos que combinados han dado lugar a lo que en nuestros tiempos conocemos como Máquinas, que sin duda alguna están destinadas a hacer mucho más simples las tareas.

Es importante recordar que el mundo se revolucionó completamente cuando la aparición de la Máquina a Vapor supuso no solo una mayor calidad en la manufacturación, sino también en el establecimiento de las grandes Industrias y Fábricas que se dedicaban a la elaboración de productos para su posterior exportación, contando con distintos diseños y mecanismos dependiendo de la Actividad Industrial que se busque desarrollar.

Partiendo del concepto de que una Máquina busca reemplazar el accionar del hombre ofreciendo un Aumento de la Fuerza como también la posibilidad de realizar una Mayor Precisión en los trabajos, permitiendo la Producción en Serie sin que tenga el toque artesanal y variado de lo que ha sido hecho a mano.

No cabe duda de que la implementación de nuevos elementos sofisticados en máquinas herramientas convencionales ha dado lugar al incremento de producción en tiempos más

cortos esto ha conllevado a las empresas y talleres industriales a competir por entregar trabajos terminados en el menor tiempo posible.

No obstante la aplicación de tecnología electrónica y sistemas informáticos que robotizan a una máquina tiene su desventaja, a que, para poder ejecutar trabajos de mecanizado en este tipo de máquinas debemos conocer, ya no solo en funcionamiento básico, sino que el operario debe tener un conocimiento profundo, que acredite a operar esta máquina herramienta ya que también debe conservar en óptimas condiciones esto se refiere a los diferentes tipos de mantenimientos que requiere la máquina en sí.

Para ello es necesario tener fuentes de información de fácil acceso, para el público en general que desee conocer ya sea de manera general o datos específicos sobre alguna incógnita surgida eventualmente, y gracias a esta oportunidad podre dejar un aporte a este tema. Que seguro va a ser de gran ayuda.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo al seguimiento en bibliotecas de la UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO , con la dirección y apoyo de las autoridades de la Escuela que nos permitieron revisar los trabajos realizados anteriormente o alguno que tenga relación con este tema, hemos podido constatar de que no existe ningún tema de investigación o parecido.

Por lo que el tema planteado para esta investigación es de total libertad y tiene necesidad de recolección de datos para ser sometido a un análisis, de esta manera estaremos aportando al aprendizaje sobre las tecnologías de las máquinas herramientas de control numérico y su incidencia en el campo industrial.

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 HISTORIA DEL CONTROL NUMÉRICO



Figura. 1 Historia Del Control Numérico

En principio, contrariamente a lo que se pudiera pensar, el Control Numérico de Máquinas Herramientas no fue concebido para mejorar los procesos de fabricación, sino para dar solución a problemas técnicos surgidos a consecuencia del diseño de piezas cada vez más difíciles de mecanizar.

En 1942, la "Bendix Corporation" tiene problemas con la fabricación de una leva tridimensional para el regulador de una bomba de inyección para motores de avión. El perfil tan especial de dicha leva es prácticamente imposible de realizar con máquinas comandadas manualmente.

La dificultad provenía de combinar los movimientos del útil simultáneamente según varios ejes de coordenadas, hallando el perfil deseado. Se acordó entonces confiar los cálculos a una máquina automática que definiera gran número de puntos de la trayectoria, siendo el útil conducido sucesivamente de uno a otro.

En 1947, Jhon Parsons, constructor de hélices de helicópteros, americano, concibe un mando automático. La idea de utilizar cartas perforadas (comportando las coordenadas de los ejes de los agujeros) en un lector que permitiera traducir las señales de mando a los dos ejes, permite a Parsons desarrollar su sistema Digitón.

“En esta época, la U.S. Air Force estaba preocupada con la fabricación de estructuras difíciles de trabajar por copiado susceptibles de ser modificadas rápidamente. Gracias a su sistema, Parsons obtiene un contrato y el apoyo del Massachusetts Institute of Technology

El Gobierno Americano apoya la iniciativa para el desarrollo de una fresadora de tres ejes en contorno mandado por control digital.

En 1953, después de cinco años de puesta a punto, el M.I.T. utiliza por primera vez la apelación de "Numerical Control"

En 1956, la U.S.A.F. hace un pedido de 170 máquinas de Control Numérico a tres grandes constructores americanos

- Cincinnati Milling Machine Company,

- Giddin & Levis,
- Kearney & Trecker.

Paralelamente a esta evolución, ciertos constructores se interesan por el desarrollo de máquinas más simples para trabajos, tales como taladrado, mandrilado y punteado, que no requieren ningún movimiento continuo, pero sí un posicionamiento preciso.

De esta forma se ha visto que la necesidad industrial de la aeronáutica fue la que creó la demanda de sistemas continuos complejos. El paso de complejos a simples revolucionó los procesos de fabricación.

En 1960, también en el M.I.T. se realizaron las primeras demostraciones de Control Adaptable (un perfeccionamiento del Control Numérico que permite, además, la autorregulación de las condiciones de trabajo de las máquinas). A finales de 1968 tuvieron lugar los primeros ensayos de Control Numérico Directo (DNC).

En general, el incremento en la utilización de máquinas herramientas con CN se debe a que un gran número de problemas, que se consideraban bien resueltos por los métodos de trabajo clásicos, que pueden tener una respuesta ventajosa desde el punto de vista técnico mediante la utilización de dichas máquinas. (PARSONS, 1942)

ANÁLISIS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS

Factores que favorecen la implantación del CNC

Los problemas y exigencias de la industria actual comportan una problemática que favorece la utilización de los sistemas CNC. Entre los más importantes podemos citar los siguientes:

Mayor exigencia en la precisión de los mecanizados.

Los diseños son cada vez más evolucionados y complejos.

Diversidad de productos, lo que ocasiona la necesidad de estructuras de producción más flexibles y dinámicas.

Necesidad de reducir errores en la producción para no encarecer el producto.

Plazos de entrega cada vez más exigentes, lo que exige mantener los niveles de producción lo más altos posibles.

El abaratamiento de los sistemas CNC, lo que favorece la adquisición de los mismos. (UNAC, 2011)

VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS CNC

Los sistemas CNC poseen, entre otras, las siguientes ventajas:

- Mejora de la precisión, así como un aumento en la calidad de los productos.
- Una mejor uniformidad en la producción.
- Posibilidad de utilización de varias máquinas simultáneamente por un solo operario.
- Mecanización de productos de geometría complicada.
- Fácil intercambio de la producción en intervalos cortos.
- Posibilidad de servir pedidos urgentes.
- Reducción de la fatiga del operario.
- Aumento de los niveles de seguridad en el puesto de trabajo.
- Disminución de tiempos por máquina parada.
- Posibilidad de simulación de los procesos de corte antes de la mecanización definitiva, lo que ahorra en piezas defectuosas. (UNAC, 2011)

DESVENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS CNC

Entre otras se pueden citar las siguientes desventajas:

- Elevado costo de accesorios y maquinaria.
- Necesidad de cálculos, programación y preparación de forma correcta para un eficiente funcionamiento.

- Costos de mantenimiento más elevados, ya que el sistema de control y mantenimiento de los mismos es más complicado, lo que genera la necesidad de personal de servicio y mantenimiento con altos niveles de preparación.
- Necesidad de mantener grandes volúmenes de pedidos para una mejor amortización del sistema. (UNAC, 2011)

2.2.2 **CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES NECESARIOS PARA OPERAR LOS SISTEMAS CNC**

Los operarios de sistemas CNC necesitan disponer de las competencias.

- Competencias de geometría, álgebra y trigonometría.
- competencias de elección y diseño de las diferentes herramientas de corte.
- Competencias de sistemas de sujeción de las herramientas de corte.
- Uso de aparatos de medida y conocimientos de metrología.
- Interpretación de planos.
- Competencias de estructura de la máquina CNC.
- Competencias de procesos de mecanización.
- Competencias de programación CNC.
- Competencias de Mantenimiento y operación CNC.
- Competencias generales de ordenadores.
- Competencias de parámetros y condiciones de corte. (UNAC, 2011)

COMPARACIÓN DE UTILIZACIÓN ENTRE MÁQUINAS CONVENCIONALES Y SISTEMAS CNC

En la siguiente tabla se hace una comparación entre los dos sistemas de mecanizado

Máquina herramienta Convencional	Máquina herramienta CNC
Un operario sólo puede manejar una sola máquina	Un operario puede operar varias máquinas
Es necesario consultar constantemente el plano	No es necesario consultar apenas el plano.
Se necesita una amplia experiencia	No es necesario una amplia experiencia
El operador tiene el control de profundidad, avance, etc.	El programa tiene todo el control de los parámetros de corte
Mecanizados imposibles de realizar	Posibilidad de realizar prácticamente cualquier mecanizado

Tabla 1 Comparación De Utilización Entre Máquinas Convencionales Y Sistemas CNC.

2.3. EL TORNO.



Figura. 2Torno CNC.

Fuente: [wikipedia.org/wiki/Control numérico](http://wikipedia.org/wiki/Control_numérico)

El Torno control numérico o torno CNC se refiere a una máquina herramienta del tipo torno que se utiliza para mecanizar piezas de revolución mediante un software de computadora que utiliza datos alfa-numéricos, siguiendo los ejes cartesianos X,Y,Z. Se utiliza para producir en cantidades y con precisión porque la computadora que lleva incorporado control para la ejecución de la pieza.

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. (PARSONS, 1942)

2.3.1. FUNCIONAMIENTO DEL TORNO CNC.

Ejes de torno CNC

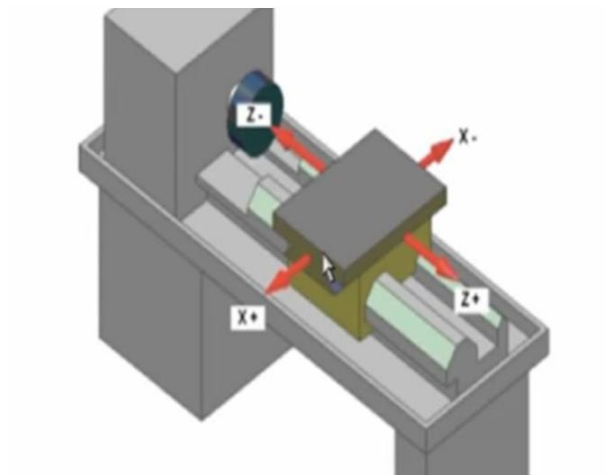


Figura. 3Ejes de torno

Fuente: ww.google.com/search?q=ejes+del+torno+cnc

Los ejes X, Y 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 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. (PARSONS, 1942)

2.3.2. PARTES CONSTITUTIVAS DEL TORNO CNC.

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

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. (TERLEVICH, 2011)

Las características del motor y husillo principal de un torno CNC pueden ser las siguientes:

- Diámetro agujero husillo principal.
- Nariz husillo principal.
- Cono Morse.
- Gama de velocidades.
- Velocidad variable del husillo.

- Potencia motor.

Bancada y carros desplazables.

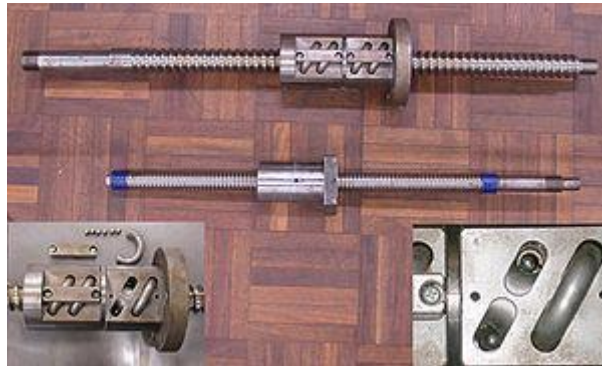


Figura. 4 Husillo de bolas con rosca redondeada rectificada.

Fuente :wikipedia.org/wiki/Torno_control_numérico

- 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.
- 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.⁴

- 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. (TERLEVICH, 2011)

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.

Portaherramientas



Figura. 5Detalle del cabezal portaherramientas.

Fuente: wikipedia.org/wiki/Torno_control_numérico

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. 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. (TERLEVICH, 2011)

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:

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

UCP (Unidad central de proceso)

La UCP o CPU 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 UCP 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 UCP que más le convenga por prestaciones, precio, servicio, etc.

Las funciones principales encomendadas a la UCP es desarrollar las órdenes de mando y control que debe 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 UCP, 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.

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 sí tienen que estar contruidos es a prueba de ambientes agresivos como los que hay en los talleres.

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.

2.3.3. programacin DEL TORNO CNC.

introduccion A LA PROGRAMACIÓN CONTROL numerico COMPUTARIZADO

La máquina CNC funciona con tres elementos básicos: el Programa, la Unidad de Control (PANEL FANUC) y la Máquina Herramienta. En la programación manual el estudiante programador debe disponer de: El plano mecánico de la pieza, las características de la máquina herramienta CNC, el tipo de controlador, las herramientas y los accesorios e insertos disponibles.

La responsabilidad del estudiante programador consiste en:

- Analizar y comprender el mecanizado de la pieza en operaciones mecánicas elementales capaces de ser desarrolladas por el control numérico definiendo tipo de trayectoria y coordenadas de principio y fin de ésta.
- Determinar las herramientas, accesorios necesarios y definir sus condiciones de trabajo.
- Establecer las coordenadas de los puntos de la trayectoria que recorre la herramienta.
- Programar y Codificar en códigos ISO las fases elementales definidas.

2.3.3.1. PROCEDIMIENTO PARA PROGRAMAR MANUALMENTE.

Para realizar la programación manual en el torno CNC el estudiante debe establecer correctamente el procedimiento con el objeto de optimizar el tiempo. Antes de realizar un programa y establecer un procedimiento Usted debe tener claro los siguientes puntos:

- Características y capacidades de trono CNC: Potencia, velocidades, esfuerzos admisibles, zona de trabajo, puntos de origen y referencias.
- Características del control numérico: Tipo de control, formato de bloques, código de funciones y funcionamiento.
- Dimensiones, tolerancias de la pieza a fabricar y del material.
- Número de piezas a fabricar y fases de mecanizado necesarias.

- Datos de los sistemas de sujeción disponibles: Características técnicas, geométricas, dimensionales, etc.

2.3.3.2. CÁLCULO DE COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE TRAYECTORIA

En las trayectorias de contorno de la pieza Ud. deben definir las trayectorias intermedias de desbaste, cambio de herramienta, etc. Con el fin de prever y prevenir posibles choques y colisiones. Para ello se debe definir el modo de sujeción de la pieza, el punto de origen de ella y el origen del programa.

Calcule y programe previamente todas las coordenadas de los puntos que definen las trayectorias de la(s) herramienta(s) no solo en los movimientos de corte, sino también en los movimientos en vacío.

ESTUDIO DEL TIEMPO DE OPERACIÓN

Para controlar el tiempo de mecanizado y aumentar la productividad Ud. debe:

- Minimizar el número de trayectorias de corte.
- Minimizar la longitud de las trayectorias en el proceso de mecanizado.
- Minimizar los cambios de herramienta cuando sea posible.
- Minimizar el número de herramientas a utilizar.

composicion DE UN PROGRAMA CONTROL numerico

La información hasta aquí allegada se debe llevar a “lenguaje CNC” (códigos) o en su defecto se trae del software MASTERCAM. El conjunto de información que corresponde a una fase de mecanizado recibe el nombre de bloque o secuencia. El formato de bloque permite diferenciar e interpretar las distintas informaciones contenidas en él. La información contenida en los bloques se agrupa en instrucciones o funciones, en donde cada instrucción se compone de una letra llamada dirección y unos números.

Para facilitar el intercambio de programas entre máquinas control numérico de distintos fabricantes se han propuesto varias normas. Para la codificación de los caracteres (números, letras y símbolos) se utilizan tres sistemas básicos: EIA, ASCII e ISO.

2.3.3.3. FORMATO Y COMPOSICIÓN DE UN PROGRAMA CNC.

El formato estándar de línea (EIA RS-273-A) para la programación de Máquinas Control Numérico específica que una línea tipo puede ser como la siguiente:

```
N505 GO4X-270 Z2650 F200 S950 T10 M03
```

Cada conjunto de letras y números se denomina palabra, es decir, una línea o bloque se compone de palabras (ejemplo G04, F200). Al primer carácter de cada palabra se le denomina dirección de la palabra o función. Cada función debe tener una dirección para que la Unidad de Control identifique la acción a seguir. Cabe mencionar que no es necesario seguir el orden de línea mostrado anteriormente, pero para el efecto de no cometer errores el formato de línea o bloque se mantiene estándar en la práctica.

La composición de un programa establece en forma ordenada las operaciones de mecanizado desde que se coloca el material en bruto hasta que se fabrica la pieza terminada, se establecen también todas esas acciones que debía realizar el operario si la máquina fuera manual. En la programación de tareas se establecen funciones disecionadas en donde la dirección representa numéricamente la acción de la función. (TERLEVICH, 2011)

Las normas ISO aconsejan utilizar una serie de caracteres alfabéticos para el direccionamiento de funciones las que están explicadas en el siguiente cuadro:

FUNCION SIGNIFICADO

- | | |
|---|--|
| A | Coordenada angular alrededor del eje X |
| B | Coordenada angular alrededor del eje Y |

C	Coordenada angular alrededor del eje Z
D	Coordenada angular alrededor de un eje especial o tercera velocidad de avance
E	Coordenada angular alrededor de un eje especial o segunda velocidad de avance
F	Función velocidad de avance
G	Función preparatoria
I	Disponible para usar en CN continuos
J	DISPONIBLE PARA USAR EN CN CONTINUOS
K	Disponible para usar en CN continuos
M	Función auxiliar
N	Número de bloque
O	No utilizar
P	Movimiento terciario al eje X
Q	Movimiento terciario al eje Y
R	Movimiento terciario al eje Z o desplazamiento rápido según Z
S	Función de velocidad de rotación
T	Función herramienta
U	Movimiento secundario paralelo al eje X
V	Movimiento secundario paralelo al eje Y
W	Movimiento secundario paralelo al eje Z

X	Movimiento principal del eje X
Y	Movimiento principal al eje Y
Z	Movimiento principal del eje Z

FUNCIONES AUXILIARES DIN 66025

FUNCION SIGNIFICADO

M00	Para programa
M01	Parada facultativa
M02	Fin de programa
M03	Rotación husillo sentido horario
M04	Rotación husillo sentido anti horario
M05	Parada del husillo
M06	Cambio de herramienta
M07	Refrigerante 1 en marcha
M08	Refrigerante 2 en marcha
M09	Para de refrigeración
M10	Interpolación lineal dimensiones grandes
M11	Interpolación lineal dimensiones pequeñas
M13	Rotación del husillo horario y refrigeración
M14	Rotación del husillo anti horario y refrigeración
M15	Desplazamiento en sentido positivo
M16	Desplazamiento en sentido negativo
M19	Para del husillo con orientación determinada
M30	Fin de cinta

M31	Suspensión del bloqueo
M36	Gama de velocidad de avance 1
M37	Gama de velocidad de avance 2
M38	Gama de velocidad de rotación 1
M39	Gama de velocidad de rotación 2
M40	Cambio de engranas
M50	Refrigerante 3 en marcha
M51	Refrigerante 4 en marcha
M55	Desplazamiento del origen de la herramienta
M56	Desplazamiento del origen de la herramienta
M60	Cambio de pieza
M61	Desplazamiento del origen de pieza 1
M62	Desplazamiento del origen de la pieza 2
M71	Desplazamiento angular del origen de la pieza 1
M72	Desplazamiento angular del origen de la pieza 2

FUNCIONES PREPARATORIAS DIN 66025

FUNCION	SIGNIFICADO
G00	Posicionado en marcha rápida
G01	Interpolación lineal para dimensiones medias
G02	Interpolaciones circular sentido horario
G03	Interpolación circular sentido anti horario
G04	Tiempo de inversión
G06	Interpolación parabólica

G08	Aceleración
G09	Desaceleración
G17	Elección plano XY
G18	Elección plano XZ
G19	Elección plano YZ
G25-G29	Constantemente a libre disposición
G33	Roscado de paso constante
G34	Roscado de paso constante en aumento
G35	Roscado de paso constante decreciente
G36-G39	Constantemente a libre disposición
G40	Anulaciones de las correcciones de la herramienta
G41-G52	Correcciones de herramienta
G53	Eliminación de la reubicación
G54-G59	Reubicaciones
G60	Posicionado con presión 1 (fino)
G61	Posicionado con presión 2 (medio)
G62	Posicionado rápido (basto)
G63	Taladrado de rosca
G80	Anulación ciclo de trabajo
G81-G89	Ciclos de trabajo
G90	Indicaciones absolutas de medidas
G91	Indicaciones relativas de medidas
G92	Desplazamiento programado del punto de referencia

G93	Codificación de avance de tiempo recíproco
G94	Indicación directa del avance en mm/mín.
G95	Indicación directa de avance en mm/rev.
G96	Velocidad de corte
G97	Eliminación de G96

PROGRAMACIÓN EN CODIGOS ISO DEL TORNO CNC

Mediante el siguiente ejemplo de programa CNC se introduce al tema de programación, cabe destacar que los programas CNC pueden ser cargados a pie de máquina usando su teclado o ser transportados desde una PC, cables seriales RS232C o USB.

En el ejemplo, se efectúan una serie de operaciones básicas sobre un trozo de material de 55mm de largo útil por una pulgada de diámetro, refrentándolo primero y cilindrándolo a 25mm después.

Programa Comentario

O2007	Nombre del programa, en este caso el 2007
G21	Usar sistema métrico
G98	La velocidad de avance expresada en mm/min
28U0W0	Enviar la herramienta al home, (cero máquina)
T0404	Elegir la herramienta número 04, con el juego de parámetros de compensación 04.
M03S3500	Poner a andar el husillo en sentido horario a 3500 rpm
G00X26. Z0.	Ir velozmente hasta el punto (X=26., Z=0)
G01 X-2. F0.1	Se refrenta llegando hasta X=-2. y un avance de 0.1 MM/rev.
G00Z2X25	Retirar la herramienta Hasta X=25. y Z=2.
G01Z-40	Cilindrar hasta Z=-40. (con avance igual al anterior y X=x

G28U2W0	Enviar la herramienta al home, (cero máquina).
M05	Frenar el husillo
M30	Terminar el programa y prepararse para ejecutarlo nuevamente

Dado lo tedioso de realizar la programación manual basado en movimientos elementales, esto es: G00, G01 G02 y G03, hay disponibles excelentes ciclos de mecanizado para el torneado. Como son:

Ciclos simples:

G90; ciclo de mecanizado “cilíndrico” y cónico

G92; Ciclo de roscado cilíndrico y cónico

GG94; ciclo de refrentado.

Ciclos de múltiples repeticiones

G71; Ciclo de múltiples repeticiones con predominio del cilindrado

G72; Ciclo de múltiples repeticiones con predominio del refrentado.

G73; Ciclo de múltiples repeticiones de un perfil programado.

G70; Luego de realizados los ciclos de desbaste, (G71, G72 y G73), La instrucción G70 permite hacer el acabado correspondiente.

G74; Taladrado con extracción de viruta en la dirección del eje Z.

G75; Taladrado con extracción de viruta en la dirección del eje X.

G76; Ciclo de roscado, (tanto cilíndrico como cónico).

G83; Taladrado en la dirección del eje Z, con extracción de viruta, temporización en el fondo y retorno rápido

G84; Taladrado en la dirección del eje Z, con extracción de viruta, Con giro inverso al ir subiendo con avance programado.

G85; Taladrado en la dirección del eje Z, con extracción de viruta, temporización en el fondo y retorno a velocidad de avance programada.

Para más detalles de los ciclos de mecanizado y de la programación del torno CNC marca SAEIL modelo TNL-35, ver el catálogo respectivo.

MÉTODO A SEGUIR EN LAS RUTINAS CNC

El profesor explica a los alumnos la estructura general del lenguaje de programación orientado a los tornos CNC, y explica la diferencia entre instrucciones modales y no modales.

Para cada subrutina disponible en el torno, el profesor explica cada uno de los parámetros presentes en dichas subrutinas y propone un ejemplo a desarrollar.

Cada alumno propone el programa CNC usando la respectiva subrutina.

Se evalúan los programas propuestos para luego digitar uno de ellos mediante la interface hombre-torno CNC.

Con las precauciones del caso, el profesor ejecuta el programa digitado, sin material a mecanizar y en modo paso a paso. Si corresponde, se hacen las depuraciones respectivas y se repite la ejecución en vacío y paso a paso.

Se repite el punto anterior ejecutando el programa en modo continuo. Haciendo las depuraciones, si corresponde.

Finalmente y con gran precaución, el profesor ejecuta el programa para generar la pieza propuesta.

El alumno evalúa la calidad dimensional de la pieza resultante.

A partir del punto 4.2, se repiten los puntos anteriores para cada una de las subrutinas disponibles en el controlador del torno CNC.

VARIABLES A CONSIDERAR

Parámetros de las subrutinas disponibles en los controladores para tornos CNC

Geometrías de las piezas a tornear.

Condiciones de mecanizado.

tematica

Manual de Funcionamiento y del operación panel Fanuc.

Características técnicas y capacidades de trabajo del torno CNC, marca SAEIL, modelo TNL-35 CNC.

Instrucciones de programación, (instrucciones de preparación y de movimiento).

Programación del perfilado de piezas en tornos usando subrutinas.

Criterios de parametrización de las subrutinas en torneado CNC.

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS NECESARIOS

Calibrador Pié de rey 1/128" o calibrador pie de rey digital.

Micrómetro para exteriores, (rango: 0-25mm).

Torno CNC, Marca WKT.

Barras cilíndricas de acero SAE1020 y de latón.

Insertos normalizados de tungsteno

Laves Bristol.

Memoria Compact flash, Memoria USB, Lector de tarjetas , adaptadores.

Plano mecánico.

PRESENTACIÓN ESCRITA Y ARGUMENTADA DEL INFORME

Las características técnicas de los equipos e instrumentos empleados en el laboratorio.

Descripción del método seguido.

Explicación de la programación para cada subrutina de torneado.

Procedimiento para cuantificar los parámetros de cada subrutina.

para cada perfil mecanizado, presentar: El plano de diseño, un esquema de montaje de la materia prima en el torno, las condiciones de mecanizado, la o las herramienta(s) a usar en cada operación, el programa CNC usando subrutinas y el resultado dimensional de la pieza mecanizada.

Un análisis de los resultados obtenidos, comentarios y conclusiones personales.

La referencia bibliográfica.

Anexos con: Desarrollo de los cálculos, Presentación de resultados, Gráficos, Resultado de la práctica realizada de acuerdo al tema propuesto por el Docente titular de la asignatura Programación CNC. (TERLEVICH, 2011)

2.4. LA FRESADORA.



Figura. 6. Imagen máquina Herramienta Fresadora

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa.¹ Mediante el fresado es posible mecanizar los más diversos materiales, como madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, etc. Además las piezas fresadas pueden ser desbastadas o afinadas.² En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

Las fresadoras con control numérico por computadora (CNC) permiten la automatización programable de la producción. Se diseñaron para adaptar las variaciones en la configuración de productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción medios de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otro mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar, así como el sistema de sujeción de las piezas. El equipo de control numérico se controla mediante un programa que utiliza números, letras y otros símbolos; por ejemplo, los llamados códigos G (movimientos y ciclos fijos) y M (funciones auxiliares). Estos números, letras y símbolos, los cuales llegan a incluir &, %, \$y " (comillas), están codificados en un lenguaje apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta.

Cuando la tarea en cuestión varía se cambia el programa de instrucciones. En las grandes producciones en serie, el control numérico resulta útil para la robotización de la alimentación y retirada de las piezas mecanizadas. (TERUEL, 2004)

Las fresadoras universales modernas cuentan con visualizadores electrónicos donde se muestran las posiciones de las herramientas, según un sistema de coordenadas, y así se facilita mejor la lectura de cotas en sus desplazamientos. Asimismo, a muchas fresadoras se les incorpora un sistema de control numérico por computadora (CNC) que permite automatizar su trabajo. Además, las fresadoras copiadoras incorporan un mecanismo de copiado para diferentes perfiles de mecanizado.

Existen varios lenguajes de programación CNC para fresadoras, todos ellos de programación numérica, entre los que destacan el lenguaje normalizado internacional ISO y los lenguajes HEIDENHAIN, Fagor y Siemens. Para desarrollar un programa de CNC habitualmente se utilizan simuladores que, mediante la utilización de una computadora, permiten comprobar la secuencia de operaciones programadas.

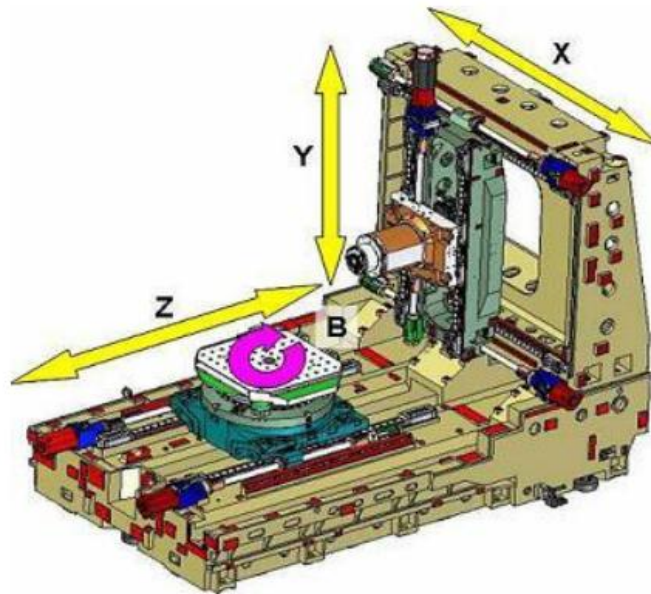


Figura. 7. Fresadora CNC

Dependiendo de la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras: horizontales, verticales y universales.

Una fresadora horizontal utiliza fresas cilíndricas que se montan sobre un eje horizontal accionado por el cabezal de la máquina y apoyado por un extremo sobre dicho cabezal y por el otro sobre un rodamiento situado en el puente deslizante llamado carnero. Esta máquina permite realizar principalmente trabajos de ranurado, con diferentes perfiles o formas de las ranuras. Cuando las operaciones a realizar lo permiten, principalmente al realizar varias ranuras paralelas, puede aumentarse la productividad montando en el eje portaherramientas varias fresas conjuntamente formando un tren de fresado. La profundidad máxima de una ranura está limitada por la diferencia entre el radio exterior de la fresa y el radio exterior de los casquillos de separación que la sujetan al eje porta fresas.



Figura. 8. Máquina Herramienta Fresadora Vertical

En una fresadora vertical, el eje del husillo está orientado verticalmente, perpendicular a la mesa de trabajo. Las fresas de corte se montan en el husillo y giran sobre su eje. En general, puede desplazarse verticalmente, bien el husillo, o bien la mesa, lo que permite profundizar el corte. Hay dos tipos de fresadoras verticales: las fresadoras de banco fijo o de bancada y las fresadoras de torreta o de consola. En una fresadora de torreta, el husillo permanece estacionario durante las operaciones de corte y la mesa se mueve tanto horizontal como verticalmente. En las fresadoras de banco fijo, sin embargo, la mesa se mueve sólo perpendicularmente al husillo, mientras que el husillo en sí se mueve paralelamente a su propio eje.¹

Una fresadora universal tiene un husillo principal para el acoplamiento de ejes portaherramientas horizontales y un cabezal que se acopla a dicho husillo y que convierte la máquina en una fresadora vertical. Su ámbito de aplicación está limitado principalmente por el costo y por el tamaño de las piezas que se pueden mecanizar. En las fresadoras universales, al igual que en las horizontales, el puente deslizante, conocido en el argot como carnero, puede desplazarse de delante a atrás y viceversa sobre unas guías.

- Eje Z: Es el que realiza el movimiento perpendicular de la herramienta hacia el suelo.
- Eje Y: Es el que realiza el movimiento transversal de la herramienta.
- Eje X: Es el que realiza el movimiento longitudinal de la herramienta. Fig. (9)



Figura. 9. Desplazamientos de ejes en fresadora

EJES DE TRABAJO

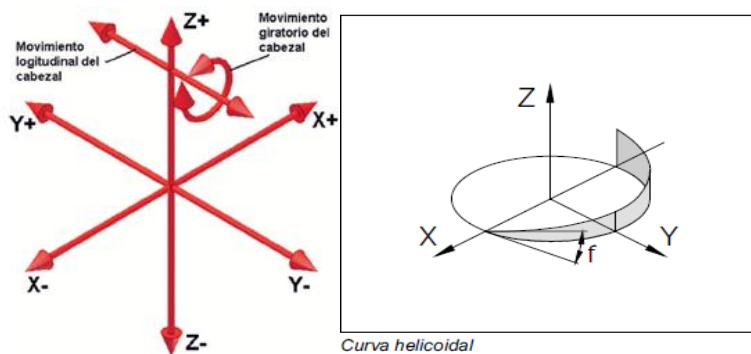


Figura. 10. Ejes de trabajo

Las fresadoras disponen de un mínimo de tres ejes X, Y y Z. Dos de ellos X e Y se asocian al movimiento en el plano horizontal (longitudinal y transversal) de la mesa de trabajo, mientras que el tercero es el desplazamiento vertical del cabezal de la máquina. En trabajos de mecanizado de formas complejas se requieren MHCN dotadas de más ejes de desplazamiento. En la figura 10 se muestra un ejemplo de funcionamiento de una máquina de 5 ejes. (TERUEL, 2004)

EJES COMPLEMENTARIOS

Algunas MHCN disponen de mesas giratorias y/o cabezales orientables. En ellas la pieza puede ser mecanizada por diferentes planos y ángulos de aproximación. Los ejes sobre los que giran estas mesas y cabezales se controlan de forma independiente y se conocen con el nombre de ejes complementarios de rotación. Su velocidad y posición se regula también de forma autónoma.

Los ejes complementarios de rotación se designan en la programación CN como A, B, C. Estos ejes se asocian con los lineales, tal como indica la Fig. 6.

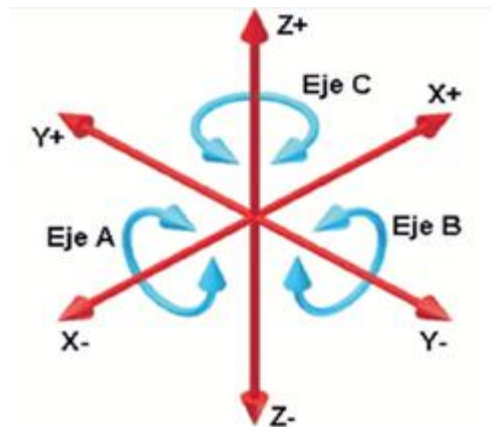


Figura. 11. Ejes Rotativos Asociados.

Debido a las exigencias impuestas por la complejidad de ciertas piezas, otras MHCN están dotadas de más de tres ejes de desplazamiento principal. Los centros de mecanizado presentan usualmente, además de los tres principales, un cuarto y quinto eje para la orientación de la herramienta, un giro de la mesa y aproximación de la herramienta.

La trayectoria de la herramienta se define mediante la composición de los desplazamientos en X, Y y Z y los posibles ejes de orientación de la herramienta.

Existe una composición típica de 5 ejes en las fresadoras, que actualmente está generando un sistema de mecanizado propio, llamado así, mecanizado con 5 ejes.

Las fresadoras con tres ejes disponen habitualmente de un eje rotativo (angular) con la capacidad de mover el plato de forma controlada, además del giro normal para el corte. Este eje se suele denominar con la letra C (Fig. 11) y su utilización es parecida a la de un cabezal divisor de fresadora controlado por sistema CNC, se necesitan herramientas motorizadas para poder fresar sobre las distintas superficies de la pieza.



Figura. 12. Eje de giro controlado C

DISPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS EJES EN LA MHCN

La disposición de los carros móviles en las MHCN puede ser muy sofisticada, lo cual da origen a una gran variedad de diseños y modelos, tanto en fresadoras como en tornos.

Los fabricantes de MHCN construyen diferentes composiciones para poder cubrir las necesidades de cada caso, éstas vienen determinadas por el tipo de mecanizado a realizar. Esta disposición viene condicionada por:

- El perfil y orografía de las piezas a construir.
- El tamaño de las piezas a mecanizar.
- La precisión necesaria en el mecanizado.

- Los diferentes tipos de materiales a mecanizar.
- Las exigencias de apriete o sellado.

La denominación de la MHCN según su capacidad de interpolación se refleja en la siguiente tabla

Ejes reales	Ejes interpolados	Denominación CNC
2	2	2 ejes
3	2	2 ½ ejes
3	3	3 ejes
4	3	3 ½ ejes
4	4	4 ejes
5	4	4 ½ ejes
5	5	5 ejes

Tabla 2 Capacidad de interpolación de una MHCN. (TERUEL, 2004)

2.4.1. FUNCIONAMIENTO DE LA FRESADORA CNC.

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

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

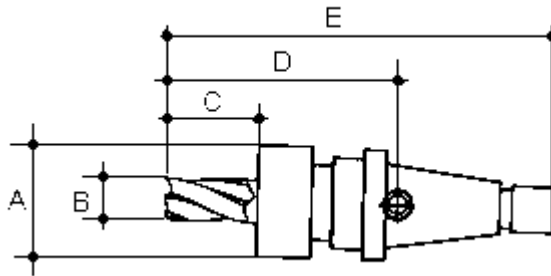


Figura. 13 Dimensiones básicas de una fresa



Figura. 14. Dimensiones básicas de una herramienta de la fresadora

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

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

Los sistemas externos de pre reglaje de herramientas utilizan un sistema de montaje y fijación idéntico al existente en la MHCN. Las dimensiones se calculan por procedimientos ópticos o mecánicos.

Los datos se incorporan dentro de un sistema informático al que puede conectarse la UC a través de una pastilla electrónica de datos o mediante comunicación por cable.

Cuando el pre reglaje óptico se verifica en la MHCN la herramienta se ubica en su estación de trabajo. Se debe posicionar el cabezal (o torreta) en un punto tal que permita la visión

correcta del útil por el sistema de medida pasando la información dimensional directamente a la UC que gobierna toda la instalación.

Información adicional: Para determinar las dimensiones básicas de una herramienta, garantizar que las asuma la UC e inicializar convenientemente la MHCN, se requiere un conjunto de apoyos externos como puntos de contacto o patrones de referencia, paradas de los indicadores de recorrido, mandriles de centrado, sensores de medida, etc.

La asignación del "cero de herramienta" se lleva a cabo de la siguiente forma: En primer lugar, se hace contacto en una superficie de la pieza a mecanizar con una herramienta de referencia o palpador almacenando la UC la medida obtenida como la altura "cero" o de referencia. (TERLEVICH, 2011)

A continuación se deberán introducir en la UC las diferencias entre las alturas de las herramientas de trabajo y la de referencia. Durante el mecanizado la UC corrige de forma automática las trayectorias de cada herramienta con esas diferencias, describiendo un recorrido único sobre la pieza ajustada a la altura de referencia o "cero".



Figura. 15. Diferencia de longitud de varias herramientas respecto a la referencia o "cero"

FUNCIONES PROGRAMABLES CN

Actualmente las MHCN emplean como método de trabajo la modalidad CNC exclusivamente. Sin embargo, existen en el entorno de la máquina herramienta referencias

continuas a la "tecnología CN". Es importante conocer los escalones de dicha tecnología y distinguir entre los términos CN y CNC.

(Terlevich, 2011)

SISTEMAS CNC BÁSICOS:

En las primeras máquinas-herramienta dotadas de unidades de control numérico el programa se confeccionaba externamente y debía ser transferido a la MHCN mediante algún tipo de soporte físico (disquete, casete o cinta perforada). Estos programas CN podían ser puestos en marcha o detenidos a pie de máquina, pero no podían modificarse (editarse).

Las correcciones geométricas debidas a las dimensiones de las herramientas y de los dispositivos de sujeción tenían que preverse anticipadamente en la programación y ser gestionadas de manera exhaustiva.

El operador montaba las herramientas y los amarres pieza en acuerdo estricto con aquellas consideraciones, utilizando generalmente hojas de proceso o de datos de utillaje.

SISTEMAS CNC: (CONTROLADOS NUMÉRICAMENTE POR ORDENADOR)

Presentan un ordenador como UC que permite al operador comenzar (o terminar) el programa y además realizar modificaciones (editar) sobre el mismo a pie de máquina manipulando los datos con periféricos de entrada y salida.

Las dimensiones de herramientas y utillajes se definen durante el reglaje o inicialización de las mismas, de forma independiente al programa.

Estos datos se incorporan automáticamente a la programación durante la ejecución para que sean llevadas a cabo las correcciones pertinentes. Por esta razón el operador puede editar los programas con menos información de partida, limitándose a seleccionar las herramientas o utillajes en esa fase.

No existen diferencias entre CN y CNC con relación a:

- Lenguaje de programación
- Tecnología de la máquina-herramienta

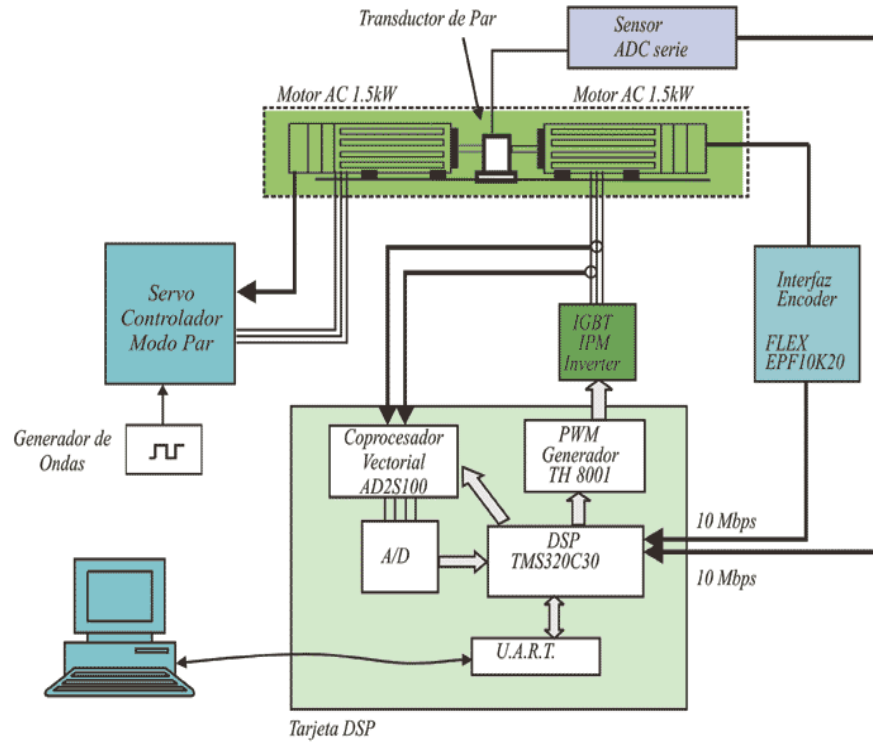


Figura. 16. Esquema de un sistema CN

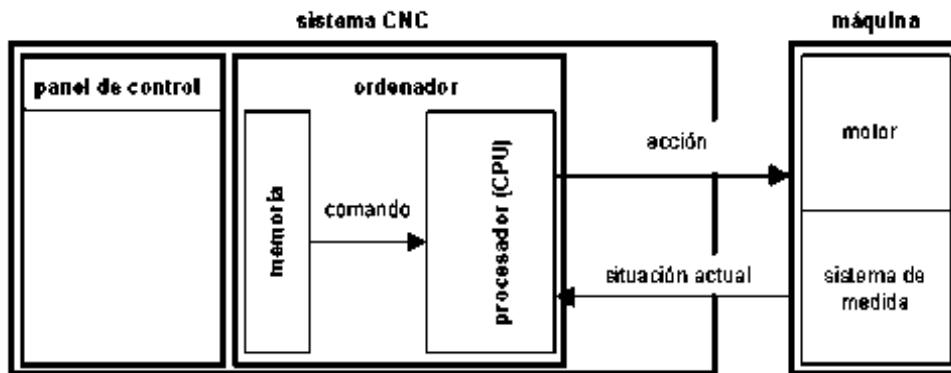


Figura. 17. Esquema de un sistema CNC

(TERLEVICH, 2011)

TIPOS DE CONTROL

Los conceptos de interpolación lineal y circular están relacionados con los desplazamientos de los ejes básicos de las MHCN.

- Interpolación lineal: En este tipo de trayectoria el sistema CNC calcula un conjunto de posiciones intermedias a lo largo de un segmento recto definido entre dos puntos dados. Durante el desplazamiento de una posición intermedia a otra, los movimientos en cada uno de los ejes afectados se corrigen continuamente de tal manera que la trayectoria no se desvía de la recta prefijada más allá de la tolerancia permitida.
- Interpolación circular: El sistema CNC calcula un conjunto de posiciones intermedias a lo largo del segmento circular definido entre dos puntos dados. Durante el desplazamiento de una posición intermedia a otra, los movimientos en cada uno de los ejes afectados se corrigen continuamente de tal manera que la trayectoria no se desvía del la circunferencia prefijada más allá de la tolerancia permitida.
- En general, el concepto interpolación tiene relación con el cálculo de puntos de acuerdo a un recorrido dado.

De acuerdo al tipo de control los sistemas CNC se subdividen en tres categorías en nivel creciente de prestaciones:

- Punto a punto,
- Paraxial
- Continuo.

El control punto a punto permite el posicionado de la herramienta de acuerdo a puntos programados mediante movimientos simples en cada eje en vacío. Esto supone el que no se pueda controlar la trayectoria de la herramienta en trabajo. Dependiendo del tipo de control los motores de cada eje actúan separada o conjuntamente hasta que se alcanza la posición deseada. El control punto a punto se usa habitualmente en taladradoras o en sistemas de soldadura por puntos.

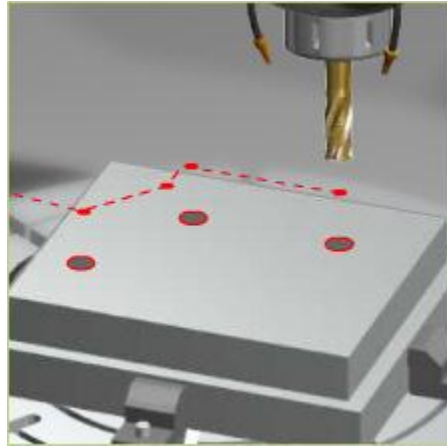


Figura. 18. Control punto a punto

El control paraxial permite, adicionalmente a los desplazamientos rápidos en vacío, el avance de la herramienta en carga, según trayectorias paralelas a los ejes básicos de la MHCN. En dichas trayectorias sólo actúa un único motor (el que ejecuta el desplazamiento en ese eje) controlándose la distancia a recorrer y la velocidad del avance. Este tipo de control se emplea en cepilladoras CNC y fresas o tornos sencillos.

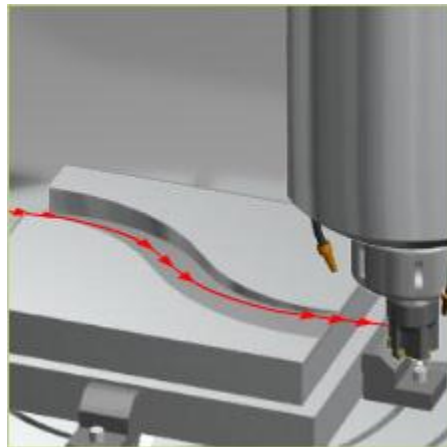


Figura. 19. Control paraxial

(TERUEL, 2004)

El control continuo permite

- Los desplazamientos rápidos de la herramienta en vacío.
- Avances en carga paralelos a los ejes básicos.

- Avances en carga hasta cualquier punto arbitrario de la pieza utilizando interpolaciones rectas o circulares.

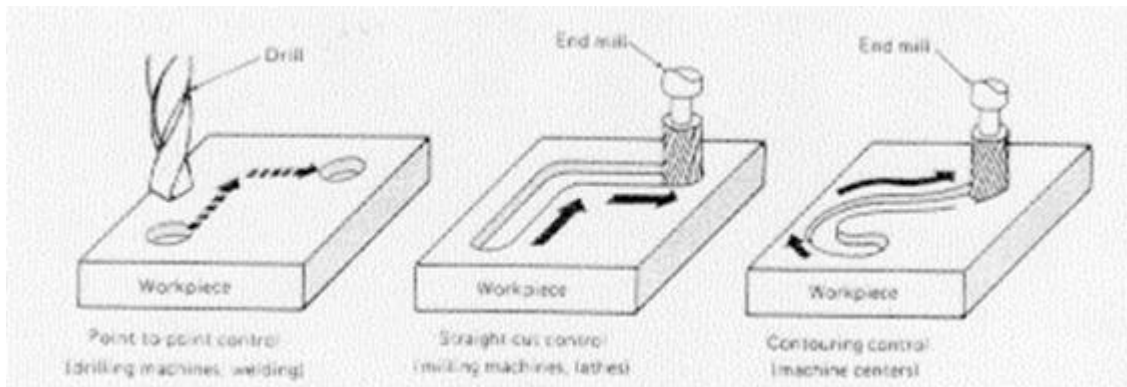


Figura. 20. Control continuo.

Existen diferentes niveles de complejidad en los controles continuos en relación a la capacidad de actuar con varios ejes para poder obtener trayectorias de herramientas por interpolación más o menos complejas.

En este contexto conviene distinguir los planos afectados por la interpolación. Así se habla de contorno 2D, 2D y 1/2, y 3D. Las prestaciones de una MHCN no se miden por el número de ejes sino por el número de ejes que puede mover (controlar) de forma simultánea para describir trayectorias.

Un control de tipo continuo puede actuar como paraxial o punto a punto, y un paraxial como punto a punto. Las situaciones inversas no son viables.

Un control de contornos 2D permite llevar a cabo interpolaciones lineales y circulares con la intervención de dos ejes básicos de desplazamiento. El contorno queda dentro del plano formado por ambos ejes. Si la MHCNC tiene tres ejes básicos pero su capacidad es de contornos es 2D, el tercer eje sólo determina la posición relativa del plano mencionado. En fresado, el tercer eje determinaría la profundidad o altura y el contorno a fresar que se definiría con los otros dos.

Un control de contornos 2D y 1/2 permite la ejecución de contornos 2D en cualquier plano definido por dos desplazamientos básicos quedando el eje ortogonal solamente hábil para

definir profundidades. En las máquinas-herramienta de tres ejes con CNC se da generalmente este tipo de situación, pudiéndose definir contornos en los tres planos XY, YZ y ZX. En fresadoras conlleva la posibilidad de realizar cajas en cualquiera de los tres planos.

Un control de contornos 3D permite interpolar linealmente y circularmente en el espacio tridimensional. Esto supone que la máquina debe desplazar simultáneamente sus tres ejes para poder definir trayectorias rectas o circulares en cualquier plano. (TERUEL, 2004)

CONTROL DE FUNCIONES MÁQUINA

Las funciones máquina que se enumeran a continuación son un ejemplo de las actividades complementarias que pueden ser programadas y que en algunos casos afectan a tareas auxiliares de la MHCN:

- Comienzo del giro y control de la velocidad del cabezal.
- Posicionado angular del cabezal.
- Activación del refrigerante a una presión de salida dada.
- Mantenimiento del avance constante.
- Mantenimiento de la velocidad de corte constante.
- Cambio de herramienta activa.
- Comienzo de acciones de los dispositivos auxiliares:
- Sistemas de alimentación o cambiadores de piezas.
- Contrapunto
- Luneta
- Manipuladores
- Transportadores (convoyes).

El corazón de un sistema CNC es un ordenador que se encarga de realizar todos los cálculos necesarios y de las conexiones lógicas, tendiendo a que el sistema CNC es el puente de unión entre el operador y la máquina-herramienta se necesitan dos interfaces (traductores):

- El interfaz del operador formado por el panel de control y varios a él conectados relacionados generalmente con dispositivos de periféricos almacenamiento (lectoras de cinta perforada, casete, disqueteras, etc) o impresión de la información.
- El interfaz de control de la máquina-herramienta que esta subdividido en múltiples conexiones de control y que afectan los actuadores de ejes, del husillo principal, etc. hasta llegar al sistema auxiliar de alimentación de energía. (TERUEL, 2004)

FACTORES DE MECANIZADO CNC

A la hora de elaborar los programas de CNC. Se revisan los siguientes factores- factor máquina,- herramienta- refrigerante,- pieza (geometría básica),- material.

Estos factores se deben conocer para la correcta determinación de los parámetros de corte necesarios:

- Velocidad de giro del cabezal-velocidad de corte,
- Avance,
- Profundidad de corte.

Todo ello en función de los límites técnicos, requerimientos de acabado (calidad superficial y precisión dimensional).

EL FACTOR MÁQUINA

La máquina herramienta seleccionada debe ser capaz de llevar a cabo el trabajo de mecanizado bajo requerimientos de precisión y economía preestablecidos.

El programador debe conocer las especificaciones de la máquina y condicionantes que hay que tener en cuenta a la hora de elaborar los programas CN. El diseño de las máquinas-herramienta se basa en tres consideraciones:

- Rigidez mecánica,
- Estabilidad dinámica,
- Rigidez térmica.

La **rigidez mecánica** es la capacidad de la máquina para soportar los esfuerzos o sollicitaciones externas. Esta consideración esta presente de forma esencial en el diseño de la cimentación, bancada y estructura de la máquina.

La **estabilidad dinámica** se relaciona con la capacidad para mantener la precisión de trabajo cuando aparecen esfuerzos en el seno de la máquina. Este factor depende de las propiedades de los materiales empleados en las construcción de las guías, apoyos y transmisiones de la MHCN, así como de los ajustes y dimensiones relativas entre dichos elementos.

La **rigidez térmica** se asocia a la forma en que varía la precisión de trabajo de la MHCN cuando se producen variaciones de temperatura, ya sean debidas a al calor generado durante el mecanizado, al calentamiento local de motores o a cambios de la temperatura ambiente (en condiciones muy exigentes de precisión puede suponer la ubicación de la máquina en una sala climatizada).

El volumen de viruta extraído por unidad de tiempo o de avance (ratio de viruta removida) es un parámetro productivo que depende de la potencia que la máquina-herramienta puede proporcionar para el giro de su husillo principal.

Para la programación es esencial conocer las prestaciones y posibilidades de la transmisión del par de giro básico. Dependiendo de la configuración del motor y de la caja reductora se pueden seleccionar un conjunto limitado (valores fijos) o ilimitado (dentro de un rango) de velocidades de giro.

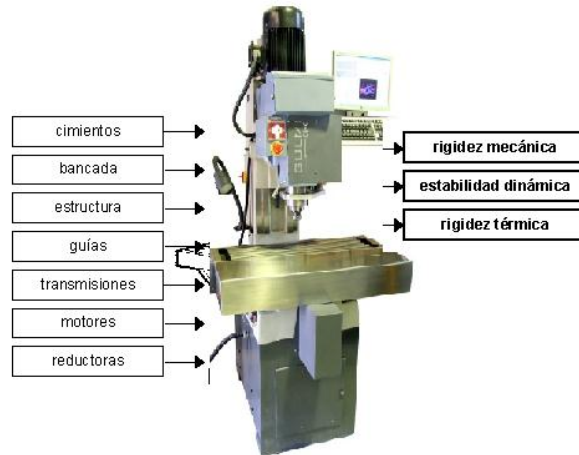


Figura. 21. Los factores de la máquina herramienta

FACTOR HERRAMIENTAS Y REFRIGERANTE

Los refrigerantes

Existen tres tipos de refrigerantes:

1. Las disoluciones en agua (ejemplo: soluciones salinas) presentan buenas propiedades como refrigerante pero malas como lubricante.

Las emulsiones (agua y aceites minerales con aditivos) incorporan las ventajas de lubricación de las sustancias grasas.

2. Los aceites de corte (con grasas y aditivos).

Se debe tener presente las siguientes consideraciones:

- Los refrigerantes tienen caducidad y deben renovarse de forma regular.
- Existen refrigerantes que atacan la piel y requieren el uso de ropa de protección y medidas de seguridad adicionales.
- Los refrigerantes pueden ser perjudiciales para determinados componentes de la máquina (picado de guías) por lo que se recomienda el uso exclusivo de aceites minerales

- Para conseguir unas condiciones de mecanizado óptimas es necesaria la intervención de un refrigerante. Sus funciones son:
 - Disipar el calor generado durante el corte en la punta de la herramienta manteniendo la temperatura de la pieza lo más baja posible.
 - Facilitar la extracción de la viruta.

El uso de refrigerantes permite aumentar las velocidades de corte. (TERUEL, 2004)

VIDA DE LAS HERRAMIENTAS

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

Los parámetros que afectan la vida de la herramienta son:

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

Los fabricantes de herramientas suelen suministrar en la mayoría de los casos este dato según diversas condiciones de corte

SELECCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

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

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

Las torretas y cabezales deben garantizar fuerzas de amarre herramientas elevadas, rapidez en el cambio de herramientas, rigidez mecánica, un diseño favorable para soportar vibraciones. El mecanizado depende en gran medida del estado del filo de la herramienta.

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

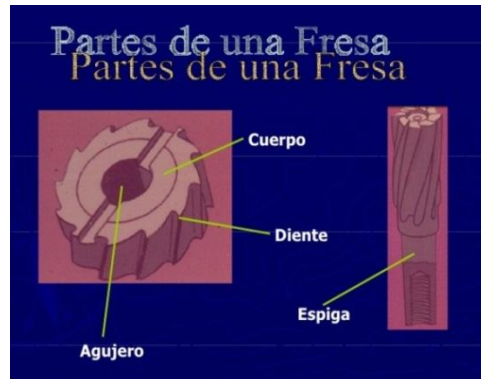


Figura. 22. Partes básicas de las herramientas de torno fresa

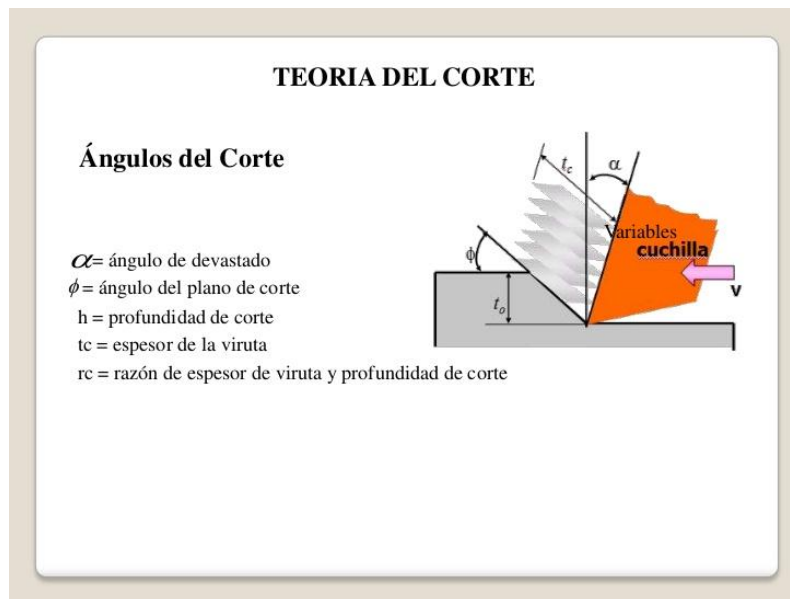


Figura. 23. Geometría del filo de corte (plano de trabajo)

- La geometría del filo de corte afecta al proceso de remoción del material. Los parámetros más significativos son: ángulo de desprendimiento, ángulo de filo, ángulo de incidencia, El rompe virutas es un elemento adicional que suele aparecer en el flanco de desprendimiento que evita la formación de virutas largas de difícil extracción.



Figura. 24. Tipos de desgaste (plano de trabajo)

La herramienta sufre, por causas diversas, un desgaste paulatino en los flancos de contacto con la pieza. Un esfuerzo mecánico excesivo puede originar la rotura de la herramienta. El filo de la herramienta está sometido a: compresión, fricción, sollicitación térmica y ataque químico. La resistencia a estos esfuerzos se consigue con el empleo de una amplia variedad de materiales y geometría de herramientas.

EL FACTOR PIEZA

Un programador debe determinar qué propiedades de la pieza requieren atención especial a la hora de confeccionar el programa CN partiendo de su plano. El tamaño y la forma de la pieza afectan a:

- La elección del método y sistema de sujeción, así como, a la presión de apriete requerida.
- La determinación de la herramienta y su forma de actuación (contornos especiales, internos o externos, etc.).
- Un amarre carente de rigidez puede suponer la aparición de vibraciones o deflexiones en la pieza (esta es la justificación del contrapunto o las lunetas en el torneado, o de algunos amarres especiales en fresado).

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

- Velocidades de corte elevadas,
- Profundidades de corte bajas,
- Avances reducidos.

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

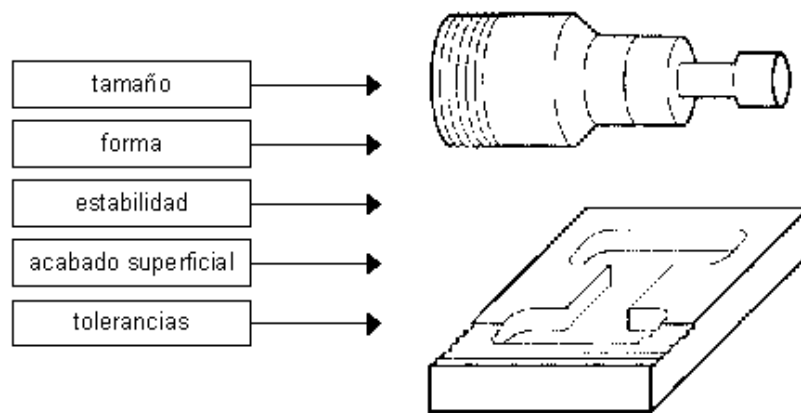


Figura. 25. Resumen de los factores pieza

Con referencia al material de la pieza las características esenciales que deben ser tenidas en cuenta son la resistencia y la maquinabilidad. La resistencia a la compresión es importante a la hora de seleccionar el sistema de amarre y las presiones de apriete (cuando se trata de un sistema hidráulico).

La maquinabilidad afecta a la elección de herramientas y a las fuerzas de corte a aplicar. Un síntoma característico de un mecanizado correcto es la formación de viruta favorable a velocidad de corte elevada, combinado con un bajo desgaste de herramienta y un buen acabado superficial.

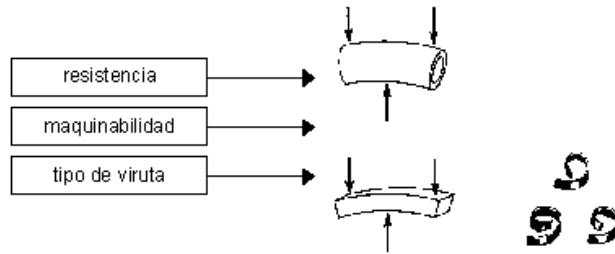


Figura. 26. Resumen de los factores material

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

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

El estado superficial deseado se obtiene mediante la selección del radio de punta de la herramienta y el avance. (TERLEVICH, 2011)

EJES DE COORDENADAS EN CN

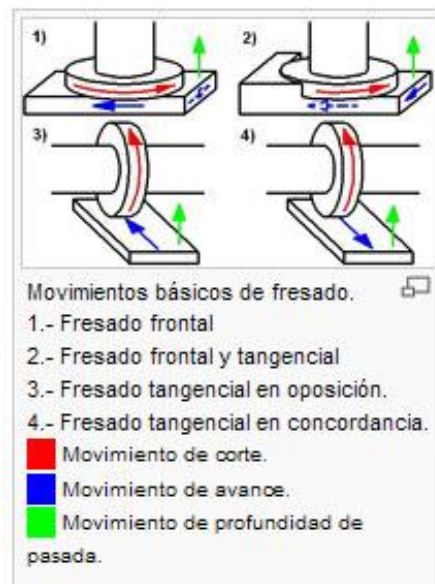


Figura. 27 Movimientos durante el fresado

Las herramientas de una máquina CNC pueden realizar ciertos movimientos según el tipo de máquina.

Para controlar la herramienta de forma precisa durante estos movimientos, todos los puntos dentro del área de trabajo de la máquina deben permitir una definición clara y universalmente comprensible.

Los sistemas de coordenadas se usan con este propósito, proporcionando una orientación al programador durante la confección de programas. Las siguientes páginas muestran cómo se utilizan los sistemas de coordenadas para la programación de máquinas CNC.

SISTEMAS DE COORDENADAS DE DOS EJES

La forma más simple de un sistema de coordenadas para programación de control numérico consiste en dos ejes con intersección en ángulo recto. La intersección es el punto cero u origen del sistema de coordenadas.

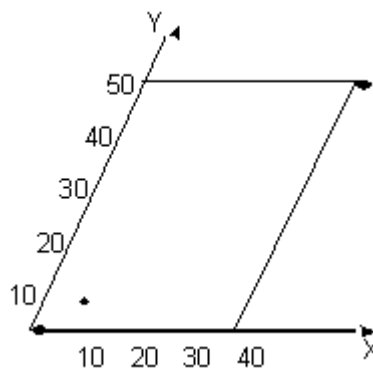


Figura 28 Posición determinada con la ayuda de coordenadas X / Y

Un sistema de coordenadas con dos ejes permite una descripción / definición precisa de todos los puntos (vértices, centros de círculos, etc.) en el dibujo de una pieza. Normalmente, la geometría de una pieza se describe de manera precisa mediante el dibujo de la pieza y sus dimensiones (Fig.25).

Si ubicamos la pieza en un sistema de coordenadas (Fig.26), la forma de la pieza queda descrita determinando la posición de sus puntos. Para esto, las distancias relativas de cada

uno de estos puntos a los ejes X e Y tienen que ser leídas en las escalas de cada punto dimensional.

La distancia de los puntos desde el eje Y se llama coordenada X porque puede ser establecida utilizando la escala del eje X. La distancia de los puntos desde el eje X se denomina coordenada Y porque puede determinarse en el eje Y.

Nota: En un sistema de coordenadas con dos ejes, un punto se determina claramente especificando un par de coordenadas (X, Y).

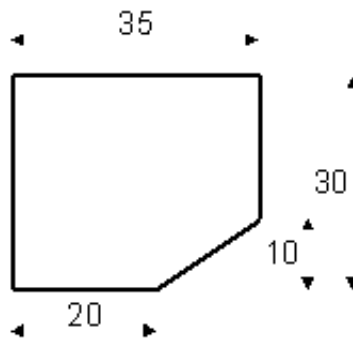


Figura. 28 Dibujo dimensionado de una pieza

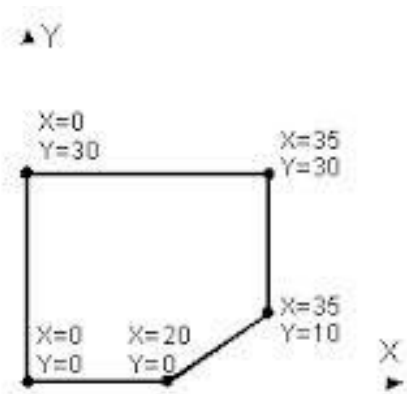


Figura. 29. Dibujo de pieza en sistema de coordenadas

El sistema de coordenadas mostrado en el siguiente apartado se conoce como sistema de coordenadas "de dos dimensiones" porque tiene dos ejes de coordenadas.

Es importante tener en cuenta en cada caso los signos (+,-).

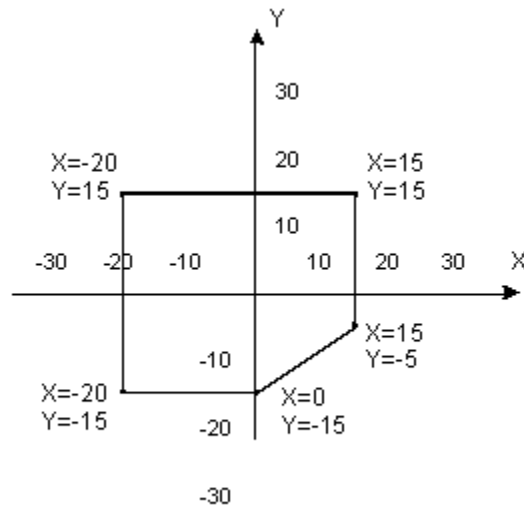


Figura. 30. Puntos con coordenadas positivas y negativas (Cruz Teruel, Control Numérico y Programación II, 2011)

SISTEMAS COORDENADOS DE TRES EJES

Cuando el dibujo de una pieza es referido dentro de un sistema de coordenadas, cada punto del dibujo puede ser determinado estableciendo dos coordenadas.

El punto central del agujero en la Fig.08 tiene las coordenadas $X = 35$, $Y = 45$. Por otra parte, cuando mecanizamos piezas con torno o fresadora, es necesario "imaginar" la pieza en 3-D.

En el caso del agujero (taladro) de la Fig.28, no es sólo cuestión de dónde se localiza el taladro en la cara de la pieza sino de lo profundo que es.

El movimiento de la broca en la Fig.29 no puede ser descrito solamente por sus coordenadas X e Y.

Se requiere una tercera coordenada para la profundidad del agujero taladrado: su coordenada Z.

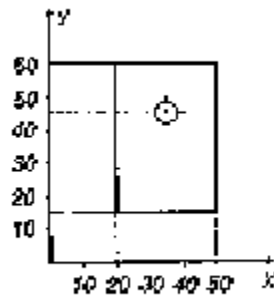


Figura. 31 Pieza en un sistema de coordenadas

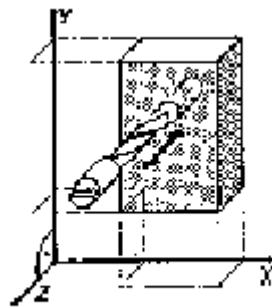


Figura. 32. Pieza en sistema de coordenadas 3-D

Para ser capaces de representar "piezas 3-D" necesitamos un sistema de coordenadas con tres ejes.

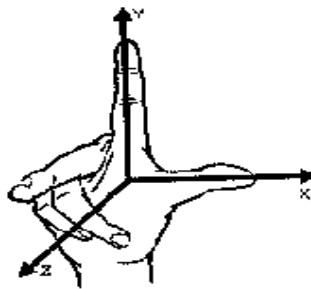


Figura. 33 Regla de la mano derecha

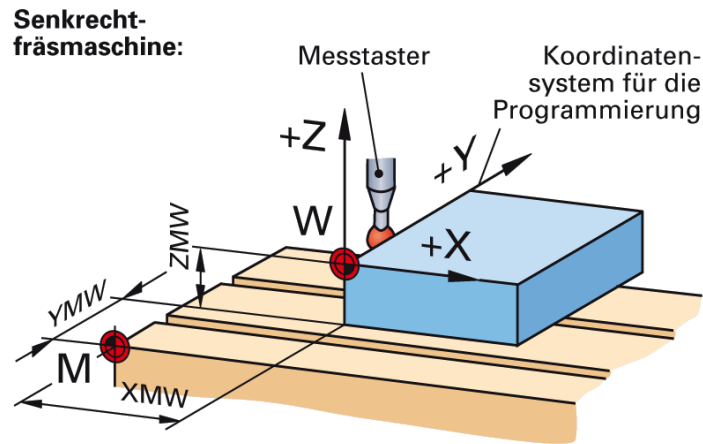


Figura. 34 Coordenadas 3-D

Los ejes de coordenadas se nombran por la "regla de la mano derecha" (ver Fig.34).

Las coordenadas 3D X, Y, Z de una pieza se obtienen estableciendo la posición de los puntos dimensionales (es decir, los vértices), en los tres ejes (Fig.34).

Los ejes en el sistema de coordenadas presentan ángulos rectos entre sí. Cada eje tiene valores y direcciones negativas y positivas.

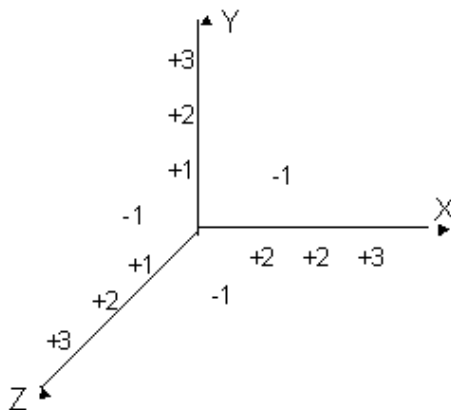


Figura. 35. Sistema de coordenadas 3-D con valores negativos en los ejes de coordenadas

El sistema de coordenadas del siguiente apartado, presentado con la regla de la mano derecha, también se conoce como "sistema de coordenadas rotatorio en sentido horario".

La razón para esto es la secuencia de la definición de los ejes: Si el eje X gira hacia el eje Y, el movimiento es el mismo que el de un tornillo girando en la dirección Z (hacia dentro con la regla de la mano derecha).

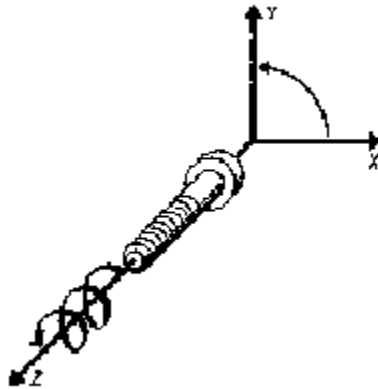


Figura. 36. Sistema de coordenadas rotatorio en sentido horario

(TERUEL, 2004)

SISTEMA DE COORDENADAS DE LA MÁQUINA

El sistema de control de la máquina-herramienta convierte los valores de coordenadas dentro del programa de CN:

- En movimientos de herramienta. (Fig.34)
- Y/o en movimientos de pieza (Fig.35)

La dirección de trabajo es la misma en ambos casos. Cuando se programa una operación de contorneado, generalmente se asume que la pieza es fija y que sólo se mueve la herramienta.

Esta forma de ver la situación se denomina "movimiento relativo de herramienta".



Figura. 37. Pieza fija

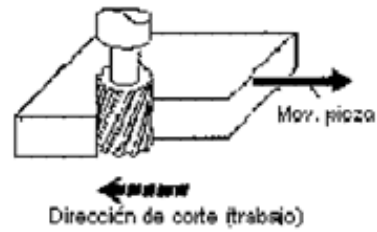


Figura. 38. Herramienta fija

El mecanizado de una máquina mediante un programa de CN requiere aplicar un sistema de coordenadas a la máquina herramienta (Fig.15)

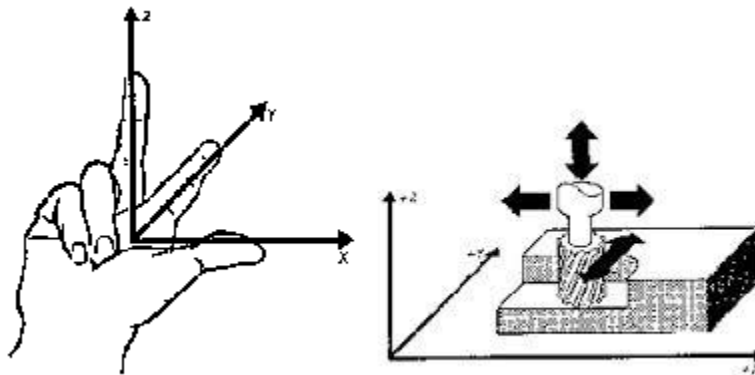


Figura. 39. Sistema de coordenadas para trabajos de fresado

Cuando se programa, se debe asumir que la pieza es estacionaria y que las herramientas se mueven en el sistema de coordenadas. Únicamente este enfoque posibilita que el control de la herramienta de trabajo sea claro y universalmente aceptado, fijando las coordenadas correspondientes.

En máquinas-herramienta, el eje Z de coordenadas coincide con el eje del husillo de trabajo y corre paralelo a él.

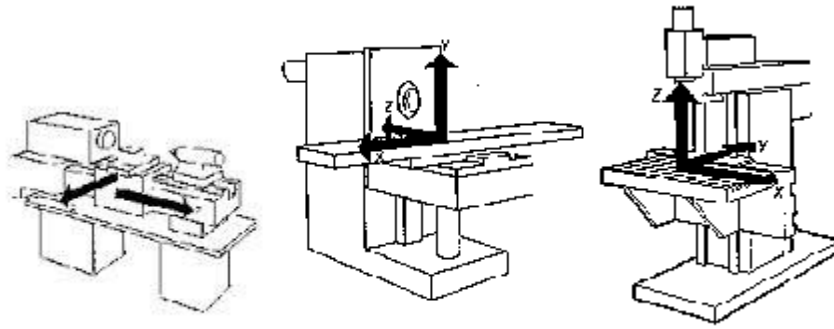


Figura. 40. Ejemplos de posiciones de sistemas de coordenadas en máquinas.

Ángulo de rotación y coordenadas polares

Con los sistemas de coordenadas también es posible describir la posición de los puntos estableciendo ángulos y distancias.

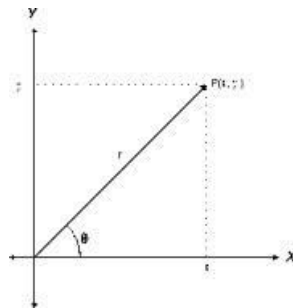


Figura. 41. Representación de un punto mediante un ángulo y coordenadas polares

Algunas operaciones de mecanizado requieren la programación de ángulos de rotación sobre uno o varios ejes de coordenadas.

La rotación sobre los ejes de coordenadas se identifica por los ángulos de rotación A, B y C

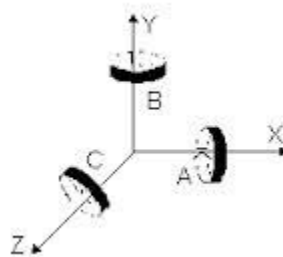


Figura. 42. Ángulos de rotación de eje A, B y C

La dirección de rotación será positiva (+) cuando la dirección de rotación sea en sentido horario vista desde el origen de coordenadas, mirando en la dirección del eje positivo

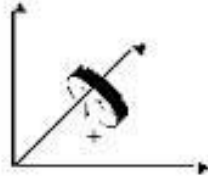


Figura. 43. Dirección de los ejes de rotación

Los ángulos de rotación pueden utilizarse, por ejemplo, para programar coordenadas polares en un único plano consiste en la distancia del origen al punto (por Ej. $R = 30$ mm), así como el ángulo (por Ej. $C = 30^\circ$) formado entre esta distancia y un eje de coordenadas fijo (por Ej. el eje X).

Los ángulos de coordenadas polares se identifican por A, B y C. Esta asignación se deriva de la "regla de la mano derecha" como se muestra en la Fig.39

- Si el punto pertenece al plano X/Y del sistema de coordenadas, el ángulo de la coordenada polar es igual al ángulo de rotación sobre el eje Z: C (Fig.41).
- Si se encuentra en el plano Y/Z, el ángulo es igual al ángulo de rotación sobre el eje X: A.
- Si está en el plano X/Z, el ángulo es igual al ángulo de rotación sobre el eje Y: B



Figura. 44. Coordenadas polares (R, C) en el plano X/Y

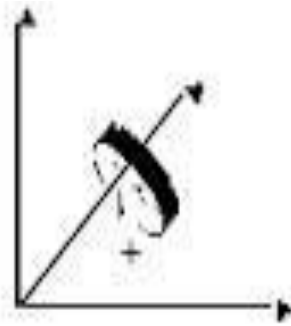


Figura. 45. Ángulo de coordenada polar como el ángulo de rotación sobre el tercer eje de coordenadas

En las máquinas-herramienta con movimiento de rotación de la pieza o las herramientas, los ejes de giro se designan por los ángulos de rotación A, B, C. El prefijo (+/-) para el ángulo de la coordenada polar viene determinado por la dirección de rotación (dirección de giro) del ángulo sobre el tercer eje (es decir, el eje Z) visto desde el origen de coordenadas.

- En sentido horario: +
- En sentido anti horario: -

Los detalles precisos sobre la elección del prefijo pueden encontrarse en las instrucciones de programación del fabricante del control.

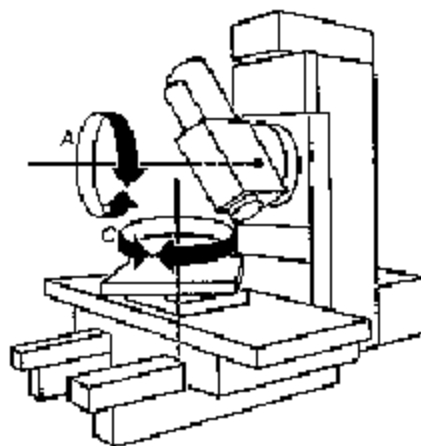


Figura. 46 Ejemplos de ángulos de rotación (ángulos de giro) en máquinas-herramienta

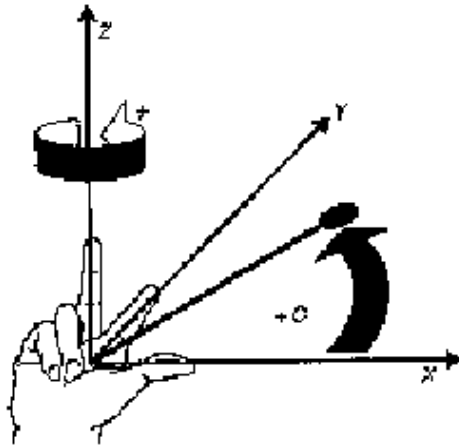


Figura. 47. Dirección de rotación (dirección de giro) usando coordenadas polares.

PUNTOS SIGNIFICATIVOS EN PROGRAMACIÓN CNC

En las máquinas-herramienta CNC, las trayectorias están controladas mediante sistemas de coordenadas. Las posiciones precisas de las herramientas y las piezas dentro de la máquina-herramienta se establecen a partir de unos puntos de origen.

Además de estos orígenes de coordenadas, las máquinas-herramienta CNC disponen de un cierto número de puntos de referencia de forma que entre todos ellos posibilitan el funcionamiento y la programación de los movimientos.

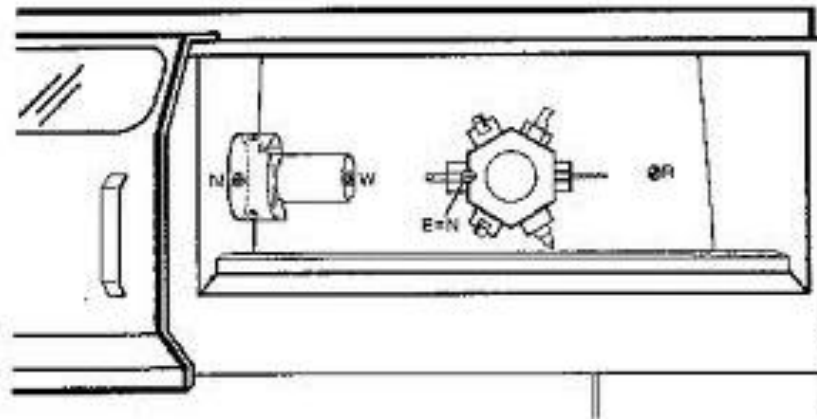


Figura. 48. Orígenes y puntos de referencia en MHCN

La imagen adjunta da una idea general sobre los puntos de origen y de referencia que se explicarán con detalle a continuación. Los puntos de origen representados son:

- El origen de máquina: M
- El origen de pieza o punto cero: W

Los puntos de referencia representados son:

- El punto de referencia de máquina: R

Los puntos de referencia de la herramienta (Punto de reglaje de la herramienta: E y Punto de montaje de la herramienta: (TERUEL, 2004)

EL ORIGEN PROGRAMA

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

La figura muestra el plano de una pieza en el sistema de coordenadas de una máquina-herramienta.

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

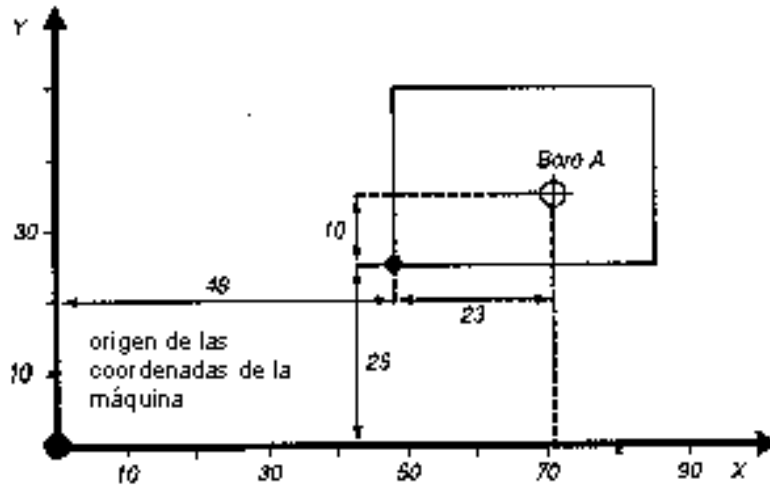


Figura. 49. Croquis de una pieza en el sistema de coordenadas de la MHCN

El cero máquina está establecido por el fabricante de la misma. Es el origen del sistema de coordenadas de la máquina y es el punto de comienzo para todo el resto de sistemas de coordenadas y puntos de referencia de la máquina. En los tornos, el cero máquina está generalmente en el centro de la nariz del husillo principal, alineado con su cara. El eje del husillo principal (línea central) representa el eje Z, el eje horizontal, perpendicular al anterior determina el eje X.

Las direcciones positivas de los ejes X y Z van hacia el área de trabajo. Esto es, cuando la herramienta se aleja de la pieza, entonces se mueve en dirección positiva.



Figura. 50. Posición del origen máquina en tornos CN

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

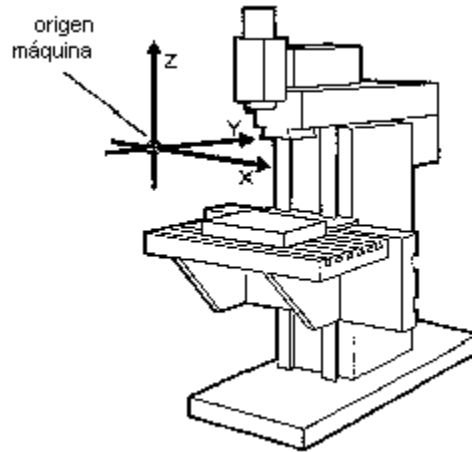


Figura. 51. Posición del origen máquina en fresadoras CN

Información adicional: Las ilustraciones presentan ejemplos adicionales de la posible localización de los puntos de origen de máquina en diferentes tipos de máquina-herramienta, así como los sistemas de referencias asociados. En las fresadoras, el origen de máquina (cero máquina) puede estar situado en el centro de la mesa o en un punto a lo largo del borde del recorrido de la misma.

2.4.2. PARTES CONSTITUTIVAS DE LA FRESADORA CNC.

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Los recorridos de la herramienta en el seno de la pieza se originan por la acción combinada de los desplazamientos en cada uno de sus ejes principales

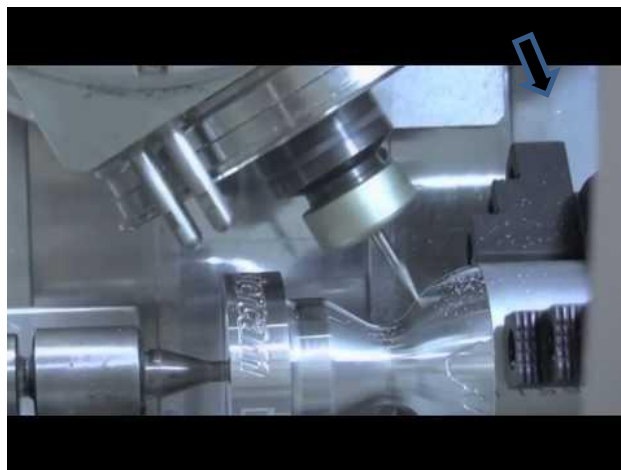


Figura. 52. Generación de movimiento de una herramienta

Los sistemas de transmisión producen traslaciones rectilíneas en los ejes principales a partir del giro básico generado por el grupo del motor-reductor.

Los desplazamientos longitudinales de los ejes no deben ser afectados, en la medida de lo posible, por los esfuerzos y acciones exteriores (por ejemplo las fuerzas de corte). Por esta razón es esencial que los sistemas de transmisión y guía garanticen la rigidez mecánica.

Adicionalmente la transmisión debe producir movimientos suaves y estables y ser capaz de reaccionar rápidamente en las aceleraciones y deceleraciones.

La sobrecarga de los motores puede presentarse por:

- Herramienta inadecuada
- Restricciones anómalas en el movimiento
- Fuerzas de inercia excesivas durante el frenado o aceleración

MEDIDA DE LOS DESPLAZAMIENTOS

Las posiciones de los elementos móviles de las MHCN se pueden medir mediante dos sistemas: directo e indirecto. El sistema directo utiliza una escala de medida ubicada en la guía de la mesa de la máquina.

Las imprecisiones en el giro del sinfín o en su acoplamiento no afectan a este método de medida. Un resolver óptico determina la posición por conteo directo en la rejilla o regleta graduada y transforma esta información a señales eléctricas para su proceso por la UC.



Figura. 53 Sistema directo para la medición de una posición

En el sistema indirecto la posición de la mesa se calcula por la rotación en el sinfín. Un revolver registra el movimiento de un disco graduado solidario con el sinfín. La UC calcula la posición mediante el número de pasos o pulsos generados durante el desplazamiento.



Figura. 54. Sistema indirecto para la medición de una posición

Para conocer la posición exacta de cualquier elemento móvil de una MHCN a lo largo de un eje de desplazamiento se emplean un conjunto de dispositivos electrónicos y unos métodos de cálculo.

Estos elementos constan, básicamente, de una escala graduada (similar a un escalímetro) y el resolver capaz de "leer" dicha escala. Atendiendo a al método de lectura y forma de la escala se distingue entre:

- Medición de posiciones absolutas.
- Medida de posiciones por incrementos

La utilización del adjetivo "**absoluto**" para la medición de los desplazamientos supone que las posiciones estimadas son independientes del estado puntual de la máquina o de su control al estar referidas a un punto invariante conocido como "origen absoluto" o "cero máquina".

El término "**incremental**" (incremento = desplazamiento pequeño de longitud fija) se emplea para designar los movimientos relativos a algún punto significativo distinto del origen absoluto y que, además, puede variar.

Durante el movimiento la UC lleva a cabo un conteo del número de incrementos (divisiones) en las que la nueva posición difiere de la anterior.

La medición de posiciones absolutas emplea un sistema de escalas codificadas y ordenadas por múltiplos similares a un escalímetro. Para conocer la posición actual del desplazamiento se hace siempre referencia al cero máquina (origen absoluto) que es un punto físico, conocido e invariante de la MHCN.

Es imprescindible que la lectura pueda llevarse a cabo en todo el rango de desplazamiento del eje en cuestión.

- A cada posición definida dentro de ese rango la UC le asigna un valor numérico.
- La escala se codifica generalmente en sistema binario.

EL HUSILLO PRINCIPAL EN LAS FRESADORAS

El husillo principal ejecuta:

- El movimiento rotativo de la pieza en las fresadoras.

- La rotación de herramienta en las fresadoras y taladradoras.

El husillo puede accionarse por:

- Motores de corriente alterna de tres fases.
- Motores corriente continua.

En el primer caso la regulación de la velocidad de giro se lleva a cabo mediante un reductor de engranajes. Dependiendo del diseño y complejidad de este reductor se consigue un rango más o menos variado de velocidades de giro.

En la mayor parte de las MHCN el elemento que acciona el cabezal es un motor de corriente continua. Esto proporciona una variedad casi infinita de velocidades de giro, las cuales se procesan mediante un tacómetro. Todo ello permite al programador establecer la velocidad de giro de forma casi arbitraria, dentro del rango y capacidad del motor.

Los motores de corriente continua incorporan frecuentemente reductores en la transmisión de dos o cuatro salidas para la obtención de los pares más favorables en las diferentes operaciones de mecanizado.

En las fresadoras este adaptador contiene el sistema de colocación de las fresas o herramientas.

Atendiendo a las diferentes posibilidades de amarre y a las innumerables configuraciones de herramientas existentes en el mercado, los adaptadores del husillo siguen unas pautas de diseño normalizadas que capacitan su conexión a múltiples dispositivos.

Las fresadoras universales así como las taladradoras y mandriladoras disponen frecuentemente de dos husillos principales en disposición horizontal o vertical que pueden ser empleados de forma opcional y alternativa.



Figura. 55. Disposición del husillo vertical



Figura. 56. Disposición del husillo horizontal

SISTEMAS DE SUJECIÓN

Existen diferentes mecanismos para amarrar la pieza en las maquinas CN:

- Platos universales de dos, tres o cuatro garras autocentrables.
- Platos frontales para la colocación de sargentos para agarre de formas irregulares.
- Mandriles autocentrables.
- Pinzas para la sujeción de piezas cilíndricas pequeñas.
- Puntos y contrapuntos con arrastre para piezas esbeltas.
- Lunetas para apoyo intermedio.
- Conos.

En fresado se emplean las siguientes formas de sujeción:

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

Los dispositivos de sujeción permiten asegurar la pieza a la mesa de trabajo (fresado) o al cabezal (torneado) El número de funciones controlables que están relacionadas con estos sistemas depende de la forma de alimentación de piezas (manual o automática) y de la complejidad del sistema de amarre.

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

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

El sistema de amarre debe permitir una fácil carga / descarga de la pieza de trabajo y garantizar la repetibilidad en la colocación estable y precisa de la misma en el seno de la MHCN. Compatibilizar todo ello puede resultar costoso en tiempo y dinero. Los sistemas de sujeción específicos mediante componentes normalizados y modulares se utilizan frecuentemente. Estos dispositivos deben permitir el mecanizado completo sin operaciones de montaje/desmontaje.

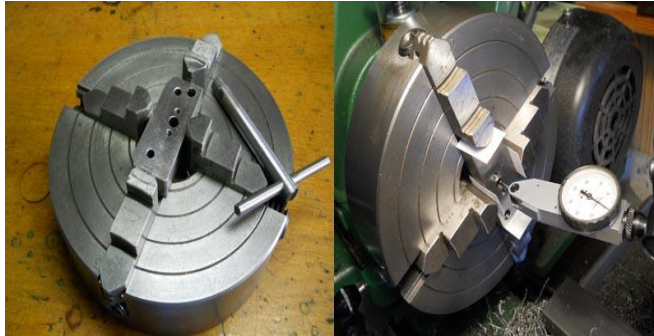


Figura. 57 Fijación de una pieza en un plato



Figura. 58. Mesa de fresadora con tornillos de apriete

El mecanizado de piezas esbeltas con torno puede demandar el uso de un elemento de apoyo en el extremo libre de la pieza conocido como contrapunto.

Este elemento incorpora dos funciones adicionales en la programación CN:

- Posicionar contrapunto
- Aproximar o retirar contrapunto

En unión al contrapunto, la estabilización de la pieza de trabajo puede requerir la presencia de la luneta de apoyo lateral. Este mecanismo incorpora las siguientes funciones:

- Abrir luneta.

- Cerrar luneta.
- Posicionado transversal.
- Aproximación / retirada. (TERLEVICH, 2011)

CAMBIADORES DE HERRAMIENTA

Mecanizar productos en MHCN requiere diferentes operaciones sucesivas sin soltar la pieza de su sistema de amarre (fase) lo que supone incorporar un dispositivo que permita cambiar de forma automática las herramientas durante el proceso.

Es poco habitual llevar a cabo un trabajo de mecanizado sin cambiar de herramienta. El cambio de herramientas puede ejecutarse manualmente por el operario, sin embargo, esto solo se realiza en la práctica con fresadoras y taladradoras dotadas de cabezales con adaptadores portaherramientas de acceso rápido y sencillo.

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

Los cambiadores de herramientas reciben los nombres de:

- Carrusel de herramientas (fresadoras / centros de mecanizado)

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



Figura. 59. TCarrusel de herramientas (fresadoras)

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



Figura. 60. Carrusel de herramientas de una fresadora

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



Figura. 61 Torreta de sentido de giro fijo



Figura. 62 Torreta con giro lógico

HERRAMIENTAS DE FRESADORA

Una herramienta completa de MHCN presenta generalmente las siguientes partes:

- Acoplamiento
- Portaherramientas (cuerpo, mango o porta plaquita)
- Punta herramienta (plaquita)

El acoplamiento es el elemento que inserta la herramienta en el seno del cabezal de la MHCN (fresadoras).

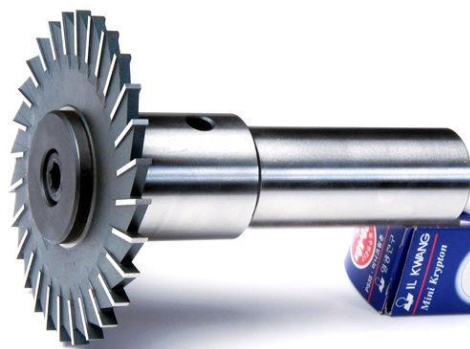


Figura. 63 Herramienta completa de fresado



Figura. 64. Herramienta completa para fresadora

(TERUEL, 2004)

ACOPLAMIENTOS

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

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

En herramientas para fresadoras, y en general para todas las rotativas, se utilizan acoplamientos cónicos estándar (ISO). Este método garantiza la rapidez en el cambio y el auto centrado entre el eje del husillo principal y la herramienta.

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



Figura. 65 Acoplamiento para fresadoras



Figura. 66 Acoplamientos para fresas maquina convencional. (TERUEL, 2004)

2.4.3. PROGRAMACION DE LA FRESADORA CNC.

PUNTOS SIGNIFICATIVOS EN PROGRAMACIÓN CNC

En las máquinas-herramienta CNC, las trayectorias están controladas mediante sistemas de coordenadas. Las posiciones precisas de las herramientas y las piezas dentro de la máquina-herramienta se establecen a partir de unos puntos de origen.

Además de estos orígenes de coordenadas, las máquinas-herramienta CNC disponen de un cierto número de puntos de referencia de forma que entre todos ellos posibilitan el funcionamiento y la programación de los movimientos.

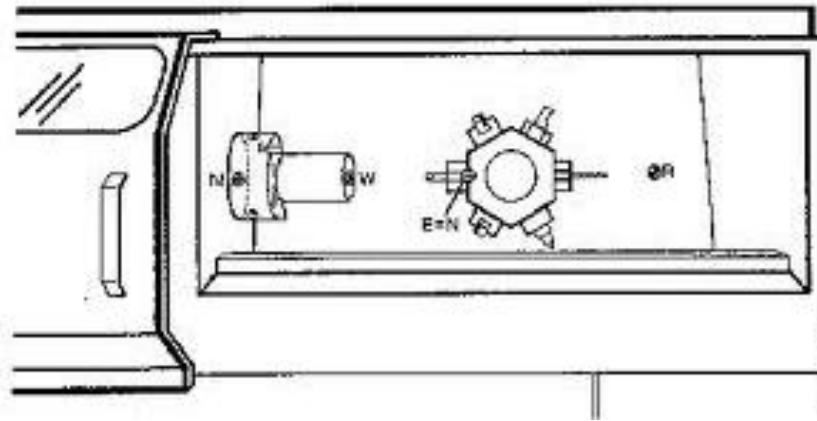


Figura. 67. Orígenes y puntos de referencia en MHCN

La imagen adjunta da una idea general sobre los puntos de origen y de referencia que se explicarán con detalle a continuación. Los puntos de origen representados son:

- El origen de máquina: M
- El origen de pieza o punto cero: W

Los puntos de referencia representados son:

- El punto de referencia de máquina: R

Los puntos de referencia de la herramienta (Punto de reglaje de la herramienta: E y Punto de montaje de la herramienta: (TERUEL, 2004)

EL ORIGEN PROGRAMA

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

La figura muestra el plano de una pieza en el sistema de coordenadas de una máquina-herramienta.

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

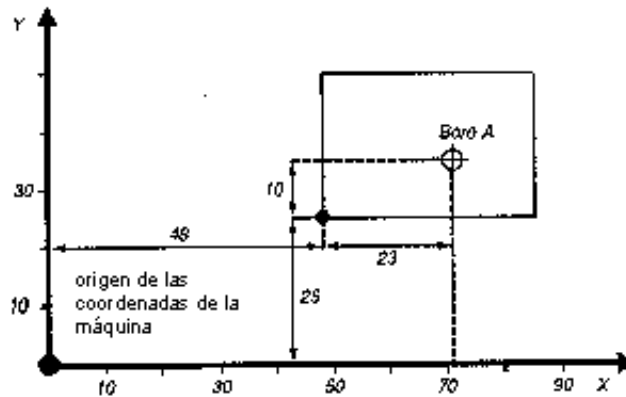


Figura. 68. Croquis de una pieza en el sistema de coordenadas de la MHCN

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

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

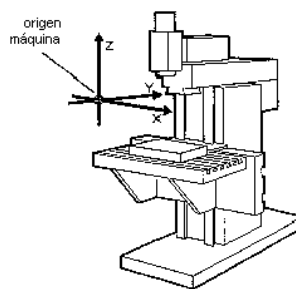


Figura. 69. Posición del origen máquina en fresadoras CN

Información adicional: Las ilustraciones presentan ejemplos adicionales de la posible localización de los puntos de origen de máquina en diferentes tipos de máquina-herramienta, así como los sistemas de referencias asociados. En las fresadoras, el origen de máquina (cero máquina) puede estar situado en el centro de la mesa o en un punto a lo largo del borde del recorrido de la misma.

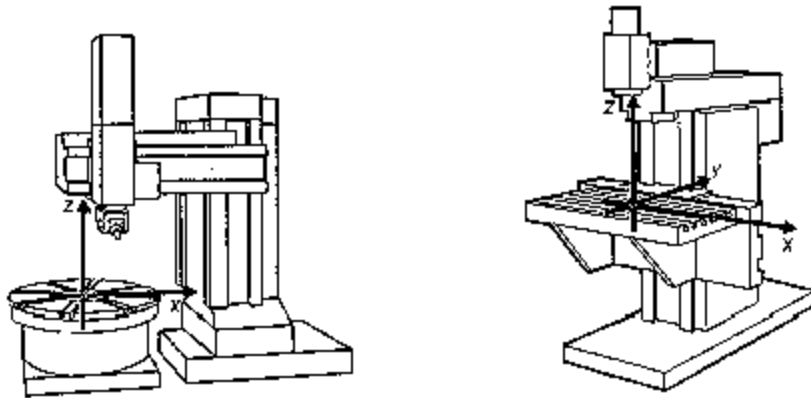


Figura. 70. Ejemplo de la ubicación del origen máquina en MHs

La finalidad de un punto de referencia puede ser comparada con la de un mojón kilométrico. Imagine la siguiente secuencia de sucesos (ver la figura 72):

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

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

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

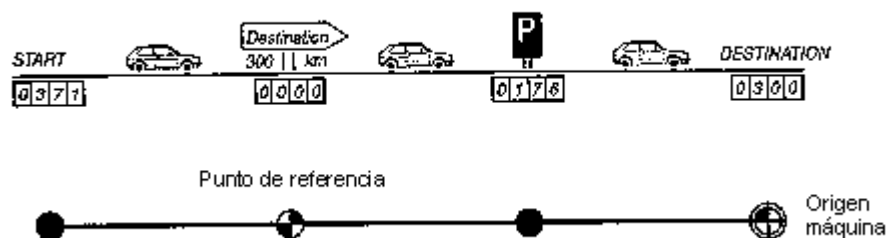


Figura. 71. Objeto de los puntos de referencia

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

La posición del punto de referencia está predeterminada con precisión en cada uno de los ejes de desplazamiento mediante taqués y finales de carrera.

De esta forma, las coordenadas del punto de referencia siempre son las mismas y su valor numérico respecto al cero máquina es conocido con precisión.

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

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

La mayoría de las máquinas-herramienta CNC utilizan sistemas de medición de recorridos incrementales que necesariamente demandan un punto de referencia para su calibración.

Cuando el taqué activa el final de carrera en el punto de referencia, el sistema de medición se resetea a cero o a un valor predeterminado. Para obtener el nivel de precisión necesario, la aproximación a punto de referencia situado en los últimos tramos de los recorridos de la máquina se efectúa a baja velocidad y siempre en la misma dirección de avance.

En cierto tipo de máquinas, por ejemplo las fresadoras, el sistema de medición también se puede calibrar mediante el posicionamiento en el origen máquina. Sin embargo, en la mayoría de los casos el cero máquina no puede alcanzarse estando presentes las piezas y las herramientas. En estos casos se tiene que utilizar un punto de referencia. (TERLEVICH, 2011)

EL ORIGEN DE LA PIEZA

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

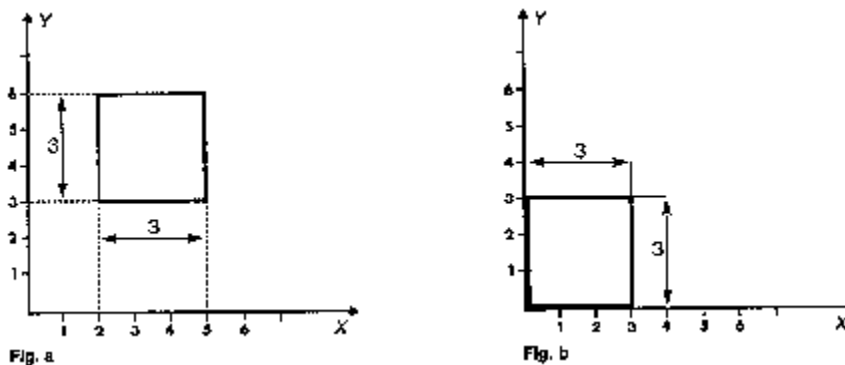


Figura. 72. Posiciones favorables del sistema de referencia

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

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

Para piezas torneadas, el cero pieza suele ubicarse a lo largo del eje principal (línea central), en la superficie acabada extrema, ya sea la izquierda o la derecha. Para piezas

fresadas, se recomienda situarlo en general en una esquina extremo de la pieza. A veces, el cero pieza también se llama punto cero de programación.

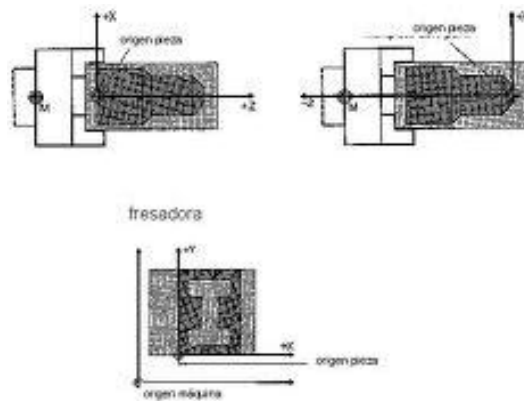


Figura. 73. Ejemplo de la localización del origen pieza en torno y fresadora

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

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

LOS DECALAJES DE HERRAMIENTA:

Al programar el contorno de una pieza, lo importante es siempre el recorrido del filo cortante de la herramienta. El carro portaherramientas, por ejemplo, el husillo principal en las fresadoras, tiene que desplazarse de forma que el filo siga precisamente el contorno deseado.

La longitud de herramienta programada tiene que ser acorde con la longitud de la herramienta actual (figura a). Si el sistema de control comienza con una longitud de herramienta equivocada no se logrará el contorno deseado.

Si la herramienta es demasiado corta (figura b), quedará material sin mecanizar. Si es demasiado larga (figura c), se mecanizará demasiado material. La longitud de las herramientas (decalajes) son, por tanto, medidas previamente a la ejecución del programa

de mecanizado y esta información se introduce en la memoria de datos de herramientas del control.

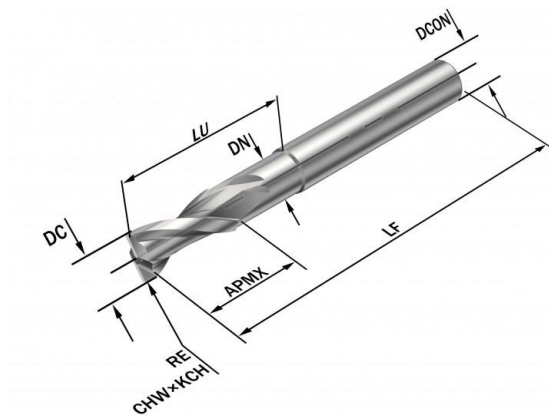


Figura. 74, Longitud útil de una fresa

Al mecanizar una pieza, es esencial poder controlar el punto de la herramienta o los filos de la misma en relación precisa con los contornos de la pieza a lo largo de las rutas de mecanizado.

Dado que las herramientas tienen diferentes formas y dimensiones, las dimensiones precisas de la herramienta tienen que establecerse antes del mecanizado y ser introducidas en el sistema de control.

Las dimensiones de la herramienta se toman a partir de un punto fijo de reglaje durante el prerreglaje de las herramientas.

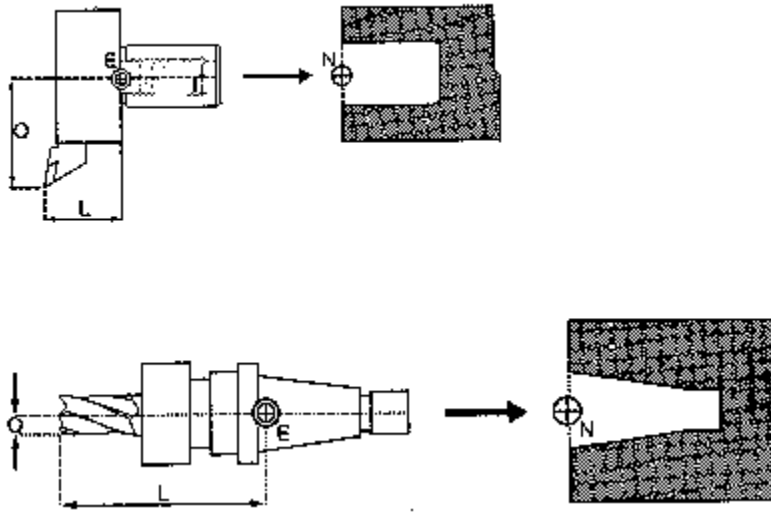


Figura. 75. Origen herramienta o punto cero de reglaje

El punto de reglaje E, está situado en algún punto del alojamiento de la herramienta (figura 79). Dicho punto permite la medición de las herramientas desde la máquina-herramienta CNC. Los datos así medidos se introducen en el almacén (memoria) de datos de herramientas del sistema de control:

- La longitud de la herramienta como coordenada Z o L.
- El punto de compensación de la herramienta o radio de la herramienta como coordenada X, R o Q.

El "complemento" del punto de reglaje de la herramienta es el punto de alojamiento N, representado por y ubicado en el carro portaherramientas. Cuando la herramienta o su cono Morse se acoplan en el carro portaherramientas, una torreta por ejemplo, el punto de reglaje y el de alojamiento coinciden.

Nota los puntos de referencia de las herramientas son importantes para el reglaje de las mismas.

Los datos de las herramientas tienen que introducirse en la memoria del control antes de las opera.

Para lograr una determinación precisa del punto de la herramienta respecto al cero máquina el control utiliza el alojamiento de la herramienta en combinación con las dimensiones de la misma. En máquinas-herramienta con carros portaherramientas complejos, tornos y centros de mecanizado por ejemplo, los cálculos pueden requerir no sólo el alojamiento de la herramienta, sino también puntos de referencia de herramienta relacionados con los mecanismos de movimiento de la máquina, como por ejemplo, el punto de referencia del carro portaherramientas y el punto de referencia de la mesa.

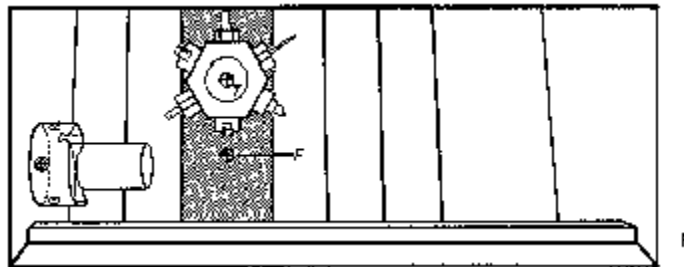


Figura. 76. Torreta y punto de referencia del carro

El punto de referencia del carro portaherramientas T, representado por , es un punto fijo en el carro portaherramientas, una torreta por ejemplo, y se localiza generalmente en el centro del mismo. (TERLEVICH, 2011)

DESPLAZAMIENTOS

Para las operaciones de mecanizado que se efectúan en las piezas, las herramientas tienen que recorrer de forma precisa las trayectorias correspondientes a cada tipo de operación. Las trayectorias de herramienta posibles dependen de cada tipo de máquina y de la capacidad de los sistemas de control.

El tipo de máquina fija los posibles desplazamientos en los ejes, por ejemplo los recorridos transversales, aplicados a la herramienta o al carro porta pieza, así como los movimientos de avance y revolución del husillo de trabajo.

El tipo de configuración del control, por ejemplo control de desplazamientos rectos, contorneado 2D, etc., determina cómo pueden coordinarse los desplazamientos entre sí. Esta "coordinación" que permite controlar los movimientos de la herramienta se alcanza

mediante el sistema de control con la ayuda de cálculos internos conocidos como "interpolación".

Los tres siguientes apartados explican qué movimientos fundamentales de la herramienta pueden controlarse con la interpolación en las máquinas-herramienta CNC y qué efectos tienen dichos movimientos sobre las piezas.

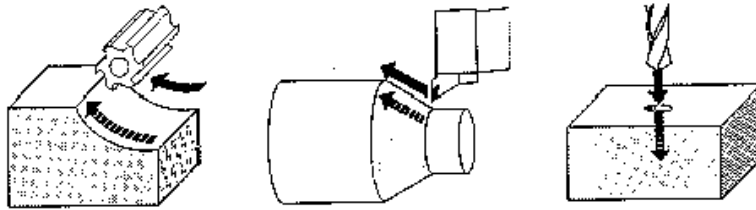


Figura. 77. Desplazamientos

DESPLAZAMIENTOS LINEALES

En un sistema de coordenadas tridimensional los 3 ejes X, Y y Z forman 3 diferentes planos fundamentales.

- Plano XY (figura a)
- Plano XZ (figura b)
- Plano YZ (figura c)

Estos planos se caracterizan por el hecho de que el tercer eje, en cada caso, es perpendicular al plano, por ejemplo, el eje z es perpendicular al plano XY, etc.

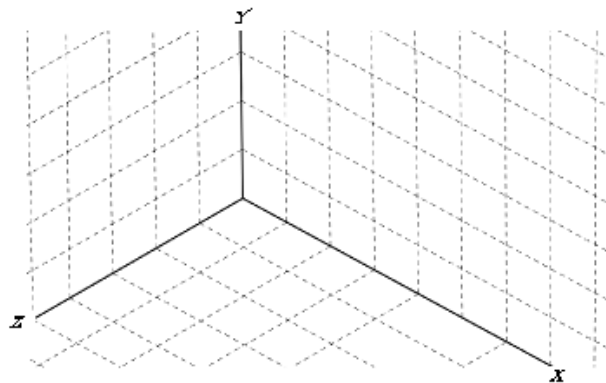


Figura. 78. Planos fundamentales

Cuando la herramienta se desplaza desde un punto inicial hasta un punto objetivo o destino dado y este desplazamiento se realiza a lo largo de una recta, se tiene una interpolación lineal.

En el caso de sistemas de control de 2 ejes, esto implica que las velocidades de la herramienta en los dos ejes están operando conjuntamente para obtener como resultado el desplazamiento recto de la herramienta (figura 80).



Figura. 79. Desplazamiento lineal 2D

Sistemas de control de 3 ejes existen dos posibilidades diferentes:

Programación de rectas en uno o varios planos fijos (figura 81). En este caso, la herramienta se introduce en una única dirección axial. En los otros dos ejes tiene lugar la interpolación lineal. (En la figura 81, la colocación de la herramienta tiene lugar en la dirección Z, con el consiguiente desplazamiento lineal en el plano XY

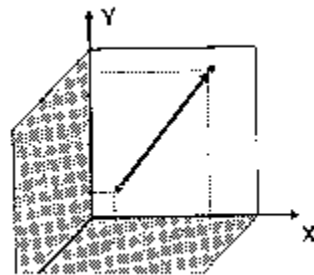


Figura. 80. Desplazamiento lineal en el plano XY

Programación de rectas arbitrarias en el "espacio" (figura 82). La herramienta puede ser desplazada a lo largo de una recta hasta cualquier punto del espacio; la interpolación lineal se da en los tres ejes. (La figura 43 muestra una recta "en el espacio" entre el punto inicial $X = 20, Y = 10, Z = 60$ y el punto final $X = 60, Y = 50, Z = 20$).

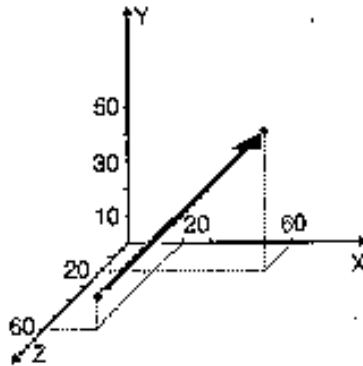


Figura. 81. Desplazamiento lineal tridimensional

En ciertos controles la interpolación lineal sólo es posible a la velocidad de trabajo o avance. El movimiento rápido se emplea sólo para alcanzar posiciones, desplazándose todos los ejes a la máxima velocidad. (TERLEVICH, 2011)

DESPLAZAMIENTOS CIRCULARES

Para ser capaces de describir círculos en un sistema de coordenadas bidimensional se requiere establecer el centro del círculo y un radio. Para determinar círculos en un sistema de coordenadas tridimensional es necesario además especificar el plano del círculo (figura 79).

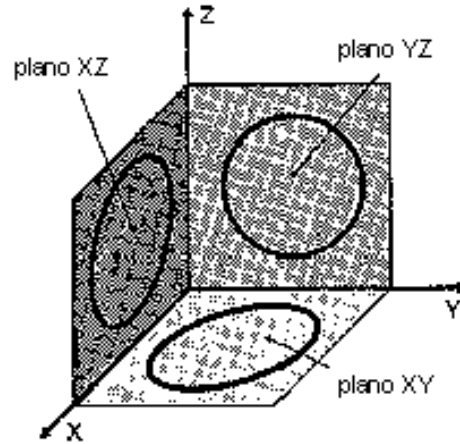


Figura. 82 Desplazamientos circulares 2D, en el plano XY y 3D

COMPENSACIÓN DE HERRAMIENTA

Para fresar un contorno, la fresa debe ser guiada de forma que sus filos sigan el contorno (figura 29). Esta trayectoria del centro de la fresa es equivalente a una "trayectoria equidistante".

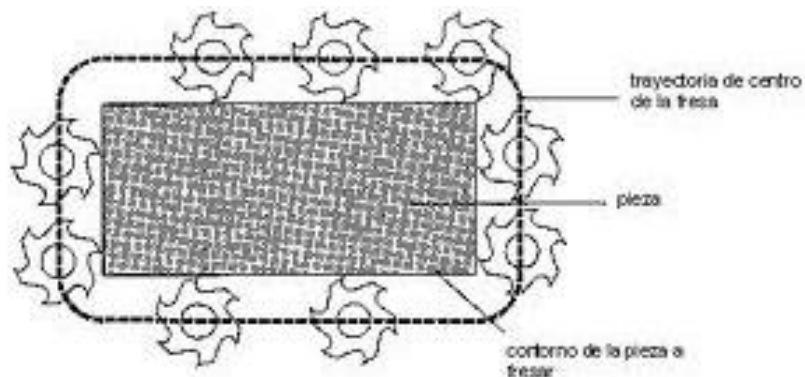


Figura. 83. Trayectoria de fresa con compensación

Hasta ahora se ha hablado de las trayectorias de las herramientas sin mencionar las dimensiones de las mismas y cómo afectan en el contorneado. Compensación del radio de la herramienta

Para asegurar que el contorno de la figura 50 es el fresado, el centro de la fresa debe que desplazarse a lo largo de la ruta mostrada en rojo. Esta ruta de la herramienta se denomina "trayectoria equidistante". Sigue el contorno de acabado a una distancia uniforme que depende del radio de la fresa. (TERUEL, Control Numérico y Programación, 2004)

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

- La dimensión del radio de la fresa, figura 88.

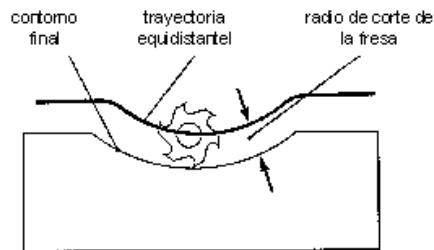


Figura. 84. Compensación del radio de corte

A qué lado del contorno de acabado programado (referido a la dirección de mecanizado) se sitúa la herramienta (figura 89).

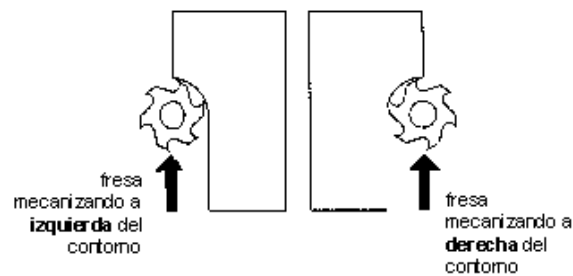


Figura. 85 Trayectoria de fresa a izquierda y derecha

Las trayectorias equidistantes se obtienen mediante cálculos de puntos auxiliares. Estos cálculos determinan todos los puntos importantes que componen las trayectorias equidistantes. Tales puntos son los comienzos y finales de rectas y arcos de circunferencia así como los radios de estas últimas. La figura 84.b muestra los puntos auxiliares de una trayectoria equidistante.

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

Cuando se activa el cálculo automático de trayectorias equidistantes (compensación de herramienta o de radio de herramienta, generalmente es necesario se satisfagan condiciones especiales para que la herramienta se anticipe al contorno.

Fíjese especialmente en las esquinas y rincones marcados. No hay trayectoria equidistante para el rincón ya que puede ser fresado completamente sin dañar el contorno.

Respecto a la esquina, la trayectoria equidistante consiste en un arco de círculo alrededor de la misma. Algunos controles extienden la trayectoria hasta la intersección (figura 84)



Figura. 86 Cálculo de puntos auxiliares en trayectorias equidistantes

(TERLEVICH, 2011)

DIMENSIONES Y ACOTACIÓN PARA CN

El departamento de ingeniería realiza los planos de las piezas. Tales planos están generalmente acotados de forma que todos los contornos están precisamente especificados en términos de geometría.

Para asegurar que un plano proporciona una buena base para la programación, la acotación debe considerar un cierto número de aspectos:

- ¿Pueden convertirse fácilmente las cotas en coordenadas en consonancia con la secuencia de mecanizado?
- ¿Está la acotación completa en relación con las herramientas disponibles y las posibilidades del sistema de control?
- ¿Pueden reconocerse fácilmente los elementos del contorno?

Al realizar un plano en la fase de diseño no siempre se presta la debida atención a estos aspectos.

Por lo tanto, es frecuentemente necesario preparar los planos de forma que sean convenientes para el Control Numérico, esto es, modificar, ante todo, las cotas para una fácil preparación del programa.

COORDENADAS ABSOLUTAS E INCREMENTALES

La introducción mencionó la acotación absoluta y relativa. Fíjese en el ejemplo del gráfico, que muestra claramente la diferencia entre los dos métodos de acotación.

Un ingeniero tiene 3 clientes. Inicialmente conduce 20 kilómetros hasta el cliente A, entonces continúa otros 19 kilómetros hasta el cliente B y finalmente conduce 22 kilómetros hasta el cliente C.

Para establecer del cliente C desde la planta, tiene que sumar los 3 recorridos (20 Km., 19 Km., 22 Km.). Estos recorridos pueden considerarse como cotas incrementales.

La situación es diferente si pone el cuentakilómetros a cero antes de salir de la fábrica y registrar el kilometraje cada vez que llega a los clientes.

Los kilómetros así registrados, en cada momento, son las distancias desde un cliente en particular y la fábrica. Son, por lo tanto, cotas absolutas; siempre hacen referencia a un punto, por ejemplo la fábrica.

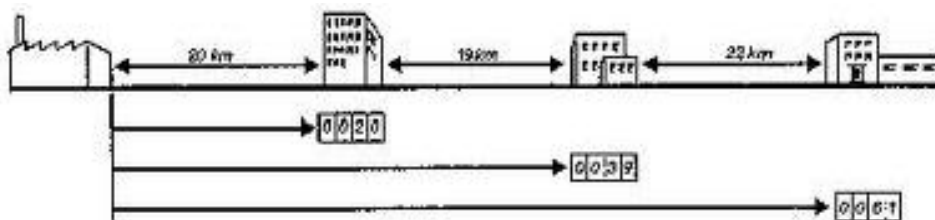


Figura. 87 Diferencia entre cotas absolutas e incrementales (o relativas)

La información dimensional en el plano de la pieza puede establecerse básicamente en el sistema de acotación absoluto o incremental.

Los datos en la acotación absoluta siempre hacen referencia a un punto de referencia fijo en el plano (**figura 89**).

Este punto tiene la función de ser coordenada cero (figura 89). Las líneas de acotación son paralelas a los ejes coordenados y siempre comienzan en el punto de referencia. Las cotas absolutas también se llaman "cotas de referencia".

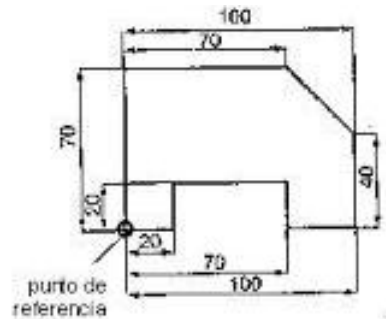


Figura. 88. Cotas absolutas

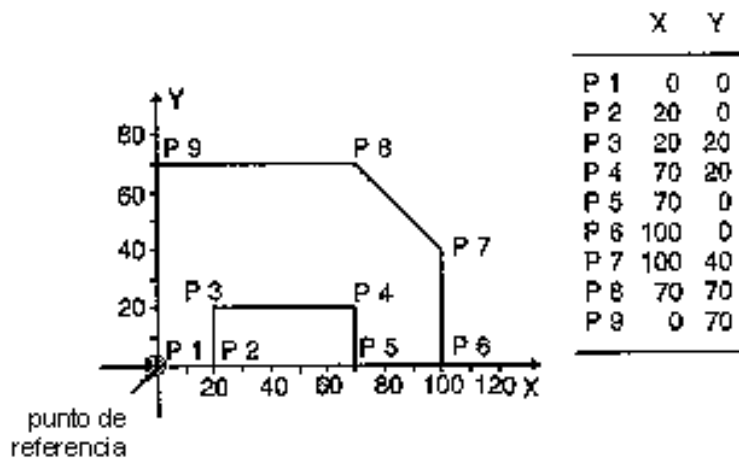


Figura. 89. Coordenadas absolutas

Al usar cotas incrementales, cada medida hace referencia a la posición anterior (figura 91); las cotas incrementales son distancias entre puntos adyacentes.

Estas distancias se convierten en coordenadas incrementales al tomar las coordenadas del último punto como origen de coordenadas para el siguiente punto.

Se puede comparar a un pequeño sistema de coordenadas que cambia consecutivamente de un punto a otro (P1...P2... hasta P9) (figura 91). Las cotas incrementales también se llaman "cotas relativas" o "cotas en cadena".

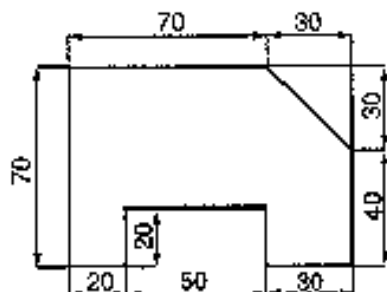


Figura. 90. Cotitas incrementales o relativas

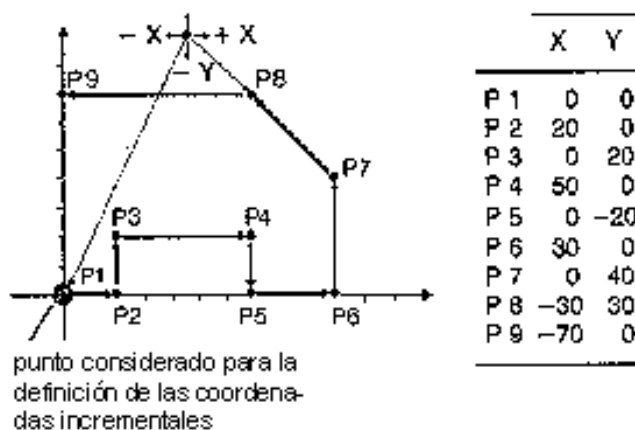


Figura. 91. Coordenadas incrementales o relativas

No siempre es necesaria la acotación de los planos exclusivamente en cotas absolutas o incrementales. La razón es que muchos controles permiten el cambio arbitrario entre dimensiones absolutas e incrementales durante la programación.

Sin embargo, cuando se describen contornos y posiciones, casi siempre es preferible usar cotas absolutas porque: la acotación incorrecta de un punto individual no afecta al resto de cotas es más fácil detectar errores en el sistema absoluto.

La programación por dimensiones incrementales es ventajosa cuando se repiten varias veces algún contorno parcial dentro de una pieza porque así se puede utilizar la sección de programa asociada al contorno parcial sin recalculr las coordenadas (ver figura 93).

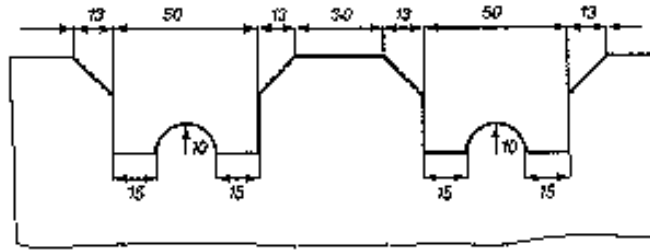


Figura. 92. Acotación incremental aplicada a un contorno secuencial

ELECCIÓN DEL ORIGEN PIEZA

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

La primera tabla hace referencia al punto 1 como cero pieza. Los valores de las coordenadas se corresponden con las cotas. La segunda tabla hace referencia al punto 2 como cero pieza. Todos los valores de las coordenadas deben ser transformados.

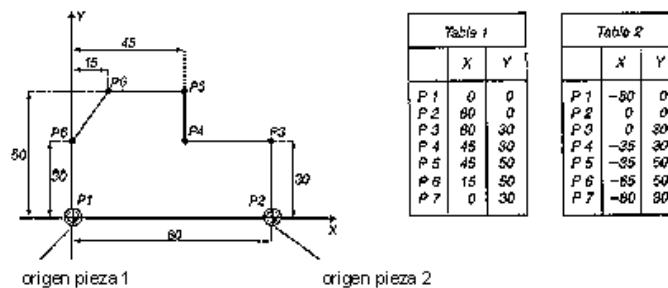


Figura. 93. Ejemplo de plano pieza

El cero pieza es el punto en el que se ubica el origen de coordenadas durante la programación. Fundamentalmente, este punto puede elegirse libremente, a un punto inicial para las cotas incrementales (figura 96, abajo).

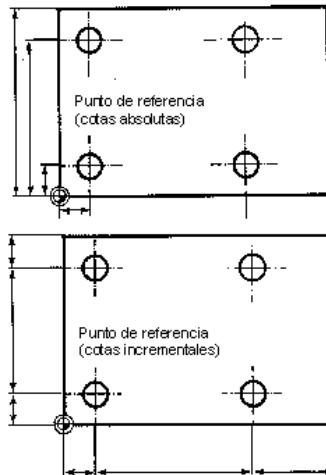


Figura. 94. Origen pieza abs. e incremental

El diseñador debería acotar los planos de forma tal que se simplificase la conversión de cotas a coordenadas. Se debería prestar especial atención a que el tipo de acotación y la elección del correspondiente cero pieza causasen la mínima necesidad de modificaciones (figura 92). La conversión de cotas a coordenadas provoca frecuentemente errores de programación.

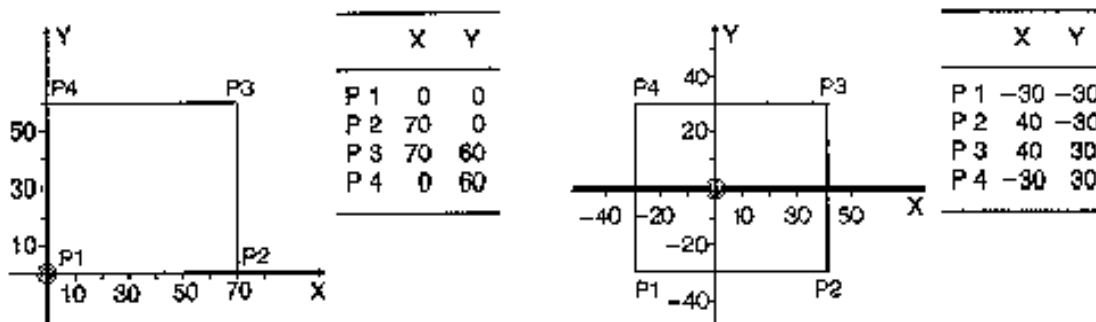


Figura. 95. Ejemplo de origen sin conversión de cotas y con conversión

En piezas simétricas la programación puede generalmente simplificarse, debido a que el control tiene funciones espejo para reproducir la geometría de la pieza. En lugar de situar el cero pieza en una esquina, se posicionará en el centro de la pieza y la acotación en el plano se dispondrá consecuentemente. (VALLEJOS, 2015)

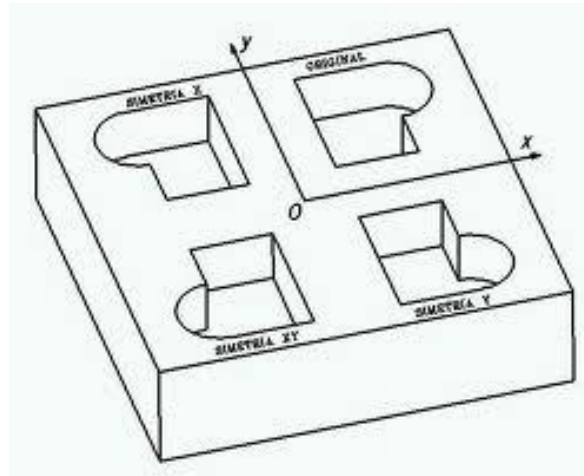


Figura. 96. Origen en pieza simétrica
(TERUEL, 2004)

ACOTACIÓN DE RECTAS Y CÍRCULOS

Posibles casos de rectas y círculos.

Para programar un elemento de contorno lineal es suficiente establecer el punto final del desplazamiento (el punto inicial es el que está ocupando la herramienta).

El punto final se puede establecer en dimensiones absolutas o incrementales y en ciertos controles también mediante el establecimiento del ángulo de la recta.

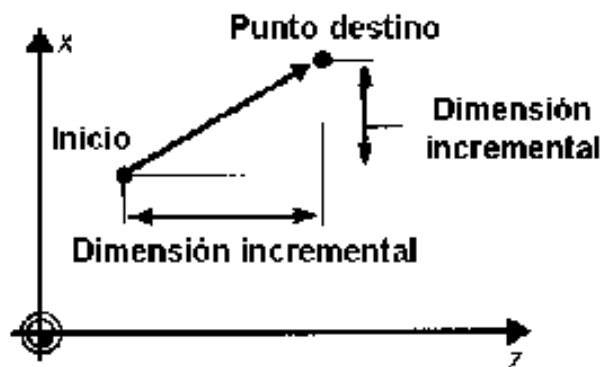


Figura. 97. Puntos destino en coordenadas absolutas e incrementales

En ambas ilustraciones el ángulo A especifica la pendiente de la recta respecto al eje Z. Si el ángulo A se establece en el programa CN, será suficiente añadir una sola coordenada en X o Z (de forma absoluta o relativa) para establecer claramente el punto final de la trayectoria

Existen dos posibilidades de programación de arcos de circunferencia:

- Programación del radio. Además del punto final, esta opción sólo requiere la entrada del radio. El control calcula el centro de la circunferencia de forma que el arco se sitúa entre los puntos inicial y final.
- Programación del centro de la circunferencia. En este caso, las coordenadas del centro de la circunferencia deben establecerse además del punto final. (Generalmente como dimensión incremental relativa al punto origen, ver figura 48, inferior). El control calcula el radio

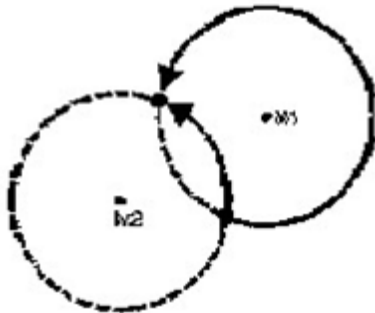


Figura. 98. Programación de círculos

Si durante la programación la magnitud del arco de circunferencia sólo se establece mediante el radio, sin dar el centro, no se tiene que olvidar que existen dos posibles soluciones con diferentes longitudes (ver la figura 100).

En la programación del radio, el control generalmente selecciona el arco de menor radio. Si debe recorrerse el arco de mayor radio, también se requerirá la programación del centro del círculo.

CÁLCULOS TRIGONOMÉTRICOS

Incluso con los últimos y más cómodos sistemas CNC, la preparación del programa puede llevar todavía aparejado el uso de cálculos matemáticos, especialmente si el dibujo de la pieza no ha sido dimensionado para adecuarse al CN.

En muchos casos los problemas de programación pueden ser resueltos mediante simples cálculos trigonométricos.

Con este propósito las principales herramientas matemáticas son:

- Teorema de Thales.
- Teorema de Pitágoras.
- Funciones trigonométricas: sen, cos, tg.

Una descripción detallada de estas herramientas y especialmente de las fórmulas relacionadas con ellas aparece en libros de ingeniería y tablas matemáticas. Los restantes apartados cubren el Teorema de Thales, el Teorema de Pitágoras y las funciones trigonométricas para entender correctamente las dimensiones que aparecen en los dibujos de piezas. (TERLEVICH, 2011)

PROGRAMACIÓN DE CNC.

PROGRAMACIÓN GEOMÉTRICA SIMPLE

Una preforma de torneado va a mecanizarse en un único paso. El contorno final dimensionado se muestra en la Fig.96.

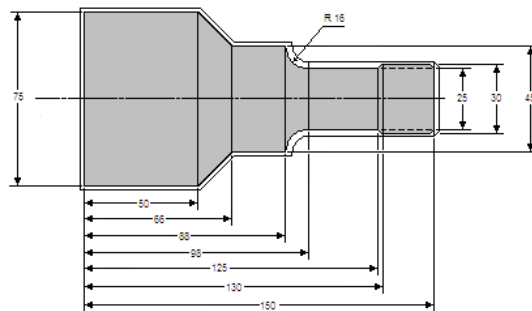


Figura. 99. Dibujo de la pieza de trabajo

Problema

La trayectoria de la herramienta durante la operación de giro se tiene que describir con la ayuda de coordenadas.

Procedimiento:

En primero lugar, se debe establecer el punto cero de la pieza. En este caso particular, es aconsejable (por las dimensiones existentes), colocar dicho punto en la línea central y en el extremo izquierdo del contorno acabado.

Como segundo paso, todos los puntos geométricos importantes deberían ser numerados a lo largo del contorno acabado, así como preparar una tabla que proporcione las coordenadas de esos puntos.

En la Fig.97 se pueden ver los puntos clave del contorno de la pieza del ejemplo y en la tabla siguiente, las coordenadas de estos puntos.

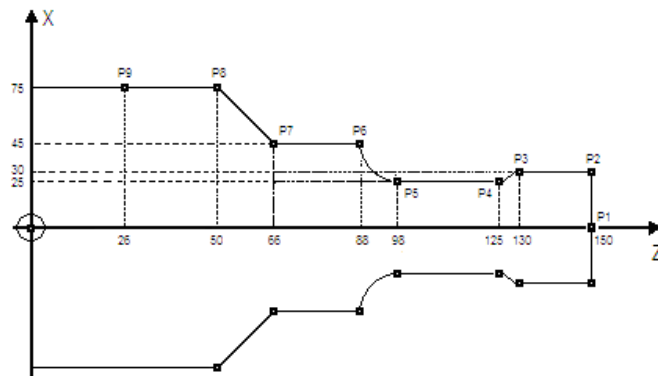


Figura. 100. Pieza en el sistema de coordenadas (coordenada X: diámetro)

En tercer lugar, los movimientos de la herramienta deberían ser descritos en la secuencia correcta, tal y como se puede ver en los siguientes pasos.

<u>PUNTOS</u>	<u>COORDENADA X</u>	<u>COORDENADA Z</u>
<u>P1</u>	<u>0</u>	<u>150</u>
<u>P2</u>	<u>30</u>	<u>150</u>

<u>P3</u>	<u>30</u>	<u>130</u>
<u>P4</u>	<u>25</u>	<u>125</u>
<u>P5</u>	<u>25</u>	<u>98</u>
<u>P6</u>	<u>45</u>	<u>88</u>
<u>P7</u>	<u>45</u>	<u>65</u>
<u>P8</u>	<u>75</u>	<u>50</u>
<u>P9</u>	<u>75</u>	<u>25</u>

Paso 1: El movimiento de la herramienta empieza con una aproximación rápida hacia la pieza. El punto destino, con coordenadas $X = 35$ y $Z = 150$, es un punto que pertenece a la recta que une los puntos P1 a P2, y proporciona un pequeño margen de seguridad con respecto a la pieza.

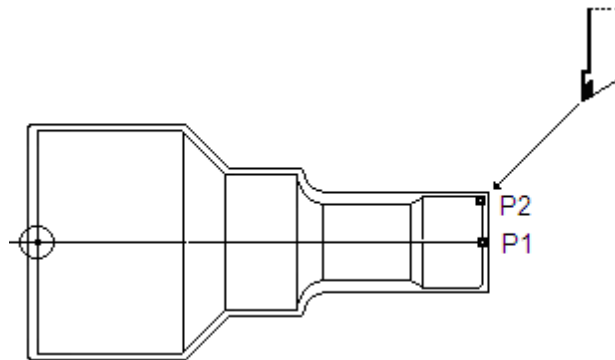


Figura. 101 Movimiento rápido a $X = 35$, $Z = 150$

Paso 2: La pieza está ahora de frente. Para conseguirlo, la herramienta se mueve en línea recta de P2 a P1 con la coordenada $X = -1$ y $Z = 150$. Para asegurar que se obtiene una superficie lisa la herramienta se desplaza ligeramente más allá de la línea central.

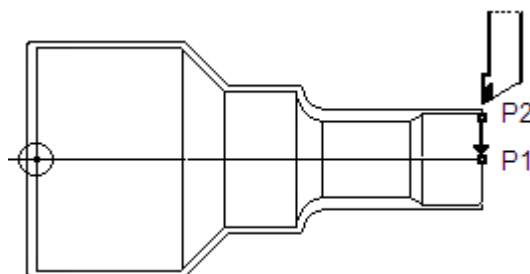


Figura. 102. Posicionamiento $X = -1$ $Z = 150$

Paso 3: Para permitir la operación de torneado longitudinal, la herramienta debe ahora retirarse del contorno y volver a una nueva posición de partida. Para ello, la herramienta inicialmente se separa a lo largo de la dirección Z la distancia de 5 mm.

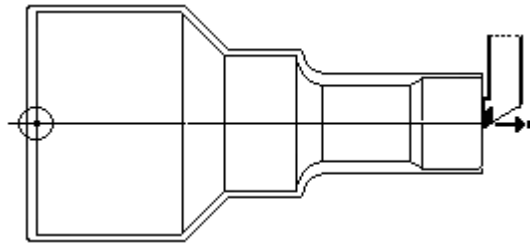


Figura. 103. Posicionamiento en $X = 0$

Paso 4: Cuando se ha retirado la herramienta del contorno, el movimiento al punto de inicio de la operación de cilindrado exterior puede llevarse a cabo con una velocidad media rápida. Este punto de partida debería tener la coordenada X del punto P2: por ejemplo debería ser adyacente por la derecha a P2. Entonces, mediante un movimiento rápido puede llegar al punto $X = 30, Z = 155$.

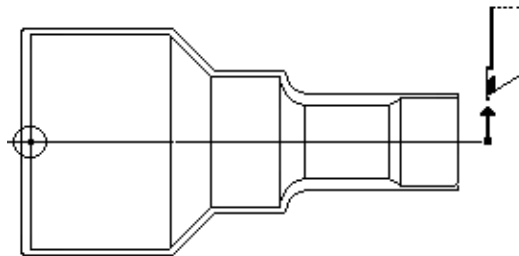


Figura. 104. Movimiento rápido a $X = 30, Z = 155$

Paso 5: El primer tramo del contorno es torneado por la herramienta desplazándose en línea recta de P2 a P3, siendo P3 de coordenadas $X = 30$ y $Z = 130$. Para mecanizar los siguientes dos tramos de contorno también se seguirá una trayectoria recta, llevando inicialmente la herramienta al punto P4 de coordenadas $X = 25$ y $Z = 125$, seguido por el punto P5 con $X = 25$ y $Z = 98$.

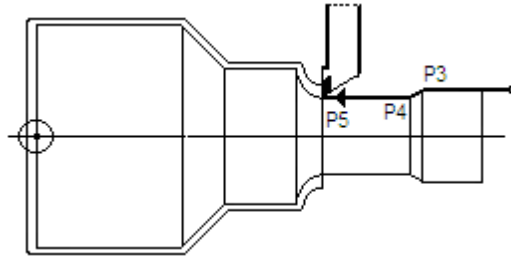


Figura. 105. Avance a $X = 30$ $Z = 130$ / Avance a $X = 25$ $Z = 125$ / Avance a $X = 25$ $Z = 98$

Paso 6: El tramo que une los puntos P5 y P6 ($X = 45$, $Z = 88$) es un arco recorrido en sentido horario y con centro en $X = 45$ y $Z = 98$. Las coordenadas del centro, normalmente una dimensión incremental con respecto al punto de partida, deberían indicarse en las dimensiones del dibujo. En cualquier caso, algunos sistemas de control pueden alternativamente permitir especificar el radio en lugar del centro del círculo. En ese caso, el sistema de control calculará las coordenadas del centro, de manera que el sistema de control calculará las coordenadas del centro por sí mismo.

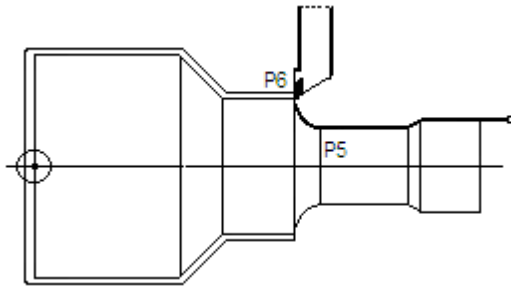


Figura. 106. Arco en sentido horario a $X = 45$ $Z = 88$ con centro de circunferencia $X = 45$ $Z = 98$

Paso 7: Los tramos de contorno pendientes son tres líneas rectas:

- a P7 con $X = 45$, $Z = 65$;
- a P8 con $X = 75$, $Z = 50$ y
- a P9 con $X = 75$, $Z = 25$.

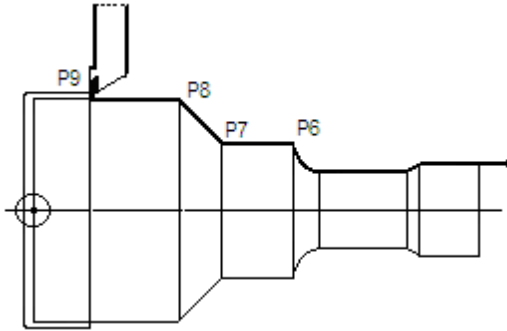


Figura. 107. Avance a $X = 45$ $Z = 65$ / Avance a $X = 75$ $Z = 50$ / Avance a $X = 75$ $Z = 25$

Paso 8: Cuando se ha llegado al punto P9, la herramienta debe llevarse a una posición en la que sea posible tanto un cambio de herramienta como un reposicionamiento. Para poder hacerlo, inicialmente se retira la herramienta hasta el punto $X = 80$, $Z = 30$ mediante una trayectoria recta. De ese modo, la herramienta se desplaza a velocidad rápida al punto final remoto (Ej. el punto de cambio de herramienta) con las posibles coordenadas $X = 115$, $Z = 200$. En este punto, el contorno de la pieza ha sido completado.

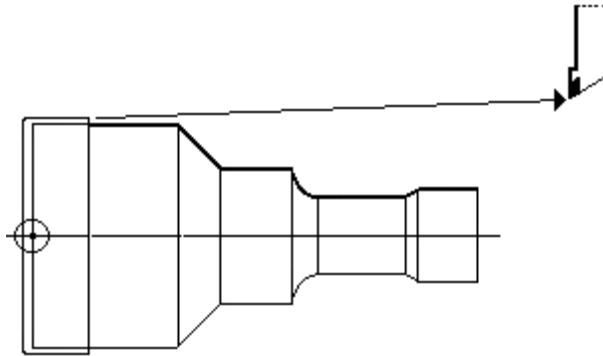


Figura. 108. Avance a $X = 80$ $Z = 30$, movimiento rápido a $X = 115$ $Z = 200$

PROGRAMACIÓN CON DISTRIBUCIÓN DE PASADAS

La programación de la operación de acabado tal y como se ha descrito en los puntos anteriores, asume que este contorno puede obtenerse por una simple operación de acabado de la pieza. En cualquier caso, la situación es tan sumamente frecuente, que el proceso consiste en completar un número de pasadas de desbaste sobre la pieza antes de que pueda comenzarse con el acabado del contorno.

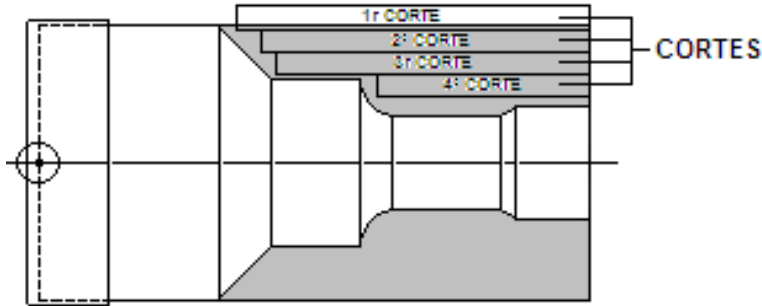


Figura. 109. Representación del mecanizado durante el desbaste

La programación de la secuencia de desbaste consiste en subdividir la profundidad o anchura total en varias pasadas (cortes) (Fig.108). La anchura y el número de cortes dependen de la capa de material que deba dejarse para el corte de acabado.

En nuestro ejemplo, la pieza se prepara para cuatro pasadas de desbaste. Para la primera, la herramienta de torneado avanza a velocidad rápida al punto Q1 justo enfrente de la pieza (Fig.109). A partir de ahí, la herramienta avanza en línea recta al punto Q2, se retira del contorno y se lleva al punto de comienzo en avance rápido.

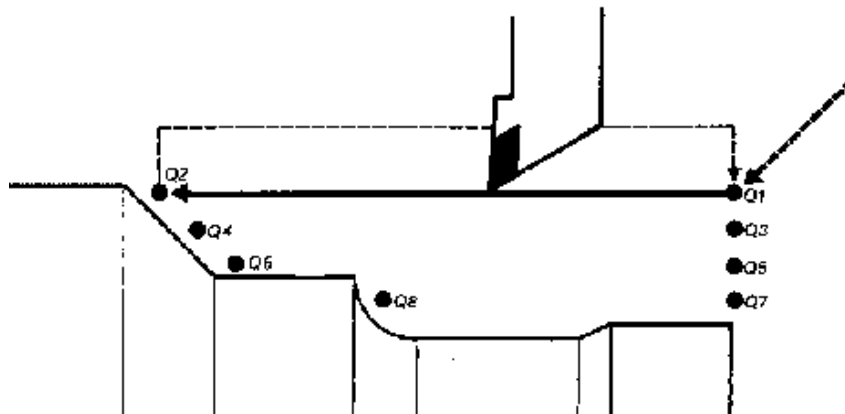


Figura. 110. Primera pasada de desbaste

Para la segunda pasada, la herramienta de torneado se lleva al punto Q3 para entonces avanzar en línea recta al punto Q4. Tras el retroceso de la herramienta, dos pasadas más se efectúan con puntos de partida Q5 y Q7 y puntos destino Q6 y Q8. La forma de la pieza tras completar las diferentes pasadas se muestra en la fig.14. El espesor de material que se deja para el acabado no es más pequeño que la anchura de la herramienta de acabado. A continuación, la pieza desbastada puede ser acabada en una única pasada. Muchos sistemas

de control CNC incorporan ciclos de desbaste. Estos son instrucciones de programación que permiten realizar el desbaste según secuencias ya establecidas

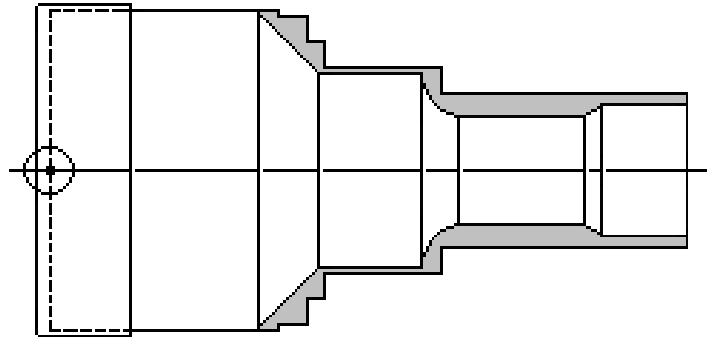


Figura. 111. Contorno de la pieza tras ser desbastada

(TERLEVICH, 2011)

2.2.6.1. PROGRAMACIÓN DE DATOS TECNOLÓGICOS

Además de la información geométrica descrita en el recorrido de la herramienta, un programa CN también debe contener datos de información tecnológica.

Esta información se refiere principalmente a la elección de:

- La herramienta,
- La velocidad de avance y
- La velocidad de corte o velocidad de rotación.

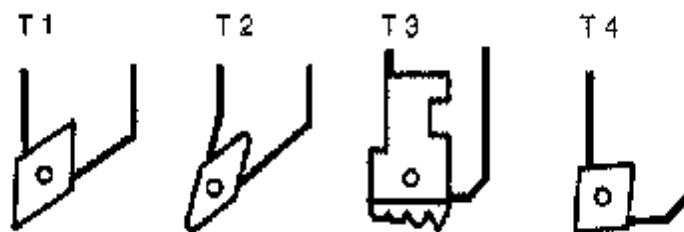


Figura. 112. Herramientas de torneado: para desbaste, de acabado, para roscar, de acabado

Las herramientas utilizadas durante el mecanizado son numeradas consecutivamente por el programador con 1, 2, 3, etc. o T1, T2, T3, etc.. Estos números de herramienta son empleados secuencialmente en el programa CN para llamar a una herramienta específica.

Una llamada en el programa CN a una herramienta lleva consigo un cambio automático de herramienta (p.e. indexando una torreta de herramientas) o bien una parada en la secuencia de mecanizado para permitir un cambio de herramienta manual por parte del operador. (Checa, 2010).

EDICIÓN DE PROGRAMAS CNC.

El sistema de control de una máquina-herramienta CNC es el responsable en activar las funciones de la máquina-herramienta necesarias para cada secuencia particular de operaciones.

- Para que esto ocurra, el computador del sistema de control tiene que ser informado de cómo va a tener lugar.
- Esta información toma la forma de programa CN que el operador de la máquina (o programador) introduce en el sistema de control.
- El sistema de control lee el programa CN y convierte la información que contiene en pulsos de control para la máquina-herramienta.

El desarrollo de un programa CN es determinado por el fabricante del sistema bajo unas pautas estandarizadas. Los siguientes apartados ilustran cómo siguen estas pautas los programas CN.

¿Qué es un programa CN? En un programa de CN, las operaciones para mecanizar una pieza en la máquina herramienta son declaradas en un formulario que el sistema de control puede entender.

Un operador que conozca una máquina-herramienta convencional requiere una planificación de trabajo y un plano de la pieza para poder procesarla.

De acuerdo a la información contenida en estos documentos, obtendrá las materias primas necesarias, herramientas, equipo de mantenimiento, etc. y, tras la preparación, comenzará inmediatamente con las operaciones de mecanizado. (Andrade, 2012)

La planificación de trabajo y el plano indican al operador qué operaciones se requieren. De cualquier forma, el proceso decidido y los datos de corte seleccionados son generalmente decididos sólo cuando se lleva a cabo el proceso de mecanizado actual.

El mecanizado siguiendo un programa CN es diferente: en este caso, todas las operaciones de mecanizado deben establecerse previamente y en el orden correcto, junto con las condiciones de avance, velocidad de giro, etc., y estos detalles almacenarse en el programa CN. Una vez introducido el programa CN en el sistema de control, puede ejecutarse tantas veces como se desee. Al operador tan sólo le queda:

- Preparar la máquina,
- Monitorizar las secuencias de mecanizado,
- Efectuar la inspección,
- Cargar, fijar y liberar las piezas y
- Recambiar las herramientas desgastadas.

Si algunas operaciones deben llevarse a cabo de forma diferente a la especificada en el programa CN, los puntos apropiados del programa CN deben modificarse.

En un sistema de control CNC, tales modificaciones pueden ser realizadas directamente por el operador de la máquina.

Otras condiciones adicionales pueden consistir en:

- Información geométrica (p.Ej. Datos de coordenadas. X20, Y40, Z30),
- Información tecnológica (p.Ej. Avance: F0.2; F40; velocidad de giro: S1000) e
- Información de programación (p.Ej. Nombre de bloques de programa: P50 =comienzo de bloque en programa N° 50; Q60= final de bloque en programa N° 60)

- Los programas de CN con secuencias de mecanizado repetitivas incluyen un número de instrucciones que tienen que ser programadas varias veces.
- Para que el programador no tenga que escribir y/o introducir instrucciones repetidamente, hay formas de preparar secciones de programas repetitivas como subrutinas que son almacenadas separadamente en el sistema de control. Cuando se ejecuta el programa principal para una pieza concreta, se llama a la subrutina mediante instrucciones especiales en el punto adecuado, siendo insertada en la secuencia general de mecanizado. Al final de la subrutina, una instrucción devuelve el control al programa principal.
- Un programa CN consta básicamente de instrucciones. Estas instrucciones son convertidas por el sistema de control en pulsos de control para la máquina herramienta

Ejemplo:

Si en el programa aparece: “Desplazamiento rápido a X =40, Z =20”, esto origina que se activen los motores de los ejes X y Z, manteniéndose así hasta llegar a la posición X =40, Z =20. Las instrucciones de un programa CN están acompañadas habitualmente de condiciones adicionales. En este ejemplo, significaría:

Desplazamiento rápido	aX = 40, Z = 20
Instrucción	Condición adicional

Tabla 3 Desplazamiento rápido a X =40, Z =20

Una instrucción junto con las condiciones adicionales constituye un bloque de programa.

Un programa CN consiste por lo tanto en una secuencia de bloques de programa como:

G00	X60	Y90	Z0	
G01	X53	Y76	Z0	F0,2
G01	X14	Y76	Z0	
G02	X34	Y 50	Z0	F20

Tabla 4 Secuencia de bloques de programa

Los bloques de programa pueden identificarse por números de bloque (p.e. N10, N20, etc.) y hay sistemas de control en los que, por norma, cada bloque de programa es numerado, mientras que en otros sistemas de control sólo se numeran aquellos bloques que el programador considera por jugar un papel determinado en el programa.

Ejemplos:

N60	G01	X10	Z76
N70	G27		
N80	T5		

Tabla 5 Todos los bloques numerados

G01	X10	Z76
G27		
N5	T5	

Tabla 6 Sólo el cambio de herramienta numerado
(TERUEL, 2004)

LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN CN

De acuerdo con el estándar DIN 66025*, las letras A-Z, cuando se usan como letras de dirección, tienen el siguiente significado:

A	Rotación sobre el eje X
B	Rotación sobre el eje Y
C	Rotación sobre el eje Z
D	Memoria de offset de corrección de herramienta
E	Segunda velocidad de avance
F	Velocidad de avance
G	Función de desplazamiento
H	Sin asignar

I	Parámetro de interpolación paralelo al eje X
J	Parámetro de interpolación paralelo al eje Y
K	Parámetro de interpolación paralelo al eje Z
L	Sin asignar
M	Función suplementaria
N	Numero de bloque
O	Sin asignar
P	Tercer movimiento paralelo al eje X
Q	Tercer movimiento paralelo al eje Y
R	Desplazamiento en dirección del eje Z o tercer movimiento paralelo al eje Z
S	Velocidad de giro
T	Herramienta
U	Segundo movimiento paralelo al eje X
V	Segundo movimiento paralelo al eje Y
W	Segundo movimiento paralelo al eje Z
X	Movimiento en dirección del eje X
Y	Movimiento en dirección del eje Y
Z	Movimiento en dirección del eje Z

Tabla 7Lenguaje De Programación Cn

(*) Los lenguajes de programación CN están estandarizados internacionalmente. La norma DIN 66025 "Desarrollo de programas para máquinas de control numérico" (partes 1 y 2) coinciden en contenido con el estándar internacional ISO/DIS 6983 y ISO/DP 6983 "Control numérico de máquinas".

El lenguaje de programación de un sistema de control determina las reglas con las que deberán construirse los bloques de programa en un programa CN.

Las bases del lenguaje de programación usado en sistemas de control CNC están estandarizadas. A continuación se presentan los principios básicos para el desarrollo de bloques de programa: Los bloques de programa consisten en un conjunto de palabras de

programa que, a su vez, están compuestas por una letra de dirección y una secuencia de números.

N20	G01	X40	Z10	F300	1200
N	Letra dirección				
20	Secuencia de números				
X	Letra dirección				
40	Secuencia de números				
F300,S1200	Palabras de programa				

Tabla 8 Bloques de programa:

Las palabras de programa se emplean como instrucciones o como condiciones suplementarias (funciones), dependiendo de la letra de dirección con la que la palabra comienza.

La letra de dirección de instrucción más importante es la G. Las instrucciones G (G00 a G99) controlan principalmente los desplazamientos de herramienta (por ello también se les llama "funciones de desplazamiento").

Las letras de dirección para funciones suplementarias son:

- X, Y, Z: datos de coordenadas
- F: velocidad de avance
- S: velocidad de giro

En el lenguaje de programación de un sistema de control CNC, el fabricante especifica: qué instrucciones pueden programarse qué funciones suplementarias son posibles en conexión co instrucciones individuales qué letras de dirección y secuencias de números forman las instrucciones y funciones suplementarias.

Cuando se introduce un programa CN, el sistema de control verifica si se han respetado las reglas del lenguaje de programación (.Ej. si pueden añadirse funciones suplementarias a una instrucción). Sin embargo, la introducción por el programador de coordenadas equivocadas sólo puede detectarse durante la ejecución del programa. (TERUEL, 2004)

INSTRUCCIONES CN

Este apartado y los dos siguientes presentan un conjunto de importantes instrucciones de estándares establecidos que aparecen en los lenguajes de programación usados en sistemas de control CNC.

Estas son las instrucciones:

G00	Desplazamiento rápido
G01	Desplazamiento lineal con avance
G02	Desplazamiento circular, sentido horario
G03	Desplazamiento circular, sentido anti horario

Tabla 9 Desplazamiento

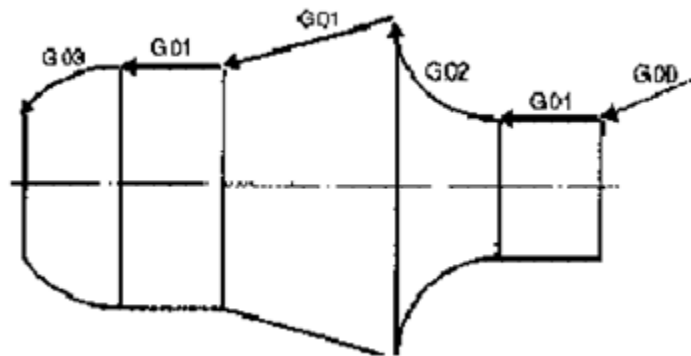


Figura. 113. Desplazamiento

Aun cuando un fabricante de sistemas de control (que no siga estrictamente los estándares establecidos) no use las palabras de programa G00, G01, G02 y G03, habrá otras con el mismo efecto.

Estas instrucciones tendrán entonces una letra de dirección diferente o serán introducidas desde un teclado simbólico.

Los datos de coordenadas necesarios como funciones suplementarias además de las instrucciones ya citadas, pueden ser introducidos de varias formas dependiendo del tipo de control:

- En dimensiones absolutas
- En dimensiones incrementales
- Mediante sentencias de ángulo suplementario
- En coordenadas polares

Por motivos de simplificación, los sistemas de control CNC funcionan de modo que las palabras de programa actúan modalmente hasta que sean expresamente cambiadas.

"Actuación modal" significa que la función permanece activa hasta que se reemplaza por una nueva instrucción o función suplementaria. Ejemplo:

G01	X10	Y22	Z40	F300	S1200
G01	Z10				

(TERUEL, 2004)

EL DESPLAZAMIENTO RÁPIDO, G00

La instrucción de desplazamiento rápido se identifica con la palabra programa G00. Una instrucción de desplazamiento rápido mueve la herramienta al punto destino a la máxima velocidad de desplazamiento. Como funciones suplementarias será necesario introducir las coordenadas del punto destino.

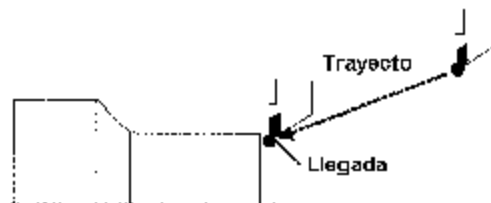


Figura. 114 G00 para torneado

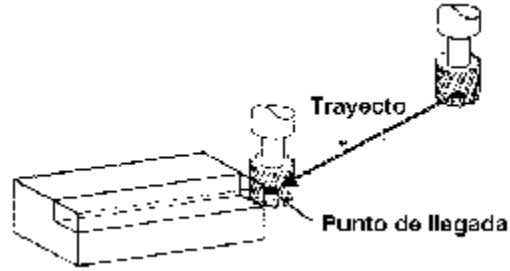


Figura. 115. G00 para fresado

EL DESPLAZAMIENTO LINEAL CON AVANCE, G01

Las trayectorias están definidas por:

- El camino de la punta de herramienta cuando tornea y
- El camino del centro de la fresa cuando corta

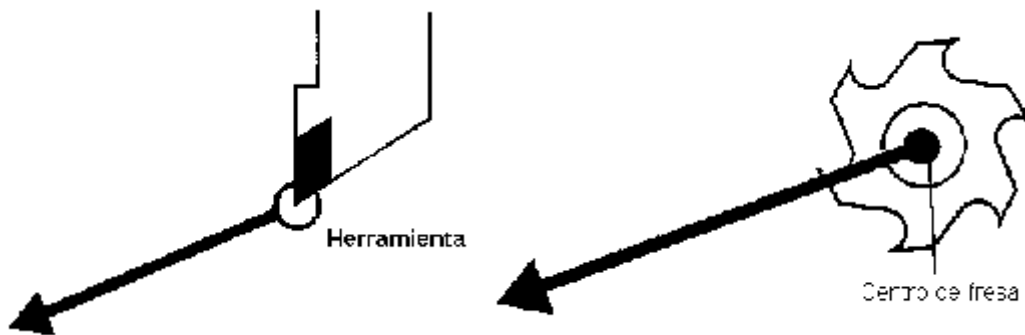


Figura. 116. Desplazamiento para torneado

Desplazamiento para fresado

- Conversión de datos absolutos a dimensiones incrementales y viceversa (introducción de datos).
- Como ya se ha dicho, los planos de la pieza pueden dimensionarse en medidas absolutas o incrementales. Por esta razón, los sistemas CNC permiten la introducción de coordenadas de los puntos finales en dimensiones absolutas o incrementales.
- Si se ha programado G90, las coordenadas del punto destino en las instrucciones de desplazamiento siguientes se tomarán por el sistema de control como coordenadas absolutas (Fig. 112). Cuando se programe G91 el sistema de control pasa a coordenadas incrementales (Fig. 113).

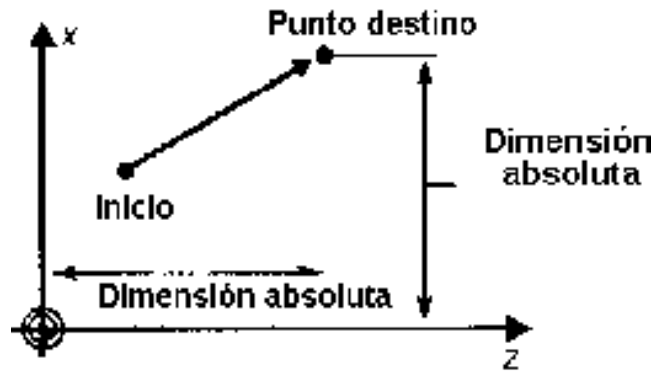


Figura. 117. Coordenadas absolutas (tras G90)

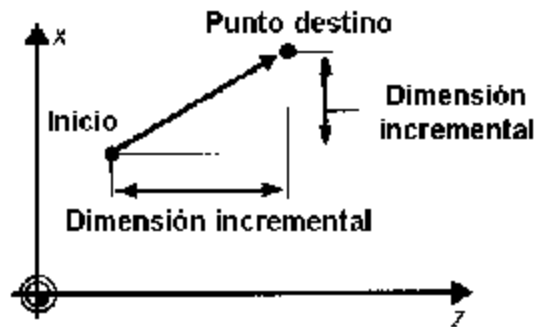


Figura. 118. Coordenadas incrementales (tras G91)

Existen sistemas de control donde las coordenadas X, Y, Z son tomadas automáticamente como coordenadas absolutas.

En dichos sistemas, las letras U, V, W se emplean para coordenadas incrementales.

De acuerdo con los estándares, la instrucción "Desplazamiento lineal con avance" requiere la palabra de programa G01. Las siguientes funciones suplementarias son también necesarias:

- Coordenadas del punto destino
- Velocidad de avance
- Velocidad de giro o de corte

La instrucción "Desplazamiento lineal con avance" mueve la herramienta en línea recta al punto destino con la velocidad de avance introducida como función suplementaria

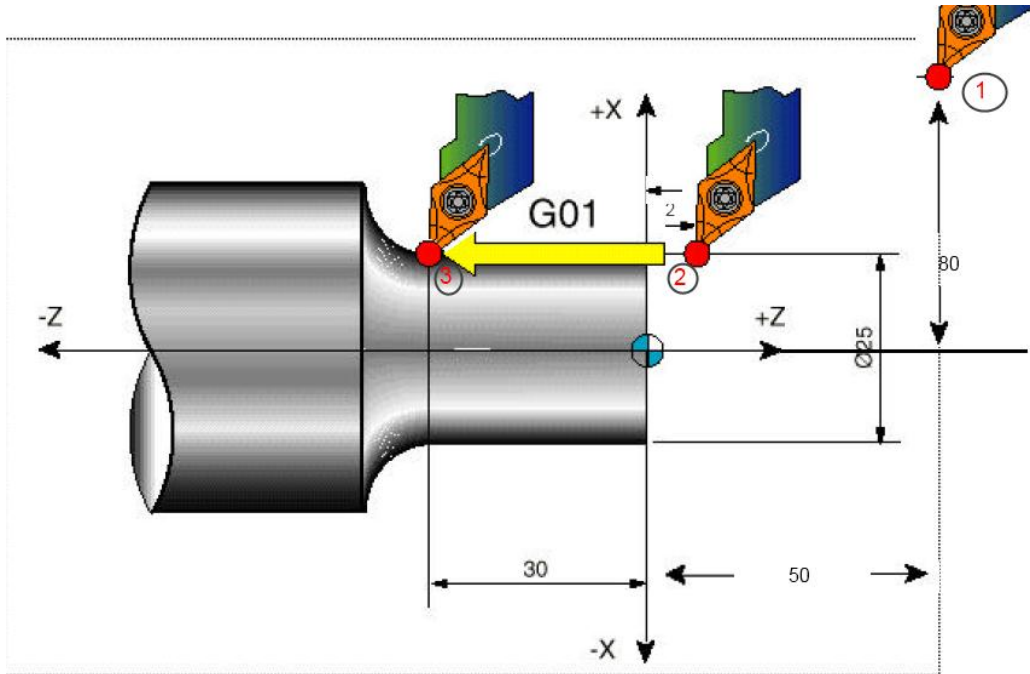


Figura. 119. G01 para torneado

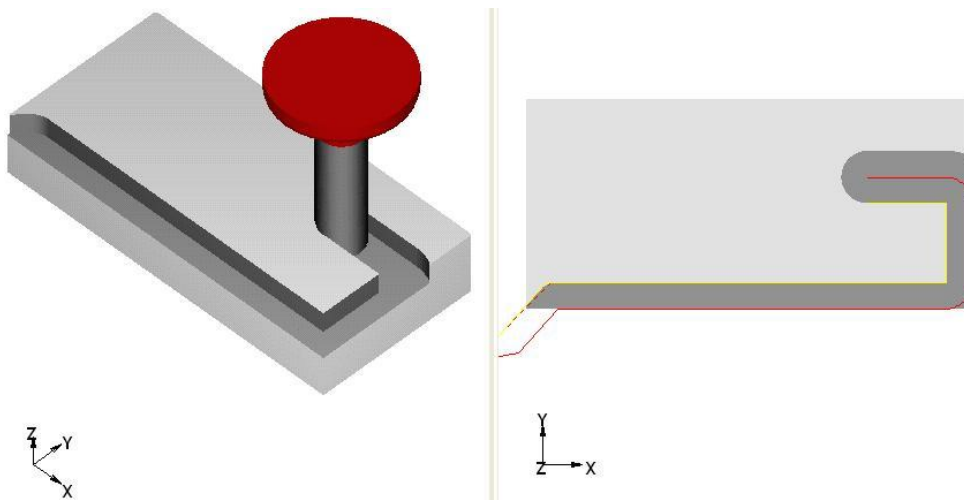


Figura. 120. G01 para fresado

La velocidad de avance determina la velocidad con la que la pieza es mecanizada. La elección de esta velocidad depende de:

- La herramienta (geometría y material)
- El material a ser mecanizado
- El acabado de superficie requerido
- Geometría y rigidez de la herramienta

- ✓ G01 X80 Y80 Z20 F40 S1000
- ✓ X80 Y80 Z20 Punto destino
- ✓ F40 Velocidad de avance 40mm/min.
- ✓ S1000 Velocidad de giro 1000 r.p.m.

La mayoría de los sistemas de control ofrecen varias posibilidades a la hora de introducir las coordenadas del punto destino

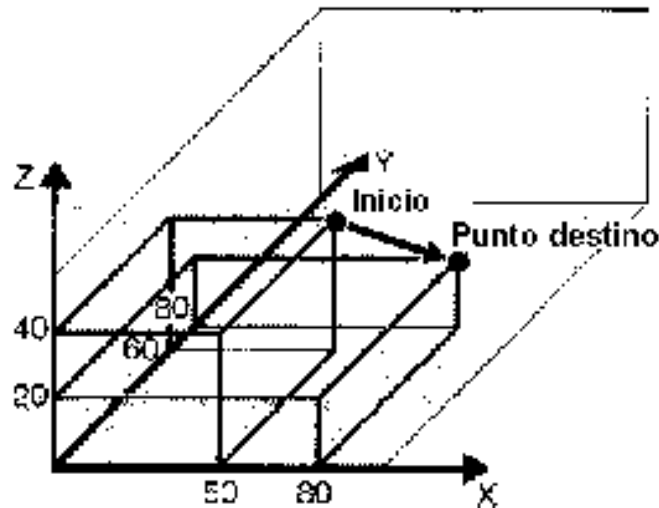


Figura. 121. Línea recta en avance (tridimensional)

EL DESPLAZAMIENTO CIRCULAR HORARIO Y ANTIHORARIO (G02, G03)

Cuando se programan circunferencias o arcos circulares, es posible también emplear coordenadas polares

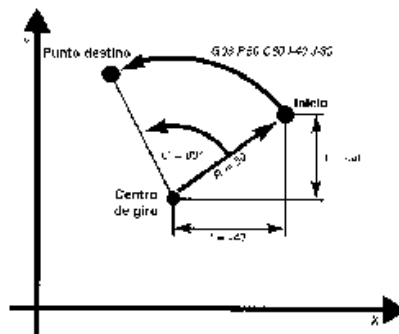


Figura. 122. G03 con coordenadas polares (I y J son las coordenadas del centro relativas al punto inicial)

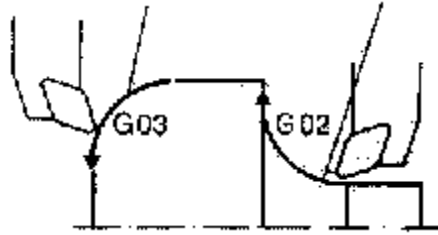


Figura. 123 Arco para torneado

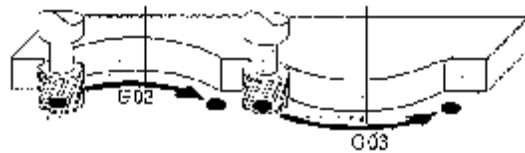


Figura. 124 Arco para fresado

Las instrucciones de interpolación circular, G02 y G03, se diferencian en el sentido de rotación.

Las instrucciones "Interpolación circular, horario" (G02) y "Interpolación circular, antihorario" (G03) requieren las siguientes funciones suplementarias:

- Coordenadas del punto destino
- Introducción del radio o centro del arco
- Velocidad de avance
- Velocidad de giro o de corte

El centro del arco se introduce generalmente en dimensiones incrementales relativas al punto de partida. Aquí, se emplean las letras de dirección I, J, K (para las direcciones X, Y, Z).

Con el punto de partida $X = 0$, $Y = 50$, la Fig.13 ilustra la siguiente instrucción:

G02 X60 Y30 I30 J-10 F02 V300

- X60 Y30 Punto destino
- I30 J-10 Centro del arco en dimensiones incrementales
- F02 Velocidad de avance 0.2 mm/rev.
- V300 Velocidad de corte 300 m/min

Que una herramienta se desplace en sentido horario o anti horario depende de la dirección en la que el tercer eje en el plano del contorno apunta cuando se aplica la "regla de la mano derecha". La disposición siempre se ve en la dirección negativa del tercer eje.

(TERLEVICH, 2011)

2.5. DEFINICIONES DE TÉRMINOS.

Análisis	Es el acto de separar las partes de un elemento para estudiar su naturaleza, su función y/o su significado
Maquinas Herramientas	Es un aparato creado para aprovechar, regular o dirigir la acción de una fuerza
CNC	Control Numérico Computarizado
Mecanizar	Es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material
Útil	Es el elemento utilizado para extraer material de una pieza cuando se quiere llevar a cabo un proceso de mecanismos
Automatización	Del griego antiguo auto, "guiado por uno mismo"
Programación	Es el proceso de diseñar y codificar.

2.6. SISTEMA DE HIPÓTESIS

De qué forma las nuevas tecnologías de las máquinas herramientas de control numérico inciden en el campo industrial.

2.6.1. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

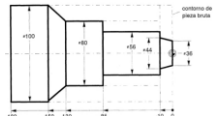
INDEPENDIENTES

Las tecnologías de las máquinas herramientas de control numérico

DEPENDIENTES

Incidencia en el campo industria

2.6.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLES INDEPENDIENTES	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
-Las tecnologías de las máquinas herramientas de control numérico	-Conjunto de conocimientos técnicos. Máquinas inteligentes diseñadas para procesos de mano de obra.	-fresadora CNC -Torno CNC	-Codigo G -Funciones miselanios	-Fichaje, Observación, estudio de campo, entrevistas. Encuestas
VARIABLE_S DEPENDIENTES	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADO RES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
-Incidencia en el campo industrial.	-Influencia para mejorar los tiempos productivos En el proceso de producción.	-Normas ISO Producción Diseño	-Costos de investigación -Procesos. DATOS DE MECANIZADO. TO1.-desbaste. TO2.- afinado. N.- 1500rpm. F.- 0,2mm/rev PC. Max.5mm - Planos. 	Observación, estudio de campo, entrevistas. encuestas

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En el presente trabajo de investigación se utilizará el método científico que permitirá conocer cómo se ha desarrollado la tecnología en el campo industrial, optimizando el tiempo en la fabricación de elementos.

LOS MÉTODOS A UTILIZARSE EN LA INVESTIGACIÓN SON LOS SIGUIENTES:

Inductivo.- El método inductivo va de lo particular a lo general, es decir, parte del conocimiento de casos y hechos particulares que intervienen en las tecnologías de máquinas herramientas de Control Numérico los mismos que en conjunto nos permitirá conseguir el objetivo deseado.

Deductivo.- Partiendo de la información recopilada en nuestra investigación, se determinó los procedimientos que se utilizan para la elaboración de piezas metálicas, también se revisó el cumplimiento de las normas ISO previamente establecidas.

Analítico.- Se aplicó en la investigación en el momento de unir dos o más elementos de un todo, para estudiar cada una de ellas por separado, es decir se estudió la descomposición de los elementos y sus diferentes tipos, considerando la calidad de material utilizado, mediante el análisis e interpretación de los resultados.

El método sintético: Se aplicó en la investigación en el momento de unir dos o más elementos de un todo para estudiarlos juntos esto será importante para plantear las conclusiones basadas en los principales hallazgos de la calidad de material utilizado.

3.1.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño del trabajo de investigación será:

Documental: Se realizó en base a las disposiciones que plantean las normas ISO y documentos (material bibliográfico), etc. que sustenten el desarrollo de este trabajo investigativo.

Descriptiva: Se analizó el funcionamiento de las máquinas herramientas, la descripción de elementos que lo conforman, actividades, procesos y, una recolección de datos en base a los objetivos e hipótesis para posteriormente en resumen la información de manera cuidadosa y luego analizar minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas.

De campo: a través de la recolección de información de los usuarios del taller industrial, (Instalaciones UNACH) con la finalidad de determinar los factores que inciden en el incremento de la necesidad de conocer y manipular la tecnología incorporada al uso de las máquinas herramientas. Los datos han sido recogidos dentro del lugar antes mencionado.

3.1.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación documental y bibliográfica, servirá para la estructuración de la fundamentación teórica, científica del estudio.

Exploratoria: La investigación es bibliográfica porque nos ha permitido explorar qué se ha escrito por los diferentes autores sobre las Tecnologías de las Maquinas Herramientas de Control Numérico, que corresponde al marco teórico de esta investigación. Se acudió al lugar de los hechos a investigar, estudiar, de qué manera se dan los procesos de incorporación de la tecnología en el taller industrial, y el porqué de su dificultad de incorporarlas y posteriormente manipularlas.

Descriptiva: Se analizó las máquinas herramientas que cuentan con la tecnología motivo de nuestro estudio y su incidencia en la decisión de su incorporación al trabajo, es decir se describirán los procedimientos establecidos para su utilización y funcionamiento.

Explicativa: Permitió explicar los resultados obtenidos en el análisis de la utilización de máquinas herramientas CNC.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN:

Los estudiantes de la escuela de Educación Técnica de la Facultad de Ciencias de la Educación Humanas, y Tecnologías de la Universidad Nacional de Chimborazo.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Docentes de la Especialidad	6
Alumnos de 4to año Mecánica Industrial	29
TOTAL	35

Fuente: Escuela de Educación Técnica UNACH

Realizado por: Yuquilema Diego

3.2.2 MUESTRA

Las personas que tendrán acceso a este trabajo serán: profesores y especialmente todos estudiantes que conforman la escuela de Educación Técnica de los cuatro cursos de la especialidad.

Para el caso de los docentes de la especialidad de Mecánica Industrial se consideró a los docentes y estudiantes del 4to año de Educación Técnica de la especialidad pues se trata de una población pequeña, aplicando la siguiente fórmula:

Para el cálculo se utilizara la siguiente fórmula:

En donde:

n= muestra

m= población

e= error admisible 5%

FÓRMULA

$$n = \frac{m}{e^2(m - 1) + 1}$$

$$n = \frac{35}{0.05^2(35 - 1) + 1}$$

$$n = 32$$

El tamaño de la muestra es de 100 personas, más los cuatro docentes de la especialidad. La encuesta está dirigida a este segmento con la finalidad de comprobar la hipótesis, y se representa en el siguiente cuadro:

COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Docentes de la Especialidad	5
Alumnos de 4to año Mecánica Industrial	27
TOTAL	32

Fuente: Escuela de Educación Técnica UNACH

Realizado por: Yuquilema Diego

3.2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

- Técnica documental, de observación, y estudio de campo y se elabora una encuesta que fue aplicada a las personas que estaban dentro de la muestra.

3.2.4 TÉCNICAS DE PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS

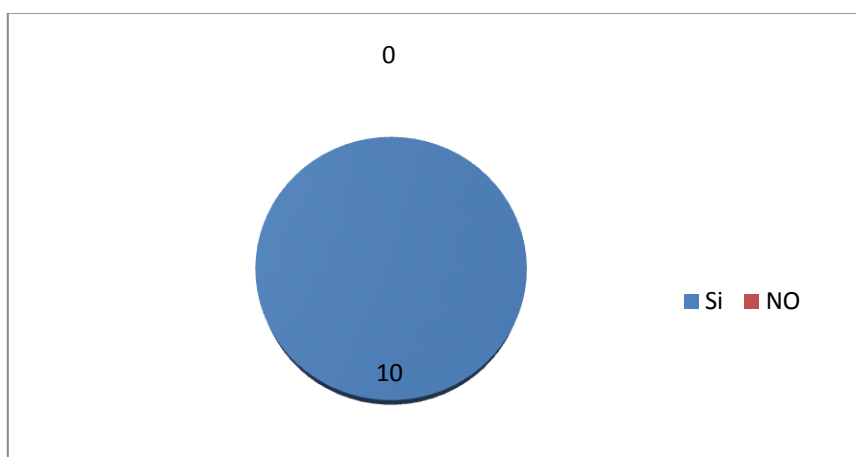
Tabulación de resultados obtenidos en las encuestas aplicadas dándonos como resultado lo siguiente:

1. ¿Conoce usted sobre el funcionamiento CNC?

CUADRO N° 1

INDICADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	18	33%
NO	9	67%
¡TOTAL	27	100%

Fuente: Escuela de Educación Técnica Elaborado por: Diego Yuquilema



Análisis Interpretación

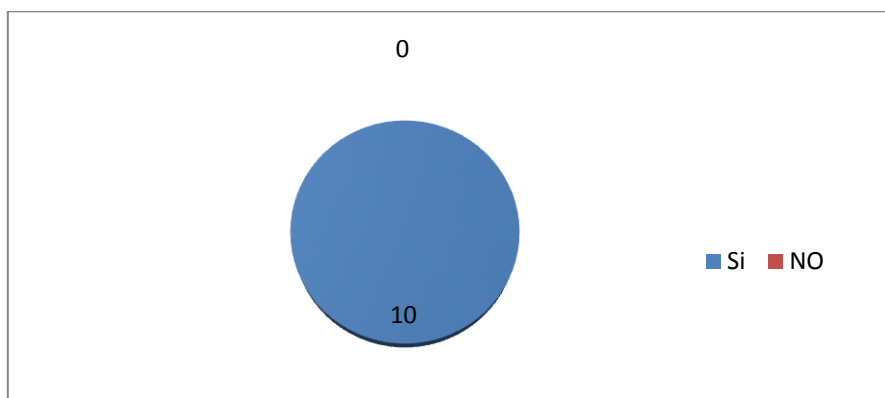
Según el gráfico 10 estudiantes manifiestan que si conocen sobre el funcionamiento de máquinas CNC, hemos obtenido que el cero por ciento 0% que corresponde a cero 0 personas encuestadas conocen el 100% sobre este sistema.

2.- ¿Considera Ud. Necesario la utilización de máquinas herramientas de control numérico?

CUADRO N° 2

INDICADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	14	48%
NO	13	52%
¡TOTAL	27	100%

Fuente: Escuela de Educación Técnica Elaborado por: Diego Yuquilema

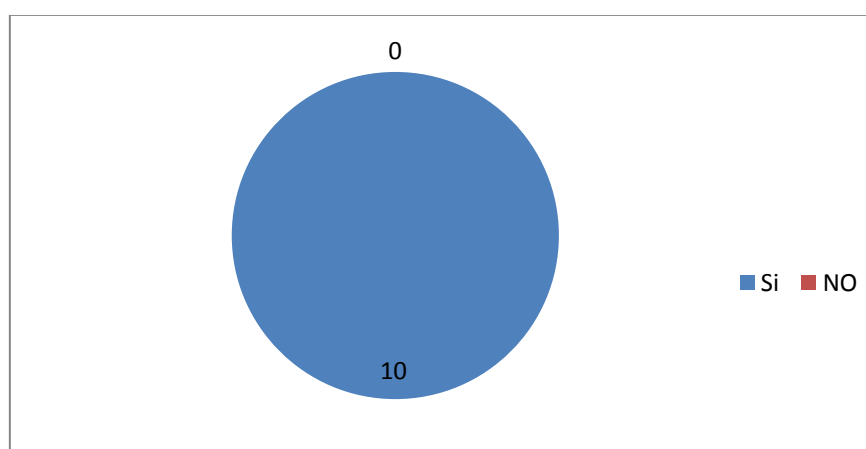


Como resultado a la segunda pregunta de la encuesta aplicada para determinar la importancia de la utilización de máquinas herramientas de control numérico, hemos podido recolectar los siguientes datos: el cien por ciento 100% que corresponde a cero 10 personas encuestadas creen que es necesario realizar una investigación del tema planteado; el cero por ciento 0% que son cero 0 personas encuestadas creen que no es necesario realizar una investigación del tema planteado

3.- ¿Le gustaría tener información acerca de las Máquinas Herramientas CNC, con todos los elementos, donde se describa el funcionamiento y su manipulación?

INDICADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	10	37%
NO	17	63%
¡TOTAL	27	100%

Fuente: Escuela de Educación Técnica Elaborado por: Diego Yuquilema

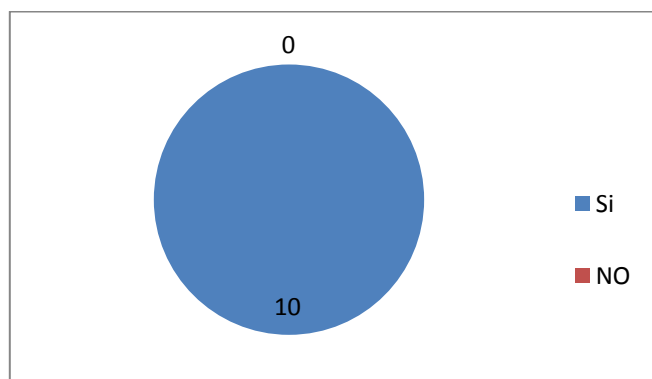


En respuesta a la tercera pregunta de la encuesta aplicada para determinar la importancia de realizar la investigación acerca del funcionamiento de las Máquinas Herramientas CNC, podemos ver que: el cien por ciento 100% que corresponde a cero 10 personas encuestadas les gustaría tener información acerca del funcionamiento de las Máquinas Herramientas CNC, donde se describa el funcionamiento y su manipulación ; el cero por ciento 0% que son cero 0 personas encuestadas no les gustaría tener información acerca del funcionamiento de las Máquinas Herramientas CNC, donde se describa el funcionamiento y su manipulación.

4.- ¿Cree usted que es necesario conocer sobre el funcionamiento de las Máquinas Herramientas CNC?

INDICADORES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	20	74%
NO	7	26%
¡TOTAL	27	100%

Fuente: Escuela de Educación Técnica Elaborado por: Diego Yuquilema



Conforme con la cuarta pregunta de la encuesta aplicada para determinar la importancia de realizar la investigación acerca del funcionamiento Máquinas Herramientas CNC, hemos conseguido los siguientes datos: el 100% por ciento que corresponde a cero 10 personas encuestadas califican como excelente a la investigación, el cero por ciento 0% que corresponde a cero 0 personas encuestadas catalogan que es malo el tema; y el 0 por ciento 0% que corresponde a cero 0 personas encuestadas dicen que es innecesaria la investigación.

CAPÍTULO IV

3. MARCO ADMINISTRATIVO

3.1 RECURSOS HUMANOS

Yuquilema Sáez Diego Armando

3.2 RECURSOS MATERIALES

Impresiones, copias, libros, revistas, esferográficos, material de oficina.

3.3 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Internet, cámara, grabadora y computadora.

3.4 ESTIMACIÓN DE COSTOS (PRESUPUESTO ESTIMADO)

INGRESOS

Para este trabajo de investigación tenemos un presupuesto aproximado de \$ 1000 dólares los mismos que fueron financiados por el responsable de esta investigación.

EGRESOS

DETALLES	VALOR
Útiles de escritorio	\$ 100
Bibliografía	\$ 100
Copias	\$ 100
Transporte	\$ 60
Anillados	\$ 50
Impresión	\$ 100
Internet y alquiler de computadora	\$ 100
Imprevistos	\$ 100
TOTAL	\$ 710

Cronograma de Actividades

1. ACTIVIDAD DE TRABAJO	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4											
1. Diseño del Proyecto	■																																			
2. Presentación y aprobación												■																								
3. 1°.Tutoría con el asesor													■																							
4. Elaboración del capítulo I					■																															
5. 2°. Tutoría con el asesor															■																					
6. Elaboración de instrumentos																■																				
7. Aplicación de instrumento																	■																			
8. Tutoría 3																		■																		
9. Procesamiento de datos																			■																	
10. Tutoría 4																				■																
11. Estructura del 3er capítulo																					■															
12. Reparación del borrador																						■														
13. Tutoría 5																						■														
14. Redacción final																							■													
15. Presentación e incorporación																																		■		

CAPÍTULO V

5. MATERIALES DE REFERENCIA

5.1 BIBLIOGRAFÍA

Andrade, A. (2012). *Programacion de control numerico*.

Checa, G. (2010). *Mantenimiento de control Numerico*.

PARSONS, J. (1942). *El Control Numérico de Maquinas Herramientas*. Mdrid.

TERLEVICH, I. (13 de 05 de 2011). *Industrias y procesos de Materias*. Obtenido de

Industrias y procesos de Materias: <http://www.industrial.frba.utn.edu.ar>

TERUEL, C. (2004). *Control Numérico y Programación*. Madrid: Marcombo s.a.

TERUEL, C. (2011). *CONTROL NUMERICO Y PROGRAMACION*.

UNAC. (16 de 04 de 2011). *Unac edu Documentos*. Obtenido de Unac edu Documentos:

<http://www.unac.edu.pe/documentos/>

VALLEJOS. (2015). *Mecanica Industrial*.

Larburu Arrizabalaga, Nicolás (2004). *Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas*. Madrid: Thomson Editores

5.2 LINKGRAFÍA

www.unac.edu.pe. (Abril de 2011). Recuperado el 16 de 06 de 2014, de www.unac.edu.pe/documentos/.../vri/.../CAPITULO%20I.PDF

BuenasTareas.com. (11 de 2010). www.buenastareas.com. Recuperado el 13 de 12 de 2013, de www.buenastareas.com: (2010, 11). 1.1 Historia y evolución del Cnc..

BuenasTareas.com. Recuperado 11, 2010, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/1-1-Historia-y-Evolucion-Del-Cnc/1239754.html>

Terlevich, I. J. (2011). www.industrial.frba.utn.edu.ar. Recuperado el 13 de 05 de 2014, de www.industrial.frba.utn.edu.ar/MATERIAS/procesos.../curso_control.pdf

5.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.3.1 CONCLUSIONES:

El utilizar maquinas herramientas CNC. Permite.

- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Mayor uniformidad en los productos producidos.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Fácil control de calidad.
- Reducción en costos de inventario.
- Es posible satisfacer pedidos urgentes.
- No se requieren operadores con experiencia.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.
- Aumento del tiempo de trabajo en corte por maquinaria.
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
- Fácil administración de la producción e inventario lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa.
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

5.3.2 RECOMENDACIONES

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

5.4 ANEXOS

ENCUESTA

La presente encuesta tiene como finalidad medir el nivel de conocimiento con respecto a las Maquinas Herramientas CNC, dentro del taller de la Institución.

PREGUNTAS

1.- Conoce Ud. Sobre el funcionamiento CNC?

S NO

2.- Se encuentra capacitado para manipular una máquina herramienta de control numérico?

SI NO

3.- Considera Ud. Necesario la utilización de máquinas herramientas de control numérico?

SI NO

4.- El CNC proporciona un alto grado de seguridad al reducir el riesgo de manipular herramientas que podrían ser muy peligrosas para el hombre?

SI NO

5.- Cual de las siguientes maquinas cuentan con el sistema CNC? Subraye.

a) Torno

b) Soldadora

c) Fresadoras

d) Taladro

6.- Cree usted que es necesario conocer sobre el funcionamiento de las Máquinas Herramientas CNC?

SI NO

7.- Para usted se le facilitaría el manejo de las Maquinas Herramienta CNC si tuviera un material con la descripción necesaria de su manipulación?

SI

NO

8.- Le gustaría tener información acerca de las Máquinas Herramientas CNC, con todos los elementos, donde se describa el funcionamiento y su manipulación?

SI

NO