

# Adecuación tecnológica de un torno Compact 5 CNC a través de un PC

## *Technological adaptation of 5 CNC lathe Compact through a PC*

Recibido:17-08-10 Aceptado 20-11-10

JOSÉ AGUSTÍN MURIEL ESCOBAR<sup>1</sup>  
ERNESTO GIRALDO GIRALDO<sup>2</sup>

### Resumen

El siguiente artículo presenta la adecuación tecnológica realizada en un torno CNC Compact 5, al que se le efectuaron varias modificaciones relacionadas con la instalación de sensores en los carros longitudinal y transversal, el diseño de tarjetas de control y potencia y el diseño de una interfaz usuario-máquina para la carga de programas y simulación de trayectorias antes de realizar el proceso de maquinado.

**Palabras clave:** Adecuación tecnológica, CNC, interfaz, sensores, programa

### Abstract

The following article describes the technological adaptation made in a lathe 5 CNC Compact with many modifications related to: installation of sensors in transversal and longitudinal axes, design of control and power cards; and design of a human-machine interface for introducing programs and path simulations before machining process.

**Key words:** technological adaptation, CNC, interface, sensors, program

### Introducción

La tecnología de control numérico en nuestro medio es aún incipiente, pues existen todavía máquinas-herramientas convencionales que operan de manera tradicional. Solamente las empresas que han tomado conciencia de la importancia de mejorar el rendimiento de sus procesos productivos y por ende la calidad de sus productos, han tomado la decisión de aplicar la tecnología de control numérico.

Debido a que dicha tecnología es propia de la década de los años setenta nació la idea de modernizarla empleando electrónica digital basada en microprocesadores y programas con interfaces gráficas para la interacción usuario-máquina. Se decidió entonces, realizar una prueba piloto con un torno Compact 5 CNC para llevarlo al estado del torno semindustrial (Chacón *et al.*, 2004).

### Metodología

En el sentido más general, se distinguen dos tipos de control numérico a saber: punto a punto y contorneo que están asociados al modo de desplazamiento de los ejes de la máquina.

<sup>1</sup> Ingeniero Mecánico, M.Sc. Instructor del Sena, Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. Profesor Auxiliar de la Universidad Tecnológica de Pereira. agustin.muriel@utp.edu.co, jamuriel@sena.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniero Mecánico, M.Sc. Instructor del Sena Centro de Diseño e Innovación Tecnológica Industrial. Dosquebradas. egiraldog@sena.edu.co

En el sistema *punto a punto*, se parte de la información suministrada por el programa y antes de iniciarse el movimiento el control determina el camino que se va a recorrer. Posteriormente, se realiza dicho posicionamiento sin tener en cuenta la trayectoria recorrida, puesto que lo único que importa es alcanzar con precisión y rapidez el punto requerido. Este posicionamiento puede ser secuencial o simultáneo y se realiza normalmente a la velocidad máxima de la máquina razón por la cual, en este tipo de sistemas no se controla ni se programa la velocidad de avance ni de rotación del útil.

Los sistemas de *contorneo* controlan no solo la posición final sino la posición instantánea de los ejes en los cuales se realiza la interpolación. En estos equipos debe haber una sincronización perfecta entre los distintos ejes con el fin de controlar la trayectoria que deberá seguir la punta de la herramienta. Con estos equipos se pueden generar recorridos como rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas u otra curva definible matemáticamente y esta versatilidad es la razón por la cual esta modalidad será la elegida para el presente proyecto.

La tendencia moderna en control numérico está centrada fundamentalmente en tres aspectos: control numérico computarizado (CNC), control numérico directo (DNC) y control numérico adaptativo (ANC).

Hasta hace poco un minicomputador era utilizado como órgano de control y para ello debía crearse un programa para cada pieza. Actualmente con la aparición del microprocesador (Sierra y Pérez, 1999) y de los circuitos LSI se está cambiando la concepción del control numérico computarizado (CNC), logrando así fiabilidad, bajo costo y la posibilidad de funcionar correctamente en condiciones ambientales extremas. Sin embargo, su limitación está asociada con la velocidad, razón por la cual se tiende a usar sistemas de control con procesamiento distribuido (inteligencia distribuida) basados en uno o varios microprocesadores que trabajan en paralelo y realizan, entre otras, funciones como contadores programables.

La función principal de un control numérico es gobernar los motores de una máquina- herramienta (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2003) que llevan a cabo el desplazamiento relativo entre el útil y la pieza situada sobre la mesa. Si se considera un desplazamiento en un plano será necesario accionar dos motores; en el espacio tres motores y así sucesivamente. En el caso de un control numérico punto a punto y paraxial, las órdenes suministrados a cada uno de los motores no tienen relación entre ellas, pero en un sistema por contorneo estas se rigen por una ley determinada.

Para el control de los motores de la máquina-herramienta (Maturana, 2001) se pueden crear dos tipos de servomecanismos: en lazo abierto y en lazo cerrado.

El torno CNC (Simone y Reveron, 2001) descrito en este trabajo es un servomecanismo en lazo abierto (Figura 1) y las órdenes a los motores se envían a partir de la información suministrada por la unidad de cálculo que se encarga de obtener la distancia que se va a recorrer y la velocidad de posicionamiento.



Figura 1. Servomecanismo en lazo abierto

Para entender el alcance del trabajo se describe a continuación el estado del torno en la actualidad y se analizan algunas alternativas para mejorar su prestación.

El torno Compact 5 no tiene definido un cero de máquina que determine su alcance máximo a lo largo de los ejes transversal y longitudinal (Saltarín, 2004) por lo cual se consideró la opción de instalar sensores ópticos tipo herradura al final del recorrido de los carros teniendo en cuenta las siguientes opciones:

- Sensores inductivos
- Sensores capacitivos
- Finales de carrera (interruptores electrónicos)

La decisión de implementar los sensores ópticos (Figura 2) se debió a su bajo desgaste, su fácil instalación, la existencia de menos interferencias con los residuos desprendidos del proceso de maquinado y su bajo costo.



Figura 2. Instalación de sensores

Los motores que el torno emplea para mover los carros longitudinal y transversal son *paso a paso* (Figura 3) unipolares de 5° por paso. Su desventaja consiste en que trabajan en lazo abierto, sin embargo existen alternativas para mejorar esto, consistentes en:

- Cambiarlos por servomotores.
- Instalar *encoders* giratorios sobre los ejes de los motores.
- Instalar *encoders* lineales y sensores a lo largo de los carros.

Por costos se decidió no cambiar los motores, sin embargo la mejor opción en un futuro es usar servomotores y su respectiva tarjeta con *drivers* para su control.

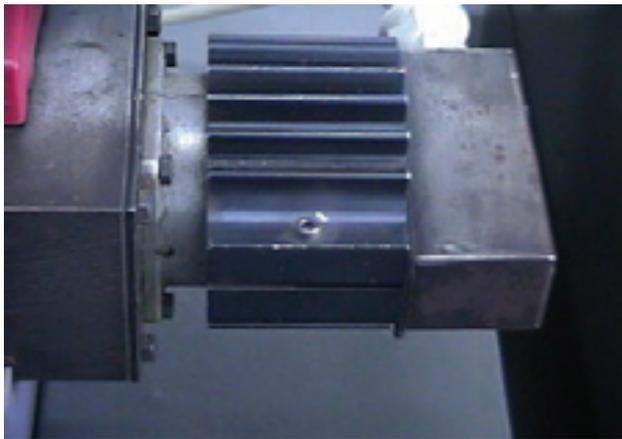


Figura 3. Motor paso a paso

La variación de la velocidad del husillo se realiza manualmente en la actualidad, mediante el empleo de un potenciómetro análogo (Figura 4) y para los ciclos de roscado se hace un cambio manual de poleas con el fin de variar la relación de transmisión entre el motor principal y el husillo.



Figura 4. Variación de velocidad del husillo.

El motor del husillo es de corriente directa y escobillas de imán permanente (Figura 5) lo cual hace su mantenimiento más exigente.

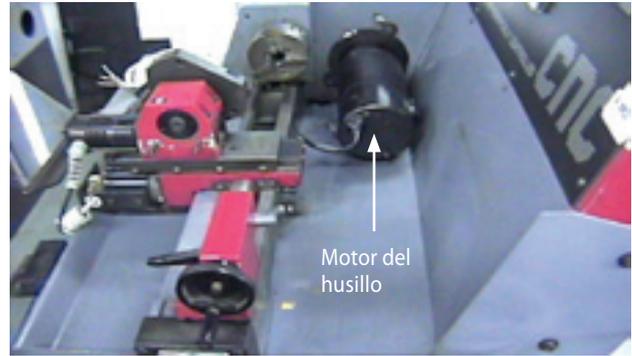


Figura 5. Motor DC del husillo

Así mismo, su control se pudo haber realizado con un control PWM. Sin embargo se optó por cambiar dicho motor por uno trifásico de 1 HP y 3410RPM que transmite movimiento al husillo a través de un sistema de poleas fijas con un variador de velocidad electrónico que mantiene constante la velocidad seleccionada en el programa para una determinada operación de maquinado (Figura 6). El cambio de velocidad se hace desde el programa cambiando el *set point* desde el variador electrónico.

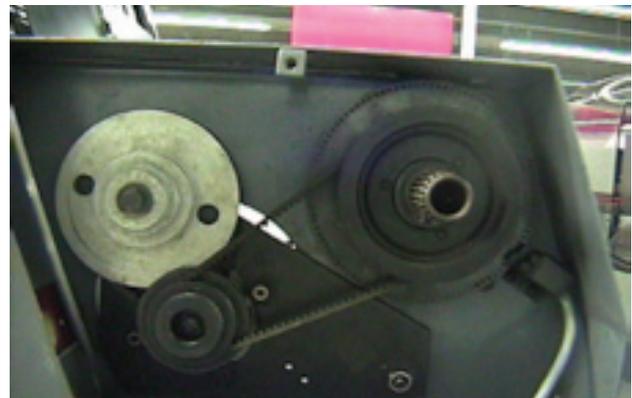


Figura 6. Cadena cinemática para la velocidad del husillo

Para la interacción del usuario con la máquina se dispone de un teclado, un monitor de catorce pulgadas (Figura 7) y un brazo trazador el cual grafica sobre un papel la trayectoria de la herramienta antes del proceso de maquinado.



Figura 7. Introducción de programas

Por tal razón se planteó la opción de elaborar una interfaz gráfica soportada en un computador (Sánchez, 1988) desde la cual el usuario interactúa con la máquina en forma cómoda introduciendo el código (Figura 8).

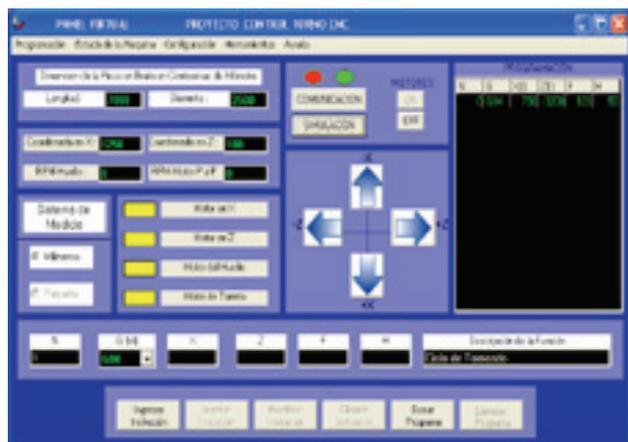


Figura 8. Interfaz para introducción de programas

Adicionalmente, es posible simular la trayectoria de la herramienta antes o simultáneamente con el proceso de maquinado (Figura 9).

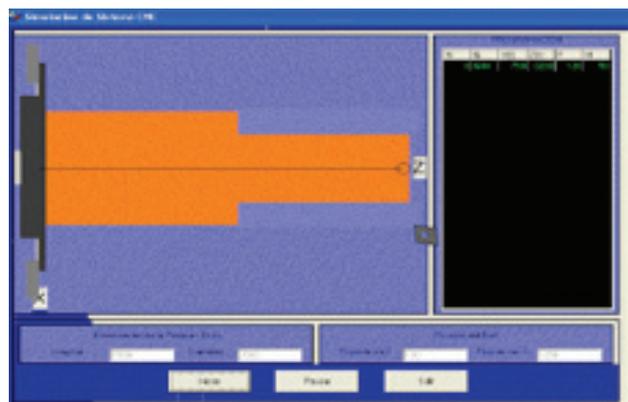


Figura 9. Simulación del maquinado.

De las opciones disponibles en el mercado, se decidió escoger Visual Basic (Greg, 1999), debido al fácil manejo gráfico. Además, permite la comunicación con el entorno a través del puerto serial.

El torno original posee ocho tarjetas alojadas en un armario de control (Emco Maier Gesellschaft M.B.H., 1985) entre las que se cuentan la tarjeta de la CPU, la tarjeta para manejo del husillo, la tarjeta para motores paso a paso, la tarjeta control de la torreta, la tarjeta de video, la tarjeta de potencia y la tarjeta para registro de programas (casetes) (Figura 10).



Figura 10. Armario de control con tarjetas

Con el propósito de mejorar el desempeño del torno se diseñaron y fabricaron varias tarjetas: una tarjeta de control basada en un microcontrolador, una tarjeta de potencia, una tarjeta para el manejo de los sensores y un panel de operaciones. (Figura 11).

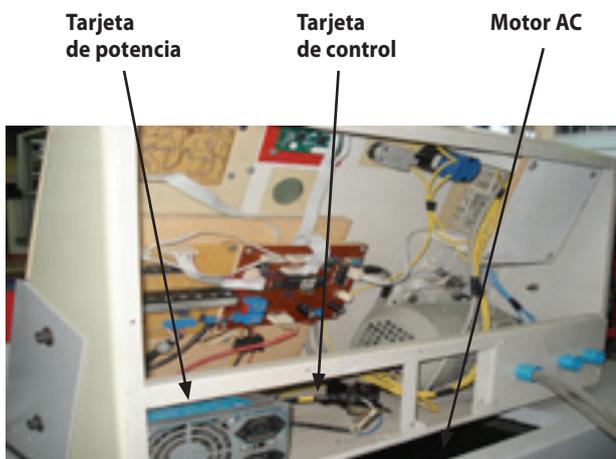


Figura 11. Armario con tarjetas diseñadas

La velocidad de transmisión en el torno original con otros equipos puede llegar a 300 baudios y se realiza a través del puerto serial.

Con base en lo anterior, se decidió emplear la misma transmisión de tipo serial, asincrónica (sin base de tiempo) y *full* dúplex (bidireccional). Para ello se apoyó en la fortaleza de un microcontrolador como el Atmel 89C51 para la comunicación serial. Adicionalmente se empleó un reloj de 12 MHz y se obtuvo una velocidad de transmisión de 28800 bits, la cual es significativamente superior a los 300 *bits* por segundo que maneja el torno.

Una ventaja adicional del puerto serial respecto del paralelo radica en que en el puerto serial se puede manejar una distancia máxima de 15 m y la conexión de un solo equipo.

Para la comunicación entre las tarjetas de control y el torno se empleó un microcontrolador de la familia Atmel 89C52 por sus altas prestaciones y bajo costo. En la Figura 12 se muestra el diagrama de la tarjeta de control empleada.

El aspecto final del torno Compact 5 CNC se muestra a continuación en la Figura 13.

## Resultados

Se simuló la fabricación de una pieza cilíndrica de bronce, luego se mecanizó en el torno repotenciado y se obtuvieron los siguientes resultados:

- Trabajo con de diferentes velocidades de corte modificando la velocidad del husillo principal desde el programa mediante la inserción de un variador de velocidad electrónico y un motor trifásico con variación de la frecuencia.
- Velocidades de avance de los carros longitudinal y transversal suficientes para avances de trabajo pero limitadas para desplazamientos en vacío, lo cual incrementa el tiempo de producción de una pieza.
- En cuanto a la geometría de la pieza por mecanizar, solo se desarrollaron los comandos para operaciones de cilindrado y refrentado.



Figura 13. Aspecto final del torno Compact 5 CNC.

- Definición del área de trabajo del torno mediante la ubicación de sensores ópticos.  
Se realizaron pruebas con los motores paso a paso y se obtuvieron gráficas como las de las Figuras 14 y 15.

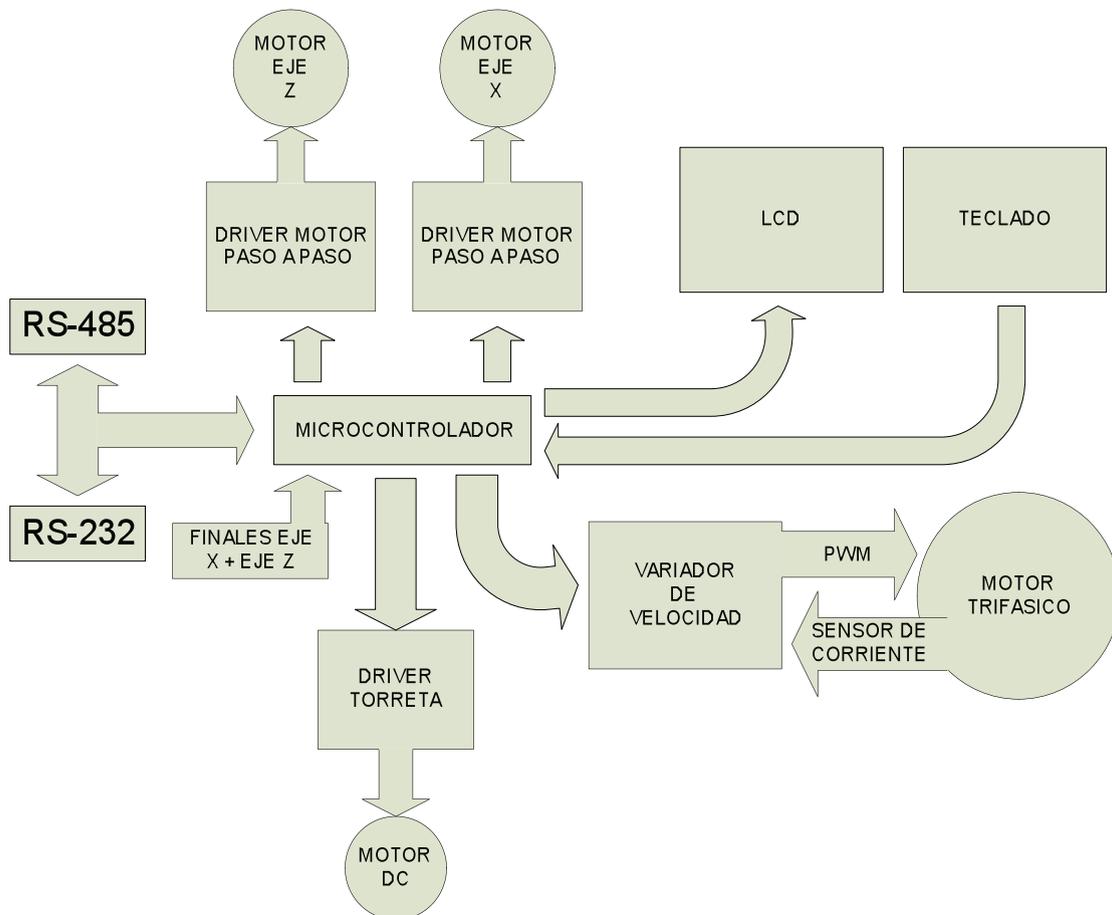


Figura 12. Diagrama de la tarjeta de control

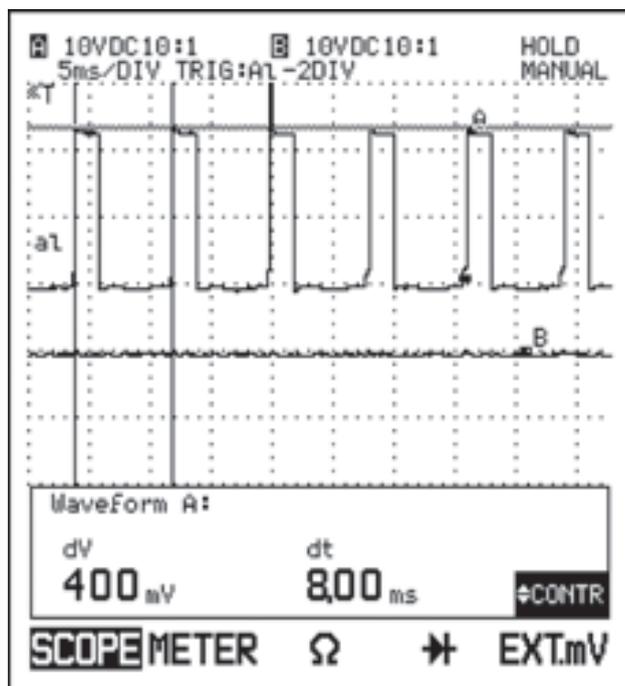


Figura 14. Pulso completo eje Z máxima velocidad.

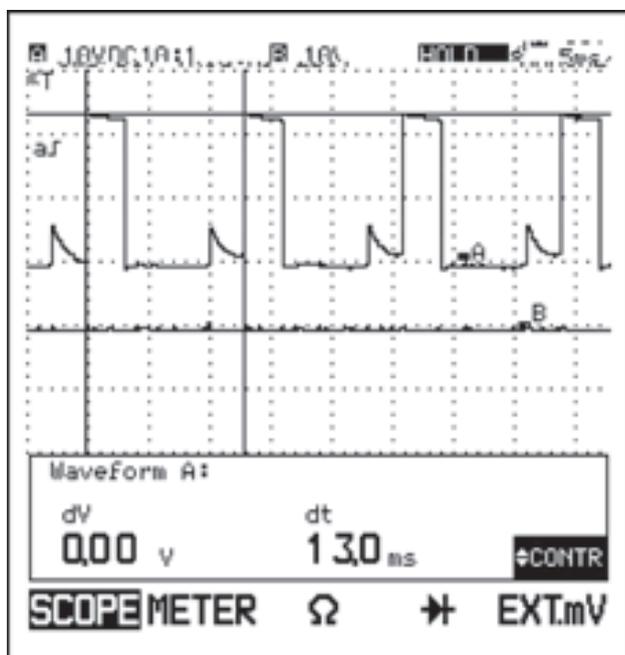


Figura 15. Pulso completo eje X máxima velocidad.

## Conclusiones

Las conclusiones derivadas del presente trabajo se relacionan a continuación:

- Se elaboraron tarjetas de control, de potencia y de sensores. Entre ellas se incluye el suministro de niveles de voltaje de 40 voltios DC necesarios para aumentar la velocidad máxima de los motores paso a paso.

- La velocidad máxima obtenida en los motores paso a paso se debe aumentar utilizando voltajes superiores al valor nominal, con el fin de producir pulsos que permitan, mediante la técnica de chopeado, aumentar la frecuencia y por ende la velocidad de los motores.
- La forma de comunicación máquina-usuario se mejoró con la elaboración de la aplicación realizada en Visual Basic.
- Dentro de la programación del torno (Emco Maier Gesellschaft M.B.H, 1985) se introdujeron comandos tales como G00 (marcha rápida), G01 (interpolación lineal), G04 (retardo) y G64 (desconexión de motores sin corriente). Falta la inclusión de los comandos de programación G02 (interpolación circular hacia la derecha), G03 (interpolación circular hacia la izquierda), G84 (ciclo de cilindrado) y G78 (ciclo de roscado) entre otros. Esto se realizará en futuros proyectos.
- Dentro de la propuesta presentada en el presente trabajo se pueden mejorar las prestaciones si se establece en la tarjeta de control la instalación de un microcontrolador por cada eje de trabajo y así optimizar el tiempo de operación del proceso.
- Es posible abordar en nuestro medio la tecnología del control numérico computarizado con vistas a repotenciar equipos convencionales a bajo costo (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2003) tales como tornos y fresadoras, entre otros, sin necesidad de depender de compañías extranjeras.
- La implementación realizada en el presente proyecto demuestra que con elementos electrónicos de nuestro mercado se pueden elaborar tarjetas que permitan controlar los ejes (dos o tres) en una máquina herramienta convencional.
- El desarrollo de aplicaciones apoyadas en *software* de fácil adquisición en nuestro medio, como el Visual Basic permite llegar a generar ambientes interactivos con el usuario de fácil manejo.
- Se bajan sensiblemente los costos de mantenimiento de las máquinas, gracias a que no es necesario recurrir a especialistas en el área ya que se puede contar con personal formado en las instituciones educativas, particularmente el SENA y la Universidad Tecnológica de Pereira.
- La transmisión de los trenes de pulsos desde el microcontrolador al motor paso a paso reduce velocidad en los ejes, por lo que se puede descargar el microcontrolador de tareas innecesarias y dejar que el computador ejecute únicamente cálculos. Así mismo, se deben descargar los resultados en una memoria serial o paralela que pueda ser leída por el microcontrolador y este a su vez transmitir las órdenes al motor a través de la generación de trenes de pulsos.

## Referencias

- CHACÓN, R.; MORA, J. A. y HERNÁNDEZ, E. Automatización de un torno Control Numérico Computarizado (CNC) mediante Labview. 2004
- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Conversión de torno paralelo convencional a torno de Control Numérico Computarizado de producción con torreta de ocho posiciones. Aguascalientes, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2003
- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Desarrollo de software para control de movimiento en coordenadas X, Y, Z en Control Numérico Computarizado a través de Computador y control de velocidad del husillo. Aguascalientes, México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, 2003.
- EMCO MAIER GESELLSCHAFT M.B.H. Manual de Instrucción de Servicio EMCO Compact 5 Control Numérico Computarizado Austria: Emco Maier Gesellschaft M.B.H., 1985.
- EMCO MAIER GESELLSCHAFT M.B.H. Manual para el Alumno EMCO Compact 5. Control Numérico Computarizado. Austria: Emco Maier Gesellschaft M.B.H, 1985
- GREG, P. Aprendiendo Visual Basic V. 6.0 en 21 días. Editorial Prentice Hall, 1999
- MATURANA OVALLE, F. J. Automatización de un torno fresador Control Numérico Computarizado. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2001
- SALTARÍN NORIEGA, Cristian. Automatización de los Ejes de Desplazamiento de un Torno Convencional. Universidad del Atlántico, 2004.
- SÁNCHEZ MONTERO, F. J. Automatización de una máquina torno-fresa mediante un sistema informático. Colombia: Universidad Nacional, 1988.
- SIERRA ESPEJO, F. y PÉREZ FERNANDO, S. Automatización de una máquina fresadora mediante microprocesador. España: Escuela Politécnica Superior, 1999.
- SIMONE, A. y REVERON, E. Automatización y Control de un Mini-Torno Paralelo. Venezuela, 2001.