



## MODELADO DE UN TORNILLO SIN FIN CÓNICO Y CONSTRUCCIÓN MEDIANTE UNA MÁQUINA CNC DE 4 EJES DIDÁCTICA

**Gutiérrez Lucio Marcial Vinicio**  
**Ramón Gagnay Alex Darío\***

Facultad de Mecánica, ESPOCH, Riobamba, Ecuador

\*Autor para correspondencia: aguaman41@yahoo.es / calvarezp@yahoo.es /  
marcialgutierrez1263@gmail.com / alex.ramon610@gmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Gutiérrez Lucio Marcial Vinicio y Ramón Gagnay Alex Darío (2017): "Modelado de un tornillo sin fin cónico y construcción mediante una máquina CNC de 4 ejes didáctica", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (junio 2017). En línea:  
<http://www.eumed.net/rev/caribe/2017/06/modelado-tornillo-conico.html>

### RESUMEN

El modelado de un tornillo sin fin cónico y construcción mediante una maquina CNC de 4 ejes didáctica, sustituyendo así los métodos convencionales y en muchos casos artesanales, esperando lograr reducir el tiempo de fabricación de este tipo de elementos mecánicos mejorando el proceso, elevando la calidad y reduciendo los costos de producción de las mismas. Se realiza el modelado de este prototipo de tornillo sin fin cónico, ayudados del software de diseño Siemens NX que facilita proceso de modelado y simulaciones perfectas de mecanización que nos permitan el análisis del comportamiento antes de la fabricación del prototipo, se analiza la selección de distintos elementos necesarios para poder manipular los motores paso a paso de la máquina que nos permita dar movimiento y controlar los mismos por medio del software mach 3 a través de una computadora. La máquina CNC se encuentra constituido por tres sistemas fundamentales: El sistema mecánico para el movimiento de los cuatro ejes, el sistema de control CNC basado en microcontroladores encargados de interpretar las instrucciones y simultáneamente realizar el control de los elementos mecánicos; y el programa que contiene toda la información de las acciones a realizar. Logrado el prototipo digital y cumpliendo con los requerimientos iniciales se procede con la construcción del modelo en teflón consiguiendo que el sistema CNC sea capaz de cumplir todos los requerimientos en la realización del tornillo sin fin cónico de una manera rápida y eficiente. Se recomienda continuar con la investigación sobre los sistemas CNC para ir fomentando el desarrollo tecnológico de la Escuela.

**PALABRAS CLAVE:**CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO (CNC), CONTROLADOR DE MAQUINA (MACH 3), DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD), CONTROL NUMÉRICO (NC), MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM), SIEMENS NX (SOFTWARE)

## ABSTRACT

The modeling and construction of a conical worm screw using a CNC of 4 axes didactic machine. Thus replacing the conventional and in many cases handmade methods, hoping to reduce the time of manufacture of this type of mechanical elements improving the process, raising the quality and reducing the production costs of it. The modeling of this conical worm screw prototype is performed, with the help of the Siemens NX software that facilitates the modeling process and perfect simulations of the mechanization that allows us to analyze the behavior before the manufacture of the prototype, we analyze the selection of different elements necessary to be able to manipulate the step by step motors of the machine that allows us to give movement and to control it with the use of the Mach 3 software through a computer. The CNC machine is constituted by three fundamental systems: The mechanical system for the movement of the four axes, the CNC control system based on microcontrollers responsible for interpreting the instructions and simultaneously performing the control of the mechanical elements; and the program that contains all the information of the actions to be performed. Once the digital prototype is achieved and complying with the initial requirements, it is proceeded with the construction of the model in Teflon obtaining that the CNC system is able to fulfill all the requirements in the realization of the conical worm screw in a fast and efficient way. It is recommended to continue research on CNC systems to promote the technological development of the school.

**KEY WORDS:** COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC), MACHINE CONTROLLER (MACH 3), DESIGN ASSISTED BY COMPUTER (CAD), NUMERICAL CONTROL (NC), MANUFACTURE ASSISTED BY COMPUTER (CAM), SIEMENS NX (SOFTWARE)

## 1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país el Ecuador, la tecnología CNC ha venido incrementándose debido a las necesidades que tienen las industrias de reducir costos de fabricación, dando lugar a la importación de máquinas CNC nuevas y manufacturadas, en el primer caso de altísimo costo, además, pequeñas empresas no pueden adquirir con mucha facilidad las del primer asunto, para este caso son más accesibles las manufacturadas pero, con un menor tiempo de vida útil, dependiendo del estado en que se encuentren, en varios casos, estas máquinas vienen con juego entre elementos, difíciles de identificar por el personal encargado en el montaje y a veces no las pueden instalar quedando obsoletas, por lo que representa una gran pérdida económica para la empresa.

La Escuela de Ingeniería Industrial actualmente cuenta con un laboratorio de CAD

CAM, en la que está equipada con centros de mecanizado CNC industriales, la cual es importante su utilización con personal capacitado en la materia, además el costo de tiempo y energía es elevado, debido a lo complejo de las operaciones, por tal motivo se opta por implementar una máquina CNC de 4 ejes didáctica, disminuyendo considerablemente dichos costos de mecanizado, además que los estudiantes tendrán más oportunidades de mecanizar prototipos diseñados en la cátedra de CAD-CAM.

La mecanización de piezas en torno o fresadora, se lo realiza en la mayoría de talleres y empresas industriales a nivel nacional de forma manual, donde los operadores utilizan máquinas convencionales para realizar las piezas que se necesiten, lo cual requiere una gran habilidad humana para su construcción.

La importancia de la implementación ayudara a la complementación de conocimientos de los estudiantes ya que al involucrarse de manera directa en la mecanización de prototipos en donde se optimizan tiempos de producción y se pueda mecanizar piezas en forma rápida y sencilla, las mismas que puedan ser usadas en distintas áreas tales como: elementos de máquinas, piezas de contornos variados, etc.

## 2. MÉTODO Y MATERIALES

Para realizar el proyecto que es la parte principal de esta investigación y con la finalidad de aplicar la tecnología CNC, mediante un software de diseño CAD como Siemens NX que nos brinde una perspectiva 3D del elemento, de acuerdo con los parámetros de diseño y los resultados que nos arrojen los cálculos, que sean necesarios., y que satisfagan las necesidades a cumplirse en este proyecto.

### 2.1. Variables del diseño.

*Costo de la máquina.-* Mediante el proceso a realizar y numero de ejes que tenga la máquina, se determinara el costo de la maquina CNC, teniendo en cuenta que existen máquinas manufacturadas y nuevas, esto ya varía dependiendo de la necesidad de la empresa.

*Necesidad de aprendizaje.-* Es necesario que los estudiantes complemente lo aprendido en las aulas, con las máquinas CNC didácticas que se está implementando el laboratorio de CAD – CAM de la Facultad, ya que, si se mecaniza directamente en las máquinas de proceso industrial, podrían dañarlas y así causar una pérdida económica para la institución al momento de ejecutar la reparación.

*Tiempo empleado.-* El tiempo de mecanización varía dependiendo del tipo de material a mecanizar, velocidad de avance, torque, el tipo de herramienta y la calidad que se espera al final del proceso.

### 2.2. Diseño del equipo.

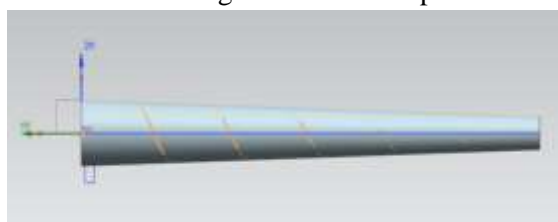
Para el diseño del equipo se tomará en cuenta algunos aspectos, los cuales son muy necesarios al momento de realizar el modelado del producto.

*La forma del movimiento de la máquina.-* La máquina router CNC tiene la capacidad de movimiento de 4 ejes X, Y, Z y un cuarto eje denominado A.

*Ejes que se utilizaran para el mecanizado.-* Para la mecanización del tornillo sinfín cónico, se utilizarán los ejes Z, Y y A, en donde el eje Z es aquel que alberga la herramienta y la conicidad al tornillo, además depende del número de revoluciones para un perfecto acabado superficial, el eje Y es aquel que da el avance de mecanización, y el eje A es aquel que proporciona el giro y a su vez hace el funcionamiento de un mandril, el mismo que aloja el material a mecanizar.

*Diseño de la pieza en software CAD.-* La pieza se ha diseñado en siemens NX que es un software completo que nos permite dibujar la pieza, simular la mecanización y brindar la codificación G, para poder mecanizar en cualquier centro de mecanizado con previa configuración del usuario.

Figura 1. Cono simple



En la figura 1, se puede observar el principio o la base para diseñar el tornillo sin fin cónico o transportador helicoidal, teniendo en cuenta que es un prototipo.

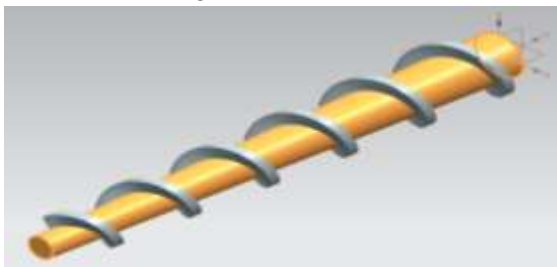
En la figura 2. Se observa los parámetros de construcción del diente que dará forma el tornillo sin fin al momento de realizar el barrido en la hélice.

Figura 2. Parámetro de diseño de la hélice



En la figura 2, se puede observar el principio o la base para diseñar el tornillo sin fin cónico o transportador helicoidal, teniendo en cuenta que es un prototipo.

Figura 3. Pieza terminada



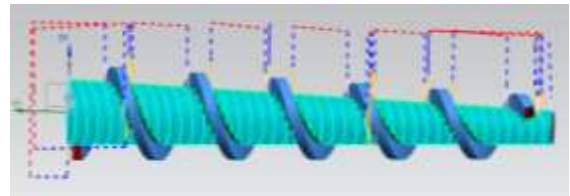
En la figura 3. Se muestra el tornillo modelado en su totalidad, siendo el siguiente paso la obtención del código mediante la parte CAM.

Figura 4. Modelado CAM



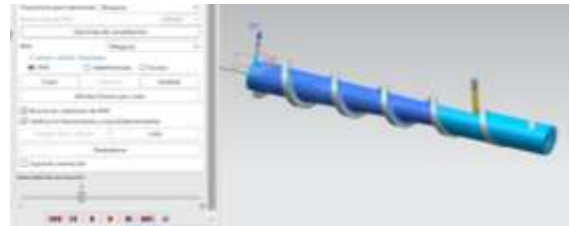
En la figura 4. Se observa la parte CAM del tornillo sin fin cónico, el mismo que se realiza en el mismo software, en la parte de manufacturing, siendo la parte más importante para la obtención los códigos G, estos códigos de programación G serán editados según las especificaciones de la máquina, los cuales se insertarán en mach3 para la construcción de la pieza mediante la máquina CNC.

Figura 5. Trayectoria de mecanizado



En la figura 5, muestra la trayectoria que realizara la herramienta mecanizando el tornillo sin fin cónico.

Figura 6. Simulación de mecanización



En la figura 6. Se muestra la simulación de fresado, esto se realiza para visualizar como cómo va mecanizando la herramienta, en este caso una fresa circular de 3 mm de diámetro previamente seleccionada.

Una vez realizada esta simulación, se procede a postprocesar, para que arroje la codificación G, para la mecanización.

Figura 7. Selección del postprocesador.



En la figura 7. Se puede seleccionar el postprocesador dependiendo de los ejes a utilizar en la mecanización, este software NX brinda la posibilidad de trabajar de 2 a 5 ejes, siendo una herramienta muy importante para procesos de manufactura.

Figura 8. Obtención de códigos G



En la figura 8. Muestra la obtención de los códigos, los mismos que serán utilizados para mecanizar el tornillo sin fin cónico, en caso de existir algún error se puede editar, ya que el archivo en el cual arroja los códigos, es en .txt, es decir en bloc de notas.

### 2.3. Construcción del equipo.

Para la construcción del tornillo sin fin cónico, se realiza mediante una maquina CNC didáctica de 4 ejes 3040T-DJ, que a su vez es una máquina para realizar grabados en 3 dimensiones, con la diferencia que se puede añadir un cuarto eje para realizar prototipos como el de un tornillo.

Instalación el software mach3 en el ordenador para las respectivas configuraciones de los motores y control total de la maquina mediante mach3, que viene incluido con la máquina, además es muy fácil en el procedimiento de instalación y configuración.

Figura 9. Proceso de instalación mach 3



Figura 10. Programa mach 3



En la figura 10 se puede observar el programa de mach 3 instalado y listo para configurar la comunicación entre el ordenador y la máquina.

Ahora está listo para someter a prueba una "práctica" de Mach3. Esto le mostrará fácilmente cómo configurar su máquina-herramienta luego de haber experimentado con Mach3 así. Usted puede "pretender" elaborar y aprender mucho si todavía no tiene una máquina-herramienta de CNC. Si tiene una, asegúrese que no está conectada a la PC.

### 3. RESULTADOS

Las primeras pruebas para la construcción del equipo se realizaron en madera por su fácil mecanización y dureza, además cabe mencionar que dichas pruebas son necesarias para entender el funcionamiento correcto del cuarto eje, ya que es un poco complicado con este tipo de máquinas didácticas, pero todo se realizó sin ningún inconveniente.

Figura 11. Pruebas previas



En la figura 11. Muestra la codificación G cargada y lista para la mecanización de una especie de rueda dentada, para esta mecanización se realizó editando la configuración ya que es para una rueda dentada de 32 dientes, al ser una prueba se realiza solo de 4 dientes.

Figura 12. Proceso de mecanizado de rueda dentada





En la figura 12 se muestra cómo se va mecanizando la especie de rueda dentada, esta es una prueba antes de comenzar la mecanización del tornillo que era el reto a cumplir en este trabajo de titulación.

Figura 13. Modelado de piezas



En la figura 13, se muestra la segunda prueba que se realizó ya para intentar mecanizar el tornillo sinfín cónico, estas pruebas como se puede observar se las realiza en madera, ya que es un material de fácil mecanización, este se debe a que son pruebas de estos prototipos realizados en una maquina CNC didáctica.

Figura 14. Proceso de construcción 1 del tornillo sinfín.



En la figura 14 se muestra ya el comienzo de construcción del tornillo sin fin, para este proceso ya se ha decidido realizarlo en teflón, ya tiene características elásticas y resistentes para la mecanización.

Figura 15. Proceso



En la figura 15 se muestra ya el producto final, este prototipo tiene un poco de fallas de acabado superficial debido a que el material al mecanizar sufre calentamiento y por ende tiende a derretirse un poco adhiriéndose el material a la herramienta, pero con pasos extensos se logró realizarlo.

Figura 16. Proceso terminado.



En la figura 16 ya se muestra el proceso terminado a su 98 % ya que el acabado superficial no es el esperado, pero ya se cumplió con la mecanización de un tornillo sinfín cónico en una maquina CNC didáctica que es la parte principal de este trabajo de titulación.

El análisis de costos realizado, hace referencia a los gastos implicados en la realización del proyecto y no para la realización del modelado, porque el objetivo más importante es realizar el modelado más no la construcción.

Los costos totales para la ejecución de este proyecto, asciende a un valor de tres mil ciento cuarenta dólares (3.140,00 USD).

#### 4. DISCUSIÓN

Las máquinas CNC son controladas por computadoras que deben ser programadas por el operador. La máquina hará lo que se le indique, incluso si es un comando peligroso; por lo tanto, el programador debe tener

cuidado al diseñarla y programarla. Programar una profundidad máxima de no menos de 1 pulgada (2,54 cm) evitará que se perfora de más en la mayoría de las máquinas. Si estás cortando una pieza para separarla del material, diseña la pieza con canales de conexión entre el marco de material alrededor del perímetro y la pieza que estás cortando.

Los resultados indican que se debe crear un documento donde se lleve un control del mantenimiento como:

*Manual de mantenimiento preventivo:*  
Contempla los ajustes, modificaciones, cambios, limpieza y reparaciones (generalmente sencillos) necesarios para mantener cualquier instalación, herramienta o equipo en condiciones seguras de uso, con el fin de evitar posibles daños al operador o al equipo mismo. (ABORNOZ, 2013)

*Manual de mantenimiento correctivo:*  
Contempla las reparaciones, cambios o modificaciones de cualquier herramienta, maquinaria o equipo cuando se ha detectado alguna falla o posible falla que pudiera poner en riesgo el funcionamiento seguro de la instalación, herramienta o equipo y de la persona que lo utiliza. (ABORNOZ, 2013)

Por último y no menos importante se debe instruir al operario practicante en manejo de instrumentos de medición como es el caso del pie de rey y flexómetro además brindarle los EPP necesarios para el desarrollo de las labores.

## 5. CONCLUSIONES

El modelado del tornillo sin fin cónico se realizó satisfactoriamente, con la única observación de que, al momento de realizar el barrido de la hélice, se debe tener en cuenta que los dientes tengan un Angulo de 90 °, todo debido a que la maquina trabaja con su eje Z verticalmente y no se puede mecanizar con ángulos de inclinación.

El modelado realizo en el software Siemens NX, este software es muy completo para procesos de manufactura, y se llevó a

cabo sin ningún inconveniente, ya que su uso es idéntico al de Solidworks.

La elaboración del tornillo se realizó con un poco de inconvenientes, pero se logró construir, es necesario realizar pequeñas pruebas de mecanización para verificar el correcto funcionamiento de los motores paso a paso y entender el funcionamiento del cuarto eje.

Una vez implementado esta máquina CNC, se espera que los estudiantes complementen sus conocimientos teórico prácticos, impartido en las aulas de nuestra prestigiosa escuela.

## RECONOCIMIENTOS

Mis más sincero reconocimiento a los docentes de la facultad de mecánica y en especial al Ing. Ángel Guamán Mendoza y Ing. Carlos Álvarez Pacheco por la confianza apoyo y dedicación de tiempo por haber compartido conmigo sus conocimientos sobre todo su amistad.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABORNOZ, J. L..** *Manual de mantenimiento.* Santiago-Chile: Ediciones Tecnicas, 2013, pp. 33

**ALAIN, A.** *Understanding CNC Routers.* Toronto-Canadá: FPIInnovations, 2011, pp.114

**ALDABALDETRECU, P.** *Historia de las fresadoras.* Madrid-España:, Editorial Visión Libros. 2007. pp. 25

**ARRANZ, F..** *Ingeniería de fabricación: mecanizado por arranque de viruta.* Madrid-España: Editorial Visión Libros, 2005, pp. 62

**CABRERO, J..** *Operaciones de mecanizado por medios automáticos.* FMEE0208. Antequera-España: IC Editorial, 2013. pp. 46

**CARAZO, M.** *Máquinas herramientas. Apuntes de taller. 2. Cálculos tecnológicos.* Barcelona-España: Universidad Politècnica de Catalunya, 2004, pp. 54

**CASILLAS, A.** *Máquinas y Cálculos de taller.* 5ª ed., Madrid - España: Autor-Editor. 2008. pp. 8, 9.

**CRUZ TERUEL, F.** *Control Numerico y programación.* Madrid-España: Marcombo, Ediciones Técnicas. 2005, pp. 105

**DOMÍNGUEZ, E., & FERRER, J.** *El taller de automoción (Mecanizado básico).* Madrid-España: Editex, 2011, pp. 97

**GARCÍA, A., & CASTILLO, F.** *CIM, el computador en la automatización de la producción.* Cuenca-España: Ediciones de la Universidad de Castilla, 2007, pp. 26

**GERLING, H.** *Alrededor de las máquinas-herramienta.* 3ª ed., Barcelona-España: Reverte, 2002, pp. 123.

**GOMEZ, S.** *Procedimientos de mecanizado.* 3ª ed., Milan-Italia: Cengage Learning, 2006, pp. 78.

**GÓMEZ, T., et al.** *Mecanizado básico para electromecánica.* Madrid-España: Editorial Paraninfo, 2011, pp. 156.

**KALPAKJIAN, S., & SCHMID, S.** *Manufacturing Engineering & Technology, 7th Edition.* Madrid-España: Pearson Education, 2013, pp. 59

**LASHERAS, J. M.** *Máquinas herramientas: fresadoras.* Madrid-España: Donostiarra, 2002, pp.98.

**MACHSUPPORT.** *Mach3.* [en línea] USA 2013[Consulta 26 de Noviembre de 2016] Disponible en <http://www.machsupport.com/software/mach3/>

**OBBERG, E.** *Spiral and worm gearing.* Florida-Estados Unidos: The Industrial Press, 1920, pp. 89.

**RADHAKRISHNAN, P., et al.** *CAD/CAM/CIM.* 2ª ed., New Delhi-India: New Age International, 2000, pp. 125.

**SHARPE, B.** *CNC Router.* Texas-Estados Unidos: Dorothy S. Brady, 1914, pp. 96.

**WAKERLY, J.** *Diseño digital: principios y prácticas.* Monterrey-México: Pearson Educación, 2001, pp. 112