

Desarrollo de una metodología para la actualización de máquinas CNC a bajo costo**Development of a methodology for updating CNC machines at low cost**

MENDOZA PINTO, Luis Manuel†* & NOVELO MOO, Thelma

*Universidad Tecnológica Metropolitana, Calle 111 por 46 y 48 No.315, Col. Santa Rosa, C.P. 97279, Mérida Yucatán, Mexico*ID 1^{er} Autor: *Luis Manuel, Mendoza-Pinto* / ORC ID: 0000-0002-0786-2602, Researcher ID Thomson: T-3628-2018, CVU CONACYT-ID: 285132ID 1^{er} Coautor: *Thelma, Novelo-Moo* / ORC ID: 0000-0002-6383-9933, Researcher ID Thomson: T-4508-2018, CVU CONACYT-ID: 458937

Recibido 22 de Febrero, 2018; Aceptado 28 Marzo, 2018

Resumen

En el presente artículo mostramos la aplicación de una metodología que permite la actualización de máquinas CNC obsoletas, las cuales su tiempo de vida tecnológica para la parte de control electrónico ya ha terminado. La metodología explica que si la parte mecánica es aún utilizable entonces se puede rehabilitar el control utilizando un equipo de cómputo y otros dispositivos que se encuentran comercialmente disponibles. La característica de estos componentes es que al ser genéricos tiene un costo muy bajo y fácilmente se pueden conseguir. Se realizó la actualización de una máquina CNC aplicando y probando una metodología descrita para comprobar la efectividad de esta. Esta metodología se aplicó a la recuperación un CNC marca Boxford modelo DUET que se encontraba en desuso por estar obsoleto. Los resultados fueron satisfactorios al poder rehabilitar el equipo para beneficiar a estudiantes y académicos en la elaboración de prácticas para la enseñanza de Control Numérico.

Rehabilitación, CNC, CAM, Bajo Costo**Abstract**

The application of a methodology that allows the update of obsolete CNC machines, which their technological life time for the electronic control has already finished, is presented. The methodology explains that if the mechanical part can be used then the control can be rehabilitated using a computer equipment and other devices that are commercially available. The characteristic of these components is that being generic and it has a very low cost and they are easy to get. The updating of a CNC machine was carried out applying and testing a methodology described for the verification of its effectiveness. We applied the methodology to upgrade an CNC machine, model DUET brand Boxford that was off of use due to obsolescence. The results were satisfactory to be able to rehabilitate a team in the laboratory of the Metropolitan Technological University. In this way, We reactivate practices in Numerical Control teaching.

Rehabilitation, CNC, CAM, Low Cost

Citación: MENDOZA PINTO, Luis Manuel & NOVELO MOO, Thelma. Desarrollo de una metodología para la actualización de máquinas CNC a bajo costo. Revista de Ingeniería Industrial. 2018. 2-3:10-15.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (luis.mendoza@utmetropolitana.edu.mx)

Introducción

Los sistemas de control numérico (NC) para máquinas herramienta constituyen un área importante de la manufactura de precisión. Así el Control Numérico Computarizado (CNC), Control Numérico Directo (DNC) y Fabricación Asistida por Computadora (CAM) representan estadios progresivamente avanzados en aplicaciones informáticas en el área de control de la máquina herramienta. (Athani & Vinod, 1986).

El diseñador generalmente usa un programa de Diseño asistido por computadora / Fabricación asistida por computadora (CAD / CAM) en una computadora para generar el archivo "G-code". El código G de salida del sistema CAM se transfiere al controlador de la máquina para la interpretación y el consiguiente control del movimiento de la herramienta. (Ankit Khanna, 2013)

Los controladores de máquina tradicionales (como Fanuc, Siemens) emplean sistemas CNC basados en PC o integrados que son muy robustos haciéndolos inaccesible para el uso de industrias de pequeña escala y usuarios de CNC de la base de la pirámide.

La modernización tecnológica en la industria actual depende en gran medida y sigue la integración de equipos CNC, que asume un papel preponderante en el desarrollo de las empresas. (Peixoto & Monteiro, 2018)

El avance de la tecnología en la parte electrónica ha demostrado que se pueden tener las mismas prestaciones de los equipos de CNC grandes con componentes de bajo costo.

En 2011 Chaides, et al. presentan los obtenidos en la restauración operativa de un torno de control numérico didáctico con 30 años de antigüedad. (Chaides, et al., 2011)

En 2013 Khanna et al. analizan el desarrollo de un sistema CNC de bajo costo capaz de operar interpolados simultáneamente en 6 ejes. El menor costo se logra al incorporar todas las características de un sistema CNC basado en microcontrolador o PC estándar en un sistema integrado basado en Arduino. (Khanna, et al., 2013).

En 2016 Dermani y Nategh buscaron agregar un código G al sistema CNC hexápodo para compensar el desgaste de la herramienta. (Dermani & Nategh, 2016).

En 2017 Prince, et al. presentaron un modelo asequible de una máquina trazadora CNC que es capaz de dibujar un diseño de circuito en PCB o cualquier otra superficie sólida usando un algoritmo simple y componentes disponibles (Prince, et al., 2017).

En 2018 Paprocki et al. presenta un sistema de control de máquina CNC basado en PC que se comunica con servoaccionamientos y dispositivos auxiliares de entrada. (Paprocki, et al., 2018).

En las máquinas modernas de CNC, todo el trabajo se lleva a cabo en integración con las computadoras, por lo tanto, es un sistema totalmente integrado en la computadora. (Patel, et al., 2018).

Por otro lado, en la informática industrial, existen varios tipos de software para Control Numérico por Computadora. (Rincón-Maltos, 2016).

Desarrollo

La rehabilitación de equipos obsoletos siempre presenta un reto para cualquier especialista técnico. Por lo que contar con una metodología que permita guiar a los especialistas es primordial para el éxito del proyecto. El método que se presenta es puramente cualitativo y permite por medio del análisis determinar la posibilidad de restauración del equipo, así como los pasos que se necesitan para completar la tarea.

El diagrama de la Figura 1 muestra una conceptualización de las partes de un CNC en forma general. Todo CNC tiene una parte electromecánica, una parte de control que puede ser proporcionado por un control integrado o por una computadora que hace el procesamiento y una tarjeta de interface que se encarga de enlazar la computadora con los drivers de los motores y recoger las señales de los sensores y enviarlas al computador. Los drivers tienen la función de mover los motores, los cuales pueden ser de pasos o de CD para CNC pequeños exclusivamente, sistemas robustos se utilizan servomotores.

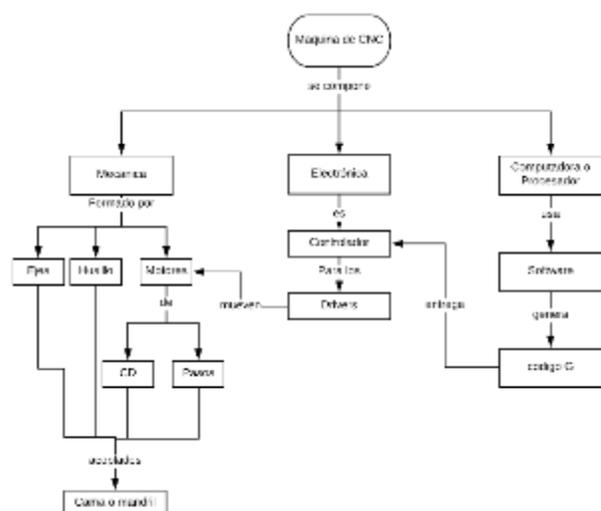


Figura 1 Diagrama conceptual del funcionamiento de un CNC

El método consiste en poder reemplazar la parte electrónica que es la que normalmente se vuelve obsoleta debido a los avances tecnológicos. El primer paso para lograr la rehabilitación es el análisis del CNC para determinar a través de pruebas físicas el estado de los componentes. La metodología parte del hecho de que la parte mecánica, que suele ser la más costosa, está en condiciones operativas o que requiere poca inversión y mantenimiento.

Para determinar el estado físico del CNC se recomienda utilizar una lista de verificación instrumento que permite de forma clara y rápida obtener información del equipo. Los puntos que se deben plantear en esta lista de verificación es la revisión física de los componentes como: los husillos de cada eje, acoplamiento de motores y husillos, tuercas de cada husillo, las guías de cada eje son importantes, se deberá observar que estos no tengan rayones y que se lubriquen adecuadamente. En esta revisión la información eléctrica es crucial porque de esta información se puede determinar las características de las tarjetas que se utilizarán para reemplazar la parte electrónica del CNC.

De acuerdo con el diagrama de flujo de la Figura 2 si la parte mecánica es reutilizable entonces el reemplazo de la parte electrónica es viable. Es importante en este punto poder determinar todas las funciones que se desean rehabilitar del CNC.

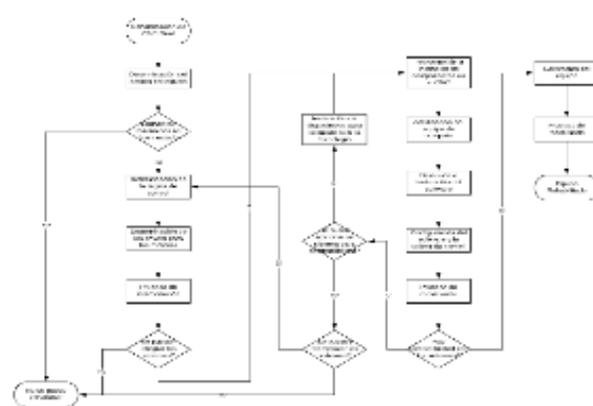


Figura 2 Diagrama de flujo para la actualización de un CNC

Dichas funciones a la que se refiere el párrafo anterior son aquellas como la bomba de refrigerante, las puertas automáticas, cambiador de herramientas, prensa neumática entre otros.

Se deben entonces determinar y evaluar las diferentes tarjetas de interface y drivers disponibles en el mercado a fin de que puedan cubrir las características de los motores instalados en el CNC.

Entre los datos que se deben tener y que son importantes se encuentran el tipo de motor para los ejes, el voltaje y amperaje de operación de los motores, el voltaje y potencia del motor del mandril, el número de ejes a controlar, definir procesos automáticos y procesos manuales. Como se puede observar en la Tabla 1, el costo de los componentes representa poca inversión y se encuentran disponibles comercialmente.

La metodología propone 5 fases para el cambio de los componentes, cada fase está complementada con una prueba.

Imagen	Componente	Cantidad	Precio	Observaciones
	Tarjeta de control interface JP-845	1	4.50 USD	4 Ejes, PWM 0-10V, Paro de emergencia, 1 Relay integrado, Control Manual, 2 Salidas Digitales, Control de Carrera para 4 ejes. Alimentación 24 VCD
	Driver para motor a pasos TB6560A	3	6.00 USD	Hasta 3A y configuración de hasta 1/16 en el paso del motor. Alimentación 24VCD

	Driver para motor de CD DART 125DV-C	1	90 -100 USD	Hasta 1 HP, Voltaje de 0 a 180 VCD, Protección contra sobrecarga, Manual o con PWM 0 a 10 V, configurable para inversión de giro del motor.
	Fuente de Poder	1	40 USD	24 VCD, 20A, regulada con tierra física, interna.

Tabla 1 Propuesta de componentes para la parte electrónica de un CNC

Fase 1. Movimiento de un motor de pasos usando el driver seleccionado y cualquier microcontrolador genérico. Este paso se debe realizar para determinar los parámetros del motor como los pulsos y la dirección del motor que sean compatibles con el driver.

Comercialmente se utiliza, para las máquinas de grabado y laser CNC, el TB6560AHQ/AFG de la marca Toshiba® como driver es muy utilizado debido a que controlador de motor paso a paso tipo PWM, diseñado para el control de micropasos de entrada sinusoidal para motores paso a paso bipolares, es capaz de controlar la dirección hacia adelante y hacia atrás con baja vibración y alto rendimiento y sólo con una señal de reloj. Tiene control de habilitación y reinicio, así como protección térmica.

Fase 2. Movimiento de los 3 ejes usando los drivers y la tarjeta de interface. Configuración de la tarjeta con el software. Este paso se debe hacer con la tarjeta seleccionada y un software que pueden ser MACH3® para Windows ® o EMC2 para Linux, el primero ofrece un licenciamiento libre limitado para uso educacional o personal, el segundo tiene la ventaja de ser un programa de licencia libre por lo que lo hace muy atractivo para la implementación. La configuración debe realizarse conforme lo especifique el fabricante de la tarjeta de control.

Fase 3. Movimiento del motor mandril. En esta fase es necesario utilizar un controlador que cumpla con las características de voltaje y potencia que sea compatible con el motor del mandril. Existen una variedad amplia de controladores y que dependerán de las dos características antes descritas, pero también de la forma de control, automático o manual.

Para el primero es necesario considerar que la tarjeta de control tenga esta funcionalidad, así como la compatibilidad entre el driver y la tarjeta, es importante lograr esta última por lo que a veces se usan componentes adicionales. Finalmente, se debe considerar el uso de un tacómetro electrónico para lograr el control de la velocidad del motor.

Fase 4. Movimiento del conjunto ejes y mandril en el CNC, con un programa de CNC al vacío. La elaboración de un programa sencillo que muestre las capacidades del conjunto trabajando es importante. Cualquier programa es válido como el que se muestra en la Figura 3.

```

N010 G15 G17 G40 G21 G90 G94 G54 G49 G99 G64
N020 M03
N030 G97 S2500
N040 G4 P5
N050 G00
N060 X 10
N070 Y5
N080 Z -5
N090 S0
N100 G4 P5
N110 Z 0
N120 M04
N130 S2500
N140 G4 P5
N150 X0
N160 Y0
N170 S0
N180 G4 P5
N190 Z5
N200 Z0
N210 S0
N220 M03
N230 M30

```

Figura 3 Programa CNC para prueba del conjunto de control

Al elaborar el programa hay que asegurarse de que los movimientos sean cortos y que únicamente servirán para comprobar la operación del sistema. Derivado de lo anterior se deberán ajustar los pulsos, la dirección, de los motores de los ejes, y se calibrará la velocidad y dirección del mandril como paso final.

Fase 5. Ejecución de un programa de CNC para la manufactura de una pieza. Finalmente, en esta etapa se deberá elaborar piezas conocidas dimensionalmente y que puedan servir para hacer un estudio R-R de la máquina a fin de poder definir la calidad del maquinado que ofrece.

Resultados

Para poder comprobar la eficacia de la metodología antes descrita se rehabilitó un CNC marca Boxford modelo DUET, poco robusto, de uso didáctico y que a un bajo costo se desea volverlo operativo nuevamente

El análisis demostró que se puede rehabilitar el equipo y por lo tanto se procedió a la selección de componentes como se puede ver la figura 4, los componentes seleccionados son de bajo costo y permiten la integración de los sistemas.

La integración de los sistemas se pudo realizar instalando todos los componentes en un gabinete.

Se utilizó un software que puede ser de uso libre o se puede adquirir una licencia en caso de que los programas en código G sean muy extensos. El software MACH3® es ampliamente utilizado en máquinas CNC hechas a medida y modernizadas (Galantucci, et al., 2015).

Se realizaron programas para las pruebas descritas en la metodología.

En la fase 1 se logró el movimiento de un motor y como controlador se utilizó un microcontrolador Arduino Nano, el ajuste de los micropasos fue crucial y determinante. La información del driver fue suficiente para entender las conexiones que se necesitaban realizar para prueba y lograr el funcionamiento del motor.

En la fase 2 se realizó la integración de la tarjeta de interfase. Lo complicado de esta parte fue que la información disponible de la tarjeta estaba disponible únicamente en mandarín y se llevó un tiempo la traducción para poder interpretar las conexiones

El resultado en esta fase fue el movimiento de los ejes X, Y, Z hasta este momento, no los ejes se desplazaban, pero no tenía la medida correcta, como indica Ambrizal, et al. Se logra un cierto posicionamiento (Ambrizal, et al., 2017) En las fases siguientes se realizó la calibración inicial de los ejes para obtener las medidas deseadas.

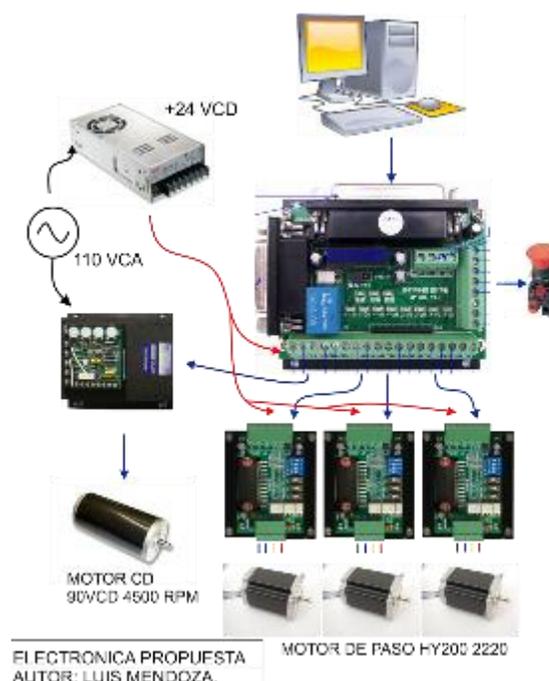


Figura 4 Propuesta de reemplazo de la electrónica de un CNC

Fases siguientes se realizó la calibración inicial de los ejes para obtener las medidas deseadas.

En la tercera fase de pruebas se dividió en dos partes, en la primera parte la posibilidad de mover el motor de CD del mandril aun de forma manual permitía ya en sí el uso del CNC, el resultado positivo permitió realizar la segunda parte. En esa segunda parte se realizó el control del motor a través del PWM de la tarjeta, el módulo PWM proporciona la onda PWM requerida para el puente H como indica Yan, et al., (Yan, 2012) por lo que se pudo activar el motor de CD.

En la fase 4 de pruebas los resultados obtenidos fueron satisfactorios, se logró el movimiento de todo el conjunto, ejes y mandril, a través del programa diseñado, no se observó ninguna disminución en velocidad o movimiento, tampoco se llegó a la condición de “stall” en los motores de paso.

Finalmente, la última fase de pruebas consistió en manufactura de una pieza con el equipo. La pieza obtenida sencilla con un programa corto, mostró que el equipo ya estaba en condiciones de operar al obtenerse una pieza manufacturada a través del equipo.

Conclusiones

La metodología presentada funciona adecuadamente para equipos que tienen baja precisión y se usan materiales suaves, las funciones son básicas, el costo del reemplazo de los componentes es bajo (Kussul, 2004).

El reemplazo y configuración de los componentes se logró y las pruebas aplicadas mostraron que el equipo se ha rehabilitado y funcionando para las tareas básicas de maquinado.

De los resultados podemos observar que el reemplazo de la electrónica fue posible por una de menor costo, que es compatible con la parte mecánica del CNC, así como fue posible la reutilización del equipo de CNC para la fabricación de partes.

Se observó también a partir de los resultados que la calibración del equipo fue realizada permitiendo la manufactura de la pieza con la precisión que otorga un equipo de CNC

En trabajos futuros está pendiente la realización de un estudio estadístico para verificar la precisión del CNC. Comprobar la constante de velocidad de los ejes, valor F en el código G, y la velocidad del spindle, valor S en el código G, para poder utilizar el ajuste automático y control con PID del software de control.

Referencias

Ambrizal, N. H., Farooqi, A., Alsultan, O. I., & Yusoff, N. B. (2017). Design and Development of CNC Robotic Machine Integrate-able with Nd-Yag Laser Device. *Procedia Engineering*, 145–155.

Ankit Khanna, A. K. (2013). Low-Cost Production CNC System . *Proceedings of 7th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO 2013)*, 523-528.

Athani, V., & Vinod, H. (1986). A CNC system for a lathe using a low cost PC. *Computers in Industry*, 427-434.

Chaides, O., Avila, S., & Ahuett-Garza, H. (2011). Restauración de Torno de Control Numérico Empleando Software Libre. *Conciencia Tecnológica*, 62-67.

Dermani, H. S., & Nategh, M. J. (2016). Upgrading the CNC system of hexapod machine tool by adding the five axis tool radius compensation. *Revista de Ingeniería Mecánica* , 93-98.

Galantucci, L., Piperi, E., Lavecchia, F., & Zhavo, A. (2015). Semi-Automatic Low cost 3D Laser scanning systems for reverse engineering . *Procedia CIRP* 28, 94-99.

Khanna, A., Kumar, A., Bhatnagar, A., Tyagi, R., & Srivastava, S. (2013). Low-cost production CNC system. *7th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)* (págs. 523-528). Coimbatore: IEEE.

Kussul, E. e. (2004). CNC machine tools for low cost micro devices manufacturing. *J. appl. res. technol [online]*, 2(1), 76-91 ISSN 2448-6736.

Paprocki , M., Wawrzak, A., Erwiński, K., & Kłowskiak, M. (2018). Flexible PC-based CNC machine control system. *Mechanik*, 299-303.

Patel, D. R., Prajapati, C. B., R., P. S., V, P. S., & Parikh, K. (2018). Fabrication of Low Cost CNC Engraving Machine . *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)* , 6(IV), 4850-4855.

Peixoto, J., & Monteiro, C. (2018). Low Cost CNC Equipment Supporting Teaching/Learning Activities. En M. J., S. F., & V. G., *Innovation, Engineering and Entrepreneurship* (págs. 1111-1117). Cham: Springer International Publishing.

Prince, M. K., Ansary, M.-A.-M., & Mondol, A. S. (2017). Implementation of a Low-cost CNC Plotter. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* , 333-339.

Rincón-Maltos, G. (2016). Rehabilitation and improvement of Boxford DUET CNC. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 3(6).

Yan, W. W. (2012). The PWM speed regulation of DC motor based on intelligent control. *Systems Engineering Procedia*, 259-267.