

Resumen

En el siguiente documento se describe el desarrollo de un prototipo mecánico/ electrónico para el fresado, perforado y ensamblado placas de circuitos impresos o Printed circuit board (PCB). El trabajo nace de la necesidad de automatizar los procesos de producción de placas de circuitos electrónicos aplicables a pequeñas soluciones para la electromedicina y así dar un paso hacia adelante en la manufactura de placas de circuitos impresos más seguras, buscando dar un avance al proceso de desarrollo manual y al uso de químicos para la producción. Los requerimientos de seguridad de las placas electrónicas en la electromedicina son altas dependiendo del dispositivo al que vaya aplicado y de su importancia para sostener la vida humana. La máquina funciona por medio del control numérico computacional (CNC). Se Analizó el mecanismo más indicado para la construcción y ensamblado de circuitos electrónicos entre las distintas formas mecánicas que implementa este tipo de máquinas. Los componentes que conforman el hardware fueron integrados con un software de control llamado Universal Gcode sender (UGS). Se realizaron pruebas de funcionalidad para la calibración del prototipo, arrojando resultados satisfactorios en cuanto a la precisión en el fresado, congeniando la velocidad y la profundidad del calado. Se probaron dos tipos de estructuras y se generaron distintas conclusiones y recomendaciones para ambos tipos de diseños.

Palabras claves: : *control numérico computacional (CNC), Electromedicina, Universal Gcode sender (UGS), Printed circuit board (PCB).*

Abstract

The following document describes the development of a mechanical / electronic prototype for the milling, drilling and assembly of printed circuit boards or Printed circuit boards (PCB). The work arises from the need to automate the production processes of electronic circuit boards applicable to small solutions for electromedicine and thus take a step forward in the manufacture of safer printed circuit boards, seeking to advance the development process manual and the use of chemicals for production. The safety requirements of electronic Boards o PCB in the electromedicine are high depending on the device to which it is applied and its importance to sustain human life. The machine works by means of computer numerical control (CNC). The most indicated mechanism for the construction and assembly of electronic circuits among the different mechanical forms implemented by this type of machines was analyzed. The components that make up the hardware were integrated with a control software called Universal Gcode sender (UGS). Functionality tests were performed to calibrate the prototype, yielding satisfactory results in terms of precision in the milling, congenializing the speed and depth of the draft. Two types of structures were tested and different conclusions and recommendations were generated for both types of designs

Key words: *CNC, Electromedicine, UGS, PCB.*

¹ Profesor Investigador - e-mail: raac90@gmail.com
Recibido: 30/01/18 Aceptado 16/05/18

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos electrónicos requieren una base para la interconexión de sus elementos. A esta base se la denomina tarjeta de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board). Primeramente las pistas se dibujaban a mano, hasta la llegada del diseño asistido por computadora (CAD). Luego se imprimía y se transfería la tinta sobre el cobre por calor efecto del calor, para su posterior inmersión en cloruro férrico y de esta forma se obtenían las pistas con resultados discretos. En las grandes industrias, se utilizan maquinas que realizan placas de varias capas con técnicas de calado por Laser y realizan ensambles con máquinas pick and place (elige y recoge). De un tiempo aquí han surgido oportunidades de diseñar y manufacturar en china, realizando pedidos vía internet lo cual es conveniente para grandes cantidades de pedidos, pero para pequeñas producciones resulta un poco conveniente.

El prototipo diseñado es una forma de congeniar la practicidad de una máquina de producción automática de un costo más reducido que una máquina de carácter industrial, que pueda brindar al desarrollador electrónico local a obtener productos más seguros, más estéticos y más económicos, ya que al ahorrar en costos de manufactura de PCB aumentan las probabilidades de competir con productos extranjeros. El ruteado, la perforación y el ensamble, son tres procesos diferentes, cada uno por separado y con más de una maquinaria, lo interesante de esto es que con una maquina se obtenemos las tres prestaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología es cuantitativa, ya que busca explicar fenómenos utilizando cifras numéricas. Es del tipo aplicada y es de alcance descriptivo, ya que se busca describir fenómenos, situaciones, contextos, técnicas definiéndolos y detallando los resultados. El trabajo se dividió en tres etapas previamente definidas.

Análisis del mecanismo indicado para su implementación en la estructura de la CNC.

En la primera etapa se investigó el mejor mecanismo para la implementación del prototipo de producción de circuitos electrónicos, esto consistió en la elección a una estructura física basada en máquinas que implementen CNC. Existen tres tipos de mecanismos para CNC: Correa, cremallera y tornillo de rosca. El modelo a correa es la más popular y económica, pero con el tiempo sufre pérdidas de tensión de la banda de transmisión, generando pérdidas de paso. El modelo a cremallera sin embargo es aplicable a grandes maquinas CNC donde las pérdidas de paso tienen cierta tolerancia al error. Se optó por el tornillo a rosca por ser el más preciso y duradero con respecto al tiempo, se encontró que los modelos de tornillo a rosca son propensos a pérdidas, llamadas efecto backlash, para ello se emplearon tornillos ballscrew o de bolas recirculantes, para contrarrestar el efecto backlash.

ESTRUCTURA DE METAL

Se probó una estructura metálica, para ello se unieron dos perfiles huecos de aluminio y dos de hierro. Se las unió y se formó un cuadro que sostenía los rieles, para ello se hicieron perforaciones y cortes con herramientas caseras. Se tuvo que diseñar dos piezas en forma de T, fundiendo aluminio. Terminada la estructura se probó y se presentaron problemas de vibración y desajustes en el nivel horizontal, esto se dio por la falta de precisión en las perforaciones y la fragilidad del perfil de aluminio hueco que al estar sometido a las vibraciones cedía y se perdía el nivel. Se hicieron algunos gráficos en papel pero los desajustes eran constantes y se debía calibrar continuamente ya que en ciertas zonas del plano, no efectuaba los gráficos.

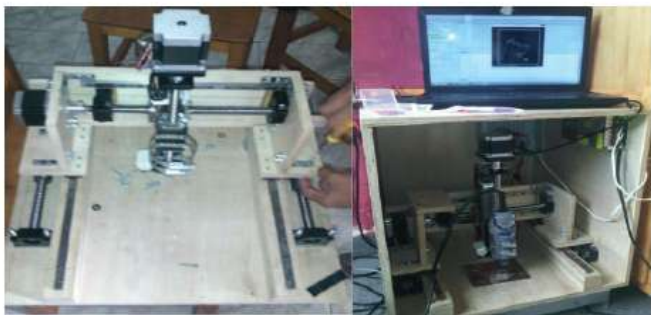
Fig. 1 Estructura metálica



ESTRUCTURA DE MADERA

La estructura de madera, se basó en el mismo diseño inicial, Los cortes para sus partes se hicieron de forma más precisa con máquinas industriales, pero las perforaciones fueron caseras. El diseño presento menos vibraciones, que el diseño metálico y la ventaja principal fue que no se desajustaba con el uso continuo, por estos motivos de optó por la estructura de madera.

Fig. 2 Estructura de madera

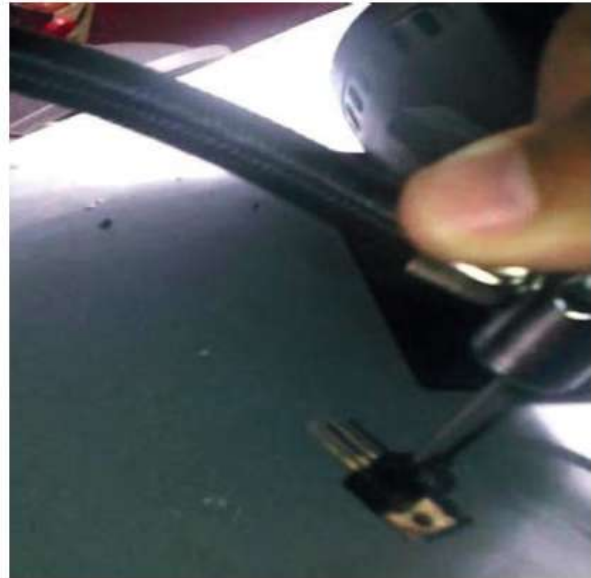


ENSAMBLADOR SEMI AUTOMÁTICO

La idea de un ensamblador fue de generar analogía a una maquina pick and place, pero con funciones semiautomáticas. Para ello se optó por un sistema de succión de componentes electrónicos, esto con el propósito de tomar las piezas desde un punto cualquiera y llevarla a su ubicación de final sobre la placa para su posterior soldado. Para lograr succión se requería una bomba de vacío, eso se logró modificando un compresor de aire de 12V el cual realiza la función inversa.

En la imagen se denota como el momento en que la bomba succiona el componente electrónico

Fig. 3 Bomba de vacío



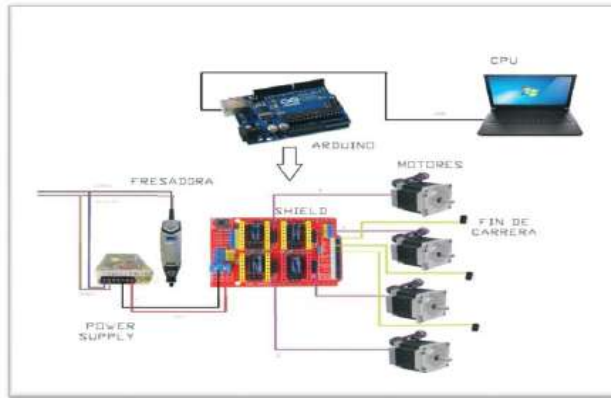
DEFINICIÓN DEL HARDWARE Y SOFTWARE DE CONTROL

Una vez definida la estructura física se procedió al estudio de los componentes de control para la máquina: como motores, actuadores, controladores, conectores, las ubicaciones de los distintos elementos para la perforación, ensamble y mecanismo de fijación de los componentes para la producción de los circuitos electrónicos.

ETAPA DE HARDWARE

Se optó por un Arduino UNO, por su compatibilidad con el software UGS. Teniendo en cuenta que cada motor Nema 23 tiene un consumo de 2Amp por bobina y que la perforadora Dremel 3000 consume 1,2Amp, considerando estos valores, se utilizó una fuente de 12V/15Amp. Se investigó sobre placas Shield. Y se seleccionó la V3.0, el cual es de versión libre y trae las modificaciones necesarias para el desarrollo. La comunicación entre la PC y el Arduino es mediante USB

Fig. 4 Diagrama de conexión de todo el prototipo



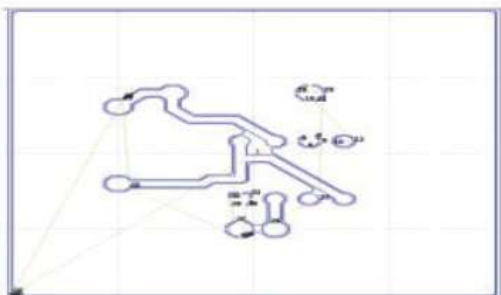
Para controlar cada motor paso a paso, se utilizaron drivers tipo puente H denominado Dvr8825, se seleccionaron debido a que son capaces de manejar hasta 2,5Amp de corriente y resultaba adecuado para manejar los nema23 de 2Amp de consumo.

INTERFAZ PARA INTERPRETAR LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO A PRODUCIR Y COMUNICACIÓN CON EL HARDWARE.

GENERACIÓN DE INSTRUCCIONES GERBER

La primera etapa para elaborar una PCB, es diseñarla con un software capaz de generar un archivo de salida el formato Gerber para las pistas y Excellon para las perforaciones. Para ello se usó la versión de Proteus 8 y con EasyEDA el cual es un sitio de diseño electrónico online. Se optó finalmente por Proteus debido a que el formato que genera el Proteus tenía compatibilidad con el software Flatcam.

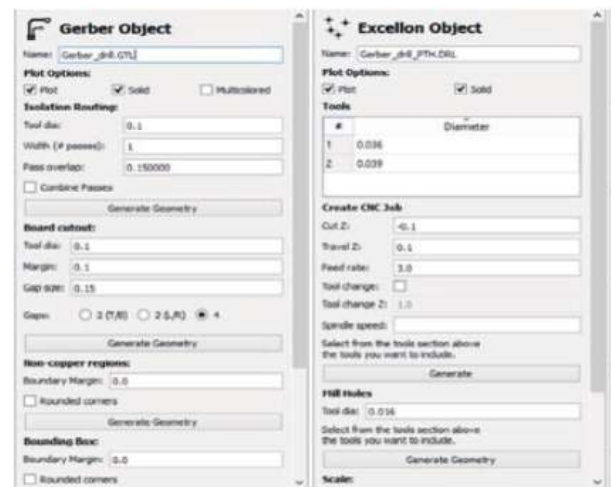
Fig.5 Diseño en del circuito electrónico
Conversión de Gerber a código G



En el control de las CNC existe una serie de instrucciones denominadas código G, este código numérico representa a tres coordenadas, sobre los tres ejes, que al segmentarlas forman un punto en el plano y es allí, donde la fresadora debe moverse.

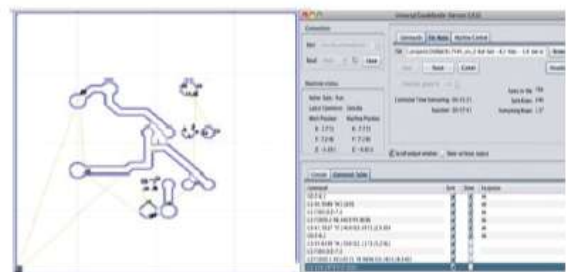
Estos códigos se deben obtener de los códigos Gerber. Para la conversión se utilizó el flatcam 8.5, para ello se importan los archivos Gerber y luego los archivos Excellon. Al importar ambos archivos es preciso configurar los parámetros más importantes como el aislamiento de rutas, corte de la PCB, escala y offset, en el caso del Gerber. En el caso del Excellon se modifica el trabajo del CNC

Fig.6 Configuración de parámetros.



El código G requiere un software que intérprete, se usó un software de licencia libre llamado Universal Gcode sender, en ella se configura los parámetros de posicionamiento inicial y final de la fresadora.

Fig.6 (a) Resultado PCB con Flatcam (b) Interface Universal Gcode sender.



FIRMWARE

El firmware lee los códigos G, desglosa las coordenadas para los ejes XYZ y los traduce en movimientos y paradas independientes para cada motor paso a paso. Se indagó en varios repositorios de código, buscando una versión libre adecuada para la placa de control utilizada y además que sea compatible con las instrucciones dadas por el UGS. Se optó por el GRBL, el cual era compatible a ambos requerimientos y la documentación de la misma era bastante amplia.

ETAPA DE PRUEBAS

La etapa de pruebas consistió en hacer los calados en las placas de cobre con el fin de observar el desempeño de la máquina. Pruebas de funcionalidad para la calibración del prototipo

Los primeros resultados fueron de mala calidad, las pistas no tomaban forma y se generaba un resbalado constante de la perforadora. Esto se dio por no fijar correctamente la placa a la cama de fresado. Otro problema encontrado fue la excesiva profundidad de calado, lo cual dañaba las pistas cercanas.

Fig.7 Resultados del fresado



Se sujetó la placa correctamente. Después de pruebas y errores se llegó a un valor de altura de la broca que generé no excesiva profundidad de calado. Esto se logró ajustando el valor de travel Z en

el Flatcam A 1mm. Una vez subsanados estos problemas se dieron los siguientes resultados: Se dio un mejor resultado en la definición geométrica de los gráficos, las pistas tenían el tamaño correcto ya que el tamaño de la herramienta era la adecuada, también se elevó la velocidad máxima de la perforadora, sin hacerlo durante el fresado ya que se notó que esto variaba la profundidad y generaba saltos de la broca de una pista a otra generando fallos. Realizando estos cambios se fue obteniendo calados más precisos y más fieles a lo diseñado en con las herramientas informáticas como se puede ver en la imagen.

Fig. 8 Resultados del fresado

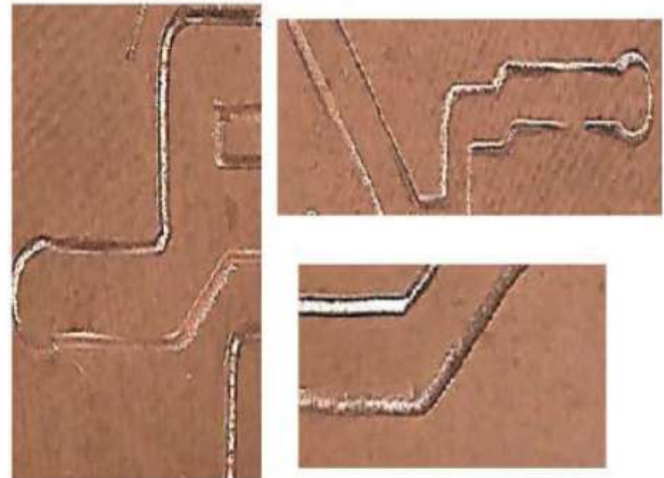
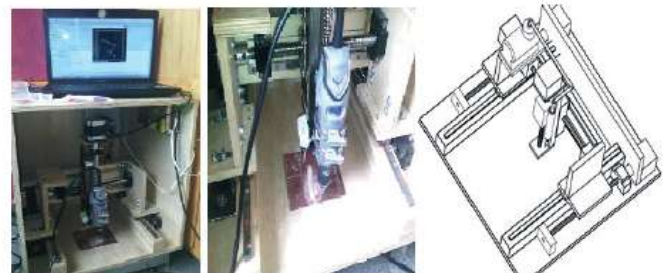


fig.9 CNC realizando el calado en la PCB y Vista aérea de prototipo en formato CAD



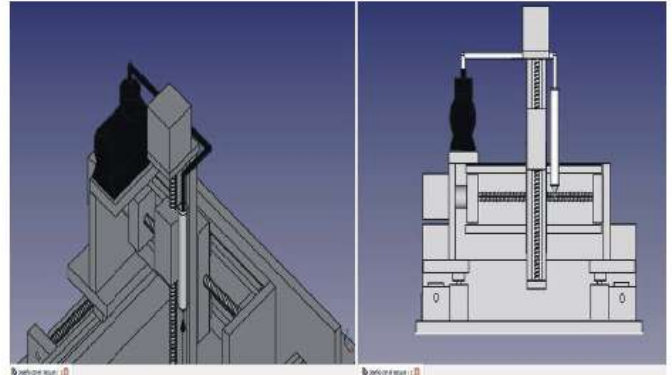
CONCLUSIÓN

En respuesta al objetivo general de desarrollar un prototipo para la perforación, ruteado y ensamblado automatizado de circuitos electrónicos aplicables a la electromedicina, se puede concluir conforme a los resultados que es posible lograr una herramienta de buena precisión y con una inversión razonable.

Con esta máquina es posible llegar a realizar placas hasta la clase 1 según la norma IPC-A-600AG. Esto abarca a placas electrónicas que no sean de soporte vital para el ser humano. La CNC puede manufacturar hasta dos capas de cobre,

hasta un tamaño de 20cm^2 y está prevista para realizar perforado y ensamblado de componentes electrónicos.

fig.10 Diseño en FreeCAD con la bomba de vacío instalada



BIBLIOGRAFÍA

- Denis, E. R. (2003). Ingeniería Clínica. . Obtenido de Centro de Bioingeniería.
- Díaz del Castillo Rodríguez, F. (Agosto de 2008). Programación automática de máquinas CNC. Obtenido de Repositorio Facultad de estudios superiores de Cautitlán.
- FreeCAD. (1 de 2017). MANUAL FreeCAD 0.15. Obtenido de http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=About_FreeCAD.
- Gallardo Puertas, O. (Setiembre de 2015). Fabricación de placas de circuito impreso con Proteus. Obtenido de Repositorio documental UVA: <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/14625/1/TFG-P-312.pdf>
- Guías de movimiento lineal_THK. (14 de Junio de 2009). Obtenido de Thk.com: https://www.thk.com/sites/default/files/documents/mx_pdf/product/2009/DCatalogEspanol_1.pdf
- IPC. (2017). Association Connecting Electronic Industries. Obtenido de <http://www.ipc.org/ContentPage.aspx?pageid=IPC-History>
- Jeon, S. (11 de Diciembre de 2016). Documentación GRBL. Obtenido de Sitio web donde se especifica la documentacion: <https://github.com/grbl/grbl/wiki/Configuring-Grbl-v0.9>
- Nose Seico JNS. (25 de Octubre de 2012). Vida útil y capacidad de carga del rodamiento. Obtenido de <http://www.nose-seiko.co.jp/esp/image/pdf/s01.pdf>.

- Olarte, L., Monroy, S., & Reina, W. (19 de Mayo de 2009). Automatización del proceso de diseño y elaboración de circuitos impresos. Obtenido de Biblioteca USBBog: <http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/44362.pdf>
- Prasad, R. (1997). Surface mount technology: principles and practice 2nd ed. Portland: Springer Science & Business Media. Obtenido de Springer Science & Business Media.
- Riley, F. (1988). The electronics assembly handbook. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH.
- Riquelme, M., & Zamora, R. (24 de 08 de 2014). Diseño y fabricación de una fresadora CNC de 3 ejes para el mecanizado de PCB con plataformas de desarrollo abiertas. Obtenido de Repositorio Universidad catolica de Cartagena: <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4393/tfg491.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- RoundRail Linear Guides and Components. (24 de enero de 2013). Obtenido de thomson linear minformaciones técnicas: http://www.thomsonlinear.com/downloads/bearings_guides/RoundRail_LinearGuides_Components_cten.pdf
- Ucamco. (12 de 2016). The Gerber file format specification. Obtenido de Manual Ucamco: https://www.ucamco.com/files/downloads/file/81/the_gerber_file_format_specification.pdf
- Winder. (30 de 12 de 2016). Manual de Universal G-Code Sender. Obtenido de http://winder.github.io/ugs_website/guide/classic/