

*Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas*



Apuntes sobre el trabajo en tornos con control numérico.

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Mecánico

Autor: Daniel Alonso Fariña

Tutor: Dr. C. Marcelino Rivas Santana

Matanzas, 2020

PENSAMIENTO

“Hagamos el propósito de redoblar nuestros esfuerzos y juremos ante nosotros mismos que si un día nuestro trabajo nos pareciera bueno debemos luchar por hacerlo perfecto, conociendo de antemano que para un comunista nada será nunca suficientemente bueno y ninguna obra humana será jamás suficientemente perfecta”

Fidel Castro Ruz.



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo Daniel Alonso Fariña declaro ser el único autor de este Trabajo de Diploma que tiene como *“Aplicación de una herramienta informática para la producción de piezas en el torno CNC en la empresa ferroviaria José Valdez Reyes.”*, realizado como parte de la culminación de estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica, en calidad de lo cual autorizo su consulta a los profesionales y técnicos o todo aquel que lo necesite, siempre que constituya una fuente de conocimiento y al ser utilizado como referencia se mencione la procedencia del mismo, respetándose los derechos de la Universidad de Matanza como su legítimo propietario.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

AGRADECIMIENTOS

- ✓ A quienes me dieron la oportunidad de ver mi primer rayito de sol y mostrarme la vida con sus cantares, realidades y sueños.

Especialmente para ti mamá y papá.

- ✓ A mi hermano, por compartir juntos las penas y alegrías.
- ✓ A mis abuelos quienes con su amor y cariño siempre me han impulsado a dar lo mejor de mí.
- ✓ A mis amigos y compañeros de estudio.
- ✓ A la Revolución Cubana por haberme permitido estudiar y realizarme profesionalmente.
- ✓ A mi tutor, el profe, Marcelino Rivas Santana por tantas horas robadas.
- ✓ A los trabajadores de la empresa José Valdés Reyes que con su ayuda contribuyeron a la realización de las tareas presentes en este trabajo diploma.
- ✓ A todos los que de una forma u otra hicieron posible la realización de esta investigación.

Muchas Gracias

RESUMEN

Dentro de las tareas priorizadas en el país para garantizar un desarrollo económico sostenible está la elaboración de piezas de repuesto con el fin de explotar al máximo la funcionalidad de los equipos con que se cuenta y disminuir el costo que implicaría adquirirlos en el mercado internacional. En esta tarea está inmersa la Empresa Industrial Ferroviaria José Valdés Reyes de Cárdenas, donde se llevó a cabo este trabajo que consistió en realizar una búsqueda de aspectos generales de las máquinas con CNC y los softwares utilizados para la programación por CNC. La misma permitirá la elaboración de un documento de gran utilidad para ingenieros y tecnólogos de la empresa.

Palabras claves: Torno, CNC

ABSTRACT

Among the prioritized tasks in the country to guarantee a sustainable economic development is the elaboration of spare parts in order to fully exploit the functionality of the equipment that is available and to reduce the cost that would imply acquiring them in the international market. The José Valdés Reyes de Cárdenas Industrial Railway Company is involved in this task, where this work was carried out, which consisted of searching for general aspects of CNC machines and the software used for CNC programming. It will allow the preparation of a document of great utility for engineers and technologists of the company.

Keywords: Lathe, CNC

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica	3
1.1 Máquinas CNC.....	3
1.1.1. Componentes.....	4
1.1.2 Funcionamiento.....	5
1.1.3 Tipos de máquinas CNC.	11
1.1.4 Aplicaciones.....	12
1.1.5 Principales ventajas.....	12
1.2. Tornos CNC.....	14
1.2.1 Tipos de torno CNC.....	15
1.2.2 Arquitectura general de un torno CNC.....	17
1.3. Herramientas de corte para torno CNC.....	20
1.3.1 Estandarización de las herramientas de corte.	22
1.3.2 Características de las plaquitas de metal duro.	24
1.3.3 Clasificación ISO/DIN de las herramientas con placa soldada de metal duro	27
1.3.4 Deterioro de las herramientas de corte.....	27
1.3.5 Cuidados de las herramientas de corte.....	28
Capítulo 2 Materiales y métodos	29
2.1 Torno CNC.....	29
2.1.1 Características técnicas del torno 16K20.....	29
2.1.2 Datos técnicos. (Anon., s.f.).....	30
2.1.3 Modernización del Torno convencional modelo 16k20 al Torno con CNC....	30
2.1.4 Plan de modernización del centro mecanizado modelo RV.501.24.	31
2.2 Programas para generar códigos G para máquinas con control numérico.....	33
2.2.1 PowerMill:	33
2.2.2 RhinoCAM :.....	36
2.2.3 SiCube:.....	37
2.2.4 SMIRT:	38
2.2.5 Solidcam:	39
2.2.6 SprutCAM:.....	42
2.2.7 SURFCAM:	44
2.2.8 TEBIS CAM:	45
2.2.9 TopSolid Cam:.....	48
2.2.10 VERICUT VERIFICATION:	50
2.2.11 VisualMill:	51
2.3 Mastercam.....	51
2.3.1. Parámetros iniciales a definir para confeccionar las piezas en Mastercam. ..	53
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias Bibliográficas	57
Anexos	60
Anexo 1.....	60
Anexo 2(ISCAR,2018)	60

ANEXO 3. Valores de rugosidad superficial a partir de tolerancias dimensionales.
(GRASSO, 2009)..... 62

INTRODUCCIÓN

La industria mecánica es un campo muy amplio que implica el uso de los principios físicos para el análisis, diseño, fabricación y mantenimiento de sistemas mecánicos, en ella descansa el desarrollo económico de cualquier país. En Cuba, esta industria ha pasado un proceso de redimensionamiento para adecuarlas a las nuevas realidades del entorno en el que el país debe desarrollarse.

El mundo está pasando por una crisis económica donde cada país busca una alternativa con el objetivo de mejorar su economía. Una de las estrategias a utilizar es la inversión en proyectos para con esto relacionar una serie de beneficios netos o egresos en dinero que se pueden ubicar en el futuro. En esta actividad está enfrascada la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”, ubicada en el Municipio de Cárdenas. (Chinea, 2017)

Para nadie es un secreto la exigencia que plantea una economía globalizada y en estos momentos en una total crisis con mercados altamente competitivos, la velocidad de cambio supera la capacidad de respuesta de países subdesarrollados. El país se encuentra inmerso en este panorama, por lo que vale la pena considerar algunas posibilidades, que siempre han estado, pero ahora cobran mayor relevancia. De ahí que Cuba se encuentre en una renovada concepción de su economía. Los lineamientos estudiados por el pueblo cubano, buscan esta perspectiva. (Falcón, 2019).

Debido a que el ingreso en todos los tipos de empresas siempre provino de la venta de un producto o servicio, esta visión primaria llevó a las empresas a centrar sus esfuerzos de mejora, y con ello los recursos, en la función de producción. La planificación de la producción constituye el componente central del sistema de dirección del desarrollo económico y social. Su función esencial es proyectar y conducir el desarrollo estratégico, previendo los equilibrios pertinentes entre los recursos y las necesidades, promoviendo el avance de la ciencia, la tecnología y la innovación como elementos imprescindibles para el desarrollo económico y social. (Anon., 2019)

Es por eso que en cada empresa se debe tener en cuenta las necesidades y recursos existentes para trazar un plan de producción de piezas de repuesto con la aplicación de la

informatización, que garantizan la calidad de la elaboración y satisfaga el desarrollo de la economía.

Situación problemática: No existe información en la empresa José Valdés Reyes sobre los tornos con control numérico, sus características, explotación, programación, etc, que pueda ser utilizada por ingenieros y tecnólogos para alcanzar los conocimientos necesarios para una explotación optima del torno con control numérico adaptado modelo 16K20 CNC.

Objetivo general:

Realizar un documento que brinde ayuda a los ingenieros y tecnólogos de la empresa para la mejor explotación del torno modelo 16K20 con un CNC adaptado.

Para el cumplimiento del objetivo general se trazaron un grupo de tareas de investigación:

1. Revisión bibliográfica sobre las máquinas con CNC.
2. Revisión de los softwares utilizados para la realización de programas CNC.
3. Algunos criterios sobre herramientas de corte utilizadas en tornos con CNC.
4. Datos y características del torno 16K20 con CNC adaptado.

CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Máquinas CNC.

Una máquina CNC es un dispositivo controlado vía computadora habilitado para tratar materiales como madera, foami, plástico, MDF, metal, entre muchos otros. CNC son las siglas en inglés de Computer Numerical Control (Control numérico de computadoras). El surgimiento de las máquinas CNC ha optimizado el proceso técnico de creación industrial y artística, también estos dispositivos automatizan secuencias maquinarias y técnicas que permiten la creación de piezas que manualmente no podrían hacerse. (Anon., 2002)

En la actualidad, encontramos máquinas CNC en casi todas partes, que ya no solo abarcan los grandes establecimientos industriales, sino también talleres de todo tipo, tanto de pequeña como mediana envergadura. Prácticamente no existe ámbito alguno de un proceso de fabricación que no dependa de estas poderosas y versátiles máquinas.

Sin embargo, a pesar de su amplia aplicación, pocos fuera del entorno industrial están familiarizados con el fundamento de la tecnología CNC y desconocen su funcionamiento y utilidad.

La explosiva expansión industrial desde comienzos del siglo XX y el empleo masivo de maquinaria impulsada por energía motriz demandó una búsqueda constante de procesos cada vez más eficientes. Hasta hace unos 60-65 años, la mano de obra requerida en las tareas industriales era densa, lo cual no sólo exigía enormes dotaciones de obreros, sino que además afectaba la calidad, precisión y repetibilidad, encarecía los costos y disminuía la producción.

Es así como ya entrada la década del 50 se introdujo en Estados Unidos el concepto de control numérico (CN) en una fresadora, que usaba tecnología de válvulas de vacío y la carga de datos se realizaba mediante tarjetas perforadas. Ya en los años '60 las válvulas de vacío eran reemplazadas por transistores, hasta que la introducción de las computadoras en la década del 70 sentó las bases definitivas de lo que hoy conocemos como tecnología del control numérico computarizado (CNC). (Salazar, 2013)

Los microprocesadores revolucionaron el mundo del control numérico, permitiendo integrar prestaciones tales como, entre otras, ayudas avanzadas de la programación, presentación gráfica de la trayectoria de la herramienta, subprogramas y ciclos fijos, y comunicaciones e integración en redes. A comienzos de los 90 se introdujo la tecnología de control numérico abierto, que posibilita su personalización y la incorporación de conocimientos propios, programación gráfica interactiva, comunicación digital con los accionamientos y otro nutrido etcétera que nos ofrece las notables ventajas actuales de la maquinaria CNC.

1.1.1. Componentes.

El control numérico computarizado es el uso de una computadora para controlar y monitorear los movimientos de una máquina herramienta. Entre esas máquinas herramienta, tanto estáticas como portátiles, podemos mencionar: fresadora, torno, rectificadora, máquina de corte por láser, por chorro de agua o por electroerosión, estampadora, prensa, brazo robotizado, etc. Las máquinas de gran porte cuentan con una computadora dedicada que forma parte del equipo, y la mayoría dispone de un sofisticado sistema de realimentación que monitorea y ajusta constantemente la velocidad y posición de la herramienta de corte. Las máquinas menos exigentes usadas en talleres admiten el uso de una computadora personal externa. (Padrón & Berberena, 2016)

El controlador CNC, que es el componente que interpreta los códigos del programa CNC en uso, posibilitando el accionar de la máquina según un orden secuencial, trabaja en conjunto con una serie de motores (servomotores y/o motores paso a paso), así como componentes de accionamiento para desplazar los ejes de la máquina de manera controlada y ejecutar los movimientos programados.

Una máquina CNC está compuesta de seis elementos fundamentales:

- Dispositivo de entrada
- Unidad de control o controlador
- Máquina herramienta

- Sistema de accionamiento
- Dispositivos de realimentación (sólo en sistemas con servomotores)

Monitor

La siguiente figura muestra un diagrama de bloques de una máquina CNC típica, provista de servomotores.

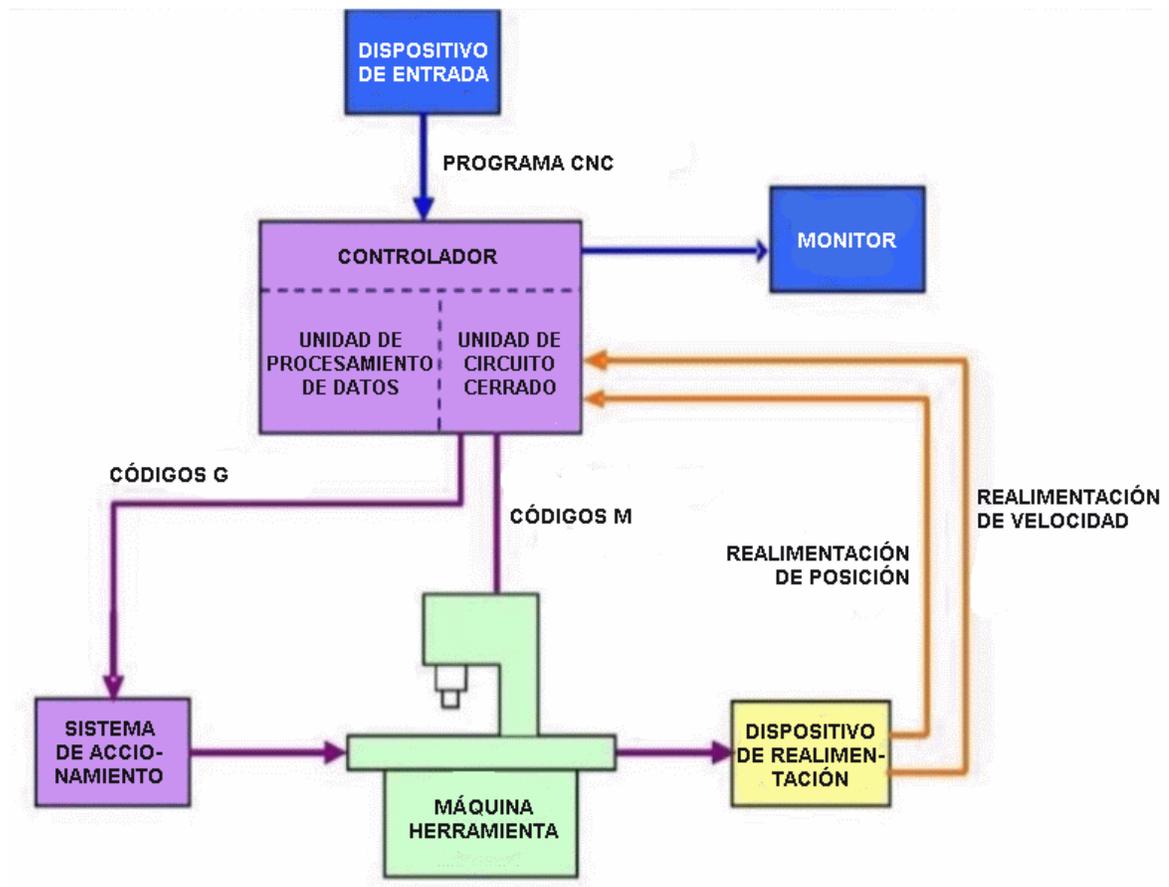


Diagrama de bloques de una maquina CNC – Figura 1.1

1.1.2 Funcionamiento.

Como observamos en la figura anterior, básicamente, el controlador de las máquinas CNC recibe instrucciones de la computadora (en forma de códigos G y códigos M) y

mediante su propio software convierte esas instrucciones en señales eléctricas destinadas a activar los motores que, a su vez, pondrán en marcha el sistema de accionamiento.

Para comprender en términos generales cómo funciona una máquina CNC vamos ahora a examinar algunas de las funciones específicas que pueden programarse.

a) Control de movimiento

Todas las máquinas CNC comparten una característica en común: tienen dos o más direcciones programables de movimiento llamadas ejes. Un eje de movimiento puede ser lineal (en línea recta) o rotatorio (en una trayectoria circular). Una de las primeras especificaciones que implica la complejidad de una máquina CNC es la cantidad de ejes que tiene. En términos generales, a mayor cantidad de ejes, mayor complejidad.

Los ejes de una máquina CNC son un requisito para generar los movimientos necesarios para el proceso de fabricación. Si seguimos con el ejemplo de un taladro industrial, los ejes ubicarían la herramienta sobre el orificio a mecanizar (en dos ejes) y efectuarían la operación (con el tercer eje). Los ejes se denominan con letras. Los nombres más comunes de los ejes lineales son X, Y y Z, mientras que los más comunes de los ejes giratorios son A, B y C.

El control de movimiento puede realizarse mediante dos sistemas, que pueden funcionar individualmente o combinados entre sí:

- Valores absolutos (código G90), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto de origen de coordenadas. Se usan las variables X (medida del diámetro final) y Z (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).
- Valores incrementales (código G91), donde las coordenadas del punto de destino son referidas al punto actual. Se usan las variables U (distancia radial) y W (medida en dirección paralela al eje de giro del husillo).

b) Accesorios programables

Una máquina CNC no sería útil si solo contara con un control de movimiento. Casi todas las máquinas son programables de varias otras maneras. El tipo específico de máquina está directamente relacionado con sus accesorios programables apropiados, por lo que puede programarse cualquier función requerida en una máquina CNC. Así, por ejemplo, un centro de mecanizado contará al menos con las siguientes funciones específicas programables:

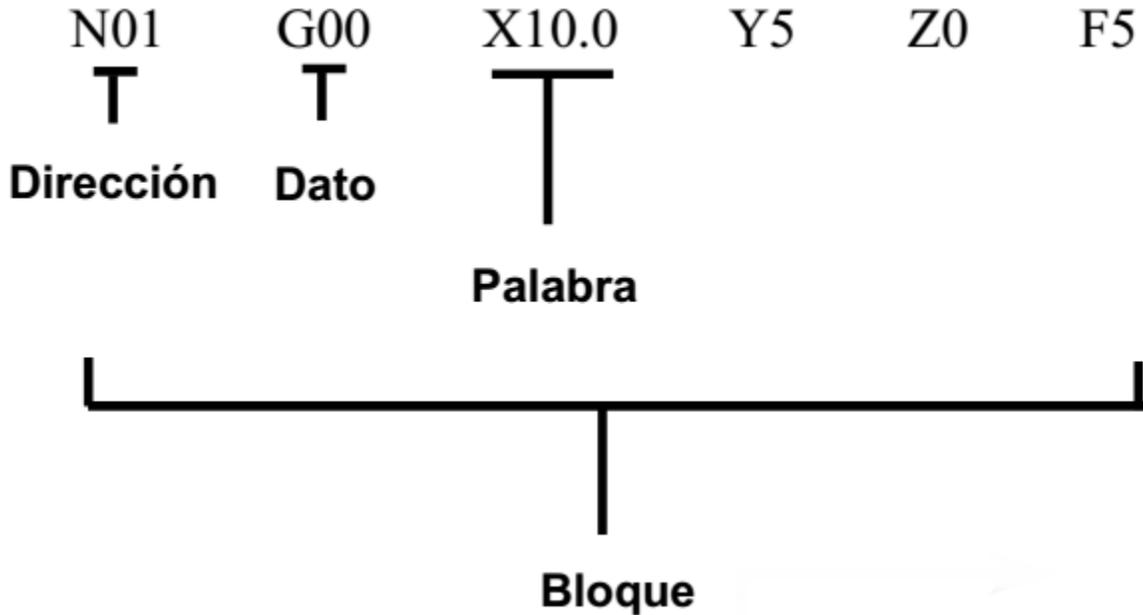
- **Cambiador automático de herramienta:** la mayoría de los centros de mecanizado puede tener muchas herramientas diferentes ubicadas en un portaherramientas. Cuando se requiera, la herramienta necesaria puede colocarse automáticamente en el husillo para efectuar el mecanizado correspondiente.
- **Velocidad y activación del husillo:** la velocidad del husillo (en rpm) se puede especificar fácilmente y el husillo puede girar no sólo en un sentido horario o antihorario, sino que, además, puede detenerse.
- **Refrigerante:** muchas operaciones de mecanizado requieren de refrigerante para lubricar y enfriar. El refrigerante puede activarse y desactivarse durante el ciclo de trabajo de la máquina.

c) Programa CNC

Este es un listado secuencial de instrucciones que ejecutará la máquina. Esas instrucciones se conocen como programa CNC, el cual debe contener toda la información requerida para el mecanizado de la pieza.

El programa CNC está escrito en un lenguaje de bajo nivel denominado G y M, estandarizado por las normas 6983 de ISO (Organización Internacional de Normalización) y RS274 de EIA (Alianza de Industrias Electrónicas) y compuesto por instrucciones Generales (código G) y Misceláneas (código M). El programa presenta un formato de frases conformadas por bloques, encabezados por la letra N, tal como vemos

en la figura de abajo, donde cada movimiento o acción se realiza secuencialmente y donde cada bloque está numerado y generalmente contiene un solo comando.



Programa Maquina CNC – Figura 1.2

El código G describe las funciones de movimiento de la máquina (por ejemplo, movimientos rápidos, avances, avances radiales, pausas, ciclos), mientras que el código M describe las funciones misceláneas que se requieren para el mecanizado de la pieza, pero que no corresponden a los movimientos de la máquina (por ejemplo, arranque y detención del husillo, cambio de herramienta, refrigerante, detención del programa).

A su vez, cada código contiene variables (direcciones), identificadas con otras letras y definidas por el programador para cada función específica. Por ejemplo, F define la velocidad de avance, S la velocidad del husillo, T la herramienta seleccionada, X, Y y Z el movimiento de los ejes, I, J y K la localización del centro de un arco, etc.

Debemos tener en cuenta que, dado que todas son diferentes, cada máquina tendrá su propio programa CNC, ya que, por ejemplo, una plegadora de chapas no tiene husillo ni requiere de refrigerante. A tal efecto, la tabla ilustrativa que sigue muestra los códigos G y M más usados para un torno CNC.

CÓDIGOS G	CÓDIGOS M
G00: Posicionamiento rápido (sin maquinar)	M00: Parada opcional
G01: Interpolación lineal (maquinando)	M01: Parada opcional
G02: Interpolación circular (horaria)	M02: Reinicio del programa
G03: Interpolación circular (antihoraria)	M03: Hacer girar el husillo en sentido horario
G04: Compás de espera	M04: Hacer girar el husillo en sentido antihorario
G10: Ajuste del valor de offset del programa	M05: Frenar el husillo
G20: Comienzo de uso de unidades imperiales (pulgadas)	M06: Cambiar de herramienta
G21: Comienzo de uso de unidades métricas	M07: Abrir el paso del refrigerante B
G28: Volver al home de la máquina	M08: Abrir el paso del refrigerante A
G32: Maquinar una rosca en una pasada	M09: Cerrar el paso de los refrigerantes
G36: Compensación automática de herramienta en X	M10: Abrir mordazas
G37: Compensación automática de herramienta en Z	M11: Cerrar mordazas
G40: Cancelar compensación de radio de curvatura de herramienta	M13: Hacer girar el husillo en sentido horario y abrir el paso de refrigerante
G41: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la izquierda	M14: Hacer girar el husillo en sentido antihorario y abrir el paso de refrigerante
G42: Compensación de radio de curvatura de herramienta a la derecha	M30: Finalizar programa y poner el puntero de ejecución en su inicio
G70: Ciclo de acabado	M31: Incrementar el contador de partes
G71: Ciclo de maquinado en torneado	M37: Frenar el husillo y abrir la guarda
G72: Ciclo de maquinado en frentado	M38: Abrir la guarda
G73: Repetición de patrón	M39: Cerrar la guarda
G74: Taladrado intermitente, con salida para retirar virutas	M40: Extender el alimentador de piezas
G76: Maquinar una rosca en múltiples pasadas	M41: Retraer el alimentador de piezas
G96: Comienzo de desbaste a velocidad tangencial constante	M43: Avisar a la cinta transportadora que avance
G97: Fin de desbaste a velocidad tangencial constante	M44: Avisar a la cinta transportadora que retroceda
G98: Velocidad de alimentación (unidades/min)	M45: Avisar a la cinta transportadora que frene
G99: Velocidad de alimentación (unidades/revolución)	M48: Inhabilitar Spindle y Feed override (maquinar exclusivamente con las velocidades programadas)
	M49: Cancelar M48
	M62: Activar salida auxiliar 1
	M63: Activar salida auxiliar 2
	M64: Desactivar salida auxiliar 1
	M65: Desactivar salida auxiliar 2
	M66: Esperar hasta que la entrada 1 esté en ON
	M67: Esperar hasta que la entrada 2 esté en ON
	M70: Activar espejo en X
	M76: Esperar hasta que la entrada 1 esté en OFF
	M77: Esperar hasta que la entrada 2 esté en OFF
	M80: Desactivar el espejo en X
	M98: Llamada a subprograma
	M99: Retorno de subprograma

Códigos G y M para torno CNC

Conforme a la tabla anterior, y a modo de ejemplo, un bloque como este:

N0040 G01 X25.000 Z32.000 F500

Indicaría lo siguiente:

- Número del registro: 0040
- Procedimiento a realizar: G01, es decir, trasladarse al punto (X=25 mm, Z=32 mm) a través de una línea recta.

- Avance: 500 (mm/rev o mm/min, según se haya especificado previamente).

d) Controlador CNC

Este componente clave interpreta un programa CNC y acciona la serie de comandos en orden secuencial. A medida que lee el programa, el controlador activa las funciones apropiadas de la máquina, impulsa el movimiento de los ejes, y en general, sigue las instrucciones dadas en el programa.

Además de interpretar el programa CNC, el controlador tiene varios otros propósitos, por ejemplo:

- Modificar (editar) los programas si se detectan errores.
- Realizar funciones de verificación especial (como el funcionamiento en vacío) para confirmar la exactitud del programa CNC.
- Especificar ciertas entradas importantes del operador, tales como los valores de longitud de las herramientas.

e) Programa CAM

En este artículo mencionamos la importancia de un programa CAM (fabricación asistida por computadora) cuando se dificulta la escritura del programa CNC, ya sea por desconocimiento del operario o ante aplicaciones complicadas. En muchos casos, el programa CAM funciona conjuntamente con el diseño asistido por computadora (CAD). Esto elimina la necesidad de redefinir la configuración de la pieza de trabajo para el programa CAM. El programador CNC simplemente especifica las operaciones de mecanizado a realizar y el programa CAM crea automáticamente el programa CNC. (López, 2018)

f) Sistema DNC

Una vez que se desarrolla el programa CNC (ya sea manualmente o con un programa CAM), debe cargarse en el controlador y para ello se usa un sistema de distribución de control numérico (DNC).

Un sistema DNC es una computadora conectada en red con una o más máquinas CNC. Tradicionalmente la transferencia de los programas se efectuaba mediante un protocolo rudimentario de comunicaciones seriales (RS-232C). Sin embargo, la tecnología ha avanzado para dotar a los controladores actuales con mayores capacidades de comunicación, de manera que puedan conectarse en red de maneras más convencionales, por ejemplo, mediante Ethernet.

1.1.3 Tipos de máquinas CNC.

Dado que su utilidad dentro del mundo industrial ha alcanzado una gran fama y un gran avance tecnológico, se han creado diferentes tipos de máquinas CNC cuyos objetivos principales son precisos y específicos para cada tipo de trabajo a la cual están destinados a realizar. Para lograr un resultado eficiente que logre satisfacer la petición del cliente es necesario que la maquina tenga, no solo coordenadas correctas, sino también el tipo y la herramienta indicada. A continuación, vamos a explicar detalladamente los tipos de máquinas que manejan el sistema CNC y sus funciones para cada actividad que realizan. (Anon., s.f.)

Entre las más comunes tenemos:

Fresadoras, que son maquinarias que cortan materiales duros como lo son metales, aluminios, cobres, etc.

Los tornos CNC que tienen como herramientas ejes rotatorios que se encargan de dar forma y figura a los elementos que manejan como lo es el cono o el cilindro. Mayormente, estos tornos trabajan con figuras asimétricas.

Rectificadoras, estas últimas se encargan de la abrasión de materiales metálicos para, con la ayuda de un sistema mecanizado de discos abrasivos, puedan darle forma y

hacerlos objetos maleables para el moldeo. Este tipo de maquina es una de las más fáciles de manejar, puesto que exige un trabajo de precisión tan elaborado como lo puede demandar las maquinarias de tornos, por lo que su proceso de programación es mucho más sencillo que cualquiera. Tiene otras funciones como chorros de agua a presión, láseres y cortadores.

1.1.4 Aplicaciones.

En un mundo tan acelerado como el de hoy, es importante para todos ser productivos y ofrecer a los clientes los resultados que desean en el tiempo adecuado. Lo mismo en los servicios que en la industria, todas las empresas se esfuerzan por ser más productivas y reducir costos. (Aldabaldetrecu, 2015)

Si hablamos de la industria del metal, todavía existen procesos que se realizan de forma manual, lo que provoca no solo altos costos de producción sino también estrés de los trabajadores, limitando tanto la productividad como los beneficios de la empresa.

Para vencer todos estos retos se ha desarrollado y está disponible en el mercado abundante software relacionado con el tratamiento y procesado de los metales.

Además del software, las máquinas de control numérico (CNC) son unas de las mejores herramientas para el mecanizado por decoletaje —fresado, taladrado, ranurado, y otras operaciones de corte de metal— de forma automática a través de órdenes recibidas desde un ordenador.

Las empresas que se dedican al decoletaje, taladrado, corte y desbaste de metales pueden utilizar la potencia de las máquinas CNC para acabar con los procesos tradicionales que consumen mucho tiempo, y conseguir así una mejor productividad en el trabajo con metales.

1.1.5 Principales ventajas.

Mejora de la precisión

Puesto que las máquinas CNC funcionan a partir de programas de ordenador, ofrecen mayor precisión en comparación con las máquinas mecánicas operadas manualmente.

Más aún, como las máquinas están controladas por software y programas de ordenador integrado, los procesos se terminan antes y disminuye el número de errores, lo que resulta en una mejora global de la productividad. (Acosta, 2012)

Seguridad

Las operaciones en las máquinas CNC se ejecutan a través de programas, por lo que los trabajadores no están en contacto directo ni expuestos a las herramientas de corte.

Esto significa que los trabajadores están exentos de peligro y seguros en sus espacios de trabajo.

Alta precisión del proceso

El software CNC integra CAD (Computer Aided Design) y las operaciones CAM (Computer Aided Manufacturing), capaces de realizar el mismo proceso cientos o miles de veces con el mismo nivel de perfección.

Reducción de residuos

La maquinaria CNC ayuda a reducir los desperdicios de metal, ya que están diseñadas con sistemas de gestión de las virutas resultantes de procesos de mecanizado o corte, que se acumula en los talleres sin tener un uso en particular.

La retirada automática de virutas que incorporan produce espacios de trabajo más limpios.

Por ello, estos sistemas proporcionan una solución óptima para el trabajo con metales en diferentes formas. Mejoran la gestión de los cortes para tener el mayor aprovechamiento, y además pueden separar los diferentes tipos de virutas, de modo que se facilita su reutilización y reciclado.

Reducción de la implicación del trabajador

Con la incorporación de máquinas CNC, las empresas pueden realizar las operaciones más complejas en pocos minutos sin la intervención de un operador de máquina o un ingeniero.

Este hecho reduce considerablemente los costes de incorporación y formación de operadores de máquinas, y también reduce los errores humanos y accidentes que ocurren en los procesos tradicionales.

De hecho, una sola persona puede supervisar varias máquinas CNC, ya que una vez ha sido programada se la puede dejar trabajar de forma autónoma como norma general. A veces solo es necesario reemplazar ocasionalmente las herramientas de corte.

Ejecución de procesos complejos

La maquinaria CNC pueden ejecutar procesos complejos que requerirían grandes esfuerzos y tiempo en el caso de hacerse a mano. Todo lo que uno tiene que hacer es configurar la máquina e integrar los programas.

Los operadores solamente son necesarios para supervisar la máquina y los procesos y, por lo tanto, se puede ejecutar el proceso sin interrupciones o fallos.

1.2. Tornos CNC.

El Torno CNC es una herramienta para mecanizado operada mediante el control numérico de un ordenador, el cual está incorporado dentro de él. Esto se explica mejor a través del significado de sus siglas CNC (control numérico computarizado) y este control numérico se basa en un sistema de lenguaje que se comunica a través de la emisión de "códigos G", que no es más que un sistema de comunicación Alfanumérico, siguiendo los ejes cartesianos X, Y y Z. Se utiliza para producir en cantidades y con precisión varias piezas.

Los caracteres establecidos para estos programas están regidos por las normas DIN 66024 y 66025. Algunos de los caracteres son:

- N - corresponde al número de bloque o secuencia. Luego de la letra se coloca el número del o los bloques que se deben programar. El número de bloques debe estar comprendido entre 1 y 999.
- X, Y, Z - corresponde a los ejes de coordenadas X, Y, Z de la máquina herramienta. En los tornos solo se utilizan las coordenadas X y Z. El eje Z corresponde al desplazamiento longitudinal de la herramienta en las operaciones de cilindrado mientras que el X es para el movimiento transversal en las operaciones de refrentado y es perpendicular al eje principal de la máquina. El eje Y opera la altura de las herramientas del CNC.
- G - son funciones preparatorias que informan al control las características de las funciones de mecanizado. Está acompañado de un número de dos cifras para programar hasta 100 funciones.

Los tornos CNC son muy versátiles ya que realizan funciones de taladrado y giros. Estos últimos, revolucionaron el mercado porque han facilitado la realización de cortes horizontales, verticales, curvos, los cuales anteriormente tomaban muchas horas de realización para los torneros.

1.2.1 Tipos de torno CNC

- Torno CNC de bancada inclinada: Este tipo de torno posee una bancada inclinada de una pieza que otorga mayor rigidez, precisión y durabilidad en el trabajo que se vaya a realizar como taladrado, torneado, fresado. Todo esto se controla mediante un control digital muy sofisticado conocido como ‘‘control FANUC’’. (Wikipedia, 2020)
- Torno CNC de bancada plana: existen en dos presentaciones.
 - ✓ El de la serie FLC, utiliza un sistema de refrigerado y una puerta de seguridad de vidrios. Es muy utilizado para realizar trabajos con piezas pequeñas y también complejas como brocas, piezas de metal, hierro y todo material para el cual se requiera una minuciosa exactitud.

- ✓ La serie BJ VSCNC, utiliza un sistema de refrigerado, un sistema eléctrico de programable de cuatro estaciones y un control FANUC. A diferencia del primer modelo, éste se utiliza para realizar trabajos con exactitud en medianas y grandes piezas.
- Tornos Verticales CNC: Este tipo de torno posee guías cuadradas (eje X y Z) para poder marcar un mejor corte acompañado de un controlador digital FANUC. Este tipo de tornos está diseñado para trabajar con herramientas de gran volumen.
- Tornos paralelos universales CNC: existen varios modelos:
 - ✓ La serie S90 permite realizar trabajos precisos, esto se utiliza cuando no se quiere realizar grandes trabajos en series y sólo se necesita el corte de pequeñas piezas.
 - ✓ La serie SMART-TURN 7, posee un sistema digital muy avanzado, lo cual permite que el tiempo de trabajo en un corte sea menor. Sin duda, la lectura del lenguaje ISO hace que este tipo de tornos sea dinámico para todo tipo de movimientos y operaciones.
 - ✓ La serie YZ presenta un diseño industrial más sofisticado ya que posee un freno de emergencia que permite una mayor seguridad al momento de realizar los cortes. Son mayormente para producir objetos pequeños como flejas, poleas bujes, etc.
 - ✓ La serie BJ posee una chuchilla giratoria de tres mordazas la cual se moviliza fácilmente mediante un plato de arrastre. Su utilización se ha enfocado en la reparación y refracción de piezas de diferentes tamaños.
 - ✓ La serie DA-1640 está completamente revestido de hierro fundido el cual le da una mayor resistencia para realizar diversos trabajos. Lo particular de este modelo es la gran velocidad de corte que posee y el poco ruido que emite al realizar el mismo. Se utiliza mayormente para trabajos de reparación y refracción.
 - ✓ Tornos CNC Petroleros: Son mayormente utilizados para la reparación de líneas de tubos petroleros, metalúrgicos e hidroeléctricos. Se presentan en la serie SCT y

se les conoce por ser muy eficientes en trabajos de torneado convencional y excéntrico.

- ✓ Tornos de herramientas vivas CNC: Se utilizan para realizar trabajos complejos y realizan cortes de mayor exactitud. Esto se debe a que posee un sujetador tipo BMT provisto de embriague de dientes cursos el cual permite realizar una sujeción exacta. Se presentan en la serie FML-1032Y.

1.2.2 Arquitectura general de un torno CNC.

Las características propias de los tornos CNC respecto de un torno normal universal son las siguientes: (Anon., 2012)

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.

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

- ✓ Diámetro agujero husillo principal: 100 mm
- ✓ Nariz husillo principal: DIN 55027 N° 8 / Camclock N° 8

- ✓ Cono Morse N° 2
- ✓ Gama de velocidades: 2
- ✓ Velocidad variable del husillo: I: 0-564 rpm II: 564-2000 rpm
- ✓ Potencia motor: 15 kW

Bancada y carros desplazables

- Para poder facilitar el desplazamiento rápido de los carros longitudinal y transversal, las guías sobre las que se deslizan son templadas y rectificadas con una dureza del orden de 450 HB. Estas guías tienen un sistema automatizado de engrase permanente.
- Los husillos de los carros son de bolas templadas y rectificadas asegurando una gran precisión en los desplazamientos, estos husillos funcionan por el principio de recirculación de bolas, mediante el cual un tornillo sin fin tiene un acoplamiento a los respectivos carros. Cuando el tornillo sin fin gira el carro se desplaza longitudinalmente a través de las guías de la bancada. Estos tornillos carecen de juego cuando cambian de sentido de giro y apenas ofrecen resistencia. Para evitar los daños de una colisión del carro con algún obstáculo incorporan un embrague que desacopla el conjunto y detiene la fuerza de avance.
- Cada carro tiene un motor independiente que pueden ser servomotores o motores encoder que se caracterizan por dar alta potencia y alto par a bajas revoluciones. Estos motores funcionan como un motor convencional de Motor de corriente alterna, pero con un encoder conectado al mismo. El encoder controla las revoluciones exactas que da el motor y frena en el punto exacto que marque la posición programada de la herramienta.

Por otra parte, la estructura de la bancada determina las dimensiones máximas de las piezas que se puedan mecanizar. Ejemplo de las especificaciones de la bancada de un torno CNC:

- Altura entre puntos: 375 mm
- Diámetro admitido sobre bancada: 760 mm
- Diámetro sobre carro longitudinal 675
- Diámetro admitido sobre carro transversal. 470 mm
- Avance de trabajo ejes Z, X. 0-10000 mm/min
- Desplazamientos rápidos ejes Z, X 15/10 m/min
- Fuerza empuje longitudinal 9050 N
- Fuerza empuje transversal 9050 N

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.

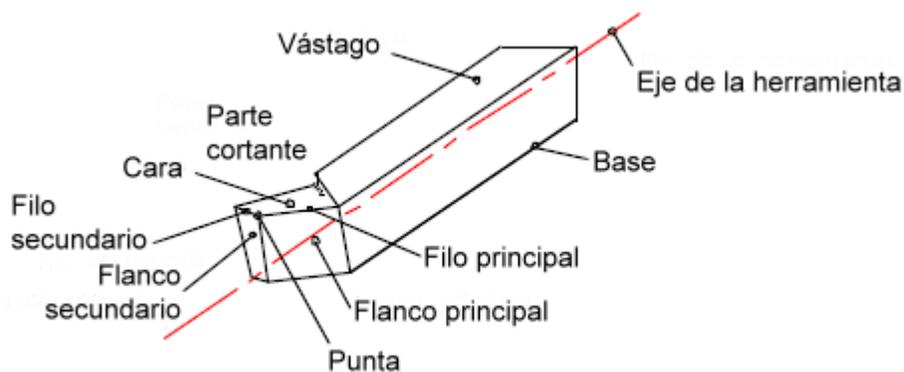
Portaherramientas

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.

1.3. Herramientas de Corte para torno CNC.

Una herramienta de corte típica para usar en un torno (también conocida como buril) consta principalmente de un cuerpo, mango o vástago, y de un cabezal donde se encuentra la parte cortante. A su vez, el cabezal se compone de diversas partes, tal como vemos en la figura de abajo. (Anon., 2012)



PARTES DE UNA HERRAMIENTA TÍPICA PARA TORNO. Figura 1.3

Es requisito indispensable que la herramienta de corte presente alta dureza, incluso a temperaturas elevadas, alta resistencia al desgaste y gran ductilidad. Estas características dependen de los materiales con los que se fabrica la herramienta, los cuales se dividen en varios grupos:

Acero al carbono: de escasa aplicación en la actualidad, las herramientas fabricadas en acero al carbono o acero no aleado tienen una resistencia térmica al rojo de 250-300 °C y, por lo tanto, se emplean solamente para bajas velocidades de corte o en el torneado de madera y plásticos. Son herramientas de bajo costo y fácil tratamiento térmico, pero por encima de 300°C pierden el filo y la dureza. Con acero al carbono se fabrican machuelos, terrajas, limas de mano y otras herramientas similares.

Acero rápido: son herramientas de acero aleado con elementos ferrosos tales como tungsteno, cromo, vanadio, molibdeno y otros. Estos aceros adquieren alta dureza, alta resistencia al desgaste y una resistencia térmica al rojo hasta temperaturas de 650 °C. Aunque a escala industrial y en el mecanizado de alta velocidad su aplicación ha disminuido notablemente en los últimos años, las herramientas de acero rápido aún se prefieren para trabajos en metales blandos o de baja producción, porque son relativamente económicas y son las únicas que se pueden volver a afilar en amoladoras o esmeriladoras provistas de una muela abrasiva de óxido de aluminio, de uso común en la mayoría de los talleres.

Los materiales que siguen son aquellos con los que se construyen los hoy tan difundidos insertos o plaquitas.

Carburo cementado o metal duro: estas herramientas se fabrican a base de polvo de carburo, que, junto a una porción de cobalto, usado como aglomerante, le otorgan una resistencia de hasta 815°C. Los carburos más comunes son: carburo de tungsteno (WC o widia), carburo de titanio (TiC), carburo de tantalio (TaC) y carburo de niobio (NbC). Por su dureza y buena resistencia al desgaste son las herramientas más adecuadas para maquinar hierro colado, metales no ferrosos y algunos materiales abrasivos no metálicos. Otra categoría de metales duros aleados comprende carburo cementado recubierto, donde la base de carburo cementado se recubre con carburo de titanio, nitruro de titanio (TiN), óxido de aluminio, nitruro de titanio y carbono (TiCN) y nitruro de titanio y aluminio (TiAlN).

Cermet (combinación de material cerámico y metal): aunque el nombre es aplicable incluso a las herramientas de carburo cementado, en este caso las partículas base son de

TiC, TiCN y TiN en vez de carburo de tungsteno. El aglomerante es níquel-cobalto. Estas herramientas presentan buena resistencia al desgaste, alta estabilidad química y dureza en caliente. Su aplicación más adecuada es en los materiales que producen una viruta dúctil, aceros y las fundiciones dúctiles.

Cerámica: existen dos tipos básicos de cerámica, las basadas en óxido de aluminio y las de nitruro de silicio. Son duras, con alta dureza en caliente y no reaccionan químicamente con los materiales de la pieza, pero son muy frágiles. Se emplean en producciones en serie, como el sector automotriz y las autopartes, donde dado a su buen desempeño, han logrado aumentar notablemente la cantidad de piezas fabricadas.

Nitruro de boro cúbico (CBN): es el material más duro después del diamante. Presenta extrema dureza en caliente, excelente resistencia al desgaste y en general buena estabilidad química durante el mecanizado. Es frágil, pero más tenaz que la cerámica.

1.3.1 Estandarización de las herramientas de corte.

Ahora que hemos visto los principales materiales que componen una herramienta de corte para torno, veamos otras clasificaciones importantes que caracterizan cada herramienta y que responden a las normas internacionales ISO y/o DIN que detallaremos seguidamente. Las herramientas para torno pueden clasificarse: (Anon., 2014)

1) Según la dirección de avance de la herramienta:

- Corte derecho (R): son herramientas que avanzan de derecha a izquierda.
- Corte izquierdo (L): son herramientas que avanzan de izquierda a derecha.

2) Según la forma del vástago de la herramienta:

- Vástago recto: cuando desde el extremo de la herramienta se observa un eje recto.
- Vástago acodado: cuando desde el extremo de la herramienta se observa que su eje se dobla hacia la derecha o la izquierda, cerca de la parte cortante.

3) Según el propósito o aplicación de la herramienta:

- Cilindrado: la pieza se rebaja longitudinalmente para generar formas cilíndricas.
- Refrentado: se rebaja el extremo de la pieza para lograr que quede a 90° respecto del eje de simetría.
- Torneado cónico: se combina el movimiento axial y radial de la herramienta para crear formas cónicas y esféricas.
- Roscado: la pieza se rebaja de forma helicoidal para crear una rosca que puede servir para colocar una tuerca o unir piezas entre sí.
- Torneado de forma: la herramienta se desplaza radialmente de afuera hacia adentro de la pieza. Un corte a profundidad constante deja la forma ranurada o acanalada, mientras que un corte profundo corta totalmente el cilindro (tronzado).
- Taladrado: se emplea una broca para efectuar orificios en la pieza y las herramientas empleadas en el taladrado en el torno son las mismas que se utilizan en las taladradoras. Para efectuar agujeros profundos se utilizan básicamente dos tipos de brocas: brocas helicoidales con agujeros para la lubricación forzada y brocas para cañones.
- Escariado: para escariar en el torno, además de las herramientas de filo simple, se utilizan también los escariadores de dientes, también llamados escariadores para máquina. Los escariadores están formados por un número de dientes rectos o helicoidales que varía de 4 a 16, dispuestos simétricamente alrededor del eje de la herramienta.

4) Según el método de fabricación de la herramienta:

- Herramientas integrales o enteras: se forjan a la forma requerida en una sola pieza de un mismo material. Se fabrican en forma de barra redonda, cuadrada o rectangular de acero para herramientas forjadas, que en un extremo tienen su filo cortante.

- Herramientas compuestas: son de distintos tipos que podemos clasificar en tres subgrupos:
 - Herramientas fabricadas con distintos materiales: por lo general, el vástago es de acero para construcciones y la parte cortante es de acero rápido y está soldada a tope.
 - Herramientas con placa soldada: vástago de acero y parte cortante de acero rápido o widia en forma de pequeña pastilla o placa soldada. La soldadura de cada herramienta requiere tiempo y destreza. Dependiendo de la aplicación, de la forma del vástago y de la dirección de avance, estas herramientas se clasifican según normas ISO y DIN (ver tabla más abajo). La placa soldada puede volver a afilarse cuando sea necesario y hasta el término de su vida útil.
 - Portaherramientas con placa intercambiable: constan de un mango o portaherramientas capaz de reutilizarse innumerables veces, en el que alternativamente pueden montarse y desmontarse pequeñas pastillas o placas intercambiables denominadas insertos, de compuestos cerámicos, de forma triangular, cuadrada, rómbica, redonda u otras. Los insertos están diseñados para intercambiarse o rotarse a medida que cada borde de corte se desgasta y al término de su vida útil se descartan, por lo que no se requiere el afilado.

1.3.2 Características de las plaquitas de metal duro.

La calidad de las plaquitas de metal duro (Widia) se selecciona teniendo en cuenta el material de la pieza, el tipo de aplicación y las condiciones de mecanizado. (Anon., s.f.)

La variedad de las formas de las plaquitas es grande y está normalizada. Asimismo, la variedad de materiales de las herramientas modernas es considerable y está sujeta a un desarrollo continuo.



Fig. 1.4: Plaquita de torneado de metal duro.

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

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

Tabla 1.2: Materiales de herramientas para torneado.

La adecuación de los diferentes tipos de plaquitas según sea el material a mecanizar se indican a continuación y se clasifican según una Norma ISO/ANSI para indicar las aplicaciones en relación a la resistencia y la tenacidad que tienen. (Coromant, 2011)

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

Tabla 1.3: Código de calidades de plaquitas.

Código de formatos de las plaquitas de metal duro.

Como hay tanta variedad en las formas geométricas, tamaños y ángulos de corte, existe una codificación normalizada compuesta de cuatro letras y seis números donde cada una de estas letras y números indica una característica determinada del tipo de plaquita correspondiente. En el anexo IV se muestra el significado de este código y a continuación se muestra con un ejemplo.

Ejemplo de código de plaquita: SNMG 160408 HC

Primera letra	Forma geométrica	Segunda letra	Ángulo de incidencia	Tercera letra	Tolerancia dimensional	Cuarta letra	Tipo de sujeción
C	Rómbica 80°	A	3°	J	Menor ↑ ↓ Mayor	A	Agujero sin avellanar
D	Rómbica 55°	B	5°	K		G	Agujero con rompevirutas en dos caras
L	Rectangular	C	7°	L		M	Agujero con rompevirutas en una cara
R	Redonda	D	15°	M		N	Sin agujero ni rompevirutas
S	Cuadrada	E	20°	N		W	Agujero avellanado en una cara
T	Triangular	F	25°	U		T	Agujero avellanado y rompevirutas en una cara
V	Rómbica 35°	G	30°		N	Sin agujero y con rompevirutas en una cara	
W	Hexagonal 80°	N	0°		X	No estándar	
		P	11°				

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

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

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

A este código general el fabricante de la plaquita puede añadir dos letras para indicar la calidad de la plaquita o el uso recomendado.

1.3.3 Clasificación ISO/DIN de las herramientas con placa soldada de metal duro

En la siguiente figura vemos las principales aplicaciones de las herramientas para torno, con la clasificación ISO/DIN específica de las que presentan placa soldada de widia, detallada en la tabla correspondiente.

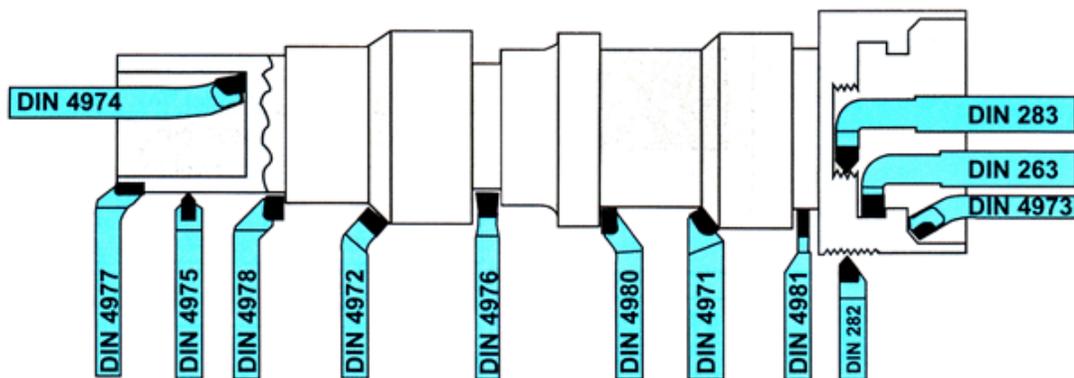


Figura 1.5. Herramientas de Corte para Torno.

1.3.4 Deterioro de las herramientas de corte

Las herramientas de corte se pueden deteriorar por una gran variedad de razones; algunas de las cuales se presentan a continuación: (Berberena, 2004)

- Avances de corte demasiado rápidos.

- Avances demasiado lentos. Esto producirá una excesiva fricción y por lo tanto calentamiento de la herramienta de corte, a su vez el calor deteriorará rápidamente el filo de corte de la misma.
- Profundidad de corte demasiado grande para el diámetro de la herramienta de corte. Puede ser preferible realizar varias pasadas suaves, en lugar de una sola a gran profundidad.
- Ausencia de refrigerante.
- Vibraciones causadas por deterioro de la herramienta de corte, pinza defectuosa, etc.

1.3.5 Cuidados de las herramientas de corte.

- Mantener las superficies de corte siempre bien afiladas para obtener los mejores resultados.
- Utilizar la herramienta correcta para cada material
- Emplear un número de revoluciones y de velocidad de corte adecuado.
- Utilizar lubricantes o refrigerantes cuando el material a maquinar así lo requiera.

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Torno CNC.

La labor de los torneros es fundamental para toda cadena productiva. De ellos depende la elaboración de piezas indispensables para la ejecución de distintas tareas que se desarrollan dentro de una fábrica.

Al igual que otras máquinas CNC, este tipo de torno es una herramienta mecanizada controlada a través de control numérico. Los mismos presentan una alta versatilidad, permitiendo desarrollar todas las labores tradicionales del tornero de un modo más preciso y eficaz.

El torno que se utilizó en esta investigación es el 16k20 CNC que se encuentra en la Empresa Industrial Ferroviaria “José Valdés Reyes”.

2.1.1 Características técnicas del torno 16K20

Este modelo comenzó a fabricarse en los años 70 del siglo XX en la planta de máquinas herramienta de Moscú, y hasta ahora sigue siendo la principal unidad universal de torneado y corte de tornillos. Está diseñado para realizar varios tipos de operaciones de torneado: (ENEVRO & HEINEMAN, 1991)

- Rectificado y taladrado de superficies cónicas y cilíndricas.
- Roscado: interno, externo, pulgadas, métrico, modular y paso.
- Perforación con diferentes tipos de taladros, avellanadores, escariadores y otros tipos de trabajo con productos laminados en caliente y en frío.

Las designaciones alfanuméricas en el equipo tienen su propia decodificación: el número 1 – significa un torno, 6 – indica que la máquina es una máquina de atornillar, la letra «K» para la generación de la unidad, el número 20 – la altura del centro (220 mm). Al final del índice también hay otra letra, en esta máquina la presencia de la letra «P» indica una característica de mayor precisión.

2.1.2 Datos técnicos. (Anon., s.f.)

- Diámetro máximo de trabajo sobre bancada es de 560 mm.
- Diámetro máximo de trabajo sobre carro es de 400 mm.
- Longitud máxima de pieza a elaborar es de 1000 mm.
- Longitud máxima de torneado es de 930 mm.
- La potencia es de 7.5 Kw.
- Velocidad de husillo principal es de 7-2200 rpm.
- Portaherramientas de 6 posiciones de 25 x 25 mm.

CNC (SIEMENS 808D)

Precisión:

- Precisión de posicionamiento (eje X 0.03 mm y eje Z 0.04 mm).
- Precisión de posicionamiento repetido (eje X 0.012 mm y eje Z 0.016 mm).
- Desviación en dirección contraria (eje X 0.013 mm y eje Z 0.02 mm).

2.1.3 Modernización del Torno convencional modelo 16k20 al Torno con CNC.

1. A través de la selección de los sistemas de CNC con las marcas conocidas de buena calidad, se realiza el control por CNC del torno en las direcciones del eje” X “y “Z”. (Marzal Sorolla, 2007)
2. Se quedó el cabezal y contrapunto viejos del torno mientras que se retiró las partes mecánicas tales como la caja de avances, el delantal, los tres husillos (husillo de roscar, husillo de avance (para corte), husillo de accionamiento) etc.

3. Se renovó el carro longitudinal. Según la estructura del nuevo carro longitudinal se añadió husillo de bola en eje “Z”, también se fijó el soporte del husillo de bola y servo motor.
4. Se renovó el carro transversal, según la estructura del nuevo carro transversal se añadió husillo de bola en eje” X “, también se fijó el soporte del husillo de bola y servo motor.
5. Se seleccionó un nuevo motor por variación de frecuencia para sustituir el motor viejo instalado en el cabezal para alcanzar la revolución de 0 a 2000rpm.
6. Se añadió un encoder en el husillo principal para realizar el control sincrónico del husillo y alimentación.
7. El ajuste de velocidad de husillo principal se realizó de forma sin fin en tres gamas por variador de frecuencia e interruptor, en vez del mecánico cambio de velocidad de multi-categoría anterior, además, se puso el sensor interruptor para verificación de las gamas.
8. Se añadió torreta motorizada, giratoria y horizontal de 6 posiciones.
9. Se cambió el panel eléctrico viejo.
10. Se añadió el panel de mando elaborado.

2.1.4 Plan de modernización del centro mecanizado modelo RV.501.24.

Parte de control eléctrico.

1. Se cambió el sistema de control de CNC y se aplicó el sistema de control de CNC de SIEMENS 840DSL.
2. Se aplicó un servomotor de SIEMENS en el eje”X” para accionar.
3. Se aplicó un servomotor de SIEMENS en el eje” Y” para accionar.

4. Se aplicó un servomotor con freno electroerosivode SIEMENS en el eje” Z” para accionar.
5. Se aplicó un motor del SIEMENS para husillo principal para sustituir lo anterior en la máquina.
6. Se mantiene la caja eléctrica anterior mientras que se renovó todos los componentes de control eléctrico dentro de la caja. Se redistribuyó la conexión de los cables según la norma de seguridad internacional de CE, los componentes de control eléctrico a seleccionar y sistema de control de CNC.
7. Se renovó todos los cables de control para la conexión en la parte exterior.
8. Se añadió la ventilación de aire en la caja eléctrica con fin de disipar el calor y dispositivo de refrigeración a ajustar la temperatura.
9. De acuerdo con el panel de mando de SIEMENS, se elaboró e instaló la caja de operación con panel y soporte giratorio.
10. Se revisó todos los interruptores de proximidad (control de carrera) en el exterior de la máquina y se renovó los deteriorados o de mala sensibilidad.

Parte mecánica.

1. Se mantuvo la misma estructura principal que incluye la bancada, la columna, los carros transversal y longitudinal, el banco de trabajo, etc.
2. Se revisó todos los sistemas lubricantes de cada parte de la máquina garantizando las tuberías lubricantes sin obstrucción.
3. Se revisó los husillos de bola en los ejes de X, Y, Z. Cualquier deterioro o mala precisión si ocurre, hay que realizar la renovación.
4. Se revisó la guía lineal en los ejes de X, Z. Cualquier deterioro si existe, hay que realizar la renovación.

5. Se renovó el almacén de cuchillas con lo de tipo plato redondo de 24 cuchillas.
6. Se renovó mano mecánica que sirve para cambiar las cuchillas.
7. En principio se reparó el sistema de presión hidráulica. De no poder realizar la reparación, se le renovará.

2.2 Programas para generar códigos G para máquinas con control numérico.

2.2.1 PowerMill:

Es un software para manufactura CAM especializado para la fabricación de formas complejas típicamente encontradas en la industria aeroespacial, automotriz, dispositivos médicos, e industrias fabricantes de herramienta. *PowerMill* fue creado por *Delcam*, después comprado por *Autodesk*.

La característica clave de este programa de maquinado, está en el amplio rango de estrategias de corte de alta eficiencia por ejemplo en desbaste, acabados, técnicas de maquinado en 5 ejes, la excepcional rapidez en el cálculo matemático interno y en el poder de las herramientas de edición para asegurar optimizar el performance de la máquina herramienta. PowerMill puede importar modelos en formatos estándar desde cualquier sistema CAD como IGES, VDA, STL, entre otros y también de sus propios productos PowerShape.

Maquinado de 5° eje.

En PowerMill la ventaja principal en el maquinado 5° eje, una habilidad que tiene el software para el ahorro de tiempo en el maquinado de formas complejas y en una sola preparación de máquina. En PowerMill se encuentran dos formas de maquinado 5° eje: Maquinado Posicional y Maquinado continuo o simultáneo 5° eje.

Maquinado Posicional 5° eje.

Este tipo de maquinado ha estado habilitado por largo tiempo, y consiste en trabajar con el cabezal orientado en una serie de posiciones y maquinados llevados a cabo como un conjunto de operaciones discretas, esta estrategia trae los siguientes beneficios:

- Ideal para maquinados profundos tanto para machos como cavidades.
- Puede hacer uso de herramientas cortas con precisión y buena calidad en el acabado superficial.
- Permite el maquinado de zonas ocultas o undercuts.
- Beneficios de tiempo a través del uso de solo una preparación o set-up.

Maquinado continuo o simultáneo 5° eje.

Este tipo de maquinado, permite al usuario crear rutas de maquinado simultaneas en 5° eje a través de superficies complejas, sólidos y modelos triangulados (mesh). Las rutas de maquinado que se generan están totalmente revisadas para evitar gouges, y son soportadas en toda la amplia variedad de estrategias de maquinado y en todas las herramientas que tiene PowerMill. El Maquinado continuo o simultáneo 5° eje, proporciona los siguientes beneficios:

- Ideal para el perfilado de partes.
- Para maquinados profundos de esquinas y cavidades.
- El uso de herramientas cortas incrementa la precisión y la calidad en el acabado superficial.
- Permite el maquinado con el flanco o parte baja de la herramienta.
- Puede ser usada en un amplio rango de tipos de herramienta.
- Protección completa de Gouges.
- Puede ser usada con modelos en formato STL.

Maquinado de Alta Velocidad con PowerMill (HSM).

PowerMill ofrece la única manera para eficientar las entradas para el desbaste de ciertas áreas. Los requerimientos principales de estas estrategias de maquinado están para mantener la carga sobre la herramienta tanto como sea posible y minimizar cualquier cambio repentino en la dirección del corte. A continuación, se mencionan algunas estrategias para el Maquinado de Alta Velocidad (HSM) en PowerMill:

Maquinado Raceline.

Esta es la técnica de maquinado más novedosa, por la cual Delcam tiene una patente. Con esta estrategia, las pasadas de desbaste son progresivamente suavizadas de acuerdo a movimientos que vayan más allá de la forma principal. Las rutas resultantes minimizan cualquier cambio repentino de dirección y permite mayor rapidez en el maquinado, con menos desgaste de herramienta y menor daño en la máquina de CNC.

Maquinado Trocoidal.

Esta estrategia evita el uso del diámetro completo de la herramienta cuando se genera la ruta de maquinado que progresivamente removerá el material del block en movimientos circulares. Esta nueva opción ajusta automáticamente la ruta de maquinado para ser tanto eficiente como segura en el maquinado.

Maquinado Automático Trochoidal.

Esta es una nueva estrategia de desbaste que combina desbaste por medio de offset con Maquinado Trochoidal. Esta estrategia evita automáticamente altas cargas en la herramienta de corte cuando se usa la estrategia convencional de offset, al cambiar a movimientos Trochoidales, cuando la herramienta se encuentra con grandes cantidades de material a remover. Usando esta forma de remoción de material en esas áreas, reduce la carga sobre la herramienta de forma consistente, permitiendo mantener en el proceso de corte una alta velocidad de maquinado.

Desbaste de Restos.

Esta estrategia de restos removerá material dejado por una herramienta más grande, permitiendo entrar en áreas en las cuales se requieren cortadores más pequeños, y que reduzcan los tiempos de maquinado.

Acabados de Alta Velocidad.

PowerMill tiene muchas estrategias para maquinado de Alta Velocidad en las cuales resulta una suavidad consistente en las condiciones de corte requerido para asegurar una rápida remoción de material y excelente acabado superficial. Tres ejemplos son Offset 3D, Acabados Z Constante y Acabado Z Constante Optimizado.

- Z Constante. En esta estrategia de corte la herramienta se desplaza en niveles en Z. Ahora se ha agregado la opción de espiral continuo.
- Acabado 3D Offset. Esta estrategia proporciona un excelente acabado superficial, mantiene el paso de la herramienta constante en toda la forma del modelo a maquinar.
- Acabado Z. Constante Optimizado. Esta estrategia combina el acabado por 3D Offset para áreas más planas, y el acabado en niveles en Z para pendientes, para asegurar evitar cambios repentinos en el corte.

2.2.2 RhinoCAM :

Es un programa CAM ideal para manufactura de productos, prototipos, moldes, herramientas, y maquinado en general. Adecuado para usuarios con exigencias de manufactura complejas en productos irregulares dentro de Rhinoceros.

RhinoCAM puede maquinar superficies y sólidos con operaciones de torno, fresado y taladrado. A parte de los postprocesadores comunes, se incluye un post- procesador personalizado. Así mismo incluye un editor de postprocesadores lo cual permite la libertad al usuario de modificar sus propios postprocesadores.

2.2.3 SiCube:

Es un software de corte por laser CAM que genera trayectorias de manera automática para máquinas de oxi corte por laser a partir de un modelo 3D, de manera que se puede programar hasta 5 y 6 ejes simultáneos, y su salida esta dado en códigos ISO.

Sicube proporciona el análisis de trayectorias de corte, asegurando que no existan colisiones durante el proceso. Con la ayuda de SI[CAD] se pueden importar los modelos 3D y eventualmente modificarlos sobre las cuales será posible generar el recorrido del corte

SICUBE está compuesto por los siguientes módulos:

- SI[CAD]: geometría 3D
- Modelador Avanzado: modelador de superficies
- SICUT3: tecnología para láser 5/6 ejes
- PostProcessor: generación código ISO
- Sistema de armarios SIVACON sicube 8MF
- Mucho más que una simple envolvente

A destacar

- Sistema modular con muchas variantes y posibilidades.
- Soluciones a medida para aplicaciones especiales.
- Certificaciones y homologaciones para cualquier requisito.

Máxima adaptación a sus necesidades

Con los armarios SIVACON sicube 8MF apuesta por un sistema que se adapta a sus necesidades. El armario eléctrico cuenta con numerosas variantes y se utiliza en

máquinas e instalaciones, en instrumentación y control, en centrales eólicas y fotovoltaicas y en muchos otros sectores. El cliente elige de entre un gran número de variantes estándar, configura él mismo la caja con ayuda de un sistema modular flexible o disfruta de soluciones especiales a medida.

Gran selección con sistema

La flexibilidad de los armarios SIVACON sicube 8MF es su ventaja frente a la competencia. Configure usted mismo en muy pocos pasos el armario eléctrico deseado, eligiendo el revestimiento, la dotación, los accesorios, el acabado, la forma de entrega y muchas otras variables adaptadas a sus necesidades. Si quiere ahorrar tiempo y dinero en el pedido, el montaje y el procesamiento, también puede decidirse por armarios estándar premontados.

Soluciones a medida

En caso de necesidad le diseñamos el armario que se adapte al 100% a sus necesidades. Pinturas especiales, sismorresistencia o alta compatibilidad electromagnética: sean cuales sean sus requisitos, nosotros los cumplimos. Tampoco es problema alguno obtener determinadas homologaciones o certificaciones: De por sí contamos ya con numerosas certificaciones. Y si no es el caso, las solicitamos para nuestros clientes.

2.2.4 SMIRT:

Es una solución de software CAM para planeación y diseño de troqueles para el proceso de estampado de la industria automotriz.

SMIRT DieShop es una solución CAD/CAM para la industria de manufactura, el programa permite al fabricante de troqueles a extraer la información que necesitan de un modelo sólido para generar los dibujos con anotaciones y desplegarlos a lo largo de la empresa. Se manejan diferentes fuentes de CAD (VISI, CATIA V4, CATIA V5, UG NX, Autodesk Inventor, IGES) para ofrecer un aspecto único al usuario final.

SMIRT DieNC es un módulo para SMIRT DieShop diseñado para crear trayectorias de herramientas para caras planas, perfiles y taladros. La tecnología "drag and drop" se

utiliza para crear trayectorias de herramientas directamente en la geometría sólida sin entrada manual de valores de coordenadas. El programa checa por colisiones, edita trayectorias y simula la verificación.

SMIRT ShapeMilling es un software utilizado para crear trayectorias automáticas de endmill de fresado de 3 ejes y 3 + 2 ejes para componentes y piezas fundidas. La estrategia de "Método de fresado" simplifica el proceso general al seleccionar automáticamente superficies 3D para maquinarse, llenar huecos, tomar herramientas de la base de datos y crear curvas de contorno, junto con la creación del material stock de fundición. El programa SMIRT ShapeMilling puede leer datos escaneados.

SMIRT DieBuild brinda a la compañía las herramientas para definir sus mejores prácticas de modelado y diseño de troqueles de SMIRT, comunicación, manejo de operaciones y procesos. Todas las operaciones están completamente integradas con SMIRT DieShop y SMIRT DieNC y ofrecen al taller un esquema gráfico del proceso completo de construcción del troquel. SMIRT DieBuild convierte el conjunto de troquel en un proceso productivo.

2.2.5 Solidcam:

Es un software para manufactura CAM 3D que está integrado sobre SolidWorks y Autodesk Inventor. Con operaciones de corte, fresado y torno para ser ejecutadas en centros de maquinado CNC usando la tecnología iMachining, una de sus ventajas es que el sistema explota toda la inteligencia de manejo de sólidos paramétricos 3D. El usuario puede diseñar su modelo CAD en cualquier plataforma mecanizarla en Solidcam.

SolidCAM tiene los siguientes módulos:

- Maquinado en 2.5D
- Maquinado de Superficies en Alta Velocidad HSS (High Speed Surface machining)
- Maquinado 3D

- Maquinado de Alta Velocidad HSM (High Speed Machining)
- iMachining
- Maquinado Multiaxial indexado
- Maquinado en 5o eje simultáneo
- Torneado
- Fresado-Torneado
- Electroerosión EDM y su Módulo de Electrodo.

Maquinado en 2.5D

Este módulo de SolidCAM permite trabajar con partes, ensambles, y geometría de sketches para definir las operaciones de perfilado y caras, con opción de localización cajas y taladros, generar roscas por fresado, contorneado 3D, maquinado de exteriores, perfilados de exteriores, careados, y ciclos de taladrado.

Maquinado 3D y de superficies en alta velocidad.

El maquinado de superficies en alta velocidad en SolidCAM puede cortar desde una sola superficie hasta multi superficies, con herramientas con punta plana, esféricas, y herramientas de disco para zonas ocultas, entre sus opciones para la generación de rutas de corte existe el corte siguiendo una curva y cortes paralelos entre superficies entre otros. El Maquinado 3D contiene herramientas útiles para el maquinado productivo e inteligente en desbaste y acabado, con comandos y estrategias de maquinado en alta velocidad en superficies y contornos.

iMachining.

Es una aplicación inteligente que permite sincronizar, material, herramienta y máquina para evitar que herramientas se quiebren, eliminar prueba y error y asegurar todas las piezas integras en un tiempo optimizado. iMachining es una tecnología revolucionaria

para el fresado de SolidCAM, logra la optimización en el incremento de la profundidad de corte usando todo el filo de la herramienta, considerando toda la geometría y el tipo de material empleado, esto asegura que la carga de la herramienta sea constante y que a su vez aumente la vida de la herramienta.

Con iMachining, los programadores pueden cortar con toda seguridad hasta la mayor profundidad en un solo paso. Además, el software evita los cambios bruscos de dirección y las curvas cerradas, eliminando las cargas de choque en la herramienta, y permitiendo el máximo de volumen de material a retirar en una sola pasada.

La filosofía de iMachining implica:

- Aplicación uniforme de carga sobre la herramienta
- Al menos el 65% de remoción de material debe ser realizado con un corte continuo tangencial (fresado en espiral)

Maquinado Multi-Sided 3+2 ejes.

Módulo de mecanizado de múltiples lados, apoyándose con 4° y 5° eje posicionados de tal forma que reducen tiempo de maquinado y lo hacen muy versátil. Permite la ubicación automática de la pieza en su sistema de coordenadas, simulación del maquinado y obtención de códigos G con sus respectivos giros para cada cara, considerando cada posición en el sistema de coordenadas.

Maquinado de 5 ejes simultaneo.

SolidCAM permite obtener una simulación en tiempo real mientras la ruta de maquinado está siendo generada. Con funciones tales como simulación de la maquina CNC en relación con la ruta de maquinado, movimientos de retracción siguiendo la forma del modelo, etc.

Fresado-Torneado.

Este módulo programa Tornos fresadores o suizos, donde es necesario maquinar piezas que no solo contengan formas cilíndricas, sino una combinación de formas irregulares con partes concéntricas, además permite manipular todos los posibles ejes por usar de máquinas más completas.

Electroerosión EDM.

Este módulo de SolidCAM permite la programación desde 2 hasta 4 ejes para erosionado con alambre, permite usar directamente el sólido y/o superficies del modelo, permite el uso de esquemas de corte, contiene post procesadores para adecuarse a la maquina en uso.

Módulo de Electroodos.

Este módulo se basa en la técnica de electroerosión por penetración, ya que desarrolla de manera automática el cálculo de tiempo-consumo y de tareas repetidas en el proceso de electroerosión. En el cálculo abarca el proceso completo desde extracción de geometría, documentación, y el electrodo a usar para la configuración del quemado EDM, junto con sus respectivos parámetros.

SolidCAM Xpress - Premium CAM

SolidCAM Xpress es un concepto radicalmente nuevo en el software de CAM, ofrece una solución completa e integrada de SolidWorks CAM para el mecanizado 2.5D, así como la mecanización de la superficie de 3 ejes funcionales.

2.2.6 SprutCAM:

Es un programa de maquinados CNC, compatible con la mayoría de los programas MCAD y CAD existentes a través de su interface neutra. La aplicación se compone de módulos de manejo de geometría y de las aplicaciones de corte CNC desde torno hasta centros de maquinado y corte por alambre tipo wire edm.

Las industrias donde orienta el uso de SprutCAM es metal mecánico, en especial, prensas y troqueles, moldes, prototipo, joyería, madera, aeroespacial, manufactura de instrumentos musicales, modelos para fundición y automotriz.

Uno de sus componentes base es el Geometrical Model, para acceder a la geometría importada de algún sistema CAD y ordenarla a través de un árbol de jerarquización, SprutCAM soporta sólidos y superficies para el maquinado. 2D Modeler es el módulo de construcción y dibujo de geometría paramétrica con el que se puede documentar información técnica de los dibujos para el taller incluyendo dimensiones, cotas, notas, etc.

2D machining y 2.5D machining es el modulo base de manufactura CNC para corte de materiales y maquinado en 2D, que incluye operaciones de desbaste y acabado en perfiles, pockets, agujeros, operaciones en caras planas, chaflanes, maquinado en espiral siguiendo un contorno. Incluye estrategias de planeación y preparación del modelo para corte. 3D machining es el maquinado 3D de SprutCAM puede manipular sólidos, superficies y mallas o mallas, se pueden seleccionar estos elementos y zonas de restricción. Las operaciones relevantes del maquinado en 3D de SprutCAM en desbaste y acabados:

Lathe

En SprutCAM se pueden programar los tornos de control numérico, tiene operaciones para 2 a 4 ejes con torretas, tipos suizos de torno-fresado y maquinas estándar. Con opción de torneado, taladros, fresado y manejo de herramientas vivas.

El programa cuenta con una cantidad de diferentes postprocesadores a escoger. Todos los componentes incluyen simulación de herramientas cortando en el material.

Fresado 3 ejes

Fresado 3D es que la herramienta se puede mover de forma simultánea siguiendo los 3 ejes de la pieza de trabajo. Para establecer estas operaciones en SprutCAM es necesario tener un modelo 3D de la pieza de trabajo.

5-Ejes Indexados

El maquinado en 5 ejes indexado ofrece cortes en cualquier ángulo con todas las estrategias de 2.5D y 3D. La definición del ángulo sobre la pieza de forma interactiva basándose en el modelo 3D evita errores, simplifica y acelera el trabajo del ingeniero de producción CNC.

Torno-Fresa

El Módulo de Turn-Mill de SprutCAM incluye potentes métodos de torno-fresado para programar mecanizados multi axial con soporte para centros de torno-fresa multi-tareas con herramientas motorizadas, incluido tornos de decoletaje. Su sencillo interfaz y las características del módulo de torno con capacidad para realizar programas de desbaste, acabado, ranurado, roscado y tronzado del material.

Robot SprutCAM

Un ambiente fuera de línea para programar OLP lenguaje de robots industrial. Una solución para robots para creación rápida de rutas libres de colisiones en 6 ejes y más de 5 ejes de corte.

2.2.7 SURFCAM:

Es una solución de software CAM para programar piezas por control numérico que son manufacturadas en centros de maquinado de 2 a 5 ejes, torno y EDMs. Con su nueva imagen agiliza el manejo a usuario nuevos y expertos, tiene herramientas completas de verificación, post procesado y comunicación.

Surfcam con su tecnología patentada “TRUEMILL”, maquinado de alta velocidad para 2 y 3 ejes, puede reducir el tiempo ciclo de maquinado hasta un 80%, lo que quiere decir que un programa de 10 minutos puede bajar a tan solo 2 minutos. Surfcam extiende la vida útil de la herramienta hasta 10 veces, permite cortes laterales de hasta 100% del diámetro y profundidades de corte de hasta la longitud del filo del cortador en aceros, esta tecnología funciona con cualquier equipo CNC, reduciendo el consumo de energía eléctrica durante el corte.

El programa cuenta con un modelador de Sólidos SURFCAM Designer que facilita las operaciones de diseño de geometrías complejas. Gracias a su tecnología de asociatividad, reconoce cambios en los archivos de dibujo propios e importados re-generando las rutinas de maquinado en segundos, ahorrando todo el tiempo de programación que se había utilizado antes. También ofrece SURFCAM Feature Based Machining para reconocimiento de características geométricas del sólido.

Surfcam es una solución que incluye estrategias de maquinado de desbaste, acabado y detallado en cada rutina, mismas que se pueden copiar y pegar en otros dibujos disminuyendo la creación de la rutina a tan solo segundos ayudando a reducir tiempos en tareas de producción.

2.2.8 TEBIS CAM:

Es el programa de cómputo para CAD/CAM para uso en manufactura por control numérico, para fabricar piezas como moldes y troqueles que incluye operaciones de corte o remoción de material como fresado, torno, erosión, etc. Cuenta con diferentes módulos para diferentes operaciones de manufactura 3D, también tiene interfaces para leer cualquier formato de otros sistemas CAD. Tebis ha demostrado a través de este tiempo que es una solución de alto nivel para maquinado en 3D y que ha conseguido su mayor penetración en Europa.

Tebis cubre todo el proceso desde diseño de moldes y troqueles, procesamiento de datos importados de otros sistemas, definición de blancos, programación y simulación de maquinado CNC Tebis CAM funciona sobre los módulos de Tebis básico y es posible agregar los módulos de manufactura CAM como a continuación se describen.

Taladrado y fresado en 2.5D

Programación de operaciones de maquinado en fresas, totalmente automatizado y con una base de datos inteligente, donde pueden programarse grupos o sets de NC y rutinas para geometría planas como ajustes, pockets, superficies, taladros de enfriamiento y agujeros profundos. El módulo cuenta alerta de colisiones y un ambiente de automatización para tareas repetitivas.

3+2 Axis Roughing, módulo de desbaste en 3 ejes

En la aplicación de desbaste de fresado en Tebis, se define la geometría para cortar y analiza sus espesores de pared para una mejor planeación del corte en desbaste de los moldes, blanco de troquel o la pieza en cuestión. Este módulo de manufactura de corte en 3D incluye algoritmos inteligentes para contornear con un correcto avance en las piezas, tiene el manejo de orientación de la herramienta para poder llegar a áreas difíciles de atacar, es capaz de hacer los desbastes manejando alta velocidad.

3 + 2 Axis Finishing, aplicación de Tebis para acabado en 3 Ejes

Aplicación de maquinados para cualquier complejidad de pieza, con comandos para acabados finos CNC, con algoritmos de corte de calidad como perfilado en Z, seguimiento de curvas isoperimétricas, paralelo a curvas, y paralelo, las librerías soportan toda clase y tipo de herramientas de corte desde endmills, rimas, etc.

Remoción de Material sobrante en 3 y 2 Ejes

Estrategias adicionales de corte para remoción de material faltante y su re maquinado, por ejemplo, en filetes, secciones cóncavas y áreas inaccesibles, incluye las estrategias del módulo de acabado

3+2 Axis Tube Milling, Fresado de tubos en 3+2 Ejes

Única aplicación en su clase para fresado en tubos con estrategias de corte para producir contornos helicoidales y siguiendo las líneas de flujo del tubo en desbaste y acabados

Tebis 5 axis simultaneous milling, Fresado simultáneo en 5 Ejes

Fresado simultáneo en 5 ejes para maquinado de superficies 3D en cavidades, zonas convexas, curvas, superficies estilizadas, zonas con grabados. El modulo toma en cuenta la relación del cabezal y la geometría para generar una optimización de movimientos.

5 axis laser cutting, Corte CNC por láser en 5 Ejes

Módulo de corte para la planeación, fabricación de prototipos para curvas y formas regulares de alta complejidad, por ejemplo, puedes hacer en directo la lámina de una pieza automotriz para definición de primera pieza en forma y apariencia planear posterior hacer la series o fabricación final del set. El software puede manipular de manera automática o manual el cabezal, también tiene un administrador de trabajos de cnc y un checador de colisiones.

Corte por fresado en 5 ejes de materiales compuestos

Aplicación para manufactura que puede programarse off line y así planear la estrategia de corte y movimiento de cabezales y herramientas en piezas de materiales compuestos en diferentes maquinas

Erosión por hilo en 4 ejes

Software de corte por electroerosión de Tebis para piezas tipo insertos y electrodos de 2 a 4 ejes que requieren mejor acabado, para definición de los contornos 3D de corte, superficies y áreas a atacar, las áreas cónicas se ven beneficiadas gracias a la optimización de cortes en una sola pasada. Este módulo soporta una gran cantidad de controladores numéricos para la salida del código.

Interface CNC

Es la interface entre los toolpaths o los recorridos de herramienta y los post procesadores que incluye con la maquina CNC. Las estaciones de trabajo de cómputo que ofrece Tebis para el taller vienen con esta interface CNC y el NC Viewer.

Tebis View

Aplicación de visualización de geometría CNC en 3D como una aplicación de acceso rápido en el taller que incluye visualización de la simulación de los toolpaths, anotaciones, análisis de superficies y manejo de múltiples vistas.

2.2.9 TopSolid Cam:

Una solución de manufactura CAD/CAM en 3D desarrollado por la empresa francesa Missler Software, puedes crear rutas de maquinado complejas en desbaste y acabado para torno y fresado en múltiples ejes CNC.

Con TopSolid CAM programas rutinas de corte CNC, ejecutas simulación de maquinado, chequeo de interferencias, sincronizas la velocidad del husillo, diseñas y simulas aditamentos de manera interactiva, controla el desbaste y la cantidad de material a remover, maneja una librería de herramientas y es posible personalizar su programación.

TopSolid CAM puede maquinar piezas de otros sistemas CAD ya lee los principales formatos IGES, STEP, ACIS y PARASOLID, así como archivos nativos de CATIA, PTC CREO y SIEMENS NX, también tiene herramientas de reparación de geometría cuando esta se importa. Ha desarrollado totalmente su interfase en su versión más reciente.

Se complementa con los módulos especializados con:

TopSolid NCSimul para simulación CNC en código G, VOLUMILL como estrategia moderna de corte que ahorra gran cantidad de tiempo de proceso. Missler ofrece más módulos como lo son TopSolid WOOD para diseño y maquinado en aplicaciones de madera en 2 1/2 y 3D. Igualmente tiene aplicaciones de chapa metálica como TopSolid Sheetmetal y TopSolid Mold para diseño de herramientas.

Todas las aplicaciones interactúan con TopSolid Design el programa base de diseño 3D.

Una solución global de CAD/CAM de fresado, torneado, Millturn y erosión:

- Solución global de CAD/CAM sencilla, intuitiva, evolutiva y adaptable a las necesidades de cada empresa
- Integración completa con la gama TopSolid para CAD/CAM de mecánica general, chapa y madera
- Interfaz de uso sencillo, única e innovadora

- Perennización de la experiencia gracias a los métodos de TopSolid

Experto en todos los segmentos de mercado: piezas sencillas de fuerte valor añadido:

- Generación de recorridos extraordinariamente rápida mediante propagación de estrategia
- Con TopSolid'Cam, el control de un torno, de una fresadora o de un centro de mecanizado de 5 ejes continuos es simple y homogéneo
- La previsualización de las opciones, la simulación fiable y fiel que gestiona todos los movimientos entre las operaciones, las posibles colisiones, las carreras de cada uno de los ejes, la gestión del material restante... contribuyen a minimizar el tiempo de puesta a punto.

La herramienta ideal para los servicios de métodos:

- Integrada con un potente CAD asociativo en el mecanizado
- Verdadera interoperabilidad, independientemente del sistema de CAD utilizado
- Gestión de las tolerancias gracias a la herramienta FreeShape
- Bibliotecas ricas de herramientas cortantes y de condiciones de cortes
- Packs de máquina y postprocesadores eficientes adaptados y personalizados
- Una solución para el taller

La solución ideal para los equipamientos:

- Gestión de todas las necesidades (2D, 3D, 4 y 5 ejes, alambre, etc.)
- Control de los electrodos
- Rapidez de los cálculos (gestión de los procesadores multinúcleo)

- Gestión de los 5 ejes continuos
- Automatización de los mecanizados

2.2.10 VERICUT VERIFICATION:

Es el programa principal de Vericut, se requiere para correr cualquier modulo que se adquiera. Vericut Verification simula, verifica y analiza maquinados en 3 ejes más el eje de rotación, también valida operaciones de torno, taladrados, corte por alambre y erosión. La verificación detecta errores desde dibujos, programación inapropiada, paths incorrectos, contactos y colisiones, problemas de tool shank, y problemas de postproceso.

VERICUT MACHINE SIMULATION

Módulo de Vericut Verification usado para prevenir colisiones en máquinas CNC, para lo cual se construyen máquinas CNC 3D para simulación de los cortes y checar las potenciales interferencias que puedan existir, interferencias por ejemplo contra bancadas, torretas, slides, cambiadores de herramienta y aditamentos. Las maquinas se modelan usando un CAD externo. Incluye una librería de controladores como Siemens, Heidenhain, Bosch, Okuma, Fadal, Yasnac, Mazatrol, etc.

VERICUT MULTIAxis

Modulo para simular y verificar maquinados de 4 y 5 ejes en operaciones de fresado, taladrado y su combinación con torneado.

VERICUT OPTIPATH

Módulo de Vericut para eficientar los índices de avances y velocidades en los recorridos de herramienta basados en la cantidad de material a remover haciéndolos más rápidos, efectivos y pudiendo así determinar cuánto dinero nos podemos ahorrar.

VERICUT AUTODIFF

Utilidad para comparar los modelos CAD contra la simulación de CNC para detectar potenciales interferencias, las cuales son presentadas a través de un módulo de reportes con diferentes tipos de errores.

VERICUT MODEL EXPORT

App de Vericut para exportar código NC y convertirlo a modelos CAD usando IGES y STL.

2.2.11 VisualMill:

Es un programa CAM ideal para mecanizado de moldes, matrices, prototipado rápido y piezas en general a un precio atractivo. Este producto combina la generación de maquinados de precisión para usuarios con exigencias de fabricación sofisticadas y complejas.

VisualMill se integra a programas CAD para extender sus funciones a maquinado por control numérico. El software se ofrece con módulos Mill desde 2.5 a 5 ejes, Turn para operaciones de torno, Art para grabados 3D y Nest para anidado de piezas en chapa metálica.

VisualMill Pro puede maquinar sólidos, superficies, mallas y curvas.

2.3 Mastercam

El programa CAD/CAM más popular para manufactura en máquinas de control numérico y centros de maquinado CNC. El programa abarca la programación de fresadoras, centros de maquinado, tornos, el módulo blade expert para alabes, electro erosionadoras de corte por alambre, cortadoras por láser, oxicorte, routers, y más. (Anon., 2018)

Mastercam ofrece una gama de módulos para aplicaciones especiales, también incluye módulos de modelado 3D con producción de dibujos 2D para la preparación de la geometría 3D antes del CAM.

Mastercam te permite leer un diseño CAD 3D y manufacturarlo con operaciones para maquinas herramientas, entre ellas, torneado, fresado, taladros, corte por alambre, electro erosión, etc. Para operaciones de diseño, el modulo es Mastercam Design Tools. Particularmente en las operaciones de fresado se tienen tres niveles.

- MasterCam MillLevel1
- MasterCam Mill Level2
- MasterCam Mill Level3
- MasterCam Mill Multiaxis

En operaciones CNC de piezas cilíndricas y de torno se tiene desde desbaste y acabado, hasta ranurado y roscado, para operaciones de madera con router es MasterCam Router, para la programación CAD/CAM de eletroerosionadoras de corte por alambre el modulo es MasterCam Wire y para operaciones de grabados 3D para joyería y leyendas se tiene MasterCam Art y el MasterCam Blade Expert para alabes en turbinas.

Mastercam también ofrece una solución de maquinado para SolidWorks llamada MasterCam for SolidWorks que incluye mecanizado de alta velocidad (HSM)

Mastercam es conocido por su poderosa programación CNC, pero en su suite también hay una serie de herramientas de diseño de superficies 3D y sólidos que ya han sido probadas en el taller. Mastercam ha dedicado esfuerzo a su motor geométrico CAD para hacer el trabajo de diseño más fácil.

La nueva función de modificación de fillet te permite cambiar el radio en modelos solidos que no tengan historial de operaciones

El diseño de Mastercam puede modelar y la editar geometría, también puede crear geometría avanzada, incluyendo curvas y NURBS, dimensionamiento asociativo, extensiones de superficies, blends, filets variables, sólidos, modelado híbrido y más.

Algunas de las mejoras a diseño en Mastercam X7 son:

Función de Modificación de Sólidos

La nueva función de modificación de sólidos le permite crear cuerpos (bodies) y/o remover características geométricas de modelos sólidos que no tienen ninguna historia de operación. Para crear o remover un cuerpo, seleccione cualquier cara de la característica, incluyendo mamelones y cajas abiertas, en el modelo sólido. Mastercam recrea la característica geométrica en un cuerpo sólido nuevo, independiente y deja el sólido original sin cambios, o elimina la característica al modificar el cuerpo original.

Modificar Filete Sólido

Use la nueva función de Modificar Filete Sólido para cambiar rápidamente el radio de filetes en modelos sólidos que no tienen historia de operación. Puede aplicar los cambios a conjuntos de filetes tangenciales o a filetes con radios iguales.

2.3.1. Parámetros iniciales a definir para confeccionar las piezas en Mastercam.

Para la correcta elaboración de las piezas creadas por medio de dibujo CAD, el software Mastercam X8 requiere que le sean definidos ciertos parámetros para su correcto funcionamiento. A continuación, se expone la selección realizada por el autor:

Tabla 2.3 Parámetros a definir para el trabajo en Mastercam.

Parámetros	Árbol de la rueda	Finalidad
Máquina herramienta	En este caso se seleccionó una máquina tipo torno debido a que dicho elemento presenta una geometría de revolución.	Máquina con que el software simulara la fabricación.
Material	AISI/SAE 1045	Material de la pieza que se va a elaborar
Dimensiones del Stock	Diámetro 35 mm Longitud 131 mm	Sobremedidas de la pieza bruta.
Definir plano WCS	X0. Y0. Z0	Definir el punto cero de la

		pieza.
Mecanizados	Ejemplo: Desbaste torno	Definir las operaciones de mecanizado para obtener la pieza deseada.
Parámetros de mecanizado	Se definen las herramientas, así como sus trayectorias y regímenes de corte.	
Simular operaciones seleccionadas	Posibilita la simulación de las operaciones que hayan sido seleccionadas permitiendo detectar errores, ver la trayectoria q sigue la herramienta, conocer el tiempo de maquinado de la operación entre otras opciones.	
Verificar operaciones seleccionadas	Es similar a la simulación, pero se realiza de forma más rigurosa en una ventana fuera del entorno de trabajo de Mastercam, esta herramienta brinda un sin número de parámetros de las operaciones de mecanizado y asigna un color a cada operación lo que hace este proceso más comprensible.	
Postproceso de operaciones seleccionadas	Es donde se genera el código que posteriormente será leído por la máquina CNC para crear las piezas deseadas.	

CONCLUSIONES

1. El análisis bibliográfico realizado permitió establecer los aspectos teóricos fundamentales para el desarrollo de investigaciones futuras.
2. El documento puede ser utilizado por tecnólogos e ingenieros de la empresa para ampliar sus conocimientos sobre el CNC.
3. Empleando el software CAD, SolidWorks 2016, puede realizarse la programación para el torno CNC.
4. MasterCam es uno del software más utilizados para programar tornos con CNC.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de MasterCam para la programación de tornos con CNC, aunque puede estudiarse la posibilidad de utilizar otros de los mencionados en el desarrollo del trabajo. El documento teórico sirve para una introducción en el mundo del control numérico. Se recomienda la continuación del trabajo de diploma donde se desarrolle un tutorial a partir de un ejemplo de una pieza fabricada en la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. 2018, I., s.f. *ISCAR Cutting Tools.*, s.l.: s.n.
2. Acosta, F. R., 2012. “*Herramienta informática para el cálculo del régimen*, Villa Clara: s.n.
3. Aldabaldetrecu, P., 2015. “*Evolución técnica de la máquina-herramienta.*, s.l.: s.n.
4. Anon., 2002. *Programación torno CNC.* [En línea] Available at: <http://ntic.educacion.es/w3/eos/MaterialesEducativos/mem2002/programacion/index.htm> [Último acceso: 27 febrero 2020].
5. Anon., 2012. *Diagnostics Manual.* s.l.:SINUMERIK 808D..
6. Anon., 2012. *Programming and Operating Manual.* s.l.:SINUMERIK 808D..
7. Anon., 2014. *SINAMICS V60 Controlled Power Module (CPM 60.1).Getting Started.* s.l.:s.n.
8. Anon., 2018. (*MÉTRICOS*). In: *CORPORATION, D. L. (ed.).S. SolidWorks.* [En línea] Available a: http://www.solidworks.com/sw/656_ENU_HTML.htm.
9. Anon., 2018. *3DCADPORTAL. Mastercam [Online].*. [En línea] Available at: <http://www.3DCadPortal.com>
10. Anon., 2019. Fundamentos económicos. *Constitución de la República de Cuba*, p. 3.
11. Anon., s.f. “*Consideraciones fundamentales del mecanizado en los tornos*”. [En línea] Available at: <http://pdf.rincondelvago.com/mecanizado-de-los-tornos.html> [Último acceso: 5 marzo 2020].

12. Anon., s.f. “*Historia de los tornos*” en Museo de Elgóibar.. [En línea]
Available at: <http://www.museomaquina-> [Último acceso: 5 enero 2020].
13. Anon., s.f. “*Torno*” (2011), en *Wikipedia, la enciclopedia libre*.. [En línea]
Available at: <http://es.wikipedia.org/wiki/Torno>
14. Berberena, O., 2004. *Herramientas y datos de corte*. Villa Clara: s.n.
15. China, Y. A., 2017. *MEJORAS EN EL DISEÑO DEL COCHE MOTOR LIGERO DE DIFÍCIL ACCESO (CAPD-3)*, s.l.: s.n.
16. Coromant, S., 2006. “*Productividad*”. [En línea]
Available
at:http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/CoroKey_2006/spa/Page4_1_1.pdf
[Último acceso: 25 octubre 2019].
17. Coromant, S., 2011. “*Guía Técnica de Mecanizado*”. [En línea]
Available at:
http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/downloads/tech_guide/spa/MTG_D.PD
18. Coromant, S., 2011. “*Clave de códigos para plaquitas y portaplaquitas*.. s.l.:s.n.
19. ENEVRO, . G. W. & HEINEMAN, . S. S., 1991. *Machine tools: processes and applications*.. s.l.:s.n.
20. Falcón, E. A., 2019. *EVALUACIÓN DE LA INFORMATIZACIÓN EN FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN LA EMPRESA INDUSTRIAL FERROVIARIA JOSÉ VALDÉS REYES*, s.l.: s.n.
21. GRASSO,, . J. M. R., 2009. *DIBUJO PARA INGENIEROS MECANICOS*., s.l.: s.n.
22. GRASSO, J. M. R., 2009. *DIBUJO PARA INGENIEROS MECANICOS*., s.l.: s.n.

23. http://www.solidworks.com/sw/656_ENU_HTML.htm., s.f. [En línea].
24. López, R. A. Z., 2018. *Diseño y fabricación de portatroquel para la corrugación y estiramiento repetitivo de láminas de titanio Grado 2*, s.l.: s.n.
25. Marzal Sorolla, . J. A., 2007. “*Manual de Seguridad y Salud en operaciones con herramientas manuales, maquinaria de taller y soldadura*”. [En línea].
26. PAdrón, S., 2017. *Curso de Máquinas Herramienta*, s.l.: s.n.
27. Padrón, S. & Berberena, O., 2016. *Herramientas y Datos de Corte*, s.l.: s.n.
28. Salazar, A., 2013. *Especificaciones técnicas torno convencional*. [En línea] Available at: <http://www.tecarsa.com/convencionales.htm> [Último acceso: 26 noviembre 2019].
29. Wikipedia, l. e. l., 2020. “*Torno control numérico*”. [En línea] Available at: http://es.wikipedia.org/wiki/Torno_control_num%C3%A9rico
30. ZHILYAEV, . A. P., NURISLAMOVA, . G. V. & KIM, . B. K., 2003. *Experimental Parameters Influencing Grain Refinement And Microstructural Evolution During High-Pressure Torsion*. *Acta Materiala*, s.l.: s.n.

ANEXOS

Anexo 1

Anexo 2(ISCAR,2018)



Torneado ISO
Aplicación Principal



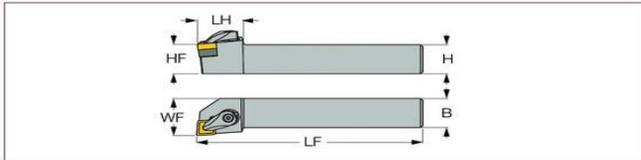
Plaquita Exl. Rómbica de 80°, Ángulo Posición 95°
Sub-Aplicación

Enlace Plaquitas

Enlace Portahtas.

ISOTURN

DCLNR/L:

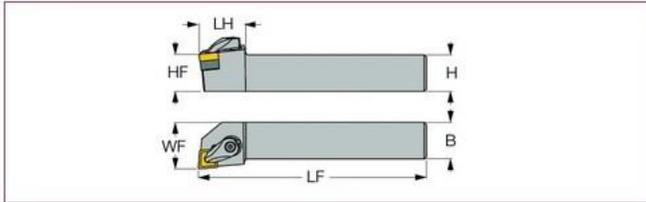


Enlace Plaquitas : DCLNL 2020K-12



ISOTURN

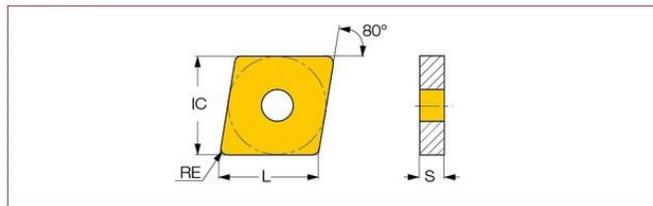
DCLNR/L:



Designation	H	HF	B	LF	LH	WF	GAMP	GAMF
DCLNL 2020K-12	20.0	20.0	20.0	125.00	35.0	25.00	-6	-6
DCLNR 2020K-12	20.0	20.0	20.0	125.00	35.0	25.00	-6	-6
DCLNL 2525M-12	25.0	25.0	25.0	150.00	35.0	32.00	-6	-6
DCLNR 2525M-12	25.0	25.0	25.0	150.00	35.0	32.00	-6	-6
DCLNL 3232P-12	32.0	32.0	32.0	170.00	35.0	40.00	-6	-6
DCLNR 3232P-12	32.0	32.0	32.0	170.00	35.0	40.00	-6	-6
DCLNL 2525M-16	25.0	25.0	25.0	150.00	36.0	32.00	-6	-6
DCLNR 2525M-16	25.0	25.0	25.0	150.00	36.0	32.00	-6	-6
DCLNL 3232P-16	32.0	32.0	32.0	170.00	36.0	40.00	-6	-6
DCLNR 3232P-16	32.0	32.0	32.0	170.00	33.0	40.00	-6	-6
DCLNL 3232P-19	32.0	32.0	32.0	170.00	50.8	40.00	-6	-6

ISOTURN

CNMG-M3P:

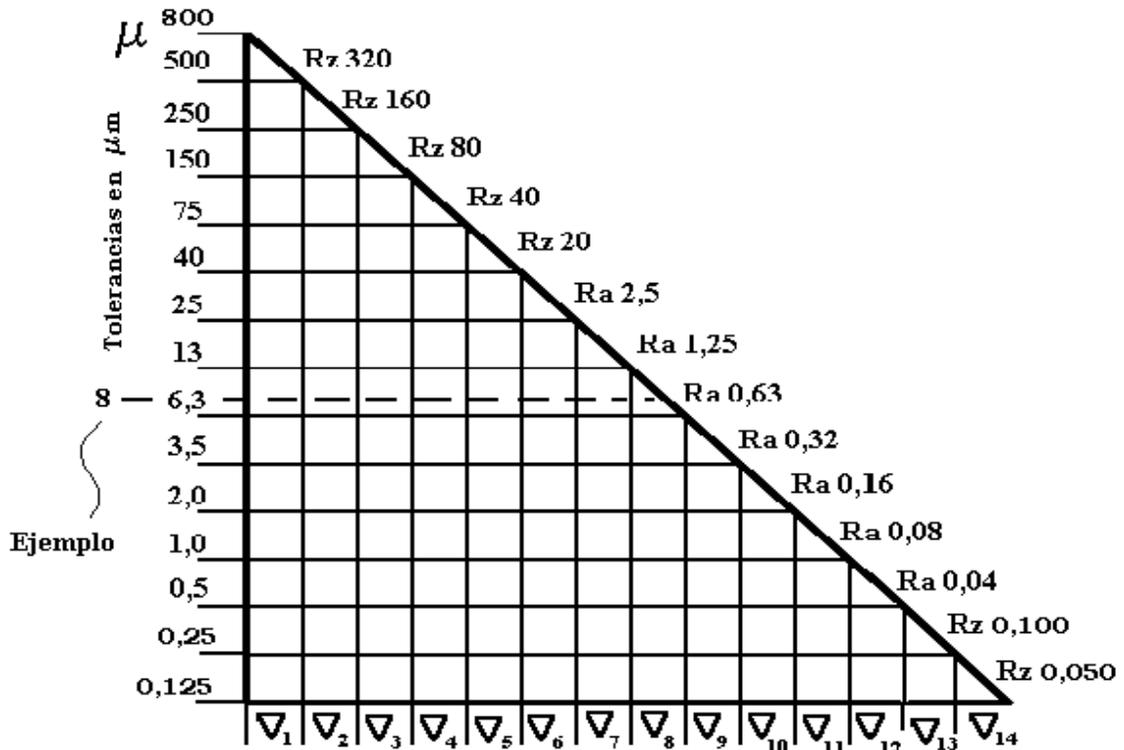


Designation	L	IC	S	RE	ft (min)	ft (max)	ap (min)	ap (max)	Tough ← Hard Calidad y Vc
CNMG 120404-M3P	12.90	12.70	4.76	0.40	0.10	0.30	0.40	5.50	IC830 IC8250 IC8150 IC807
CNMG 120408-M3P	12.90	12.70	4.76	0.80	0.15	0.50	0.50	5.50	IC830 IC8250 IC8150 IC5010 IC5005 IC807
CNMG 120412-M3P	12.90	12.70	4.76	1.20	0.18	0.60	0.80	5.50	IC830 IC8250 IC8150 IC807

Para ver la velocidad de corte recomendada, seleccione la geometría y la calidad requerida

ANEXO 3. Valores de rugosidad superficial a partir de tolerancias dimensionales. (GRASSO, 2009)

VALORES MÁXIMOS DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL



Ejemplo de como determinar la Rugosidad superficial

