

# Desarrollo de una aplicación de Software para simulación de maquinado en un torno básico CNC para el Instituto Tecnológico de Orizaba

Héctor Uriel Osorio Dávila, Hilarión Muñoz Contreras

División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Instituto Tecnológico de Orizaba  
huod.1210@gmail.com, hmunozc189@msn.com

**Resumen.** La simulación es una rama de la computación, la cual conlleva en la inclusión de varias disciplinas dependiendo del sistema a representar mediante un ambiente controlado. A través de los años y con la mejora tanto en los componentes de hardware y software es posible enriquecer cualquier sistema de información, siendo esto una ventaja para realizar los sistemas de simulación lo más parecidos al entorno real posible. Este trabajo propone el desarrollo de un sistema de simulación de maquinado mediante torno básico CNC, con el objetivo de fortalecer los conocimientos prácticos de los alumnos del Instituto Tecnológico de Orizaba en las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, formando así profesionistas mejor preparados para el mundo laboral en la manufactura.

**Palabras clave:** Simulación, CNC, Torno.

## 1. Introducción

Actualmente el uso de la tecnología informática en cualquier rama es imprescindible, debido a que la implementación de sistemas de información ayuda a la automatización de procesos industriales, farmacéuticos, contables, médicos entre otros. Dentro del ámbito académico, el uso de herramientas tecnológicas para impartir una preparación más profesional es completamente necesaria; la necesidad de formar profesionistas competentes para el mundo laboral es una obligación de cualquier institución educativa. Las herramientas tecnológicas necesarias dentro de una institución educativa varían en cada especialidad que oferte la institución. Dentro del Instituto Tecnológico de Orizaba se cuenta con las carreras de Ingeniería Industrial e Ingeniería Mecánica, las cuales tienen las materias Máquinas- Herramientas y Maquinado Asistido por Computadora, estas materias demandan una preparación práctica para la manufactura industrial la cual consiste en el diseño y elaboración de piezas utilizando Máquinas-Herramientas tales como : torno, fresa, taladro, cepillo entre otros como se describe en [1]; las carreras antes mencionadas se topan con el inconveniente no contar

con los recursos materiales necesarios para llevar a cabo prácticas reales que aporten experiencia a los alumnos. La falta de recursos idóneos para realizar prácticas de manufactura industrial no solo es un problema que tiene esta institución educativa, muchas instituciones atraviesan por la misma situación. Una de las formas para dar solución al problema antes mencionado es utilizar software de simulación para maquinado industrial, dicho maquinado es un proceso de manufactura en la cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de tal manera que el material remanente sea la forma de la parte deseada[1]. Los sistemas de simulación de maquinado generalmente lo utilizan las grandes empresas para la capacitación de su personal y evitar así desperdicios de material, una posible avería en las máquinas o un accidente con el personal que manipule las máquinas-herramientas; todas estas actividades al final se reflejan en pérdidas económicas para la empresa, es por ello que invierten gran recurso económico para obtener sistemas de simulación de maquinado debido a las ventajas que ofrecen como las descritas en [2], pero ¿qué sucede con las instituciones educativas?. Generalmente las instituciones educativas no cuentan con el presupuesto necesario para adquirir las licencias correspondientes a los sistemas de simulación para maquinado, quedando delimitados a utilizar versiones de prueba muy limitadas, es por ello que este trabajo propone el desarrollo de una aplicación de software para simulación de maquinado en un torno básico CNC, el cual es un torno controlado por una computadora que ejecuta programas controlados por medio de datos numéricos [3].

## 2. Trabajos Relacionados

El área de la simulación por computadora tiene un campo de aplicación bastante extenso, para el desarrollo de este proyecto de investigación se tomaron en cuenta los trabajos más significativos relacionados a la simulación de manufactura industrial. En [4] se describe la importancia de sistemas CNC (Control numérico por computadora) en la manufactura industrial para fabricar piezas, las máquinas que utilizan un sistema CNC tienen mayor ventaja sobre las máquinas manuales, puesto que los cortes, traslados o perforaciones son más precisas bajo el mando de una computadora que sobre el manejo manual de estas. El campo de aplicación para la manufactura de piezas y herramientas es muy amplio, es por eso que el autor propone el desarrollo de un sistema de simulación 3D para máquinas CNC. En [5] se presenta un modelo para determinar el movimiento de una máquina de 5 ejes y se analizan los modelos más precisos de la herramienta basada en cinemática con el objetivo de aplicarlos en cualquier máquina CNC, debido al conflicto que produce el que cada máquina utilice sus propios movimientos, por tanto este trabajo propone realizar un modelo más genérico aplicable a cualquier máquina de 3 o más ejes. Por otra parte en [6] se describen las características de las nuevas generaciones de máquinas CNC, las cuales son: portabilidad, interoperabilidad y adaptabilidad; para alcanzar estas características se propone el nuevo estándar STEP-NC, el cual reemplazará a los códigos G&M, ya que amplía las capacidades geométricas, la tolerancia de datos, eliminara los cuellos de botella ocasionados por los códigos G&M. Otro de los trabajos sobresalientes es [7], en este trabajo se realiza un estudio de simulación para máquinas CNC que utiliza la realidad

aumentada para complementar el mundo real con la información virtual, la inclusión de realidad aumentada enriquece la experiencia del usuario y favorece una mejor adaptación a entornos reales. Actualmente los sistemas de simulación son usados para la capacitación de personal en muchos ámbitos. Todos los sistemas virtuales tienen un grado de eficacia aceptable y resuelven distintas problemáticas, entre las más comunes se encuentra la exposición del personal a entornos peligrosos, la pérdida económica por manejo incorrecto en alguna máquina manufacturera, por mencionar algunos. En [8] se realiza un análisis de tareas cognitivas que afectan en el desarrollo de un sistema de simulación CNC, entre las cuales se incluye la motivación de los expertos en el uso de la máquina CNC para lograr mayor eficacia en los sistemas virtuales de simulación, contemplando situaciones cotidianas en un entorno de trabajo. En [9] se presentan varios métodos para utilizar VRML (Virtual Reality Modeling Language) usándola como la tecnología para integrar sistemas de fabricación virtual. VRML es un lenguaje de modelado para la realidad virtual en la web, lo cual potencializa su alcance, dentro y fuera de donde sea implementado. El uso de tecnologías actuales como la computación gráfica 3D hacen posible la realización de sistemas de realidad virtual dedicados a la capacitación. En [10] se presenta un sistema de entrenamiento virtual para personal operario de máquinas CNC desarrollado con World Tool Kit (WTK), este sistema surge debido a la necesidad de capacitar correcta y eficientemente al personal operario de máquinas CNC y conseguir así una mejor manipulación en dichas máquinas. Otro de los trabajos más relevantes es [11], aquí se presenta una plataforma de software llamada WorkCellSimulator que permite gestionar un entorno de simulación. El objetivo de este programa es ayudar al usuario a definir los procesos de producción potenciales para automatizar. El [12] propone el desarrollo de herramientas de simulación para máquinas CNC mediante el estándar STEP-NC, el cual es un nuevo modelo de datos de alto nivel que hace los entornos de simulación más completos, desechando así todas las limitantes que se encuentran en los estándares de bajo nivel G&M CODE. En [13] se presenta un panorama de la demanda actual por la fabricación rápida y eficiente de herramientas, para lo cual se realiza un estudio acerca de las deficiencias de los estándares actuales como G-CODE y de cómo el estándar STEP-NC lo soluciona. Propone un marco de trabajo que se basa en el descubrimiento de conocimiento usando minería de datos para derivar reglas y controlar el proceso de fabricación.

### 3. Arquitectura del Sistema CNC

El primer sistema de control numérico computarizado (CNC) fue desarrollado desde la década de 1950, el objetivo era y sigue siendo remplazar la manipulación manual de máquinas como: tornos, cepillos, fresas entre otros y utilizar una serie de instrucciones codificadas escritas en códigos G&M para la manipulación computarizada de las máquinas descritas anteriormente [14]. Las ventajas que ofrece el sistema CNC son:

- La planificación, flexibilidad y programación

- Estimación de costo
- Precisión
- Eficiencia
- Productividad
- Seguridad

Los elementos que conforman un sistema CNC se describen en la figura 1:



**Figura 1.** Arquitectura básica CNC

La manera cómo interactúan los elementos mostrados en la figura 1 es la siguiente:

- La computadora local es la encargada de gestionar el código G&M, lo cual significa el ingreso instrucciones que representen el mecanizado de la pieza deseable.
- La unidad de control es el corazón del sistema CNC, debido a que en esta parte la información descargada de la máquina local es manipulada usando la lógica de hardware y software para finalmente almacenarla en memoria con las instrucciones para dirigir las operaciones de maquinado de acuerdo a los códigos G&M.
- Finalmente la máquina CNC es la encargada de realizar el mecanizado físico de las piezas, dirigido por la unidad de control.

#### **4. Sistema de Simulación**

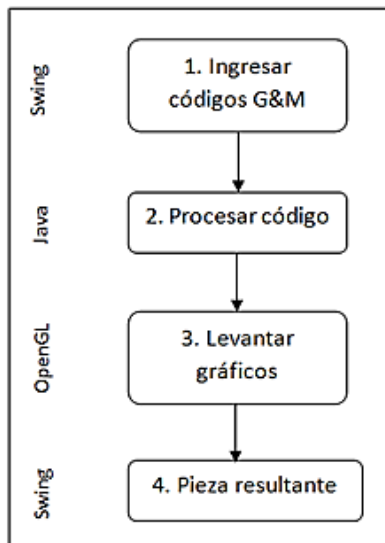
Para el desarrollo de este sistema de simulación se contemplaron diferentes tecnologías, tanto de código abierto como privado; se eligió el uso de herramientas de código abierto debido a las prestaciones que estas nos aportan. Como lenguaje de programación se tiene Java y como API para gráficos 3D se eligió OpenGL. Java es un lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por SunMicrosystem [15], recientemente adquirido por Oracle; es un lenguaje independiente del sistema operativo gracias a su máquina virtual muy potente y versátil. Por otra parte OpenGL (Open Graphics Library) es considerado como la principal API para la realización de gráficos en 3D, fue desarrollada por Silicon Graphics Inc. en 1992 [16]; es una API multilenguaje y multiplataforma para desarrollar aplicaciones en 2D y 3D, contiene más de 250 funciones diferentes para pintar escenas tridimensionales muy complejas a partir de primitivas geométricas simples como líneas, puntos y triángulos, además de que es muy utilizado en áreas como CAD (diseño asistido por computador), realidad virtual, simulación entre otros. Para el desarrollo de este sistema de simulación además de dominar las herramientas tecnológicas (lenguaje de programación y api) para programar la aplicación es fundamental comprender y dominar el funcionamien-

to de las máquinas CNC, especialmente de los G&M CODE (códigos g y m) que son el lenguaje estándar que utilizan las máquinas CNC para realizar operaciones como : corte, perforación, traslado, velocidad, aplicación de refrigerante entre otros. Con el dominio de estos códigos será posible realizar "rutas de trazo" que interpretaremos con el lenguaje java y representaremos con OpenGL.

El flujo de trabajo planteado para la realización del sistema de simulación consiste en 4 etapas:

1. Se ingresarán los valores correspondientes a los códigos G&M mediante un formulario en la interfaz de usuario.
2. Se realizará el procesamiento de los códigos ingresados en la etapa uno, éste procesamiento utilizará la lógica con la cual una máquina CNC interpreta los códigos G&M.
3. Se realizará la representación gráfica de los códigos procesados en la etapa dos.
4. Se mostrará la figura resultante en tres dimensiones sobre una interfaz gráfica.

El flujo de trabajo descrito anteriormente se representa en la figura 2.



**Figur 2.** Flujo de trabajo.

Para el desarrollo del sistema de simulación se han propuesto distintas interfaces gráficas para el usuario, teniendo en cuenta aspectos como la facilidad de uso, que la aplicación sea intuitiva, pero sobre todo que sea funcional; como prototipo para la interfaz gráfica de usuario se tiene la figura 3 que muestra la interfaz propuesta hasta éste momento:



nivel de manipulación para la operación correcta de dichas máquinas y así evitar posibles averías por causa de un mal uso, o desperdiciar material lo cual se traduce en pérdidas para cualquier empresa que implemente máquinas-herramientas. Las grandes industrias manufactureras tienen los medios para adquirir software de simulación, pero las instituciones educativas difícilmente tienen dichos productos de software cómo es el caso de la institución donde se realiza este trabajo. Es por ello que este trabajo tiene gran importancia, pues con la herramienta ya terminada que propone este proyecto, esa limitante para la institución queda descartada al tener su propio software simulador. El principal beneficio que aporta se da en el lado académico, puesto que los alumnos obtienen una preparación con mayor calidad y por ende adquieren mejores bases para el mundo laboral.

## Agradecimientos

Este artículo fue realizado gracias al patrocinio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST).

## Referencias

1. Mikell P. Groover, Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos y Sistemas, Pearson Education, 1997.
2. Simulación computarizada: Un camino hacia el incremento de la productividad en los sistemas de manufactura, 03 - 2013, <http://www.galeon.com/henrymontano/articulo.htm>.
3. Tooling U-SME, What is the definition of torno de CNC?, 03 - 2013, <http://www.toolingu.com/definition-301110-32206-torno-de-cnc.html>
4. Zongmin Chen, Development of OpenGL Based 3D Simulator for Computer Numerical Control. In Proceedings of the 2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence - Vol. 3. 2010. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 319-321.
5. Stephen Mann, Sanjeev Bedi, Gilad Israeli, Xiaoran (Linda) Zhou. Machine models and tool motions for simulating five-axis machining. Comput. Aided Des. 42, 3 (2010), pp.231-237.
6. X. W. Xu and S. T. Newman. Making CNC machine tools more open, interoperable and intelligent-a review of the technologies. Comput. Ind. 57, 2 (2006), pp.141-152.
7. J. Zhang, S. K. Ong, A. Y. C. Nee. A multi-regional computation scheme in an AR-assisted in situ CNC simulation environment. Comput. Aided Des. 42, 12 (2010), Pp.1167-1177.
8. Dimitris Nathanael, George-Christopher Vosniakos, Stergios Mosialos. Cognitive task analysis for virtual reality training: the case of CNC tool offsetting. In Proceedings of the 28th Annual European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE '10). ACM. 2010, New York, NY, USA, pp.241-244.

9. Tsai Sung ,Ching Ou. Using Virtual Reality technologies for manufacturing applications. *Int. J. Comput. Appl. Technol.* 17, 4 (2003), pp.213-219.
10. Wang Xiaoling, Zheng Peng, Wei Zhifang, Sun Yan, Luo Bin, Li Yangchun. Development an interactive VR training for CNC machining. In *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry (VRCAI '04)*. ACM, New York, NY, USA, pp.131-133.
11. Stefano Tonello, Guido Piero Zanetti, Matteo Finotto, Roberto Bortoletto, Elisa Tosello, Emanuele Menegatti. WorkCellSimulator: a 3d simulator for intelligent manufacturing. In *Proceedings of the Third international conference on Simulation, Modeling, and Programming for Autonomous Robots (SIMPAN'12)*, Itsuki Noda, Noriaki Ando, Davide Brugali, James J. Kuffner (Eds.). 2012. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp.311-322.
12. Yu Zhang, Xiao-Lan Bai, Xun Xu, Yong-Xian Liu. STEP-NC based high-level machining simulations integrated with CAD/CAPP/CAM". *Int. J. Autom. Comput.* 9, 5 (2012), Pp.506-517.
13. Sanjeev Kumar, Aydin Nassehi, Stephen T. Newman, Richard D. Allen, Manoj K. Tiwari. Process control in CNC manufacturing for discrete components: A STEP-NC compliant framework. *Robot. Comput.-Integr. Manuf.* 23, 6 (2007), pp.667-676.
14. Shanshan Chen, Graphical Simulation Software For The Tool Path Within An Integrated Cad/Cam/Cnc Environment, Faculty of Texas Tech University,1995.
15. Java Team Development, The Java Language Specification, 04 - 2013 ,<http://docs.oracle.com/javase/specs/jls/se7/html/index.html>.
16. OpenGL Oficial, 04 - 2013, [http://www.opengl.org/wiki/Getting\\_Started](http://www.opengl.org/wiki/Getting_Started).