

Proyecto SIRCON

Herramienta de apoyo a la programación de tornos de control numérico



ánfora

Luz Piedad Ramírez Mejía *

n países como el nuestro, el proceso de automatización industrial ha venido en aumento durante los últimos años, incrementando la cantidad y calidad de los productos fabricados, lo que hace necesario disponer de nuevas tecnologías para enfrentar este desafío.

Y es aquí donde surge un gran dilema, qué tecnología implantar? o más bien, cuál será la más adecuada a nuestras necesidades e infraestructura? Tal vez la respuesta a tales interrogantes nunca será óptima, pero por lo menos se espera que las experiencias pasadas, propias y ajenas, dejen de ser sólo un recuerdo agrio y se conviertan en base sólida para futuras decisiones, ya que sólo en la medida en que evitemos estos errores y adaptemos las tecnologías a las condiciones de nuestro país, la tecnología escogida podrá arrojar los resultados esperados.

Desde que se desarrollaron las primeras máquinas herramientas de Control Numérico y teniendo como base los adelantos alcanzados por la informática en los últimos años, ha sido necesario diseñar y construir sistemas que permitan expresar la tarea que se desea ejecutar con estas máquinas, ya que en la facilidad para realizar dicha programación se encuentra el éxito o el fracaso del proceso de automatización flexible.

Según este análisis, quizás el Control Numérico, a pesar de su poca difusión, sea la alternativa tecnológica más adecuada, por su flexibilidad y adaptabilidad a la infraestructura colombiana actual. Sólo es necesario disponer desde ahora de personal capacitado que pueda proveer el soporte y el mantenimiento respectivo a dicha tecnología, ya que en la actualidad la programación de estas máquinas herramientas es lenta, costosa, tediosa, imprecisa, paraliza la producción y requiere la dedicación de un operario calificado.

Teniendo en cuenta la anterior necesidad, se desarrolló la herramienta computacional SIRCON, la cual da confiabilidad a la labor de programación fuera de línea de máquinas herramientas de Control Numérico, facilitando

* Ing. de Sistemas. Universidad Autónoma de Manizales. La tesis fue asesorada por el Ing. de Sistemas Carlos Enrique Alvarez.

tanto la labor de mantenimiento de programas como la verificación tecnológica y geométrica de los mismos.

El presente artículo comienza mostrando las partes de un torno, todo lo relacionado con el Control Numérico y la especificación del problema que se solucionó. Una vez expuesto el problema, se analiza el dominio geométrico y el modelo de representación de sólidos utilizado para los rines, proponiendo un lenguaje para su descripción. Se presentan las especificaciones de la aplicación, las conclusiones y la bibliografía.

1. Qué es un torno?

Máquina para labrar piezas de madera, metal, hueso, etc., en la cual, el bloque inicial de material rota sobre un eje central, mientras que la herramienta de corte se mueve sobre un plano bidimensional removiendo metal, generando superficies de revolución tales como conos, cilindros y secciones de toroides. Ver Fig. 1.1.

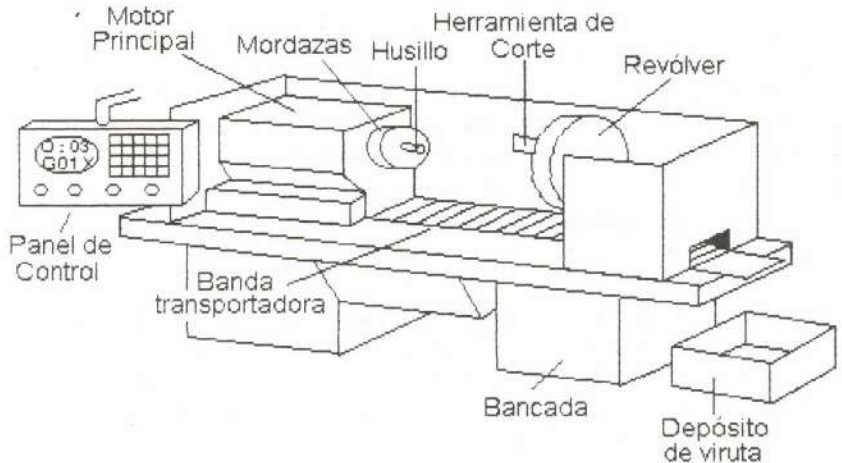


Figura 1.1. Partes del un torno de Control Numérico [5]

2. Control numérico

Antecedentes

La iniciación del desarrollo del Control Numérico tal como ahora lo conocemos, se debe a la compañía Parsons que en 1947 y por primera vez, utilizó un computador para gobernar una fresadora en la mecanización de hélices para helicópteros de diferentes configuraciones.

Esta experiencia resultó tan prometedora que la fuerza aérea de los Estados Unidos adjudicó al Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) un

contrato de investigación que dio como resultado en 1953 el primer prototipo de fresadoras con Control Numérico que gobernaba el movimiento sobre tres ejes.

Qué es el Control Numérico?

El Control Numérico es una forma de automatización programable en la que el equipo de mecanizado es controlado por un programa de instrucciones que definen los parámetros y la trayectoria de la herramienta para el maquinado de una pieza en particular. Cuando se realizan cambios en el trabajo, el programa de instrucciones debe ser modificado. La capacidad para cambiar y/o modificar los programas, en vez de realizar alteraciones a los equipos de mecanizado, hacen al Control Numérico ideal para volúmenes de producción bajas y medias.

Componentes

Los sistemas de Control Numérico están compuestos básicamente por los siguientes componentes: programa de instrucciones, unidad de control y un equipo de mecanizado (1), donde la unidad de control está conformada por dispositivos electrónicos que leen e interpretan el programa de instrucciones, convirtiéndolo en acciones mecánicas propias de la máquina herramienta, y el equipo de mecanizado es la componente encargada de ejecutar el trabajo (el torno en términos generales).

Ubicación

El Control Numérico se sitúa dentro de la informática industrial, más precisamente en la rama de la robótica industrial y la automatización de procesos discretos, según (3).

Economía

Hay gran número de razones por las cuales los sistemas de Control Numérico están siendo adoptados en la industria metalmecánica y en lotes de producción pequeñas. Estas son: reduce el tiempo improductivo y de mecanizado, el error humano, la manufactura se hace flexible y se acomodan fácilmente los cambios en los diseños estructurales a la pieza de trabajo.

Cuándo es apropiado utilizarlo

El trabajo óptimo para el Control Numérico cumple las siguientes características según (1):

- Las partes son procesadas frecuentemente y en lotes de tamaño pequeño y mediano.
- La geometría de la pieza es compleja.



- Muchas operaciones deben ejecutarse sobre la pieza en su procesamiento.
- Cuando son comunes los cambios en el diseño de la pieza.
- Cuando los errores en el procesamiento son costosos.
- Cuando las partes requieren una revisión del 100%.

Ventajas

Las principales ventajas en el uso de Control Numérico son (1):

- Mayor productividad en las máquinas herramientas porque todas las operaciones se realizan en las condiciones óptimas, sin tiempos muertos y con gran rapidez en los posicionamientos.
- Gran flexibilidad en la programación del taller, pues basta cambiar el programa de una serie determinada, por el programa preparado para el trabajo siguiente, para que la máquina empiece a trabajar sin más demora.
- Reducción de controles y piezas de desecho, debido al riguroso automatismo con que se repiten las operaciones, con resultados idénticos.
- Posibilidad de fabricar piezas muy difíciles con superficies tridimensionales, frecuentes en construcciones aeronáuticas.

Inconvenientes

La inversión por puesto de trabajo es más elevada.

La planificación del trabajo debe ser más detallada y cuidadosa.

Al valorar el coste de fabricación de cada pieza debe incluirse no sólo el tiempo de preparación del programa, sino también el de su introducción en la máquina, y repartirlo entre el número de piezas que compongan la serie.

3. Modelaje y Esquemas de representación de sólidos.

El modelaje de sólidos surge como resultado de la necesidad de abstraer conceptual y formalmente la naturaleza de los objetos sólidos para su manipulación en el computador.

Una representación de un sólido se define como un conjunto finito de símbolos que satisfacen las restricciones de sintaxis de un lenguaje y que designa a un objeto sólido existente en el mundo real.

Un esquema de representación es una relación definida sobre el dominio de los sólidos que especifica una metodología para asignar a cada elemento del dominio por lo menos una representación.

Originalmente el tipo de aplicaciones que manejaba este tipo de información, se reducía a paquetes de dibujo o de modelaje geométrico para visualización y evaluación de características geométricas y dimensionales. Estos requerimientos causaron que los diferentes esquemas de representa-

ción que fueran apareciendo, registraran solamente la información geométrica del sólido.

Con la introducción de la tecnología computacional al contexto del diseño y la manufactura industrial, se definen nuevos requerimientos sobre el esquema de representación del sólido, en este caso del producto. La implantación de los esquemas de representación existentes en las herramientas de ayuda al diseño convencional y la manufactura de productos industriales fue rápido y no tuvo mayores dificultades por cuanto este tipo de diseño se centra en la información geométrica del producto.

La experiencia con las aplicaciones CAD ha demostrado que el proceso de diseño requiere un nivel intelectual más alto que el permitido por los sistemas existentes con sus elementos geométricos primitivos. Según Krause (2), estructurar el pensamiento del ingeniero de diseño en términos de rectas y arcos, sería equivalente a construir un texto a partir de muchas letras en vez de palabras y frases.

Por esta razón es necesario integrar en la representación información tecnológica y funcional a la descripción de la geometría de la pieza, en este caso rines Figura 3.1. Para este propósito se diseñó un lenguaje de descripción de piezas basado en entidades (4), donde cada entidad es una parte del rin y estas a su vez están constituidas por una secuencia de rectas y arcos como era de esperarse. De esta manera se obtiene mayor claridad.

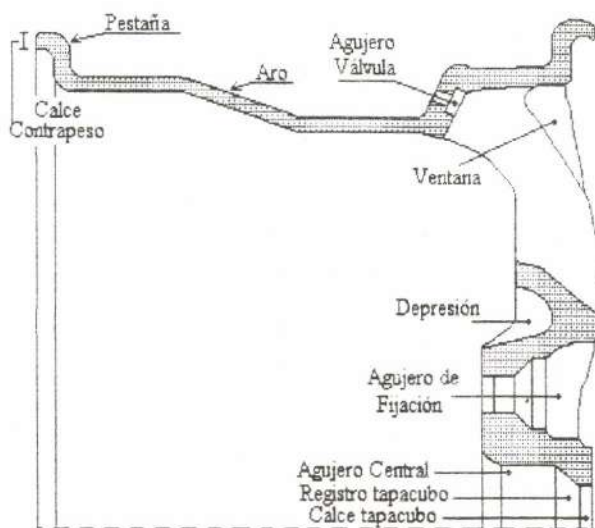


Figura 3.1. Partes de un rin

4. Programación en Control Numérico

Descripción del proceso

La organización moderna de la producción ha introducido el uso de máquinas herramientas de Control Numérico para aumentar la calidad de la producción, la cual depende de la calidad del producto (satisfacer requerimientos de tolerancias y acabados) y de la calidad del proceso (tiempo de proceso y nivel de utilización de la máquina).

En el método convencional de utilización de máquinas herramientas de control manual, la responsabilidad de la calidad del mecanizado recae directamente en la capacidad del operario de la máquina. Uno de los principales objetivos de los equipos de Control Numérico es uniformar la calidad del producto e independizarla de la experiencia del operario, la cual se puede explotar al nivel de la planeación de procesos y programación del mecanizado.

El proceso de mecanizado se divide en dos etapas: La etapa de preparación o configuración del proceso y la etapa de mecanizado o corte.

Durante la etapa de preparación se montan los dispositivos de fijación, se fija la pieza, se preparan las herramientas, se configura el revólver y se definen los puntos de referencia del proceso.

En la etapa de mecanizado o corte se activan las funciones de movimiento de la máquina, los dispositivos de lubricación y las demás funciones con el objeto de mecanizar la pieza.

Los equipos de Control Numérico permiten implementar en un lenguaje de bajo nivel (lenguaje de máquina) la mayor parte de estas funciones, por lo que sólo las operaciones manuales se limitan a la configuración del proceso.

Las herramientas de apoyo a la programación ofrecen facilidades para generar los programas de Control Numérico a partir de lenguajes de programación de más alto nivel como APT (Automated Programmed Tool).

Los principales problemas que se presentan durante la programación de máquinas herramientas, son los siguientes:

- Cálculo de los parámetros óptimos de mecanizado teniendo en cuenta las características del material, de las herramientas y las capacidades de la máquina.
- Definición de la ruta y orientación de la herramienta de corte.

- Definición de las operaciones de mecanizado en un nivel de abstracción más alto en comparación con el lenguaje de máquina.
- Corrección y validación del programa de Control Numérico.

En general, las técnicas de lenguajes de programación, análisis de algoritmos, proceso de optimización y análisis estadístico, son algunas herramientas alternas de apoyo a la programación de máquinas herramientas.

Estructura de la herramienta de apoyo a la programación SIRCON

El objetivo de todo sistema para la programación de máquinas herramientas es la producción rápida y eficiente de programas correctos que sean fácilmente modificables. Para cumplir con este objetivo, además de los lenguajes de programación explícitos, es necesario disponer de una serie de herramientas cuya importancia es a veces mayor que la de los mismos lenguajes, permitiendo al usuario interactuar con el sistema para la búsqueda de una solución a la tarea propuesta.

Los ambientes permiten al programador interactuar con las diferentes herramientas que proveen el sistema generando soluciones transitorias, que se refinan utilizando los diferentes mecanismos de validación y simulación gráfica hasta obtener una solución que satisfaga los requerimientos de la tarea. Una vez concluida la etapa de programación, los ambientes proveen sistemas de comunicación que permiten la ejecución del programa directamente en la máquina herramienta.

Las características básicas que debe poseer un ambiente de programación para llegar a la solución de tareas medianamente complejas son:

- capacidad de simulación gráfica
- lenguaje de programación explícito
- editor de texto
- ejecución de programas paso a paso
- sistema para la detección de colisiones
- sistema de «razonamiento geométrico» (análisis de tolerancias)



Mientras más ayudas preste un ambiente al programador, más capacidad de solución tiene el sistema, permitiendo resolver tareas de mayor complejidad.

- **Editor de Texto:** Es la herramienta que facilita la entrada de las instrucciones que conforman los programas de maquinado y descripción de piezas. Deberá poseer todas las facilidades de un editor de texto convencional, más ayudas gramaticales y numeración automática.
- **Ayudas Gramaticales:** Con el ánimo de facilitar la labor del programador la herramienta debe disponer de ayudas gramaticales para las palabras reservadas que componen el lenguaje de programación.
- **Numeración Automática:** Para facilitar la labor de mantenimiento de programas en Control Numérico (tediosa por la numeración exhaustiva y secuencial de cada instrucción), la herramienta de apoyo a la programación debe disponer de un sistema de numeración rápida de instrucciones.
- **Depurador de Programas:** Como soporte a las diferentes ayudas y utilidades del ambiente, se debe contar con un conjunto de instrucciones adicionales al lenguaje de Control Numérico, que aumentan la capacidad expresiva y facilitan el reconocimiento de la sección geométrica que se está maquinando.
- **Compilador:** Se debe disponer de un compilador que reciba las instrucciones o comandos con sus respectivos parámetros y proceda a realizar las verificaciones léxicas y sintácticas, mostrando el número de la línea en la que se encontró el error, en caso de presentarse. Una vez realizadas dichas validaciones, se procede a ejecutar las instrucciones.
- **Simulador:** La estructura de un simulador debe solamente obedecer a las mismas ecuaciones que rigen el mecanismo que se desea estudiar o que definen el movimiento del cuerpo observado. Durante mucho tiempo, el modelo reducido fue el único tipo de simulador conocido. Modernamente las consideraciones de analogía han permitido ampliar de manera notable esta noción, sobretodo por el hecho de que los computadores pueden ser excelentes modelos para simular fenómenos mecánicos.

La utilización de simuladores puede justificarse por distintas razones: seguridad, economía posibilidad de entrenar a un gran número de personal al manejo de una máquina.

- **Verificador:** Un verificador será un programa comprobador que analiza, inspecciona o controla la información que se está preparando para ser procesada o que se está efectuando, para comprobar que una tarea ha sido correctamente hecha y responde a las normas prescritas. En otras pala-

El objetivo de todo sistema para la programación de máquinas herramientas es la producción rápida y eficiente de programas correctos que sean fácilmente modificables.

bras, es un programa que comprueba las operaciones a resultados parciales o finales en otro programa.

Los verificadores de más utilización para máquinas herramientas de Control Numérico son de dos tipos: geométricos y mecánicos. En los primeros, sólo se analizan los aspectos que hacen referencia a la forma, dimensiones y acabados de la pieza y la herramienta. Mientras que los segundos están estrechamente relacionados con los aspectos cinemáticos de la operación de corte y con las capacidades de la máquina.

- **Interfaz con una herramienta CAD:** Por último, sería óptimo disponer de una herramienta de visualización de piezas metalmecánicas que facilite la comprensión de la simulación del proceso realizado por el torno.

Conclusiones

A pesar de la falta de difusión del proceso de automatización industrial en el país, más específicamente en el campo del Control Numérico, es necesario desarrollar la infraestructura básica para su utilización y aprovechamiento, para que cuando dicha tecnología se utilice masivamente, el proceso de automatización no sufra retrasos adicionales. De esta forma, los métodos de programación deben ser rápidos, seguros, eficientes, y sobretodo, deben garantizar un total aprovechamiento de las diferentes características que presentan para su buen desempeño en el proceso de automatización.

La programación fuera de línea de máquinas herramientas de Control Numérico mediante el uso de ambientes de programación o de ayudas computacionales, tiene especial interés en aplicaciones de compleja especificación y difícil solución, debido a la cantidad de tiempo que requiere encontrar y probar una solución, ya que en caso de no contar con un sistema de esta naturaleza, habría la necesidad de mantener parada la máquina durante todo el tiempo que dure el proceso de programación con las pérdidas que esto conlleva.

El diseño del ambiente de programación se debe basar en la metodología de programación modular, con el fin de facilitar la expansión y el mantenimiento del sistema, donde cada módulo de software agrupe las funciones que realice, permitiendo además ser utilizado como banco de pruebas para estudiar y plantear soluciones a problemas típicos que se presenten en la simulación y programación fuera de línea de máquinas herramientas de Control Numérico.



Bibliografía

- (1) GROVER, Mikell P., «Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing», prentice hall, Estados Unidos de Norte América, 1987.
- (2) KRAUSE Frank Lothar, Vosgerau Fritz. Yaramanoglu Nezh. «Implementation of Thecnical Rules in a Feature Based Modeller», Institute for Machine Tools and Manufacturing Technology. Technical University. Berlín, 1989.
- (3) GONDRAN, Michel. «L Informatiqué et la Commande Numeriqué». Educalivre. París, 1989.
- (4) GUTIERREZ, Eliécer G. «Herramientas de productividad en la Manufactura apoyada por Computador: Un enfoque por rasgos». Tesis de Posgrado. Universidad de los Andes, Santafé de Bogotá, Colombia, 1981.
- (5) BARTSCH Walter. «An der Drehnbank». Editorial Reverté S. A., España, 1981.

