

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
BIDIMENSIONAL APLICADO A LA PERFORACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS**

**GUSTAVO ANDRÉS AGUILLÓN ALMARIO
CARLOS IVÁN MENDOZA POVEDA**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA
2009**

**REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO
BIDIMENSIONAL APLICADO A LA PERFORACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS**

**GUSTAVO ANDRÉS AGUILLÓN ALMARIO
CARLOS IVÁN MENDOZA POVEDA**

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero electrónico

**Director
Juan Carlos Mantilla Saavedra
Ingeniero Electrónico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
BUCARAMANGA
2009**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Mayo 2009

**A mi Padres y Hermanos
que pusieron toda su confianza
y esfuerzo para que pueda
salir adelante en todo lo
que me proponga**

GAAA

Papá y Mamá
Gracias al esfuerzo, dedicación
y confianza depositada en mí
para hacer realidad mi sueño

CIMP

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

A él Ing. Ricardo Gálvez Sánchez por su gran disposición y apoyo total en la elaboración de este trabajo de grado.

Al Ing. Juan Carlos Mantilla Saavedra por aceptar la dirección del trabajo grado y su incondicional apoyo.

Al instituto Técnico Superior Dámaso Zapata por los servicios prestados en los talleres de mecánica.

Al profesor Edgar Rodríguez por su tiempo y dedicación en la elaboración de las partes mecánicas.

CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	18
1.1 TIPOS DE MÁQUINA CNC	18
1.2 ESTADO DEL ARTE	21
1.2.1 Control de Posición Bidimensional Aplicado a una Mesa de Perforación	21
1.2.2 Mini Router CNC	22
1.2.3 Mini Mill 2, Centro de Mecanizado Haas CNC	25
2. ANTECEDENTES	26
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA ORIGINAL	26
2.1.1 Hardware Electrónico	27
2.1.2 Hardware Mecánico	29
2.1.2.1 Sistema de Desplazamiento en el Eje X	29
2.1.2.2 Sistema de Desplazamiento en el Eje Y	29
2.1.2.3 Sistema de Desplazamiento en el Eje Z	30
2.1.3 Software	30
2.2 OPTIMIZACIÓN	31
2.3 REPLANTEAMIENTO	31
2.3.1 Problemas Mecánicos	32
2.3.2 Rediseño Máquina Anterior	32
3. MÁQUINA CNC DRILL 1.0	33
3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA	34
3.1.1 Estructura Tipo Cruz	34
3.1.2 Parales Tipo L	35
3.1.3 Soporte Motores	35
3.1.4 Soporte Taladro	36
3.1.5 Polea Dentada y Correa	36
3.1.6 Sistema de Coordenada Eje X	37
3.1.7 Sistema de Coordenada Eje Y	38
3.1.8 Sistema de Coordenada Eje Z	39
3.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN ELECTRÓNICA	40
3.2.1 Fase Control	41

3.2.2	Fase Potencia	43
3.2.3	Motores	44
3.2.3.1	Detección del Tipo de Motor y Secuencia de las Bobinas	44
3.2.3.2	Secuencia de Trabajo Motor Paso a Paso Unipolar	46
3.2.4	Esquema Electrónico	47
3.2.4.1	Conexión USB Hacia Caja Controladora Motores	47
3.2.4.2	Conectores Caja Controladora Motores	48
3.2.4.3	Driver Motor PAP	49
3.2.5	Sensores	49
3.3	OPERACIÓN DEL SISTEMA	50
3.3.1	Creación de Coordenadas en Eagle	51
3.3.2	Inicio	51
3.3.3	Revisar	52
3.3.4	Home Manual	53
3.3.4.1	Home Manual	54
3.3.4.2	Home Automático	55
3.3.5	Taladro	56
3.3.6	Proceso	57
3.4	Tabla de Costos	58
4	RECOMENDACIONES	59
5	CONCLUSIONES	60
	BIBLIOGRAFÍA	61
	ANEXOS	63

LISTA FIGURAS

	Pág
Figura 1. Impresora	18
Figura 2. Máquina CNC de corte por plasma	19
Figura 3. Torno Control numérico	19
Figura 4. Solid Works	20
Figura 5. Control de posición bidimensional aplicado a una mesa de perforación	21
Figura 6. Mini Router CNC	22
Figura 7. Guía ejes	23
Figura 8. Soportes	23
Figura 9. Fresado y Perforado	24
Figura 10. Software Mach 3	24
Figura 11. Mini Mill 2, Centro de Mecanizado Haas CNC	25
Figura 12. Diagrama bloques del sistema	26
Figura 13. Controladora motores PAP	27
Figura 14. Interface de potencia motor DC	28
Figura 15. Etapa de potencia para solenoide	28
Figura 16. Eje Z	30
Figura 17. Máquina Drill CNC 1.0	33
Figura 18. Estructura tipo Cruz	34
Figura 19. Parales Tipo L	35
Figura 20. Soporte Motores	35
Figura 21. Soporte Taladro	36
Figura 22. Poleas dentadas	36
Figura 23. Sistema Coordenada Eje X	37
Figura 24. Acoples buje bronce, barras lisas, retenedor correa	37
Figura 25. Sistema Coordenada Eje Y	38
Figura 26. Plataforma Perforación Eje Y	38
Figura 27. Acoples buje de bronce, barras paralelas, correa	39
Figura 28. Sistema de Coordenada Eje Z	39
Figura 29. Tornillos sin fin, Barras lisas	40
Figura 30. Tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009	41
Figura 31. Circuito de acople y protección	41
Figura 32. Canales digitales	42
Figura 33. Conexión canales digitales	43

Figura 34. Circuito de Potencia	43
Figura 35. Motor PAP detección de cables	44
Figura 36. Hallar Secuencia	45
Figura 37. Secuencia Motor	46
Figura 38. Conectores caja	48
Figura 39. Driver motor PAP	49
Figura 40. Circuito de control encendido de mototool	49
Figura 41. Disposición de los sensores	50
Figura 42. Diagrama de bloque del sistema	50
Figura 51. Archivo txt	51
Figura 52. Inicio	52
Figura 53. Revisar	53
Figura 54. Home manual	54
Figura 55. Home automático	55
Figura 56. Taladro	56
Figura 57. Proceso	57

LISTA DE TABLAS

		Pág
Tabla 1.	Bobina 1	45
Tabla 2.	Bobina 2	45
Tabla 3.	Secuencia de paso completo	46
Tabla 4.	Conectores tarjeta	47
Tabla 5.	Costos	58

LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO 1 CREACIÓN DE ARCHIVO CON COORDENADAS	64
ANEXO 2 VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS EN LA GRILLA	73
ANEXO 3 MANUAL DE USUARIO CONTROLADOR DRILL 1.0	76
ANEXO 4 MONTAJE DEL CIRCUITO SOBRE LA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN	82
ANEXO 5 IMÁGENES ESTRUCTURA CNC DRIL1.0	85

GLOSARIO

CNC: Control numérico por computadora (CNC) es una máquina NC con la característica adicional de un computador. El computador a menudo se denomina la unidad de control de la máquina. Esto significa que todas las funciones de las máquinas están controladas físicamente por elementos electrónicos que se construyen dentro del controlador. Así, la función de la máquina está codificada dentro de la computadora en el momento de fabricación. [15]

Excellon: El formato excellon contiene toda la información necesaria para realizar las perforaciones en sus PCBs. Es simplemente una lista que describe en su encabezado las herramientas (brocas) a utilizar, y posteriormente lista las coordenadas en las que se deben hacer las perforaciones. [14]

Máquina NC: Responde a las señales programadas del controlador. En consecuencia, la máquina ejecuta los movimientos necesarios para la fabricación de una parte. [15]

Motor PAP: Motor paso a paso.

PCB: *Printed Circuit Board*, circuito impreso.

Drill 1.0: Software controlador de la máquina CNC Drill 1.0

Rs232: Norma para el intercambio de datos binarios, se encuentran conectores de dos tipos, de 25 pines DB-25, de 9 pines DE-9.

Drivers: Son los controladores de los dispositivos, con esto se puede controlar un periférico desde un programa de control.

CAD: (*Computer Aided Design*), diseño asistido por computadora.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de máquina de fresado de tres ejes aplicada a la perforación de circuitos impresos, controlada bajo programación en LABVIEW.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisión y detección de fallas al sistema y estudio de las posibles modificaciones al sistema anterior.
- Diseño y construcción de una plataforma mecánica para soportar el movimiento de los ejes acoplado a los motores.
- Desarrollar el hardware de potencia y control para el movimiento de los motores.
- Implementar la tarjeta multifunción NI USB 6009 para el control del hardware de potencia.
- Elaboración de software de control.
- Elaboración de guía de usuario.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: REDISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO BIDIMENSIONAL APLICADO A LA PERFORACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS

AUTORES: GUSTAVO ANDRÉS AGUILLÓN ALMARIO
CARLOS IVÁN MENDOZA POVEDA

FACULTAD: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR: JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

RESUMEN

En este proyecto se desarrolló una máquina para la perforación de circuitos impresos (PCB), con control numérico por computadora (CNC), la cual posiciona por medio de coordenadas un elemento actuador, como lo es un taladro, al cual se le puede adecuar piezas para la perforación. En este proyecto se presenta una nueva máquina constituida físicamente por tres ejes, la cual es controlada por el software Drill 1.0 desarrollado bajo el entorno LABVIEW; la comunicación se logra con una tarjeta multifunción de NATIONAL INSTRUMENTS y una electrónica para el control de los motores paso a paso que producirán el desplazamiento en los ejes. Esta máquina posee un sistema mecánico y electrónico, La electrónica está conformada por dos etapas; Software y Hardware, Físicamente la máquina posee elementos actuadores, como lo son los motores y sensores, buscando siempre robustez y buena resolución.

PALABRAS CLAVE: LABVIEW, Drill 1.0, CNC, motores paso a paso, coordenadas.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ABSTRACT OF THESIS PROJECT

TITLE: REDESIGN AND OPTIMIZATION OF TWO-DIMENSIONAL POSITIONING SYSTEM FOR DRILLING OF PRINTED CIRCUITS

AUTHORS: GUSTAVO ANDRÉS AGUILLÓN ALMARIO
CARLOS IVÁN MENDOZA POVEDA

DEPARTMENT: ELECTRONICS ENGINEERING

DIRECTOR: JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

ABSTRACT

In this project we developed a machine for drilling of printed circuit boards (PCBs), computer numeric control (CNC), which coordinates positioned through an actuator, such as a drill, which you can bring items drilling for it. This project presents a new physical machine consists of three axes, which is controlled by the Drill 1.0 software developed under the LabVIEW environment, communication is accomplished with a National Instruments multifunction card and an electronic control of stepper motors that will produce displacement axes. This machine has a mechanical and electronic, electronics consists of two stages: software and hardware, the machine is physically actuating elements, such as motors and sensors, always looking for robustness and good resolution.

KEYWORDS LABVIEW, Drill 1.0, CNC, stepping motors, coordinates.

V° B° THESIS DIRECTOR

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos más fuertes de la electrónica se encuentra en la automatización de procesos industriales, ya sea que este conlleve a alguna acción repetitiva o un proceso complejo, procurando que la intervención del hombre sobre la máquina se mantenga al mínimo con el fin que los procesos se desarrollen de una manera simple y rápida.

Los tornos y fresadoras son máquinas muy comunes en los campos de la industria ya que con estas máquinas se pueden desarrollar innumerables piezas para cualquier trabajo. Generalmente esta labor se desarrolla de manera manual pero su automatización produce mejores resultados en las piezas que se elaboren. En este trabajo de grado se llevó a cabo la automatización y construcción de un prototipo de fresadora aplicado a la perforación de circuitos impresos.

En la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana se desarrolló un proyecto bajo el nombre control de posición bidimensional aplicado a una máquina de perforación, el cual se pretendía poner nuevamente en funcionamiento. Esta tarea no fue posible por las condiciones de abandono en las cuales se encontraba dicho proyecto. En consecuencia se rediseñó y construyó una nueva máquina llamada Drill 1.0 para tal fin.

El control de la máquina Drill 1.0 interpreta un conjunto de instrucciones las cuales determinan el movimiento de cada uno de los ejes; este conjunto de instrucciones aplicado a la electrónica de control y potencia, se conocen como control numérico por computador (CNC), este control es empleado para la perforación de circuitos impresos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 TIPOS DE MÁQUINA CNC

En la actualidad el uso de las máquinas CNC es aplicado a muchos procesos en los que se requiere ejecutar diferentes tipos de trabajos, por ejemplo, corte de vidrio, fresado, troquelado, perforado, ensamble, empaquetado, soldadura, etc. El sistema de operación de estas máquinas se basa generalmente en el movimiento tridimensional de sus ejes en la cual posiciona una herramienta final que según el proceso requerido puede ser corte por plasma o chorro de agua, punta de diamantes, fresas, broca, láser, oxicorte y otras. Estas máquinas responden a códigos numéricos generados por medio del computador, los cuales describen un movimiento o una acción deseada. A continuación se citan algunos tipos de máquinas CNC:

- **Impresora,** Este es un periférico de uso habitual, es un modelo de una máquina CNC, en ella encontramos un hardware de control, un sistema de rodillos para transporte de papel y otro sistema para plasmar la tinta en el papel, para producir una página impresa se requiere de un diseño digital, el cual se logra desde la manipulación de programas a través de la computadora.

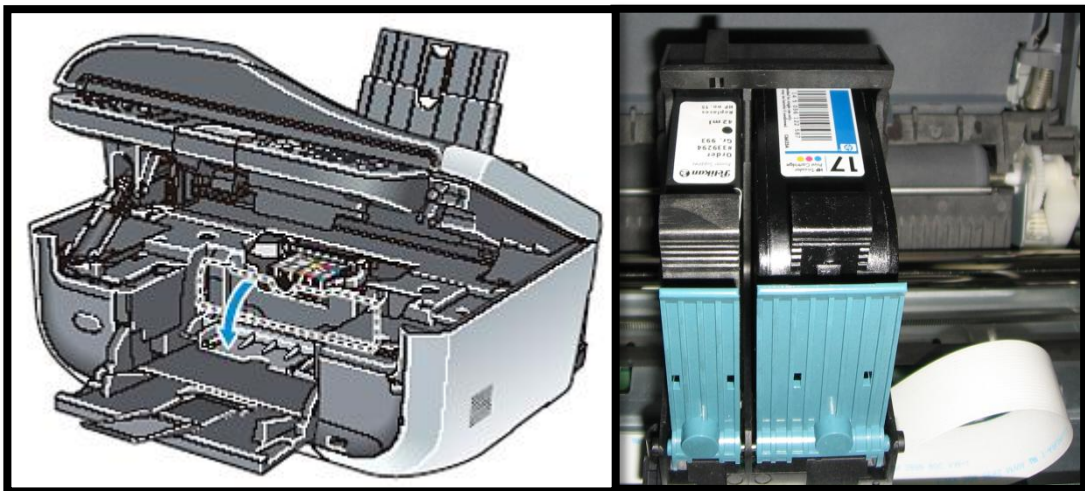


Figura1. Impresora [2]

- **Máquina CNC de corte por plasma,** Con esta máquina se tiene un control bidimensional, sus ejes son gobernados por motores PAP, su elemento actuador es un cortador de plasma, lo cual la hace útil para trabajar casi cualquier tipo de material, empleándose en la industria automotriz, náutica, petroquímica etc. Puede ser controlada manualmente gracias a su interfaz de acceso rápido por medio de un computador con conexión USB. [3]

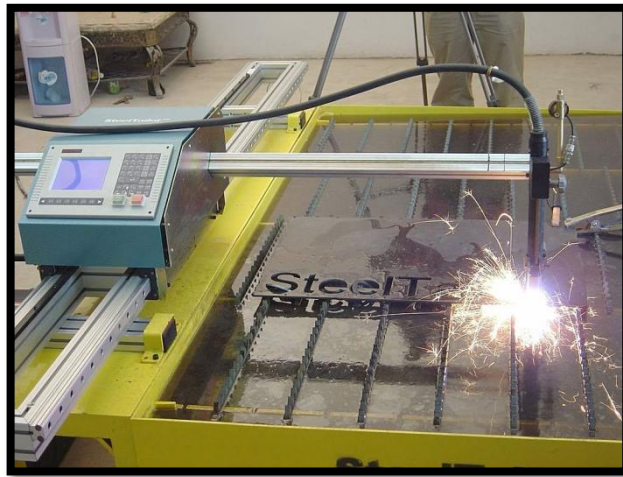


Figura2. Máquina CNC de corte por plasma [3]

- **Torno control numérico,** podemos decir que este torno es una evolución del torno tradicional, con esta máquina se puede desarrollar un trabajo de mecanizado que comúnmente se llevaban a cabo con distintos tornos,



Figura3. Torno control Numérico [4]

como lo son los tornos tipo revólver, verticales, paralelos entre otros, Generalmente estos cuentan con 3 ejes de libertad, pero podemos encontrar, según el proceso, hasta 5 ejes. El desplazamiento de los ejes se logra por medio de servomotor, motores de corriente alterna con encoders, acoplados a tornillos sin fin y carros guía. El actuador final, dependiendo del proceso, maneja distintas velocidades y herramientas mecanizado, los motores usados aquí tiene una potencia que ronda los 15Kw. Estos tornos son ideales para trabajar los metales gracias a su gran potencia. Para crear piezas se necesitan de programas de diseño como SOLIDWORKS o SOLID EDGE, estos convierten los diseños en archivos que serán interpretados por estas máquinas.

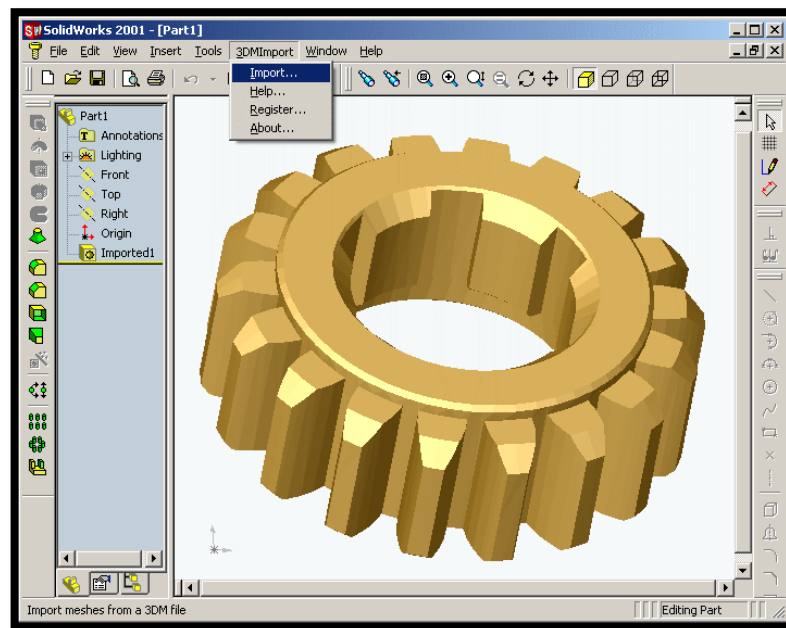


Figura4. Solid Works [5]

Las industrias que mas usan este tipo de máquinas equipadas con sistemas CNC son la automovilística, para la creación de bloques de motor, la aeroespacial, para la creación de piezas únicas, en la instrumentación, también cuando se requieren moldes para la producción de piezas masivas ya que se cuenta con modelado en 3D. Gracias a la precisión alcanzada por estos tornos de control numérico y sus variadas piezas de mecanizado es posible transformar un simple bloque de aluminio en toda una pieza de arte.

1.2 ESTADO DEL ARTE

1.2.1 Control de Posición Bidimensional Aplicado a una Mesa de Perforación

Proyecto de Grado realizado en la Universidad Pontificia Bolivariana, el cual consiste en una máquina de perforación de circuitos impresos; esta consta de dos motores paso a paso (PAP) uno por cada eje. Cuenta con un software propio desarrollado en Delphi 4.0 encargado de procesar las coordenadas de perforación ingresadas manualmente y a su vez realiza una comunicación RS-232 con un microcontrolador que se encarga del envío de datos hacia los drivers de los motores produciendo un desplazamiento.

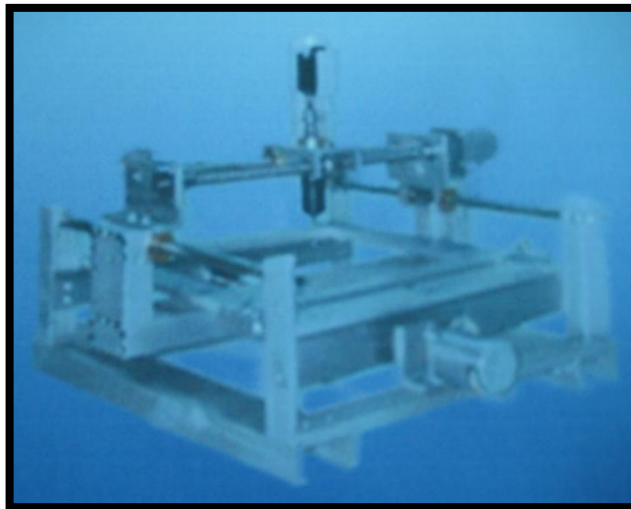


Figura 5. Control de posición bidimensional aplicado a una mesa de perforación [6]

Una vez que se han entrado las coordenadas al programa principal, la máquina mueve los motores para producir un desplazamiento en los ejes, lo cual posiciona el elemento actuador en el punto de perforación, este se encuentra conformado por un solenoide que se encarga de impulsar de manera vertical un motor DC, que acopla una broca. Ya situado estos elementos en la coordenada de perforación, se enciende el motor DC y al activar el solenoide desplaza a este motor hacia la baqueta donde se ubica el diseño del circuito a perforar. Todo este proceso se repite para hasta alcanzar la totalidad de las coordenadas introducidas.

1.2.2 Mini Router CNC

La máquina que se muestra en la figura 6, fue desarrollado para la elaboración de circuitos impresos tanto en su perforación como en el fresado de los caminos (ver figura 9) y grabados en distintos tipos de materiales como madera y aluminio.



Figura 6 Mini Router CNC [7]

Equipada por un hardware de control, sistemas de desplazamiento por medio de guías y tornillo sin fin, un actuador final para realizar perforaciones, y un software de control.

- **Hardware de control**, encargado del movimiento en los 3 ejes. Podemos encontrar 3 controladores para los motores PAP bipolares, estos están diseñados con los integrados L297 y L298 capaces de manejar 5A de corriente. Este controlador requiere básicamente de 2 señales de control, primero un tren de pulsos que es usado para mover el motor y segundo, una señal de cambio de giro. Existe también un controlador con la función de comunicar el software con los 3 controladores de los motores, se basa en un PIC 12F629 que interpreta las señales provenientes del puerto paralelo de computador y también recibe señales de finales de carrera usados para delimitar las dimensiones de trabajo. esta controladora posee 3 relés los

cuales son usados para activar el taladro y otros elementos como una aspiradora para recoger los desechos como la viruta.

- **Sistemas de desplazamiento**, dispone de 3 ejes llamados X, Y; Z. El eje X consta de una plataforma en la cual se apoya la baqueta a trabajar, la tracción se logra con una varilla roscada o tornillo sin fin, desplazándose libremente sobre unas varillas lisas que sirven de guías. En el eje Y se encuentra un sistema de desplazamiento similar al descrito en el eje X, la función de este eje es soportar el eje Z y este se conforma por una armazón que soporta el taladro, esta estructura es impulsada por una varilla roscada y guías lisas para el desplazamiento.

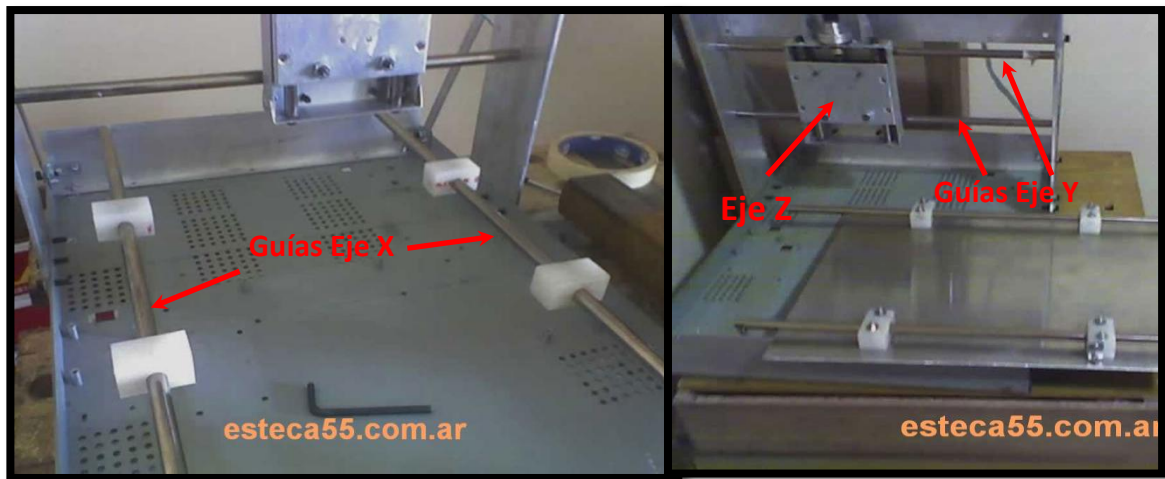


Figura7. Guías Ejes [7]

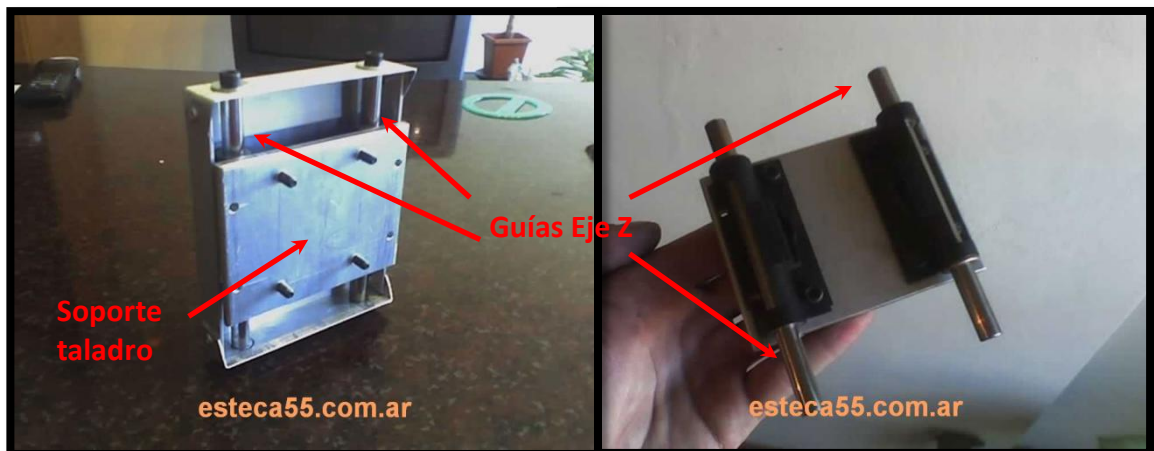


Figura8. Soportes [7]

- **Actuador final**, para la perforación y fresado de las baquetas, esta máquina usa un taladro conocido como mototool, donde se adaptan diferentes piezas como las brocas o fresas, dependiendo del tipo de material a trabajar es posible usar diferentes actuadores según las potencia que se requiera.

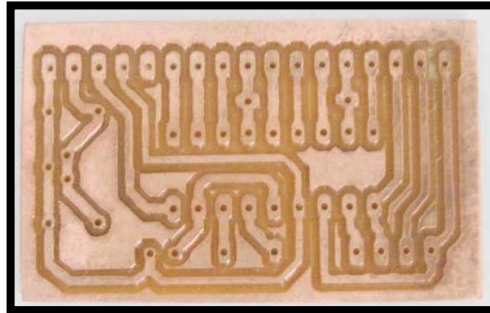


Figura 9. Fresado y Perforado [8]

- **Software de control**, Los diseños de los circuitos son hechos con software CAD como por ejemplo EAGLE, los cuales exportan archivos que son interpretados por el software MACH 3 el cual carga el código CNC respectivo a ejecutar, usando el puerto paralelo para activar los motores de la Mini Router CNC.

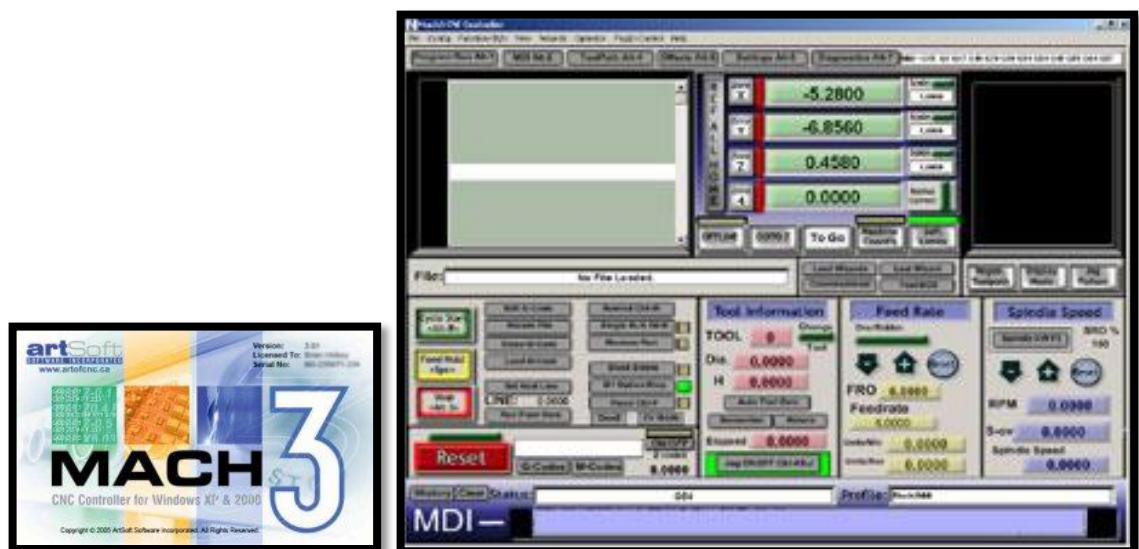


Figura 10. Software Mach 3 [9]

1.2.3 Mini Mill 2, Centro de Mecanizado Haas CNC

Mini Mill 2, posee un recorrido de 510 x 405 x 355 mm (XYZ), e incorpora un taladro que gira a 6.000 rpm y se acciona mediante un sistema de accionamiento vectorial de 5,6 kW. La mesa con ranuras en T de 1.015 x 355 mm tiene gran capacidad para alojar varios utillajes o una mesa divisora con uno o dos ejes. El equipo incluye un monitor LCD de color de 15" con puerto USB, un cambiador de herramientas de tipo carrusel de 10 posiciones y 1 MB de memoria de programación. Para aquellos talleres que necesiten utilizar más herramientas, la Mini Mill 2 puede también incorporar un cambiador de herramientas de tipo carrusel de 20 posiciones o un cambiador de montaje lateral de 24+1 herramientas. Algunas de las opciones disponibles son platos con un cuarto o un quinto eje, una boquilla de refrigerante programable, software de mecanizado a alta velocidad, el Sistema de Programación Intuitivo de Haas, extractor de virutas tipo sin-fin (auger) y muchas otras. Estas máquinas más desarrolladas para uso industrial pueden llegar a costar 500 millones de pesos.[10]



Figura11. Mini Mill 2, Centro de Mecanizado Haas CNC [10]

2. ANTECEDENTES

En este capítulo se explica el funcionamiento de la tesis Control de Posición Bidimensional Aplicado a una Mesa de Perforación desarrollada en la universidad Pontificia Bolivariana, dando una descripción de su estructura mecánica, elementos de control y problemas hallados en su rediseño.

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA ORIGINAL

Funcionamiento en diagrama de bloque.

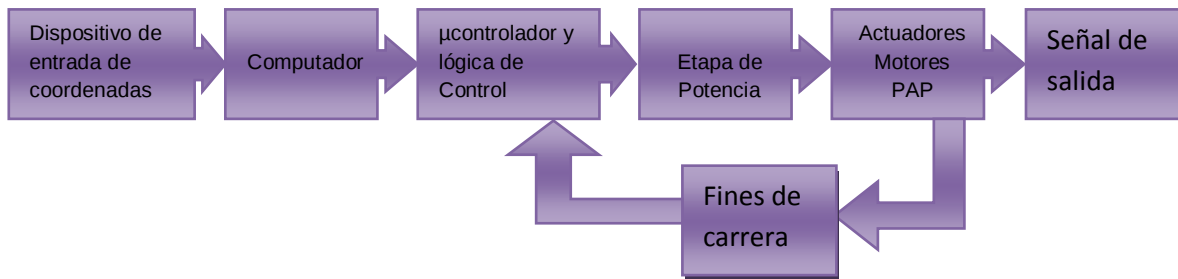


Figura 12. Diagrama bloques del sistema [6]

- **Dispositivo de entradas de coordenadas**, el ingreso de las coordenadas a perforar se hace manualmente en el programa desarrollado en Delphi.
- **Computador**, es el encargado de organizar y enviar las coordenadas al microcontrolador.
- **μcontrolador y lógica de control**, esta etapa genera los pulsos para el movimiento de los motores PAP
- **Etapa de potencia**, drivers para adecuar las señales eléctricas a los requerimientos de los motores.
- **Actuadores motores PAP**, elementos encargados del desplazamiento de los ejes XY.
- **Fines de carrera**, sensores ópticos usados para delimitar el área de trabajo.
- **Señal de salida**, indica el momento a perforar, accionando un solenoide acoplado a un motor DC.

2.1.1 Hardware Electrónico

El hardware electrónico o de control está conformado por la electrónica de potencia y control.

La electrónica de potencia se usa utilizado para generar el movimiento en los ejes X y Y consta de un par de motores PAP unipolares de 80 onzas de 1.8° por paso y 1.5A por fase, los cuales para generar una giro de 360° requiere de 200 pasos. Para energizar las boninas de cada motor se usa 4 transistores TIP122, para prevenir daños en el microcontrolador la señal de control pasa por un opto acoplador 4n25.[6]

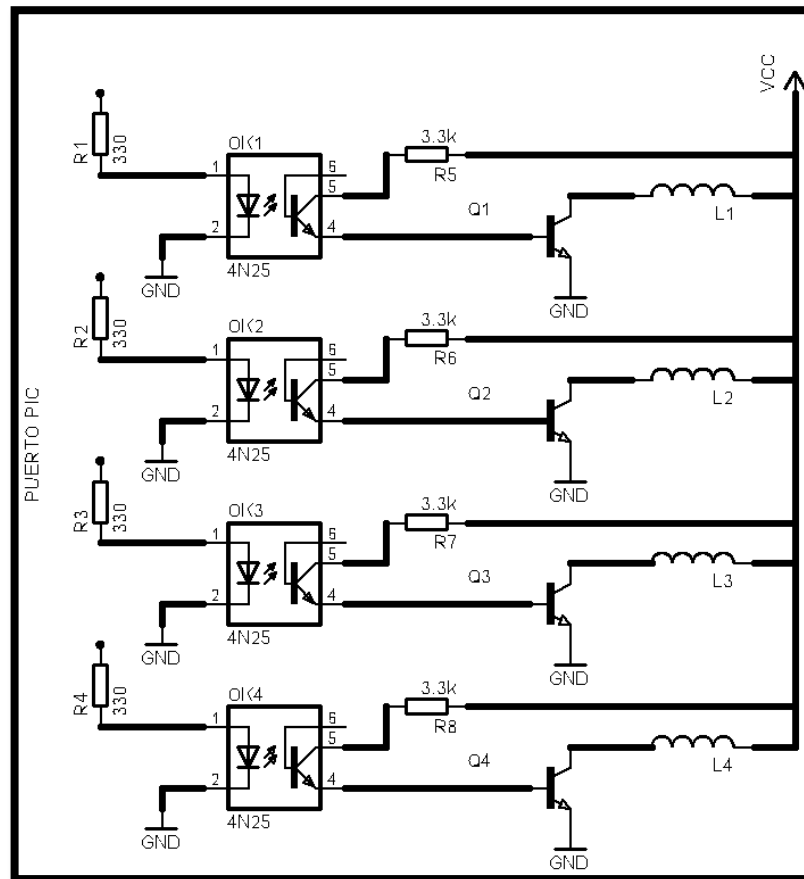


Figura13. Controladora motores PAP [6]

Para la perforación de los circuitos es usado un solenoide que impulsa un motor DC el cual tiene acoplada una broca en su eje. Cada uno de estos elementos es

activado con ayuda del microcontrolador. Para el control del solenoide se tiene un puente H a base de transistores TIP41, y usa dos señales de PIC. La activación del motor DC usa una señal de control, se tiene un opto acoplador para proteger el PIC y se usan dos transistores en cascada para impulsar la corriente hacia el motor DC.

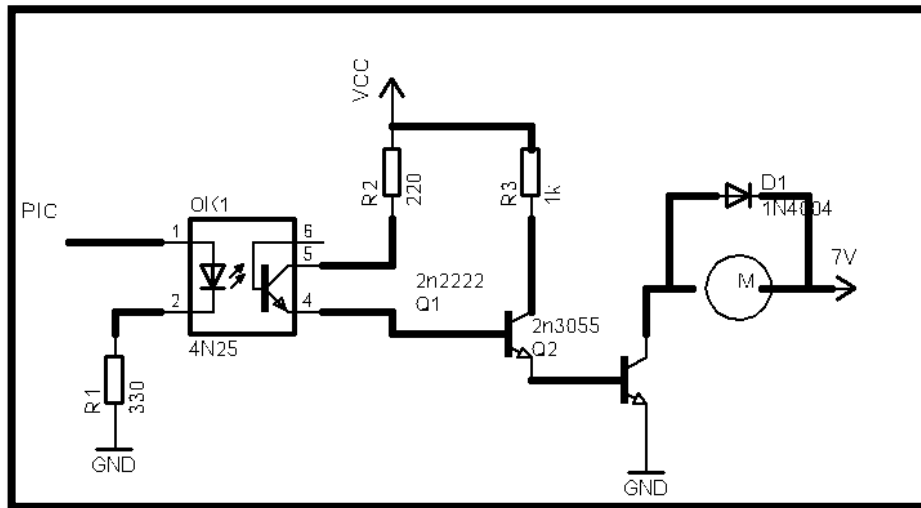


Figura14. Interface de potencia motor DC [6]

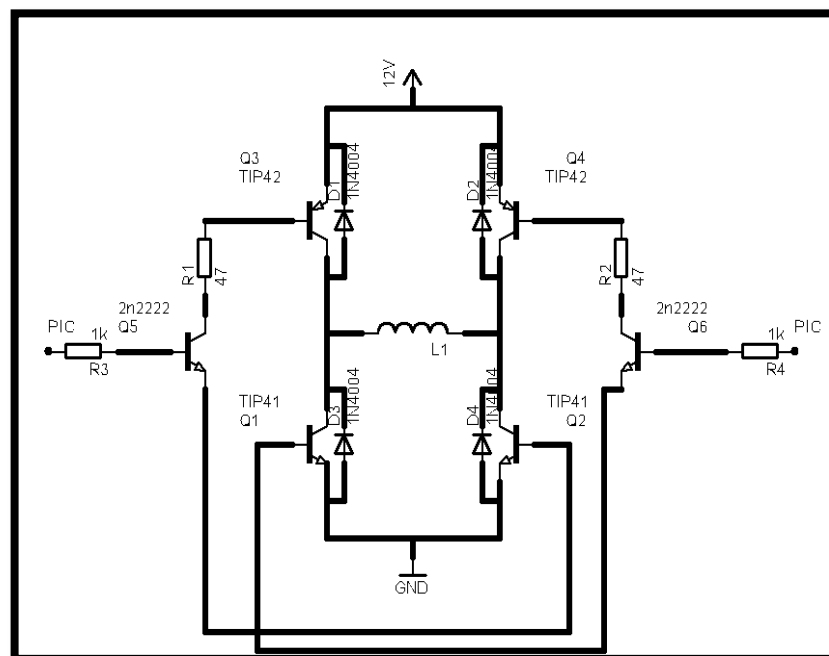


Figura15. Etapa de potencia para Solenoide [6]

El control de la máquina posee un microcontrolador PIC16C74, el cual se usa para activar y/o desactivar los transistores que controlan cada una de las bobinas en los motores PAP y también la activación del puente H del solenoide, y encendido del motor DC. La comunicación entre el PC y el microcontrolador es por medio de transmisión serial RS-232. La máquina posee finales de carrera ópticos que se utilizan en la etapa de control de lazo abierto y su función es la de detectar la posición inicial o el punto mínimo de desplazamiento de cada uno de los ejes cuando se pone en marcha los motores. [6]

2.1.2 Hardware Mecánico.

Para lograr una resolución de 1/10 de pulgada la máquina consta de sistemas de desplazamiento para cada uno de sus ejes:

2.1.2.1 Sistema de Desplazamiento en el Eje X

Para generar el movimiento en este eje se requiere subsistemas de tracción, guía y apoyo. El subsistema de tracción es impulsado por un motor PAP que tiene implementado a su eje dos piñones con una relación de dos a uno para generar más torque y velocidad, el cual tiene acoplado un tornillo de potencia.

El sistema de guías está formado por dos barras de acero, torneadas con precisión y niqueladas, las cuales utilizan bujes de bronce que se emplean para darle apoyo y dirección al sistema de desplazamiento.

El soporte de las tarjetas a perforar se basa en un marco compuesto de cuatro piezas en aluminio sujetados por un par de pestañas el tamaño máximo permitido de trabajo es de 330mm x 330mm. [6]

2.1.2.2 Sistema de Desplazamiento en el Eje Y

Consiste en un puente de aluminio apoyado en sus extremos por soportes unidos al sistema en el eje X, la tracción es generada por un tornillo de características similares a lo tratado en el eje X, este tornillo es acoplado al eje del motor dando una relación de uno a uno. [6]

2.1.2.3 Sistema de Desplazamiento en el Eje Z

Se emplea un solenoide para lograr un desplazamiento vertical, acoplado a una guía y amortiguado con un resorte que produce un avance constante. En la parte final del eje se acopla un motor DC con un mandril para alojar la broca de perforación. [6]



Figura 16. Eje Z [6]

2.1.3 Software

EL software de control fue desarrollado en Delphi 4, que es un lenguaje visual usado para realizar la adquisición, procesamiento y envío de las coordenadas hacia el sistema de desplazamiento. Se creó un protocolo de comunicaciones RS-232 para garantizar una comunicación segura entre el PC y el microcontrolador. [6]

Las coordenadas son ingresadas de forma manual con el TMemor que es una capa para la edición de multi-líneas en Windows. Una vez introducidas las coordenadas se efectúa un ordenamiento de acuerdo al diámetro del agujero que se va a perforar y luego un ordenamiento por coordenadas en X.

2.2 OPTIMIZACIÓN

Se requiere modernizar y optimizar el proyecto; control de posición bidimensional aplicado a una mesa de perforación, desarrollado en la Universidad Pontificia Bolivariana. Se considero colocarlo nuevamente en funcionamiento, revisando y recuperando sus piezas en mal estado, diseñando a su vez un nuevo sistema de control.

Dentro de los problemas a mejorar se da mayor importancia al sistema de posicionamiento, dichas fallas se relacionan con la precisión entregada por el sistema, ya que este incorpora un control de lazo abierto, por tanto, al suministrar las coordenadas por teclado al sistema, los motores se posicionan sin comparar el valor de referencia o set-point, ni efectuaran corrección de la posición por posibles perturbaciones o errores mecánicos.

Se implementa un sistema de monitoreo para la posición y control de los motores utilizando encoders, los cuales entregan información del desplazamiento realizado, permitiendo un sistema de control de lazo cerrado.

Para el sistema de comunicación software – hardware se usa una tarjeta de la National Instruments por puerto USB, controlada por medio de un entorno elaborado en LABVIEW. Con este mismo software se realizará el procesamiento de las coordenadas, las cuales generaran un desplazamiento de los motores en los ejes X y Y, ubicando el taladro de perforación en cada punto. Paralelamente se está escaneando por medio de los encoders, el error de posición.

Para la generación de un archivo con las coordenadas de todos los puntos de perforación, se lleva a cabo a través de un software donde se diseñan los circuitos impresos (PCB), los cuales puedan generar archivos del tipo EXCELLON, estos contienen toda la información necesaria para realizar las perforaciones del montaje.

2.3 REPLANTEAMIENTO

Retomando el proyecto, Control de Posición Bidimensional Aplicado a una Mesa de Perforación, y al realizar diferentes tipos de pruebas en sus desplazamientos, se observó que fue imposible llegar a un ajuste adecuado de las piezas

involucradas en el movimiento, por lo tanto se rediseño la totalidad de la estructura mecánica.

2.3.1 Problemas Mecánicos

Los problemas mecánicos encontrados son los siguientes:

- Las barras guía tenían desajuste lineal, lo cual genera un movimiento oscilatorio en el recorrido de los ejes. Estas barras contaban con un deterioro produciendo fricción.
- En el eje Y por falta de una barra guía el mecanismo del eje Z generaba un descuadre vertical afectando el punto a perforar.
- Los bujes de las barras guía tenían un descuadre generando fricción.
- Los acoples de los motores PAP al ser engranes plásticos generan una pérdida de movimiento inicial.
- Se presenta un descuadre lineal en el eje X debido a que las barras guía no se encuentran paralelas al tornillo sin fin.
- La guía del solenoide no garantizaba que las perforaciones realizadas fuesen en el punto exacto, muchas veces destruyendo las brocas.

2.3.2 Rediseño Máquina Anterior

Conociendo los problemas presentados con la máquina anterior se optó por la construcción de una nueva máquina posicional mejorando el diseño en su estructura y precisión para lograr el ajuste requerido. Máquina

El diseño de esta máquina será descrito en el siguiente capítulo

3. MÁQUINA CNC DRILL 1.0

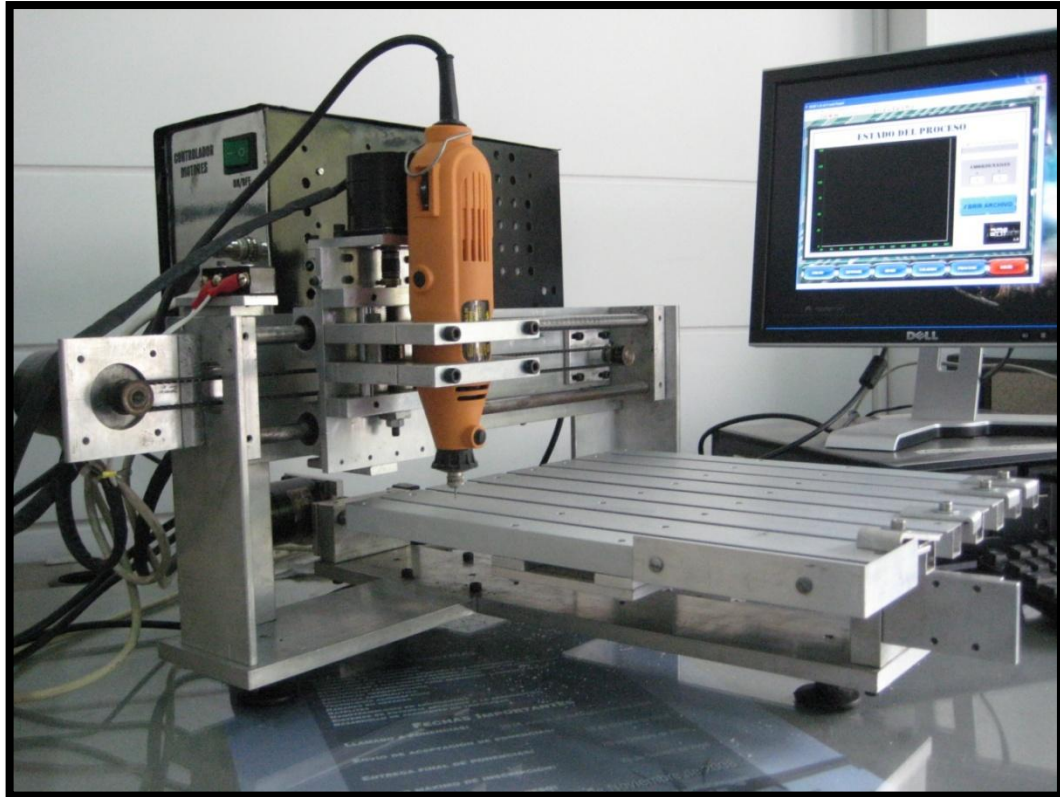


Figura17. MÁQUINA CNC DRILL 1.0 [1]

El funcionamiento de la máquina de perforación de circuitos impresos, se basa en la ubicación de un taladro mediante ejes XY. Estos ejes de coordenadas obtienen su desplazamiento con la ayuda de motores PAP, uno por cada eje. La perforación lo conforma un eje Z, el cual también estará gobernado por un motor PAP; proporcionando un moviendo descendente y ascendente del taladro, este desplazamiento se realiza después que se posicione los ejes X y Y.

Para permitir el posicionamiento de la máquina se desarrolla el software Drill 1.0 el cual controla el movimiento de los ejes. Para esta tarea debemos partir de lo que se necesita perforar, entonces se realizara un circuito usando un programa para el diseño de PCB, con el cual se genera un archivo con las coordenadas de perforación. El procesamiento de estas coordenadas se realiza mediante software Drill 1.0, interpretándolas y convirtiéndolas en una lógica para mover los ejes hacia su posición final.

3.1 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA

Para el diseño de la máquina se tuvo en cuenta un material ligero y económico, el cual facilitara su maleabilidad. Este tipo de estructura es usada para distribuir el peso de sus ejes, para generar un movimiento más suave, este era un inconveniente que se presentaba en la máquina anterior la cual un solo eje soportaba todo el peso de su estructura. La máquina esta soportada por las siguientes estructuras de aluminio.

3.1.1 Estructura Tipo Cruz

Esta estructura se usa como base para soportar toda la máquina, ella cuenta con tres apoyos plásticos ajustables que brindan inclinación. El grosor del aluminio es de $\frac{1}{2}$ pulgada.

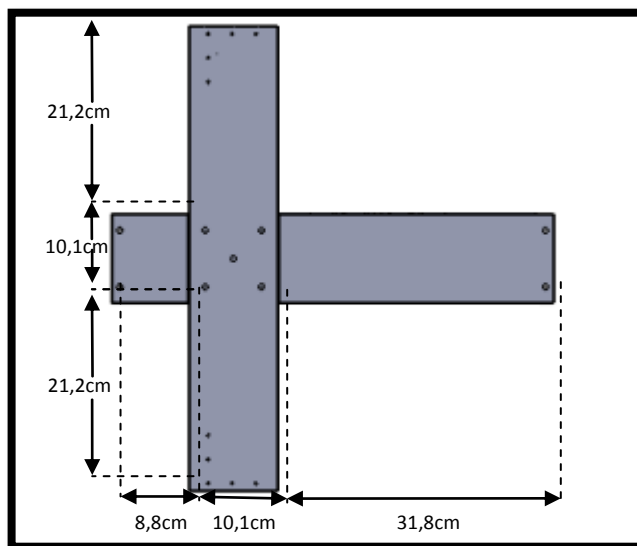


Figura 18. Estructura tipo Cruz [1]

3.1.2 Parales Tipo L

Los parales tipo L soportan la estructura del eje X, están unidos entre sí por medio de una platina que a su vez sostiene la caja controladora, dando también alojamiento a un par de varillas lisas. Grosor del aluminio $\frac{1}{2}$ pulgada.

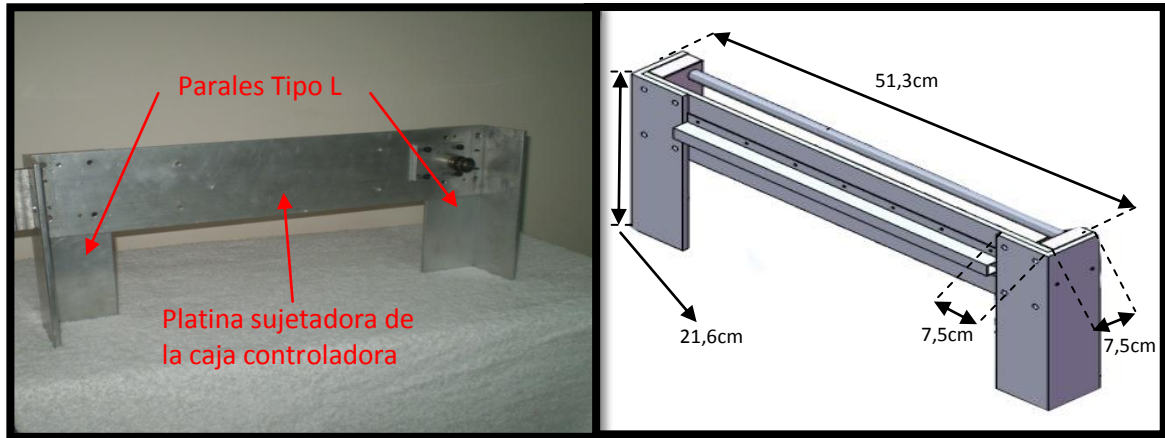


Figura 19. Parales Tipo L [1]

3.1.3 Soporte Motores

Estas estructuras están diseñadas con el fin de acoplar los motores paso a paso a sus respectivos ejes. Están hechas en aluminio tipo L.



Figura 20. Soporte Motores [1]

3.1.4 Soporte Taladro

La finalidad de este conjunto de piezas es mantener sujeto el taladro, previniendo que este se deslice o descentre. Estas piezas consisten en cuatro platinas de aluminio de $\frac{1}{2}$ pulgada de espesor. El ajuste del taladro es por medio de cuatro tornillos que aprisionan las platinas.

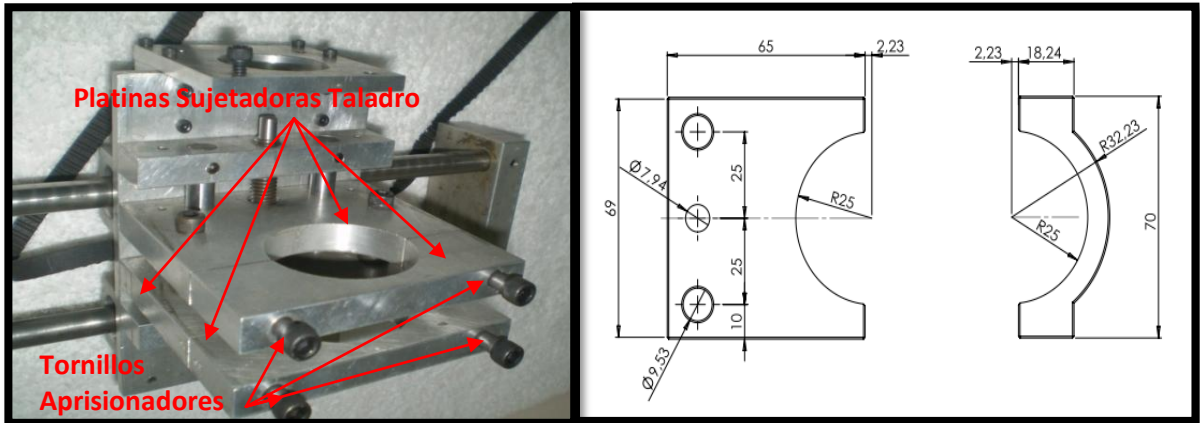


Figura 21. Soporte Taladro [1]

3.1.5 Polea Dentada y Correa

Para que el motor transfiera la fuerza a su respectivo eje de coordenadas se usa una polea dentada colocada en el eje del motor PAP y una polea libre al final del eje de acción. Este conjunto de poleas transfieren su fuerza por medio de una correa sincrónica. Por cada paso del motor se obtiene un desplazamiento lineal de 0.01 pulgadas.

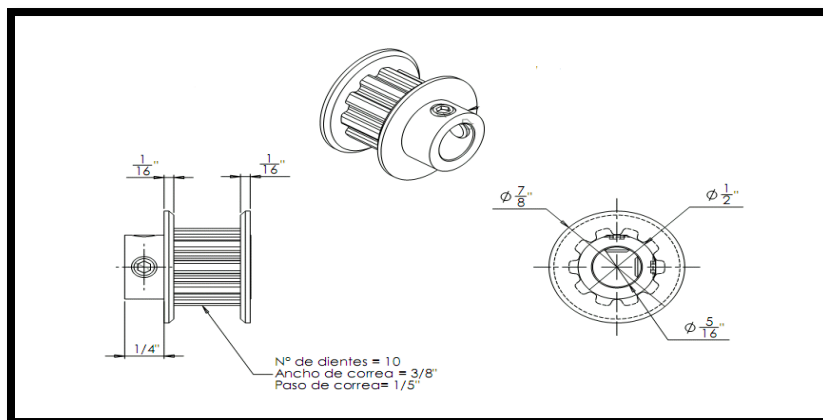


Figura 22. Poleas dentadas [1]

3.1.6 Sistema de coordenada Eje X

El sistema de coordenada del Eje X, tiene como función desplazar todo el sistema de coordenada del Eje Z ya que este tiene acoplado el taladro como instrumento actuador final. Para obtener un movimiento suave en el Eje X, este consta de dos barras lisas montadas paralelamente sobre las cuales se desplaza el sistema del Eje Z, alineado por medio de dos acoples de buje de bronce por cada barra lisa. La tracción se logra gracias a una correa síncrona unida desde el eje del motor PAP hasta una polea libre, la correa está sujeta con un retenedor a la platina base que sostiene todo el sistema de coordenada del Eje Z.

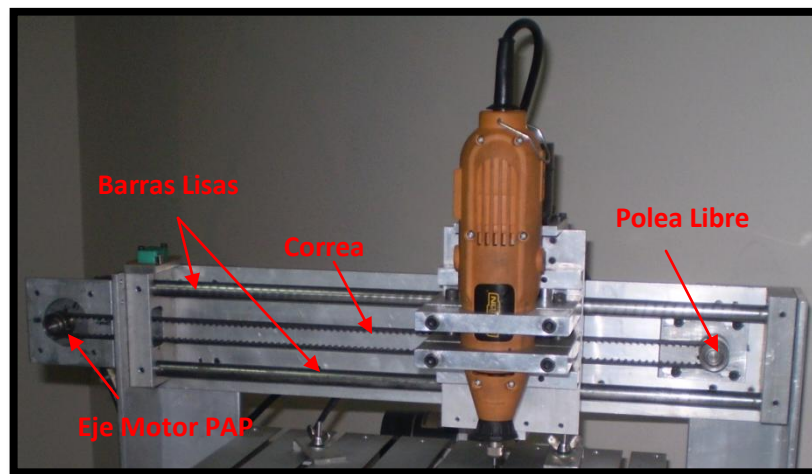


Figura 23. Sistema Coordenada Eje X [1]

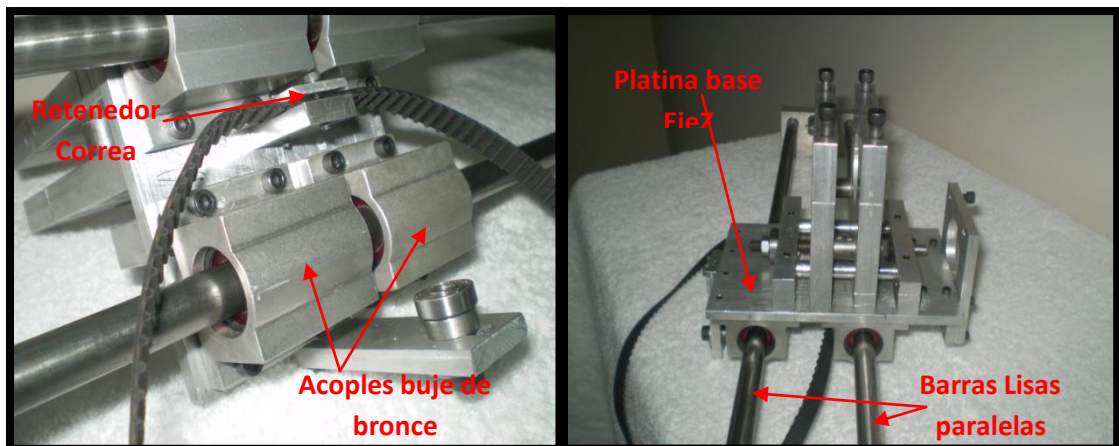


Figura 24. Acoples buje bronce, barras lisas, retenedor correa [1]

3.1.7 Sistema de Coordenada Eje Y

El objetivo de este sistema es generar el desplazamiento de la plataforma de perforación, la cual está conformada por platinas en forma T y tiene un área de trabajo de 360mm x 330mm. Para mover esta plataforma se cuentan con los mismos elementos del Eje X, sus dos barras lisas paralelas, acoples con buje de bronce, poleas dentadas, correa sincrónica y su respectivo motor PAP, como se muestran en las siguientes figuras.

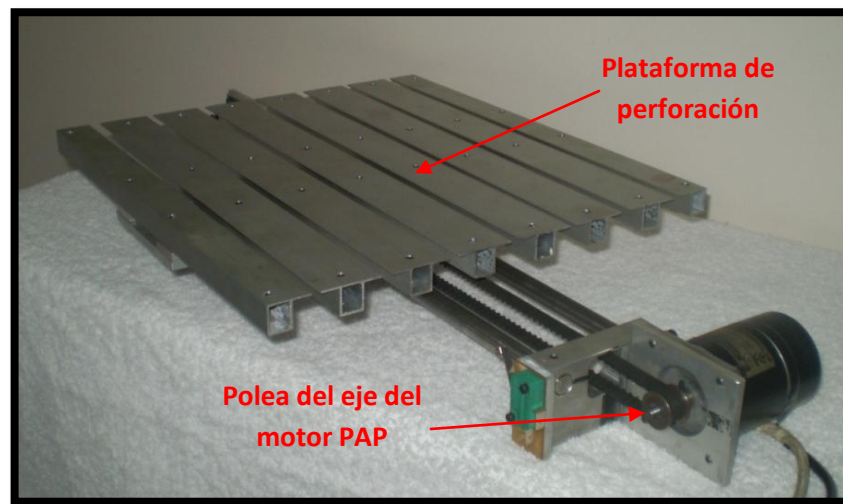


Figura 25. Sistema Coordenada Eje Y [1]

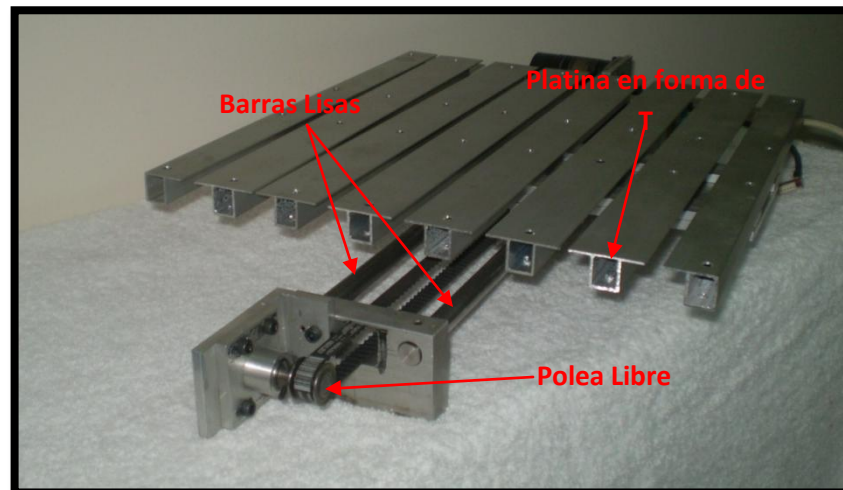


Figura 16. Plataforma Perforación Eje Y [1]

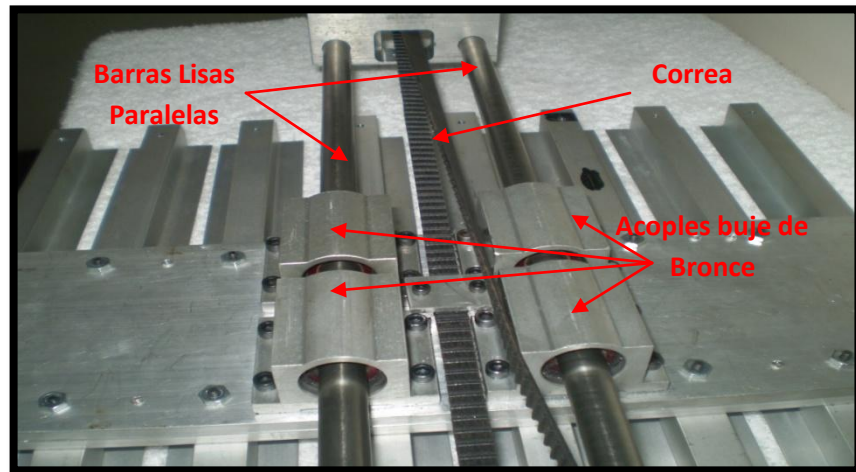


Figura 17. Acoples buje de bronce, barras paralelas, correa [1]

3.1.8 Sistema de Coordenada Eje Z

El sistema de Coordenada del Eje Z tiene como finalidad desplazar el taladro (mototool) para que se produzcan las perforaciones. El mecanismo de tracción está constituido por un tornillo sin fin (roscado) adaptado a un motor PAP por medio de un acople flexible. Se incluye también un par de barras lisas que sirven de guía para el desplazamiento, para sujetar el taladro se cuenta con unos juegos de platinas de cuatro piezas. Todos estos elementos están montados sobre una platina base, sujeta a las barras lisas del Eje X por medio de los acoples buje de bronce.

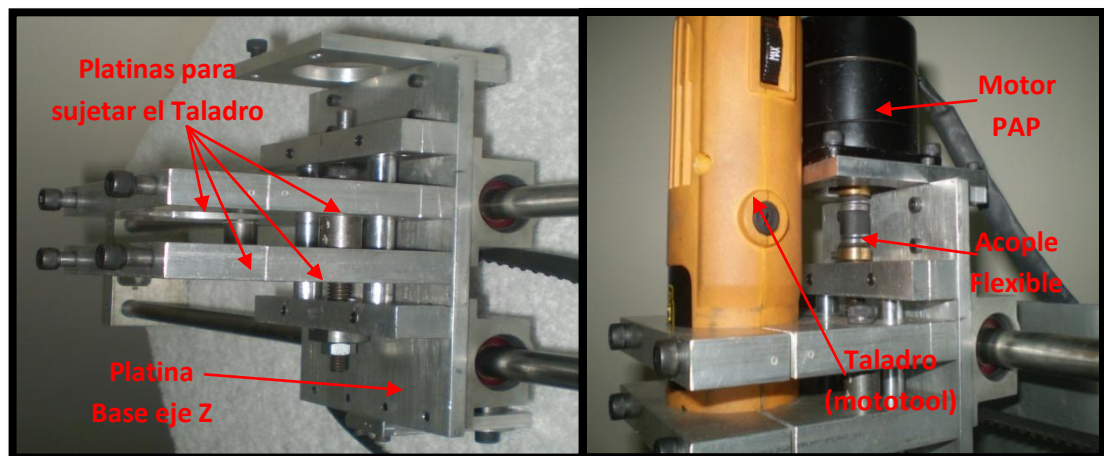


Figura 28. Sistema de Coordenada Eje Z [1]

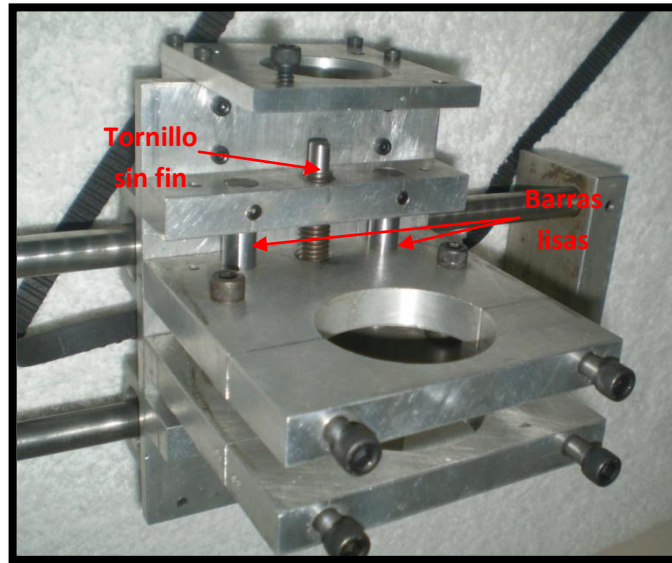


Figura 29. Tornillos sin fin, Barras lisas. [1]

3.2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN ELECTRÓNICA

Esta etapa está conformada por fase de control y potencia.

3.2.1 Fase de Control

La fase de control de la máquina interpreta y acondiciona las señales provenientes del software Drill 1.0 para ser llevadas hacia la fase de potencia, y también capta señales provenientes de sensores, como finales de carrera y encoders, los cuales monitorean la posición de la máquina y realimentan el software. Esta fase se compone de una tarjeta multifunción NI USB6009 de National Instrument con interfaz al PC por medio de conexión USB, se cuenta también con un circuito de acople y protección.

La tarjeta multifunción NI USB6009 se encarga de interpretar las señales provenientes tanto de LABVIEW como de la máquina de perforación. Con una frecuencia máxima de muestro en múltiples canales de 42kS/s, esta tarjeta posee 8 canales de entradas analógicas, 2 canales de salida análoga, 12 canales de entrada y salida digital y un contador de 32-BIT.

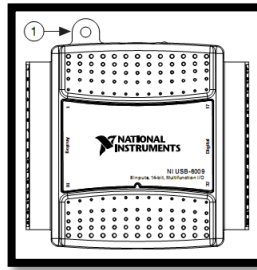


Figura 30. Tarjeta de adquisición de datos NI USB 6009 [11]

El circuito de acople y protección está basado en transistores que amplifican la señal proveniente de NI USB 6009 y se usan opto acopladores para proteger la tarjeta de picos generados por el moviendo de los motores.

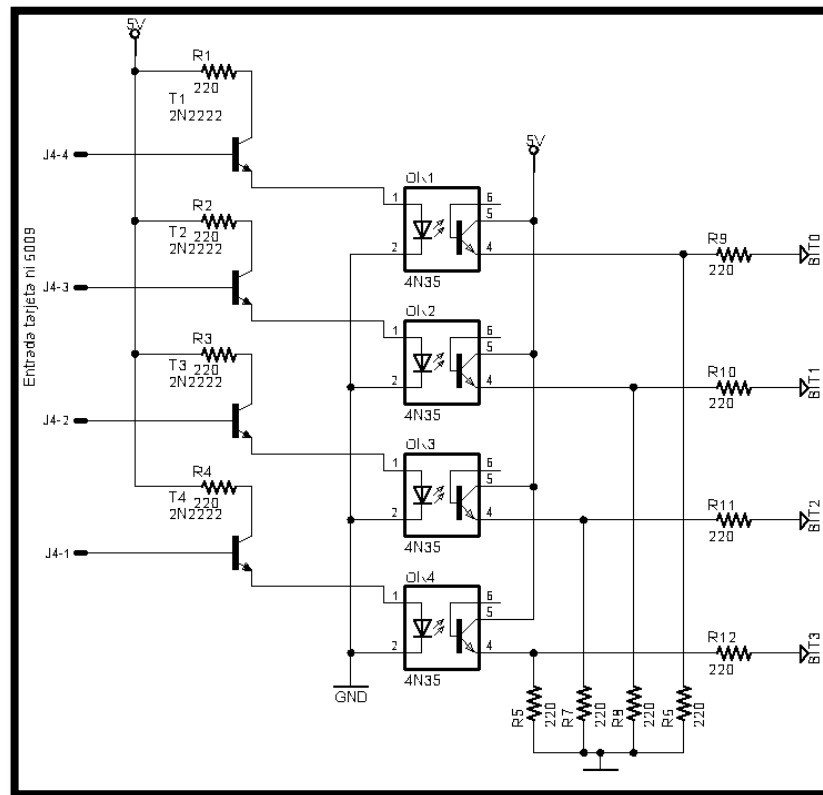


Figura 31. Circuito de acople y protección [1]

OK1 a OK4 opto acopladores	: 4N25
T1 a T4 transistores	: 2n222
R1 a R12 resistencias	: 1K2

El circuito anterior es utilizado para acoplar las señales provenientes de la tarje en los tres motores PAP. Cada circuito de acople y protección usa cuatro señales digitales provenientes de la NI USB 6009. En la figura siguiente se muestra la configuración de los canales digitales en la tarjeta.

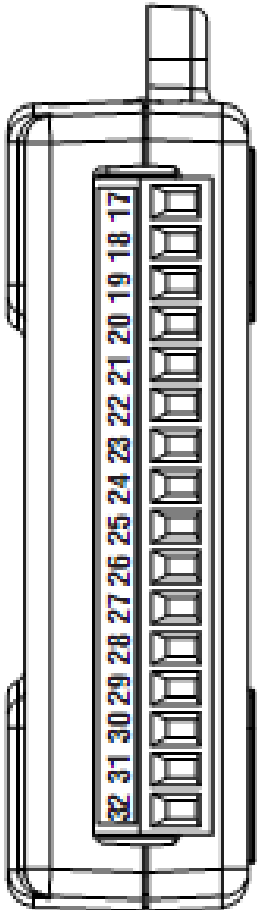
Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	HFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Figura 32. Canales digitales [11]

Se disponen los canales digitales de la tarjeta siguiente manera:

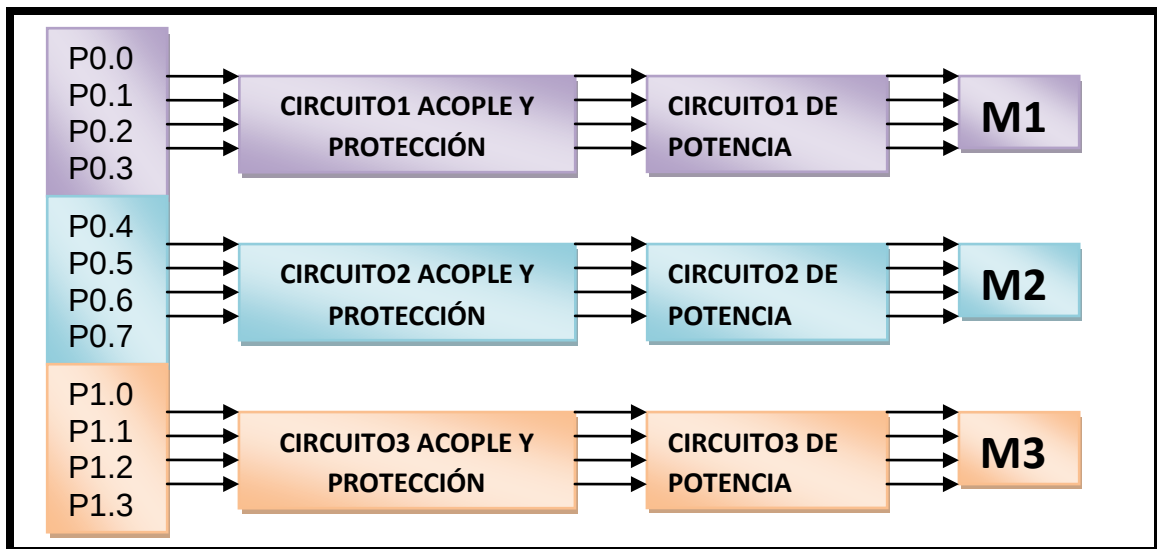


Figura 33. Conexión canales digitales [1]

3.2.2 Fase de Potencia

Este es el circuito usado para energizar las fases del motor PAP. El esquema se compone de 4 transistores TIP120 y dos resistencias de potencia de 1.5Ω a 20W por cada fase.

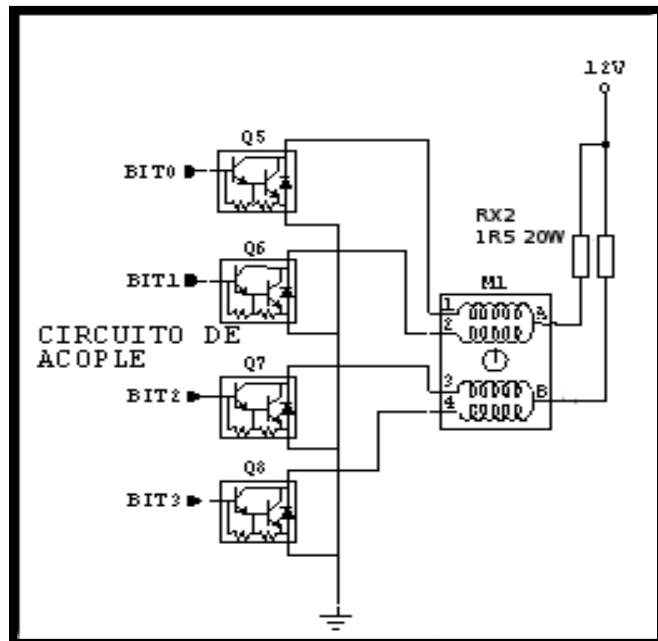


Figura 34. Circuito de Potencia [1]

3.2.3 Motores

Los motores que se usan para el desplazamiento de cada eje X y Y, (M1 y M2) tienen las siguientes características:

- MARCA: SERVO STEPPING M.
- MODELO: KP6M2-020
- TORQUE: 50 OZ-IN HOLD
- PASOS: 200 POR VUELTA 1,8 GRADOS POR PASO
- CONSUMO: 2,4 AMPERIOS POR FASE UNIPOLAR
- VOLTAJE: 12V

Las características del motor del eje Z (M3)

- MARCA: VEXTA STEPPING MOTOR.
- MODELO: PH266-01
- TORQUE: 50 OZ-IN HOLD
- PASOS: 200 POR VUELTA 1,8 GRADOS POR PASO
- CONSUMO: 1,2 AMPERIOS POR FASE UNIPOLAR
- VOLTAJE: 12V

Las características del taladro

- MARCA: FERTON.
- MODELO: TRM140
- REVOLUCIONES: 5000 – 35.000 r/m

3.2.3.1 Detección del tipo de motor y secuencia de las bobinas:

- A simple vista el motor presenta 6 cables, lo cual indica que es unipolar.

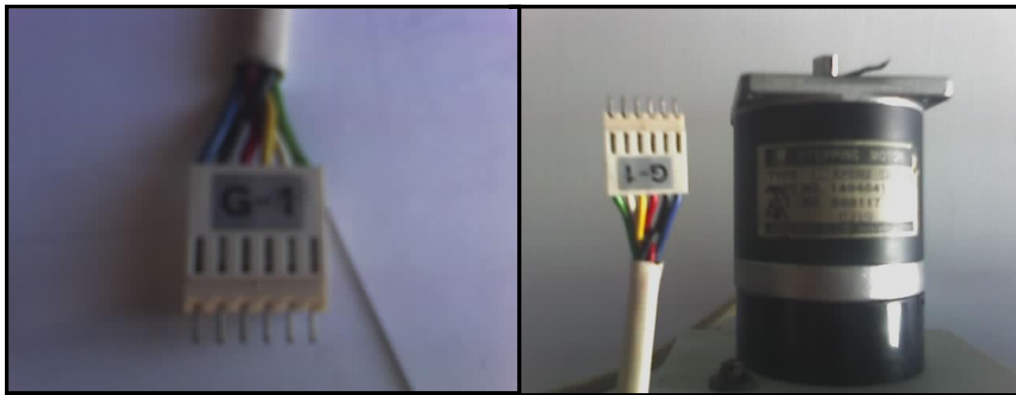


Figura 35. Motor PAP detección de cables

- Para hallar las bobinas del motor, se prueba continuidad entre los cables del motor. Los cables por identificación de colores son los siguientes:

Bobina 1: Cables Azul, Negro, Rojo.

Bobina 2: Amarillo, Blanco, Verde.

- Con lo anterior se procede a hallar el común de cada bobina, para esto medimos la resistencia entre los terminales de cada bobina:

	AZUL	NEGRO	ROJO
AZUL	X	0.7 [Ω]	1.2 [Ω]
NEGRO	0.7 [Ω]	X	0.7 [Ω]
ROJO	1.2 [Ω]	0.7 [Ω]	X

Tabla 1. Bobina 1 [1]

La resistencia más baja en esta bobina se presenta al medir entre el cable negro contra el azul y el rojo, esto indica que el común es el cable negro.

	AMARILLO	BLANCO	VERDE
AMARILLO	X	0.7 [Ω]	1.2 [Ω]
BLANCO	0.7 [Ω]	X	0.7 [Ω]
VERDE	1.2 [Ω]	0.7 [Ω]	X

Tabla 2. Bobina 2 [1]

En este caso el común es el cable blanco.

- Ya Identificados los terminales de cada bobina, el siguiente paso es encontrar la secuencia del giro de motor. El procedimiento es conectar el común de cada bobina a 12 [V] y enviar los terminales restantes, uno por vez, a tierra, probando secuencias hasta encontrar el sentido de giro.

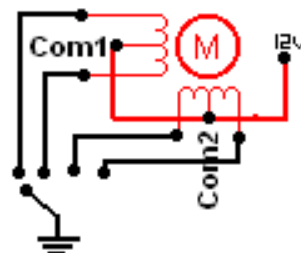


Figura 36. Hallar Secuencia [1]

La secuencia resultante para que el motor gire en un sentido es la siguiente, según los cables: AZUL, AMARILLO, ROJO, VERDE, para el sentido invertido simplemente se realiza la secuencia de verde a azul.

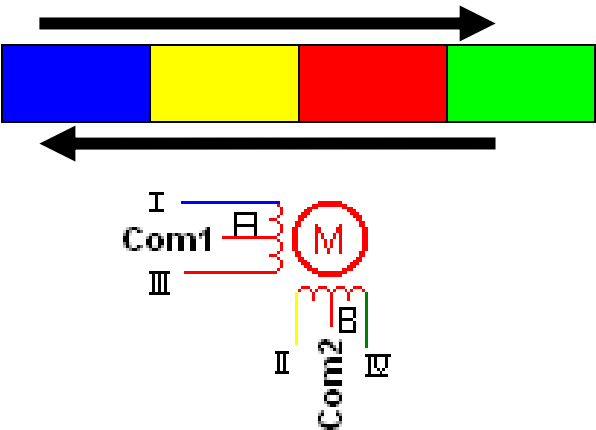


Figura 27. Secuencia Motor [1]

3.2.3.2 Secuencia de Trabajo Motor Pasó a Paso Unipolar

El motor PAP trabaja con la secuencia de paso completo, donde se energizan dos bobinas a la vez, logrando que el eje del motor se posicione en medio de estas dos bobinas, este es también conocido como modo normal y la que usa el fabricante para determinar generalmente el numero de pasos o grados que puede girar el motor.

Con esta secuencia se obtiene un alto torque y mayor velocidad. [13]

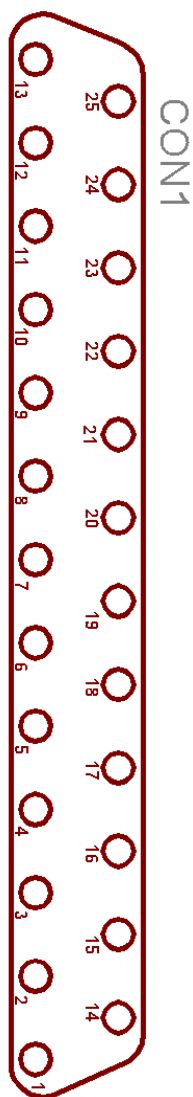
SECUENCIA DE PASO COMPLETO DOBLE				
	BOBINA 1		BOBINA 2	
PASOS	A	B	A	B
1	ON	OFF	ON	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	ON	OFF	ON
4	ON	OFF	OFF	ON

Tabla 3. Secuencia de paso completo [1]

3.2.4 Esquema Electrónico

3.2.4.1 Conexión USB Hacia Caja Controladora Motores

Descripción de puertos digitales de la NI USB 6009 con el conector DB25.



Conector DB25	NI USB 6009
1	P1.3
2	P1.2
3	P1.1
4	P1.0
5	P0.7
6	P0.6
7	P0.5
8	P0.4
9	P0.3
10	P0.2
11	P0.1
12	P0.0
14	Ai0
15	Ai4
16	Ai1
17	Ai5
18	Ao0
19	GND

Tabla 4. Conectores tarjeta [1]

3.2.4.2 Conectores Caja Controladora Motores

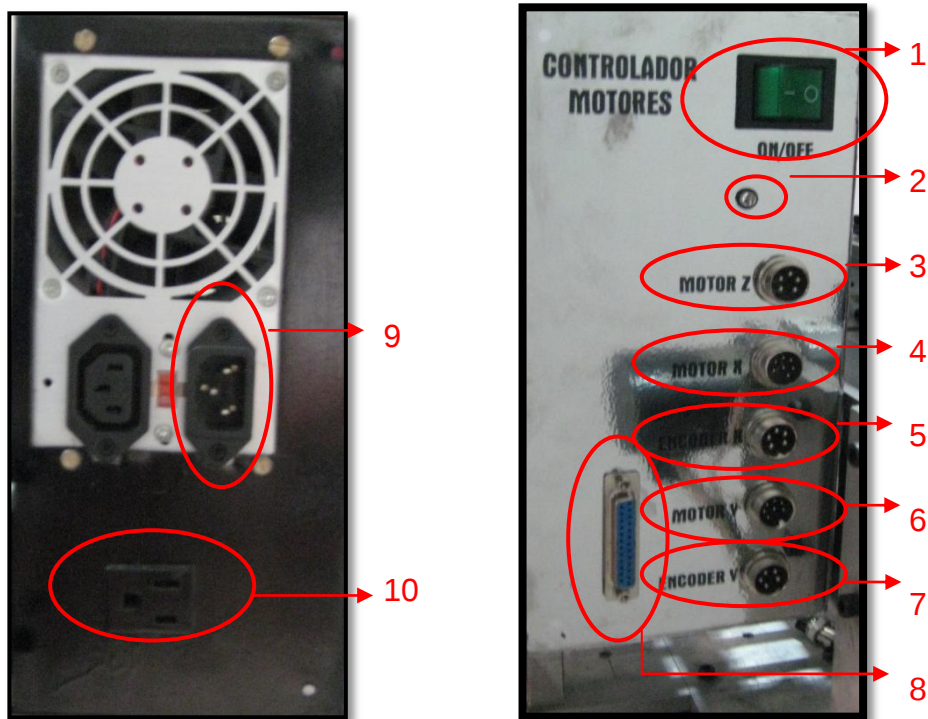


Figura 38. Conectores caja [1]

1. Switch de encendido ON/OFF
2. Led indicador de taladro encendido
3. Conector motor Z
4. Conector motor X
5. Conector encoder X
6. Conector motor Y
7. Conector encoder Y
8. Conector puerto paralelo
9. Entrada alimentación 125V AC
10. Toma de alimentación del taladro 125V AC

3.2.4.3 Driver Motor PAP



Figura 39. Driver motor PAP [1]

Driver usado para controlar los motores PAP, el esquemático de este circuito se muestra en la figura 21 y 24.

3.2.5 Sensores

La máquina cuenta con dos finales de carrera del tipo industrial, de contacto normalmente abierto, estos se usan con el fin de ubicar los ejes X y Y en una posición inicial o home.

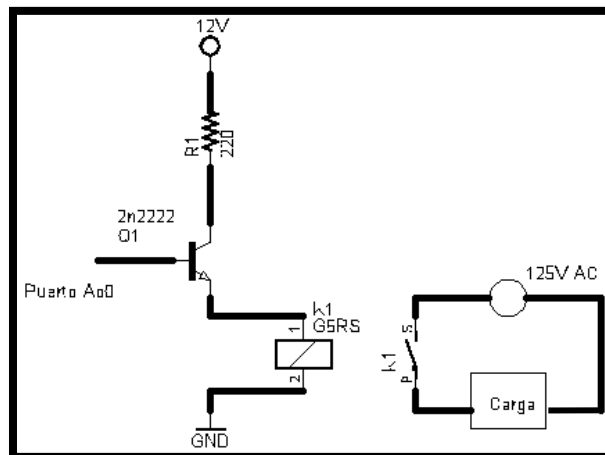


Figura40. Circuito control encendido mototool [1]

Se cuenta también con encoders acoplados a los ejes de los motores X y Y, su función es verificar los pasos dados del motor con los pasos enviados por el control de la máquina, realizando entonces un control de lazo cerrado. Los encoders usados son del tipo incremental

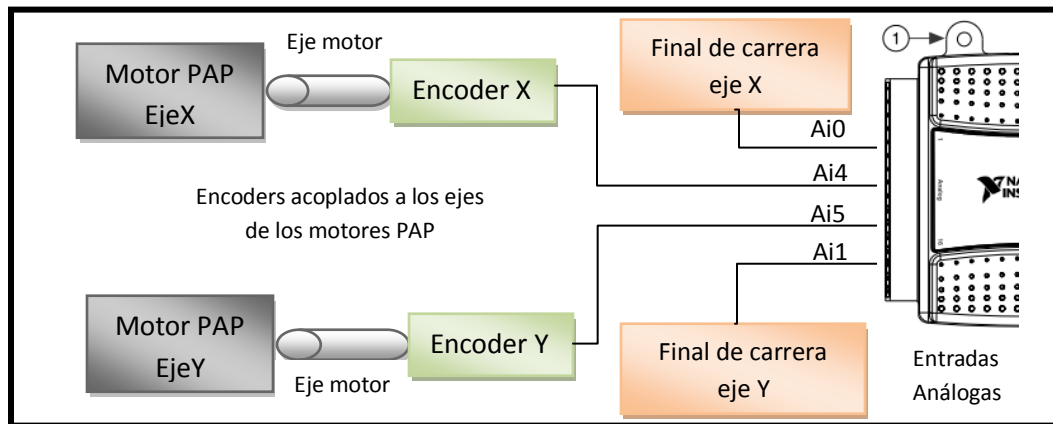


Figura 41. Disposición de los sensores [1]

3.3 OPERACIÓN DEL SISTEMA

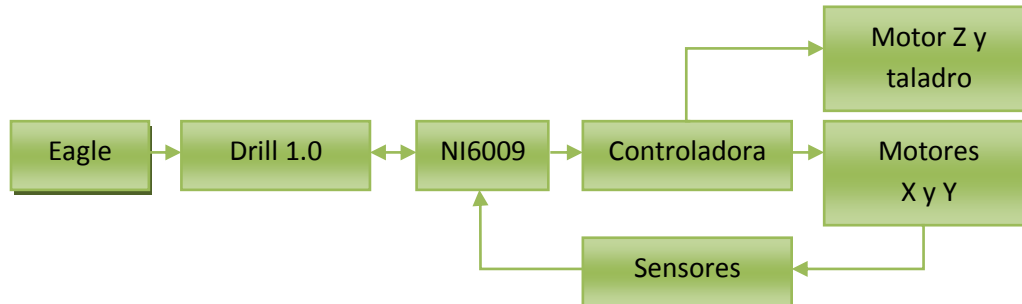


Figura 42. Diagrama de bloque del sistema [1]

- **Eagle**, Software para el diseño de las PCB, este genera un archivo en formato .txt con las coordenadas XY de perforación.
- **Drill 1.0**, Este Software fue diseñado bajo el ambiente de LABVIEW, abre el archivo contenedor con las coordenadas de perforación y genera las señales para el desplazamiento de la máquina.
- **NI 6009**, Tarjeta multifunción, este es el puente de comunicación entre el software Drill 1.0 y la máquina, enviando señales hacia las tarjetas controladoras y recibéndolas de los sensores que se encuentran ubicados en la máquina.

- **Controladora**, Aquí se encuentra toda la electrónica de la máquina, las tarjetas controladoras de los motores, sensores etc. Acondiciona las señales provenientes de la NI 6009 y las envía hacia los motores.
- **Motores X y Y**, Son los motores PAP correspondientes a los ejes X y Y de la máquina. Las señales de la controladora hacen girar los motores hacia las coordenadas establecidas en el archivo .txt.
- **Sensores**, Conformados por los finales de carrera y encoders. Con los finales de carrera se establece un punto de inicio o home de la máquina, los encoders captan los pasos dados por los motores PAP de los ejes X y Y, enviando la señal para que sea verificada por el software Drill 1.0 y así poder realizar una corrección en la posición del motor.
- **Motor Z y taladro**, Una vez que los motores X y Y se han posicionado en la coordenada correcta, se procede con la perforación, Drill 1.0 se encarga de encender el taladro y enviar las señales para el desplazamiento del eje Z, realizando un movimiento descendente y luego ascendente.
- Estos procesos son repetitivos hasta completar cada una de las coordenadas contenidas en el archivo.

3.3.1 Creación de Coordenadas en Eagle

Al crear la PCB en Eagle y después de comprobar su grilla como se indica en el manual de usuario, por medio del CAM Processor, se genera un archivo txt de la siguiente forma: [12]

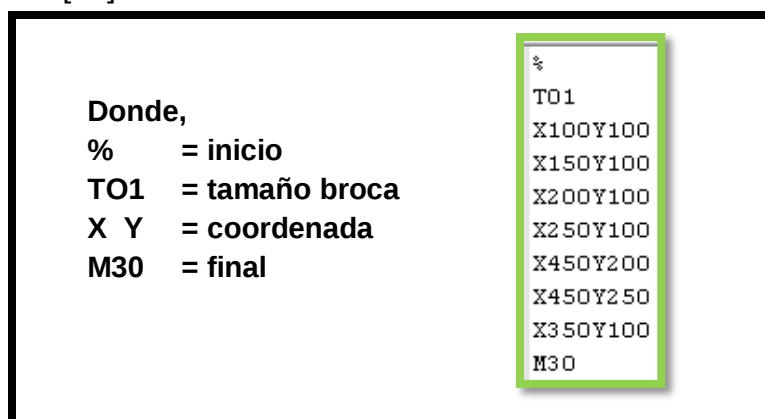


Figura 43. Archivo txt [1]

Este archivo va a ser nuestro archivo de coordenadas a usar en el software Drill 1.0, el cual nos indica la posición de cada perforación.

3.3.2 Inicio



Figura 44. Inicio [1]

Pantalla inicial del software Controladora Drill 1.0. Esta pantalla se conforma por un menú en la parte inferior, a su derecha se encuentra un cuadro de dialogo el cual nos indica la funcionalidad principal de cada menú al posar el cursor del mouse por encima de estos. Al iniciar el programa la máquina buscara un home predeterminado, comenzando por el eje X hasta recibir la señal del final de carrera, luego se posicionara el eje Y igualmente, al recibir ambas señales de los finales de carrera, aparecerá el siguiente mensaje “la máquina se ha posicionado correctamente”.

Al ingresar a unos de los menús, el botón azul se pondrá de color naranja y continuamente nos muestra el contenido, para entrar a otro botón tendremos que volver a dar click en el botón naranja hasta que este se vuelva azul nuevamente luego podremos seleccionar cualquier otro menú sin problemas. Al estar seleccionado uno de los menús, por protección del hardware, se bloquean automáticamente el resto de opciones previniendo que no se genere un cruce de movimiento de los motores.

3.3.3 Revisar

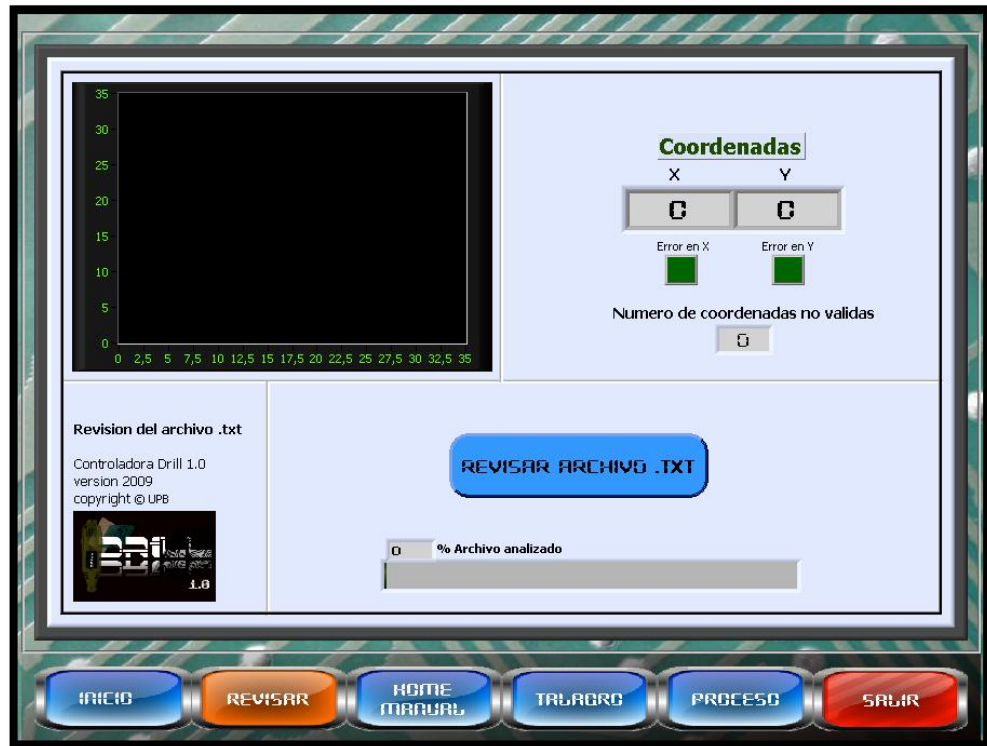


Figura 45. Revisar [1]

El menú REVISAR, consiste en comprobar las coordenadas generadas por Eagle en el archivo *.txt, señalando si hay puntos fuera de la grilla manejada tanto en X como Y, mostrándonos el numero de coordenadas no validas, ya que en el diseño de los circuitos, el software Eagle, dispone de componentes con diferentes grados en su posición quedando así las coordenadas desplazadas de la grilla.

Este menú se conforma por una gráfica en el lado izquierdo superior la cual nos bosqueja los puntos a perforar, indicadores en el lado derecho superior que muestran las coordenadas actuales que están siendo revisada, una barra de porcentaje en la parte centro inferior el cual nos indica el avance de revisión del archivo, y un botón “revisar archivo .txt” en el centro, al seleccionar este botón nos abre una ventana con la cual podremos buscar nuestro archivo .txt a revisar.

3.3.4 Home Manual

Este menú consiste de dos submenús, los cuales se seleccionan con el desplazamiento del mouse sobre los botones que se encuentran en la parte superior.

3.3.4.1 Home manual

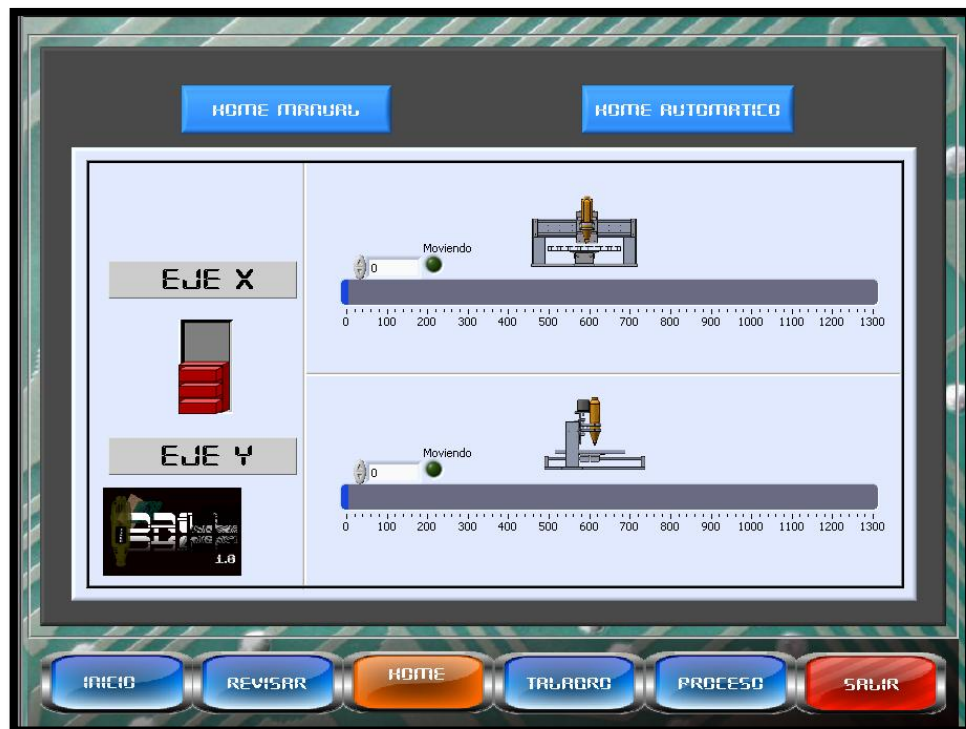


Figura 46. Home manual [1]

Una de las funcionalidades de este submenú es para desplazar los ejes X y Y por toda la plataforma con el fin de lograr diferentes puntos de origen; su segundo uso es para ubicar el taladro fuera de la plataforma en el eje X para poder realizar un cambio de broca.

Este submenú consiste en un switch en la parte izquierda con el cual podremos seleccionar un eje a desplazar, dos barras numéricas en el lado derecho inferior y superior en las que se introduce los pasos a dar para los motores PAP, e indicadores led's para visualizar cual eje se está moviendo..

3.3.4.2 Home automático

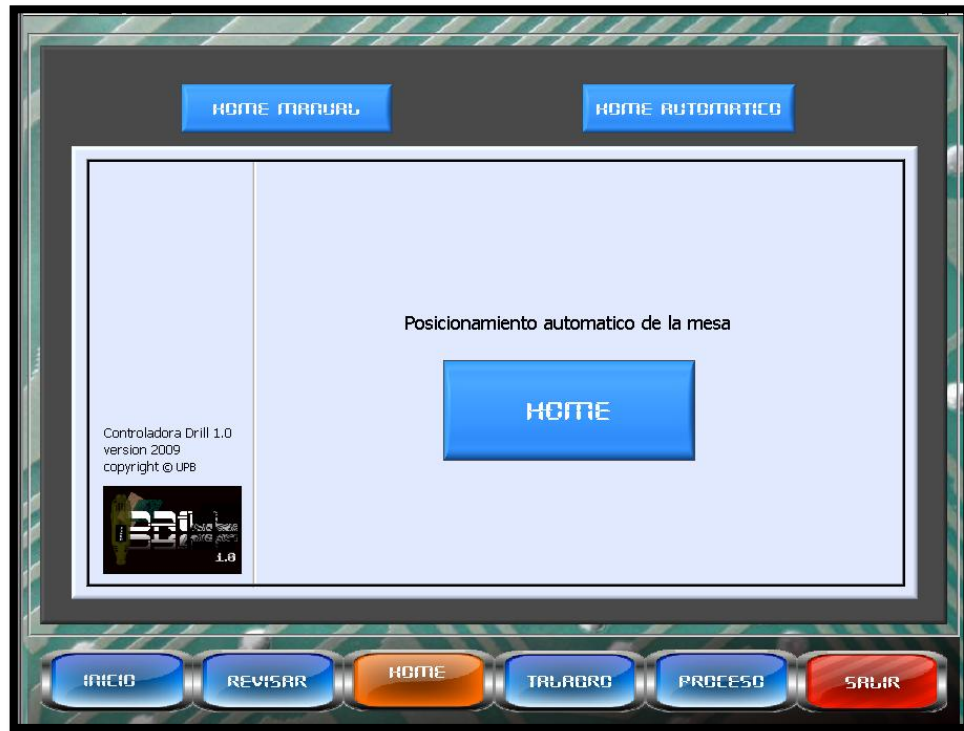


Figura 47. Home automático [1]

El funcionamiento de este submenú consiste en llevar la máquina a su punto de origen, inicialmente desplaza el eje X hasta que reciba la señal del final de carrera, seguidamente se posicionara el eje Y de la misma manera. Después de que el sistema se detenga se podrá re posicionar el origen con el submenú HOME MANUAL para un nuevo proceso de perforación.

Este submenú posee un botón “HOME”, el cual antes de accionar es recomendable observar que en el recorrido de los ejes no tenga ningún obstáculo sobre la plataforma, algunos obstáculos pueden ser los agarres de los circuitos, ya que tener uno de estos en su recorrido, podría ocasionar daños en la broca, frenado del movimiento del sistema y desgastes en las correas sincrónicas usadas en los motores.

3.3.5 Taladro



Figura 48. Taladro [1]

Menú TALADRO se basa en el movimiento del eje Z, el cual desplaza el taladro de forma vertical. Este contiene una barra numérica e indicadores led's indicando que el sistema del eje Z se está desplazando.

Para generar desplazamiento del eje Z descendientemente se ingresa un valor mayor al actual, el cual inicialmente será 0, para generar un desplazamiento ascendente se ingresar un valor menor al actual. La velocidad de este sistema es lento para evitar daños es la broca y lograr la distancia necesaria para una perforación exitosa.

3.3.6 Proceso



Figura 49. Proceso [1]

Este menú es el más importante del software Drill 1.0, ya que este carga el archivo y pone en marcha la perforación de los circuitos impresos. Contiene un indicador gráfico en la parte izquierda la cual nos va mostrando los puntos perforados e indicadores en el lado derecho superior que nos muestran los puntos a perforar y una barra de porcentaje realizado, también contiene un botón para cargar el archivo txt en el lado derecho.

Al estar en funcionamiento la máquina el software queda bloqueado, no será posible salir de este menú hasta que el proceso haya culminado.

3.4 TABLA DE COSTOS.

Partes mecánicas		
Cantidad	Descripción	Valor
2	Poleas sincrónicas 10x2037 con pestañas internas	130,519
1	Correas sincrónicas 480XL	28,006
1	Correas sincrónicas 420XL	26,140
8	Rodamientos de bujes de bronce	1'440,000
4	Metros de Aluminio tubular BMate ft-99 cuadrado 5/8 c/2 aletas	26,401
4	Varillas lisas aceradas	200,000
1	Metro de platina 4" x 1/4"	34,800
1.5	Metros de platina 4" x 1/2"	104,500
1	Caja de 34cm x 26cm	50,000
1	Caja de 15cm x 10cm	15,000
	Otros materiales	100,000
SubTotal		2'155,366
Partes Eléctricas		
Cantidad	Descripción	Valor
1	Mototool Ferton	70,000
2	Motos paro a paso. SERVO STEPPING M	240,000
1	Motor paso a paso VEXTA STEPPING MOTOR	50,000
1	Fuente poder Delux 600W	40,000
1	Tarjeta Instrumen National Usb ni6009	800,000
3	Drivers motores paso a paso	100,000
	Otros materiales	60,000
SubTotal		1'340,000
Total		3'495,366

Tabla 5. Costos [1]

4. RECOMENDACIONES

El diseño de las piezas de la máquina está sometido a un constante rozamiento y humedad lo que genera desgaste y deterioro, por tal motivo es recomendable antes y después de su uso una limpieza con una lanilla seca o una aspiradora con el fin de remover toda la viruta producida, no lubricar las barras con aceite debido a que se produciría una masa por el polvo produciendo fricción en los ejes, usar grafito preferiblemente.

Por razones de seguridad es necesario mantener la caja controladora de motores apagada mientras el software Drill 1.0 no se esté ejecutando, esto con el fin de evitar daños en los circuitos, debido a que en el momento de conectar la tarjeta esta puede estar enviando señales ocasionando recalentamiento en los circuitos de potencia y motores.

En el proceso de trabajo de la máquina Drill 1.0 abstenerse de tocar cualquier pieza que se encuentre o no en movimiento para prevenir posibles lesiones físicas o imperfecciones en la perforación.

Antes de manipular la máquina Drill 1.0 es recomendable hacer uso de la guía de usuario.

5. CONCLUSIONES

La máquina original del proyecto, control de posición bidimensional aplicado a una máquina de perforación, no estaba en condiciones aptas para un rediseño, los gastos que generaba la modificación de la máquina se pudieron invertir en el desarrollo y construcción de un nuevo prototipo.

Se logró construir una nueva máquina CNC llamada Drill 1.0, con dimensiones de trabajo de 330 x 360 mm, con una resolución de 0.01 pulgadas permitiendo una mayor precisión en el desarrollo de las PCB.

El software Drill 1.0 fue creado bajo el lenguaje de programación LABVIEW, usado para la perforación de los circuitos impresos, donde el usuario puede manipular libremente los motores o realizar un proceso automático.

Los encoders monitorean la distancia de recorrido de los motores PAP, generando una corrección del desplazamiento con los datos obtenidos, estableciendo un sistema de control en lazo cerrado permitiendo que el punto a perforar sea el correcto.

La comunicación es por medio de la tarjeta NI USB 6009, desde el computador hacia el controlador de los motores, para lograr un movimiento de los motores PAP y obtener señales de los sensores dispuestos en la máquina.

La tarjeta NI USB 6009 comparte un reloj interno con los puertos análogos y digitales, ocasionando que la velocidad máxima de los motores PAP se vea limitada por la frecuencia disponible en los puertos digitales, ya que al intentar aumentar dicha frecuencia se generan pérdidas de información originando un movimiento inestable en los motores PAP y por consiguiente la lectura del encoders es errónea

BIBLIOGRAFÍA

[1] Aguillón Gustavo y Mendoza Poveda. Rediseño y optimización del sistema de posicionamiento bidimensional aplicado a la perforación de circuitos impresos. Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería Electrónica. 2009.

[2] Impresora

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Ink-jet_printer_inside-cartridges.jpg

http://www.canon.co.uk/Images/G0009382_tcm14-605626.png [Con acceso el 7-05-2009, 4:55PM]

[3] Máquina CNC corte por plasma

<http://www.opetrol.com/> [Con acceso 07/05/2009 5:12]

[4] Torno Control Numérico

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/MoriSeikiLathe.jpg> [Con acceso 07/05/2009 5:51PM]

[5] Solid Works

http://pcwin.com/media/images/screen/61099-3dm_import_for_solidworks.gif [con acceso 7/05/2009 6:12PM]

[6] REMOLINA, John y TARAZONA, Rosa. Control de posición bidimensional aplicado a una mesa de perforación. Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería Electrónica. 2000.

[7] Esteca55, Jue 26-Feb-2009, Córdoba Capital - Argentina.

<http://www.esteca55.com.ar/Proye-const-04.html> > [con acceso el 20-03-2009, 3:20pm]

[8] Esteca55, Jue 26-Feb-2009, Córdoba Capital – Argentina.
<http://www.esteca55.com.ar/fotos-máquina.html> > [con acceso el 20-03-2009, 3:30pm]

[9] Art soft, EEUU.
<http://www.machsupport.com/> > [con acceso el 20-03-2009, 3:50pm]

[10] Mini Mill 2, Centro de Mecanizado Haas CNC
http://www.haascnc.com/lang/VMC/details_VMC_NEW.asp?ID=100487&intLanguageCode=1034#VMCTreeModel > [con acceso el 2-03-2009, 3:30pm]

[11] National Instruments
www.ni.com/pdf/manuals/371303e.pdf > [con acceso el 03-04-2009, 6:50pm]

[12] Al Williams. Build Your Own Printed Circuit Board. Mc Graw Hill. 2003

[13] [7] BEDOYA, Guillermo y PATIÑO, Oscar. Sistema controlador de posición programable para motores pasó a paso. Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería Electrónica. 1998.

[14] Protonic Chile Sa
http://www.axys.cl/Protonic/Info_util.htm#InfoEXCEELON. [Con acceso el 1-04-2009, 9:37AM]

[15] Goldenberg, Joseph, coaut. Valentino, James V. *Introduction to computer numerical control (CNC)*. Upper Saddle River : Prentice Hall, 2003.

ANEXOS

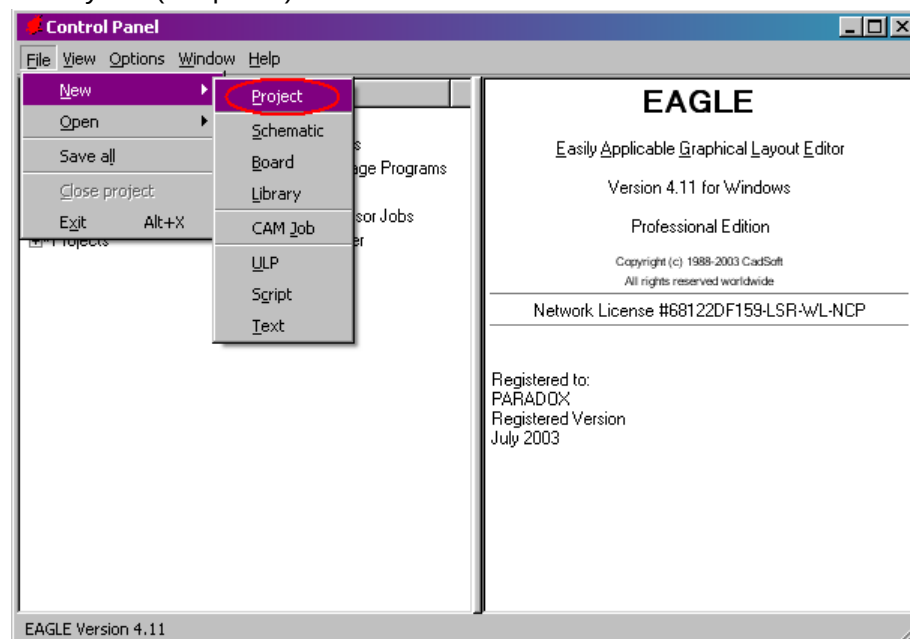
ANEXO 1

CREACIÓN DE ARCHIVO CON COORDENADAS

Para la creación del archivo que contiene las coordenadas de los puntos a perforar trabajaremos con el editor de PCB (del inglés Printed Circuit Board) Eagle Layout Editor 4.11, este programa se presta gracias a la sencillez con que se trabaja y la flexibilidad para crear los PCB.

Como ejemplo crearemos el circuito desde cero, es decir, suponiendo que no tenemos un diseño de circuito ya preestablecido.

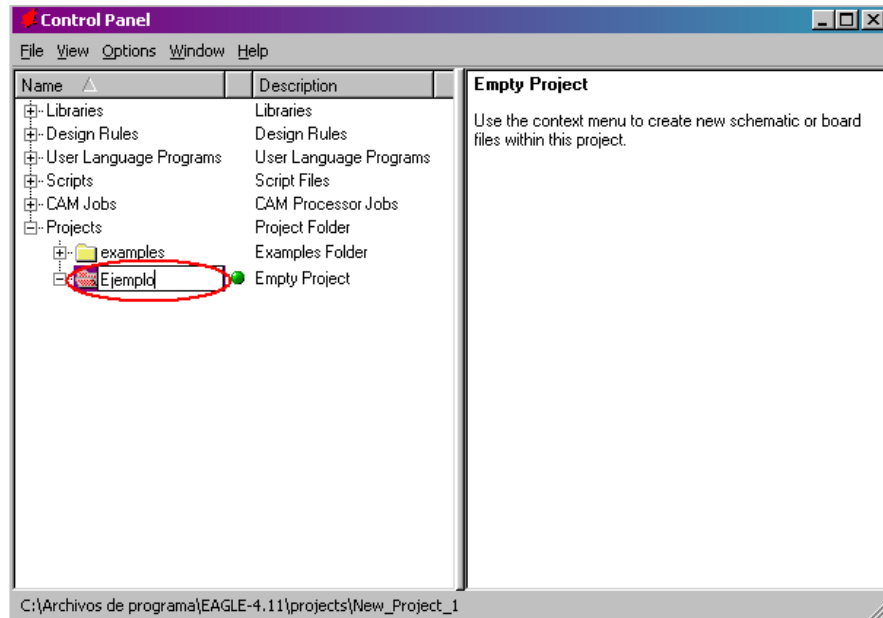
1. Abrimos el programa Eagle Layout Editor, en la panel de control vamos a File>New>Project. (Ver paso1)



Paso1

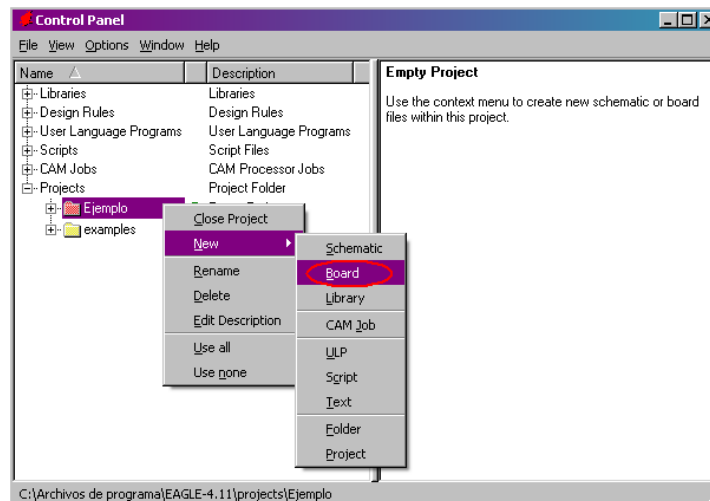
Con esto crearemos un nuevo proyecto para almacenar los archivos que se necesitan para la creación de las coordenadas.

2. Damos clic sobre la nueva carpeta creada “New_Project_1” y procedemos a renombrarla (opcional) como “Ejemplo”. (Ver paso2)



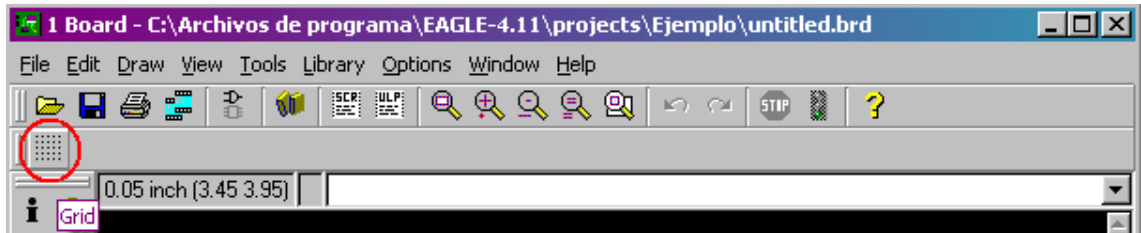
Paso2

3. Ahora con nuestra carpeta ya creada hacemos clic derecho sobre esta y seleccionamos New>Board, esto con el fin de que se abra una ventana para el diseño del circuito impresos. (Ver paso3)



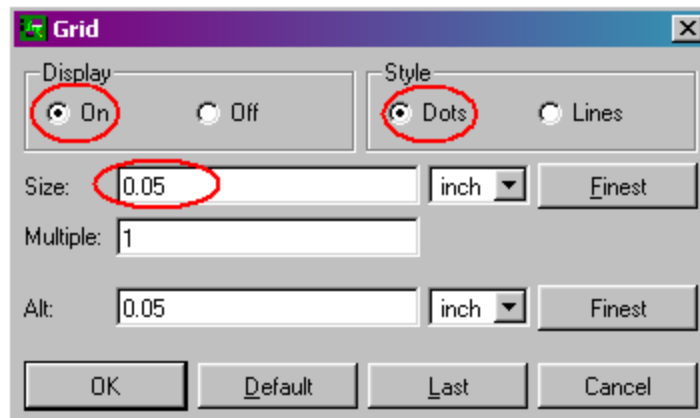
Paso3

Una vez ya en la nueva ventana tendremos que predefinir la grilla (grid) de trabajo para esto hacemos clic donde indica la imagen. (Ver paso4)



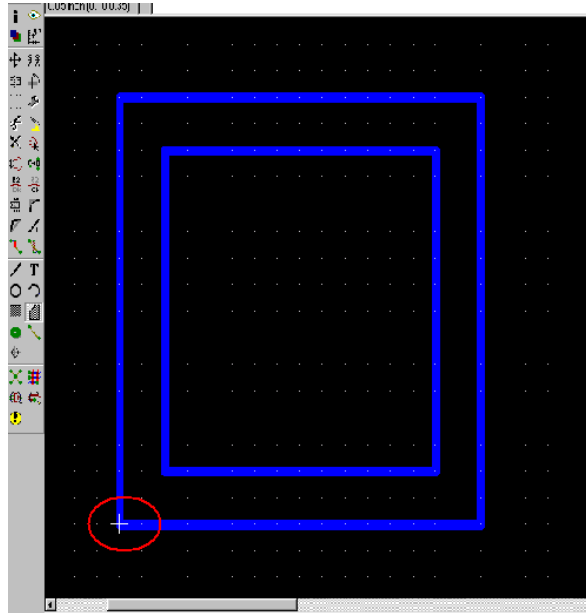
Paso4

4. La distancia entre pines de la mayoría de los integrados es de 0.1 pulgadas. Aunque la máquina Drill 1.0 puede manejar una resolución de 0.01 pulgadas la distancia entre punto y punto de la grilla estará definida por 0.05 pulgadas (inch), esto con el fin de colocar los integrados sin problema. El inconveniente de manejar una grilla de 0.01 pulgadas, se debe a que si se colocan los integrados o puntos separados a esta distancia la broca no tendrá el diámetro necesario para lograr esa dimensiones, también cuando queramos soldar será una tarea difícil. En la ventana Grid predefinimos los siguientes puntos de trabajo. Hacemos también que se muestre la grilla con estilo de puntos (Style Dots), definimos el tamaño (Size) en 0.05 pulgadas. (Ver paso5)



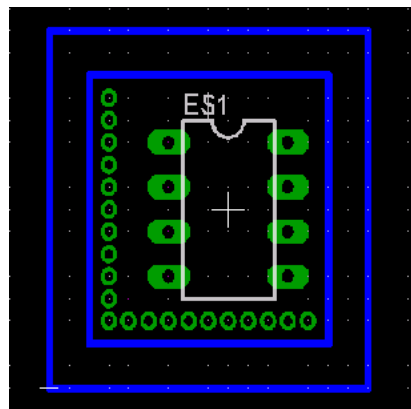
Paso5

5. Para el diseño del PCB debemos tener en cuenta la referencia de origen (0,0), que es la mostrada en un círculo rojo en la imagen6, esto corresponde a las coordenadas(X,Y) de la máquina Drill 1.0, siendo el home de la máquina. Se trabajarán entonces coordenadas positivas. Como recomendación, es necesario definir una zona de trabajo, como la mostrada en la imagen6, esto se hace con el fin de fijar la PCB con las mariposas en la máquina y para limitar un área de trabajo.



Paso6

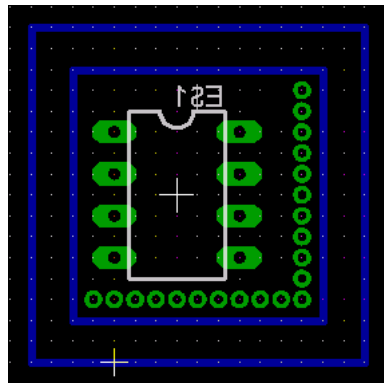
6. Colocamos los elementos a perforar. Este es el diseño que se usará para hacer la baqueta. (ver paso7)



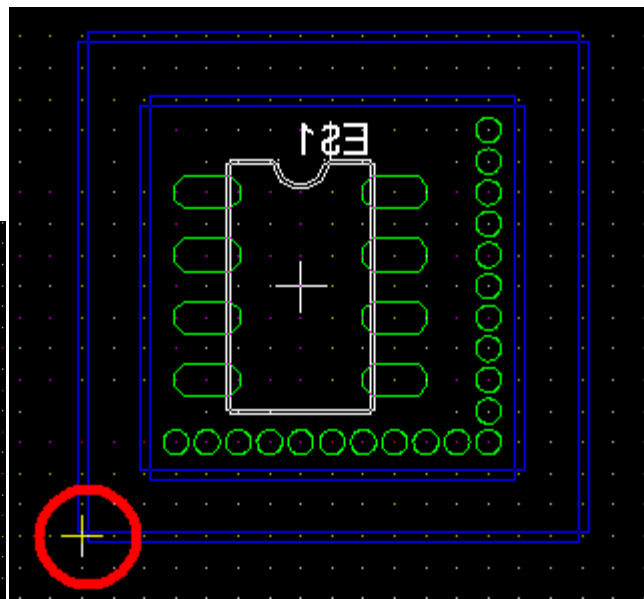
Paso7

7. Después de tener el diseño listo se procede a hacer un mirror (espejo), esto con la finalidad de que la cara de la baqueta que tiene el diseño impreso sea la que se perfora, con esto podemos verificar que las perforaciones se lleven a cabo correctamente.

Hacemos clic en la herramienta Group  y seleccionamos todo el diseño, luego clic en la herramienta Mirror  y hacemos clic con el botón secundario del mouse sobre el diseño, se obtiene una imagen inversa (ver paso8). Escogemos la herramienta Move  y hacemos clic con el botón secundario del mouse en la esquina inferior izquierda del diseño y acomodamos dicha esquina con la cruz indicadora que se encuentra presente en el área de trabajo (ver paso9).



paso8

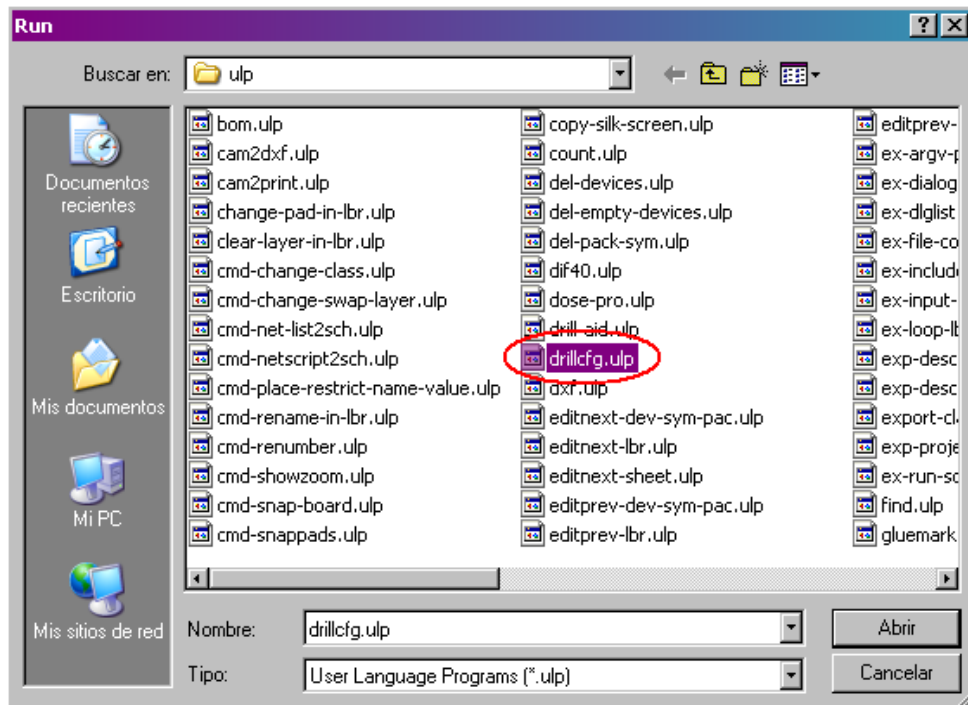


paso9

Con la aplicación del mirror al diseño solo se usara este con la finalidad de generar las coordenadas, no se usara para imprimir la baqueta, para esto se usa sin el mirror como lo mostrado en la imagen7.

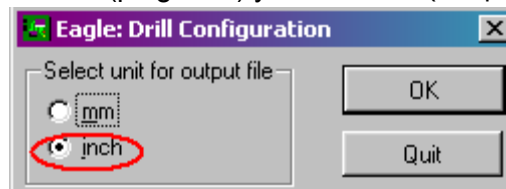
8. Ya con el diseño listo se procede a la generación de los archivos para la perforación, definidos como archivos Excellon, antes de esto debemos haber salvado el trabajo, en este caso todos los archivos los salvaremos bajo el nombre "Ejemplo".

9. Vamos a File>Run y en la ventana que aparece buscamos y abrimos el archivo llamado “drillcfg.upl”. Esta rutina genera una serie de archivos que son interpretados por el programa para la creación del archivo Excellon o de perforación. (Ver paso10)



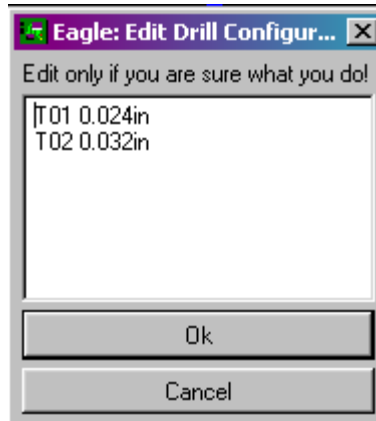
Paso10

10. Aparece una ventana para seleccionar las unidades para el archivo de salida, seleccionamos entonces “inch” (pulgadas) y clic en OK. (Ver paso11)



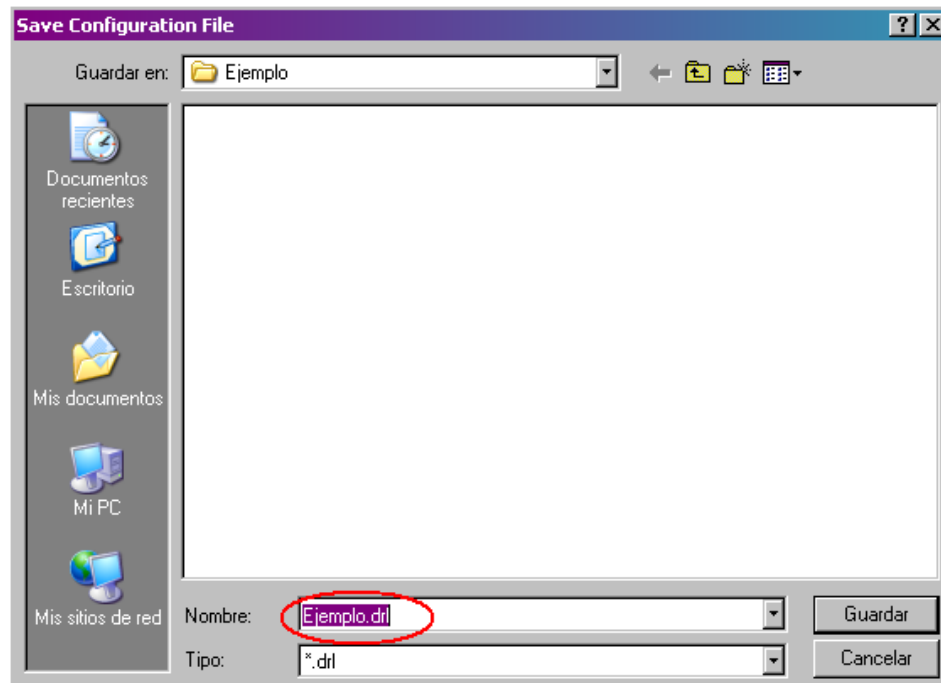
Paso11

11. Se muestra otra ventana para los parámetros de configuración del taladro, mostrando los tipos de broca usados el cual dejamos intacto y damos clic en OK. (Ver paso12)



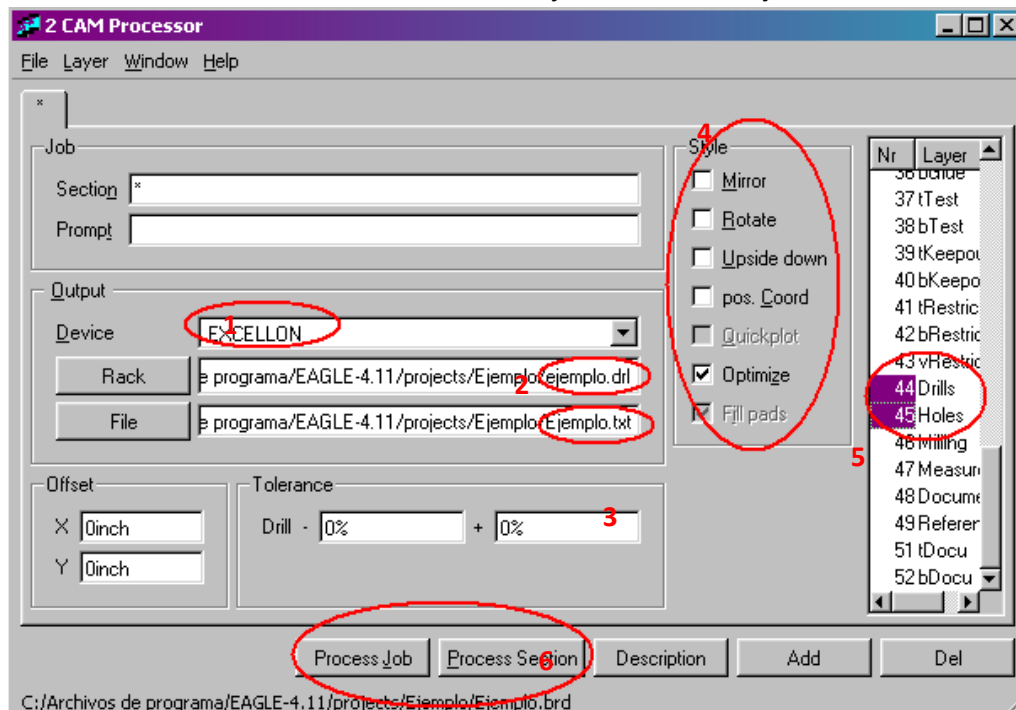
Paso12

12. Se pedirá que salvemos un archivo bajo la extensión “.drl”, este archivo es necesario para generar el archivo de perforación, ya que contiene toda información sobre las características del diseño. Entonces quedara “Ejemplo.drl”. (Ver paso13)



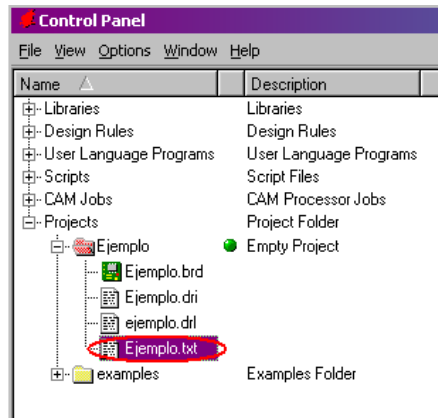
Paso13

13. Ahora corremos el programa llamado “CAM processor” el cual interpretara el archivo anterior salvado y genera un archivo de perforaciones o excellon. Para esto vamos a File>CAM processor.
14. Vamos a configurar el CAM processor para que genere el archivo con las coordenadas de perforación: (Ver paso14)
- En la sección Output en Device seleccionamos EXCELLON. [1]
 - Clic en Rack y seleccionamos el archivo “ejemplo.drl”. [2]
 - Damos clic en File y en la venta que aparece damos un nombre para el archivo que se va generar con las perforaciones, en este caso lo salvamos bajo el nombre “Ejemplo” y la extensión “.txt”, entonces quedara como “Ejemplo.txt”. Es de aclarar que todos los archivos que hemos creado estarán alojados la carpeta que se creó en el paso 2. [3]
 - En la sección Style deshabilitamos todas las opciones menos Optimize. [4]
 - En la sección Layer que se encuentra en la parte derecha de la pantalla deshabilitamos todas la capas y solamente dejamos las de nuestro interés que son “Drills y Holes” (Perforación y agujeros). [5]
 - Damos clic en “Process Section” y “Process Job” y cerramos la ventana. [6]

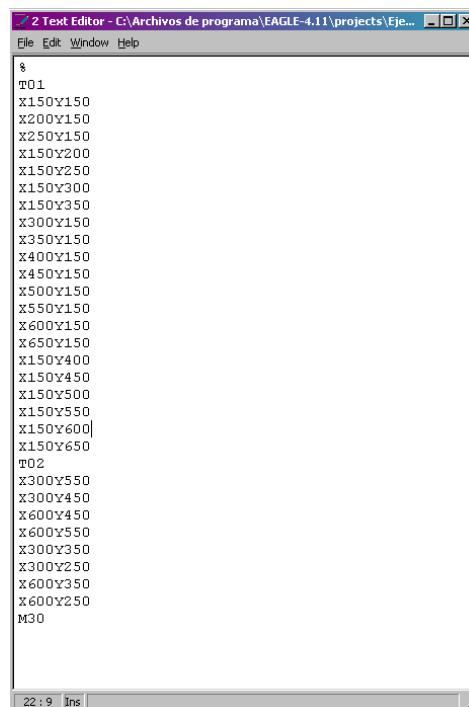


Paso14

15. Para abrir el archivo final, simplemente vamos a la ventana de panel de control de Eagle (Ver paso1) y buscamos la carpeta que creamos, en este caso la carpeta Ejemplo y el archivo bajo la extensión “.txt”, es decir, “Ejemplo.txt”, finalmente damos doble clic sobre este (Ver paso15) y se abrirá el archivo con las coordenadas de perforación que interpretara el software Drill 1.0 (Ver paso16).



Paso15



Paso16

ANEXO 2

VERIFICACIÓN DE ELEMENTOS EN LA GRILLA

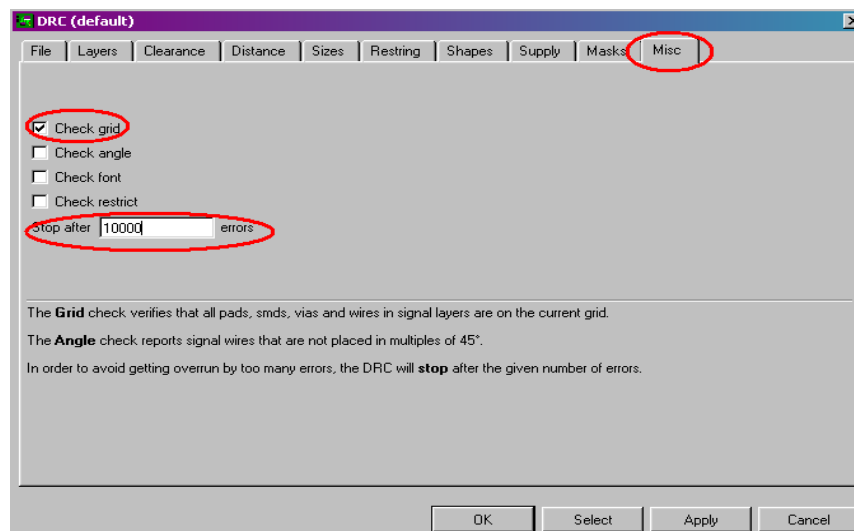
Para verificar que los elementos que usamos en el editor de PCB Eagle Layout Editor 4.11, se encuentren dentro de la grilla de trabajo, recurrimos a los siguientes pasos:

1. Suponemos que la grilla está configurada a 0.05 pulgadas, en ella colocamos un elemento en este caso un transistor fet (ver paso1)



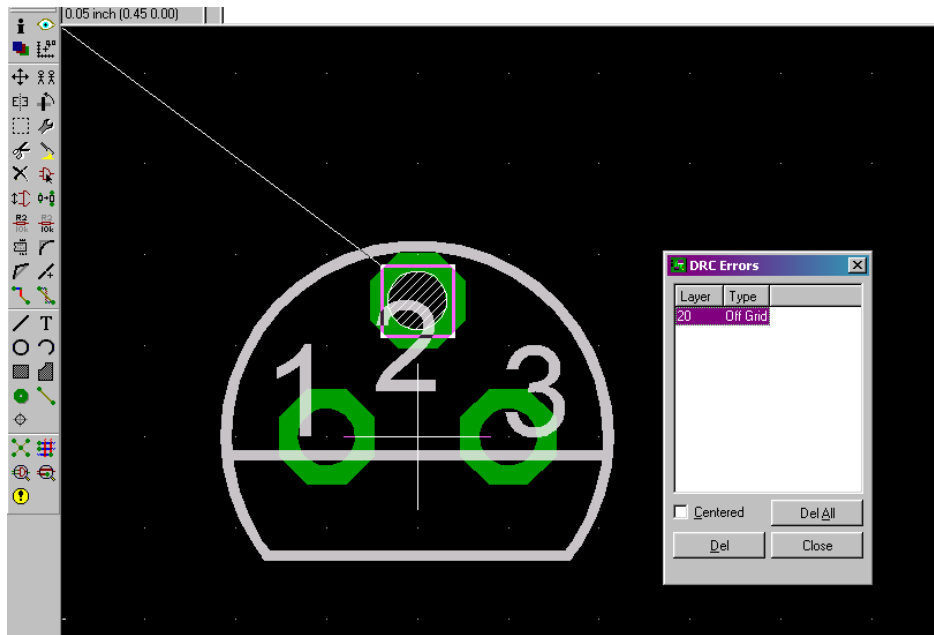
Paso1

2. Para verifica que este elemento se encuentre dentro de la grilla de trabajo, seleccionamos la herramienta DRC , se despliega una ventana para la configuración de reglas, en ella seleccionamos las pestaña Misc y seleccionamos "Check Grid" y en el campo "Stop after errors" introducimos un valor superior a 10mil este valor dependerá de la cantidad de elementos, hacemos clic en "Apply" y "Ok"



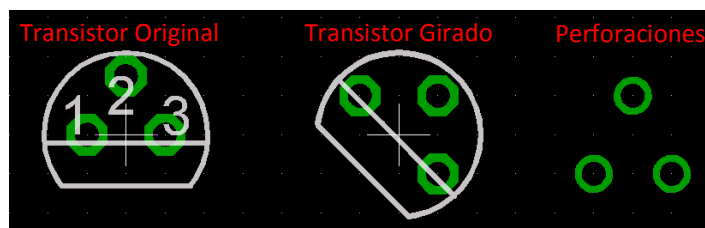
Paso2

3. Aparece una ventana indicando que se ha encontrado un error del tipo “Off Grid”, este indica que el elemento esta fuera de la grilla seleccionando que pin esta desubicado. Hacemos clic en “Close”. (Ver paso3)



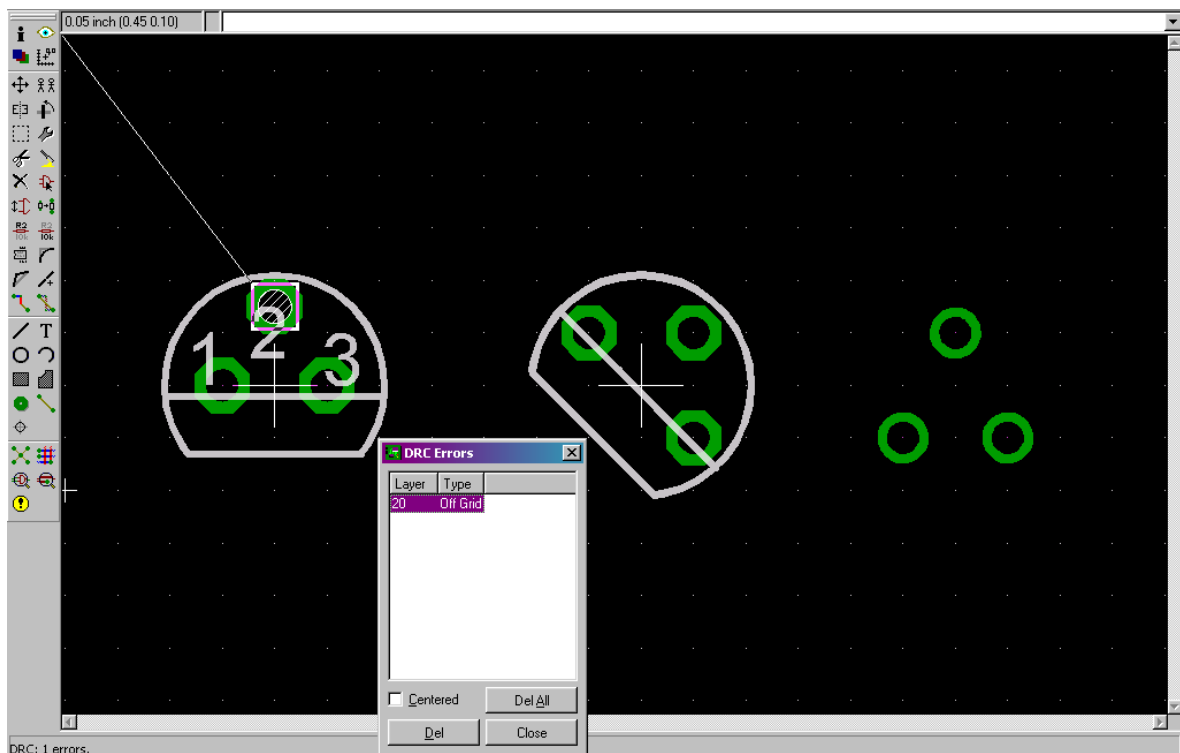
Paso3

4. Este error se puede solucionar de dos maneras, la primera opción es crear manualmente las perforaciones donde se ubicaran los pines del transistor, la segunda opción es buscar otro transistor que se encuentre dentro de la grilla, generalmente los elementos vienen en pares traen uno similar cuya diferencia radica en que este elemento se encuentra girado de tal forma que encaja en la grilla. En la paso4 apreciamos de izquierda a derecha el transistor original, el transistor girado que corresponde a la grilla y finalmente tres círculos correspondientes a los pines del transistor.



Paso4

4. Para verificar que el transistor que esta girado en la imagen del paso4 y las 3 perforaciones están dentro de la grilla se repite el procedimiento del paso2. Se aprecia en la paso5 que nuevamente se marca el error en el primer transistor y que el segundo transistor como los orificios no se encuentran marcados, esto nos indica que podemos usar estas opciones sin problema de salirnos de la grilla establecida.



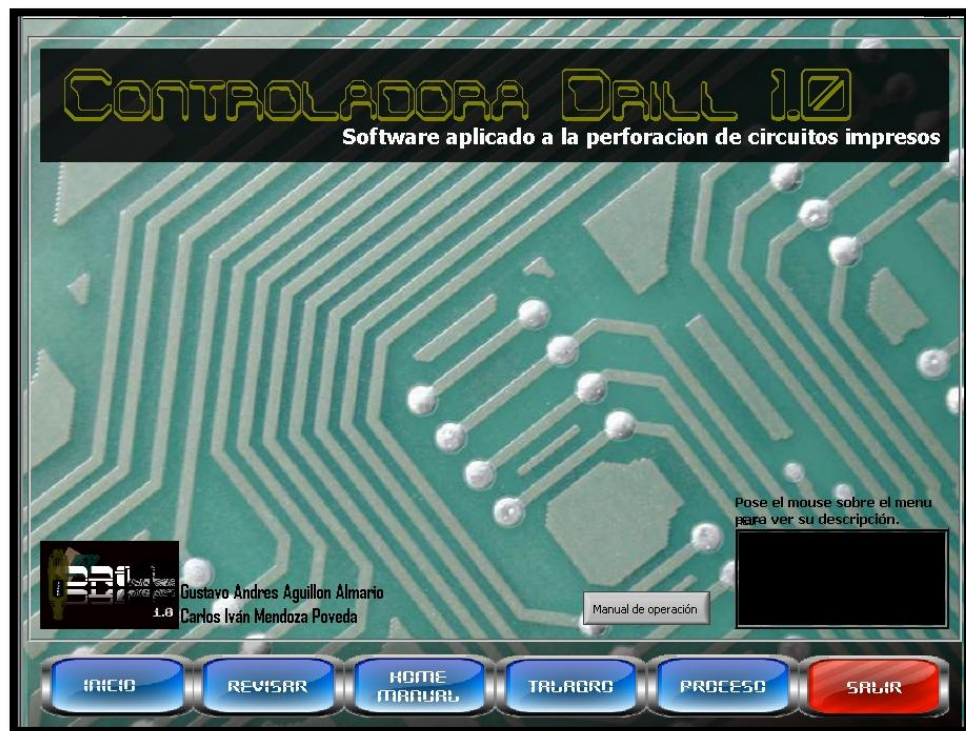
Paso5

ANEXO 3

MANUAL DE USUARIO CONTROLADOR DRILL 1.0

Se recomienda antes de encender y/o manipular la máquina leer este manual para evitar posibles daños.

1. Iniciamos el software Controlador Dril 1.0, se encuentra con la pantalla inicial que se muestra en la Paso1.



Paso1

NOTA: La máquina se posicionara en el home predeterminado de fabrica, antes de escoger cualquier opción del menú esperar a que se muestre un mensaje en pantalla que indica la llegada a home

En esta pantalla inicial encontramos como en las otras, se podrá visualizar los botones de operación de la máquina, al posar el mouse sobre estos botones se observara que la parte inferior izquierda aparece una breve descripción de la función de cada uno de ellos.

2. Hacer clic en el botón REVISAR, aparecerá la ventana que se muestra en el paso2.



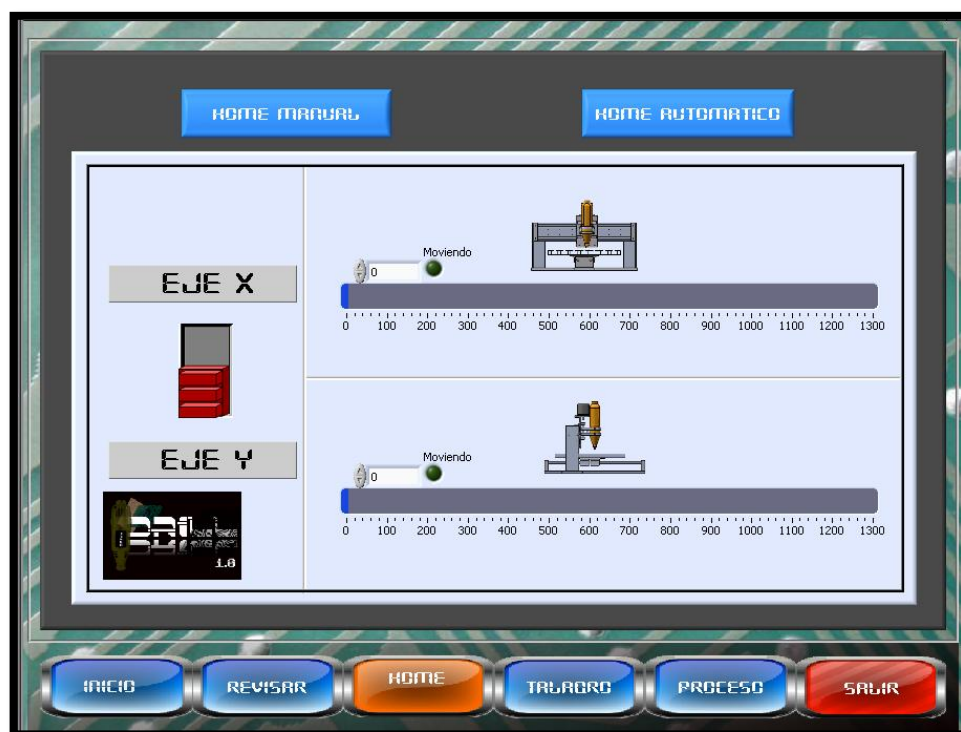
Paso2

NOTA: Para poder salir de cualquier menú se debe presionar nuevamente sobre el botón que se encuentra, es decir, si se encuentra en el menú revisar aparecerá sombreado de color naranja, para salir de el presione sobre este nuevamente, entonces volverá a la pantalla de inicio.

En el menú REVISAR comprobaremos las coordenadas del archivo txt se encuentren dentro de la grilla de trabajo de la máquina, para esto damos clic en el botón Revisar archivo .txt, se abrirá una ventana donde cargaremos el archivo a perforar, una vez esto, las perforaciones se mostraran en la grafica que se encuentra en la derecha de la pantalla, al lado izquierdo de la pantalla apreciamos los valores de las coordenadas y se nos indica por medio de una ventana emergente que hay una coordenada incorrecta, al aceptar se continua con el resto de la inspección, se tiene un contador de coordenadas incorrectas para saber la cantidad de fallas. El fin de este menú es prevenir que la máquina no reciba coordenadas invalidas, mostrando los posibles errores con su respectiva coordenada para que el usuario se dirija al programa de diseño y corrija el error.

NOTA: Se recomienda que el usuario lea el manual de creación de coordenadas.

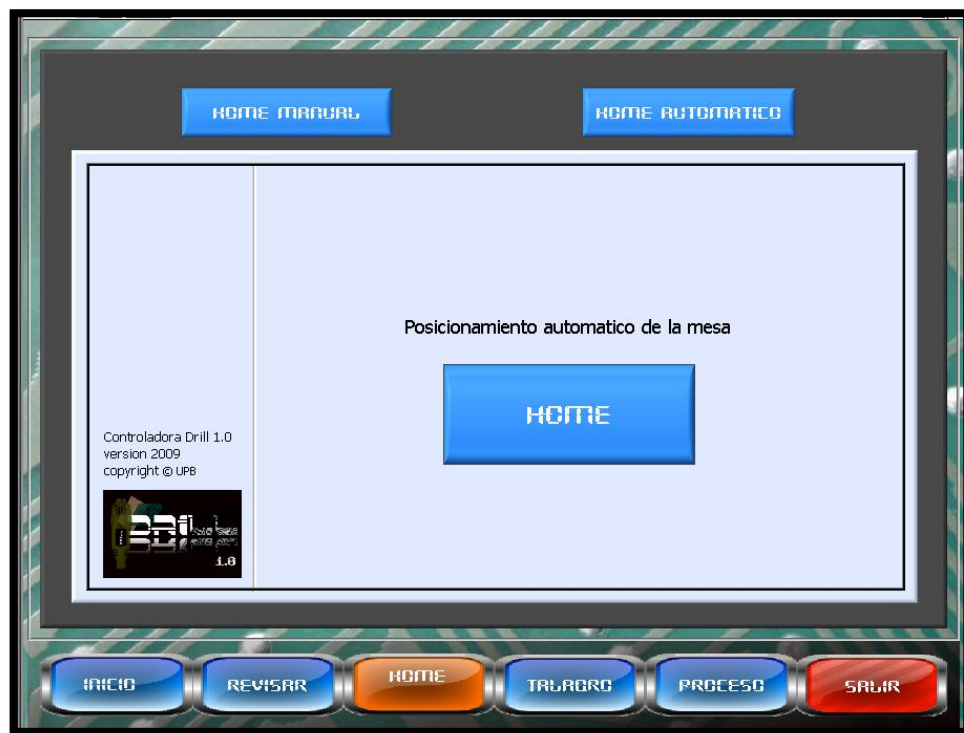
3. En el menú HOME MANUAL (ver paso3), encontramos botones para posicionar la máquina tanto de forma manual como automática.



Paso3

Para posicionar la máquina en el eje X o Y, debemos seleccionar dicho eje con el switch de la parte izquierda de la pantalla, los valores de esta coordenada se pueden ingresar por teclado en el cuadro de texto blanco que aparece sobre cada barra indicadora, también se puede manipular directamente la barra, desplazándola en los valores que en ella se encuentran.

Si posamos el mouse sobre el indicador de HOME AUTOMÁTICO, que está presente en la parte superior de este menú, encontramos la siguiente ventana (ver paso4).



Paso4

En el centro de esta pantalla se encuentra un botón azul llamado HOME, que al pulsarlo hace que la máquina se mueva a la posición inicial predefinida.

4. Vamos al menú TALADRO, que se muestra en el paso5. Siempre verificar que el taladro tenga la distancia adecuada para la perforación, teniendo en cuenta la baqueta y la tabla de apoyo.



Paso5

Antes de operar este menú, se debe verificar la posición en que se encuentra el taladro, este se hace para no estrellar las piezas mecánicas que conforman este eje. Una vez verificado esto, podemos ingresar los valores de desplazamiento, ya sea por teclado en el cuadro de texto, cuando se ingresa un valor negativo el taladro subirá, para lograr un sentido inverso se usan valores positivos o bien moviendo la barra lineal se genera el desplazamiento del taladro.

Cuando el taladro se mueve, se activa el indicador “Moviendo”, y para el sentido de giro es activado “Subiendo” y “Bajando”.

NOTA: La distancias entre la punta de la broca y la baqueta a perforar, se recomienda que sea una mínima de 2mm y una máxima de 5mm.

5. Después seguir los numerales anteriores, ingresamos al menú PROCESO, que se muestra en el imagen6.



Imagen6

Apreciamos que el botón del menú PROCESO cambia a EJECUTANDO, hacemos clic sobre el botón ABRIR ARCHIVO, el cual abre una ventana donde buscamos el archivo txt que guarda las coordenadas a perforar. Después de ubicar el archivo la máquina inicia el proceso de perforación.

Observamos una grafica con los puntos perforados, al lado derecho de la pantalla se encuentra una barra de porcentaje del proceso, y un indicador que muestra la coordenada que está siendo perforada.

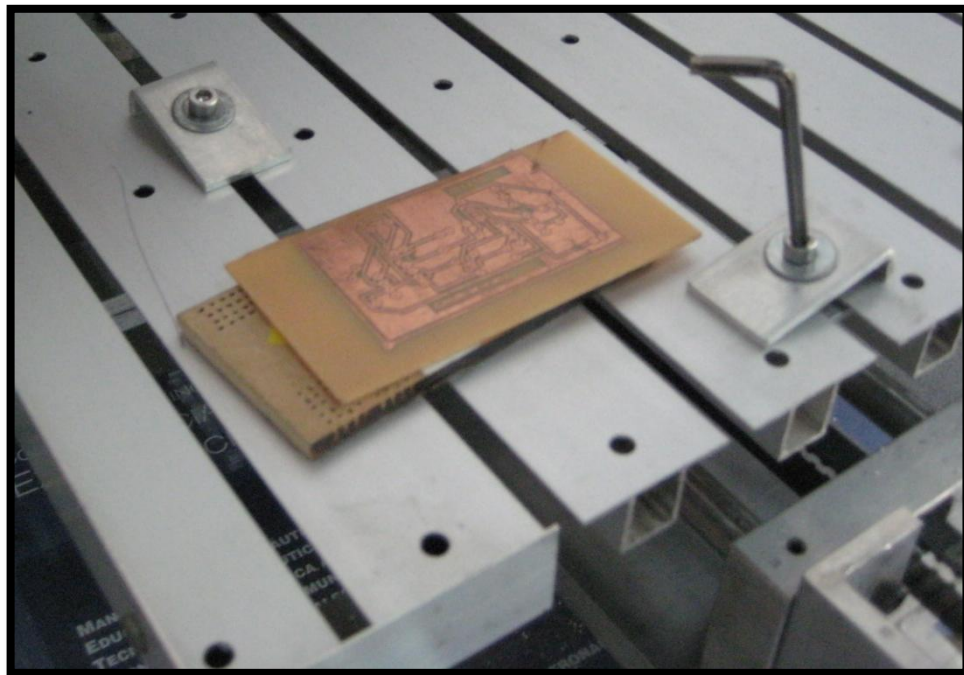
Cuando el porcentaje del proceso sea 100% y la máquina este detenida, puede retirar la baqueta.

ANEXO4

MONTAJE DEL CIRCUITO SOBRE LA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN

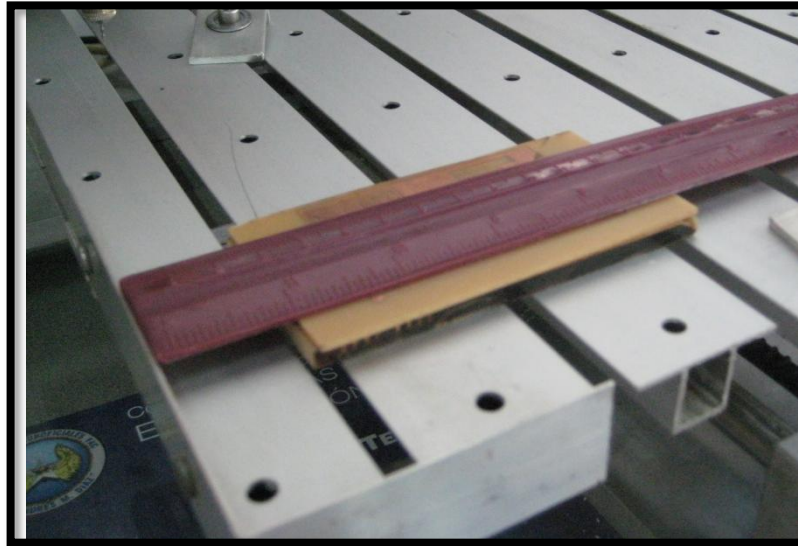
Para una perforación deseada se tiene en cuenta los siguientes pasos de montaje del circuito

1. Usamos una tabla de madera debajo de la baquela como se muestra en el paso1, dependiendo del tamaño de la baquela se usa un numero de sujetadores metálicos, para este ejemplo se usaremos dos, una llave bristol y una regla.



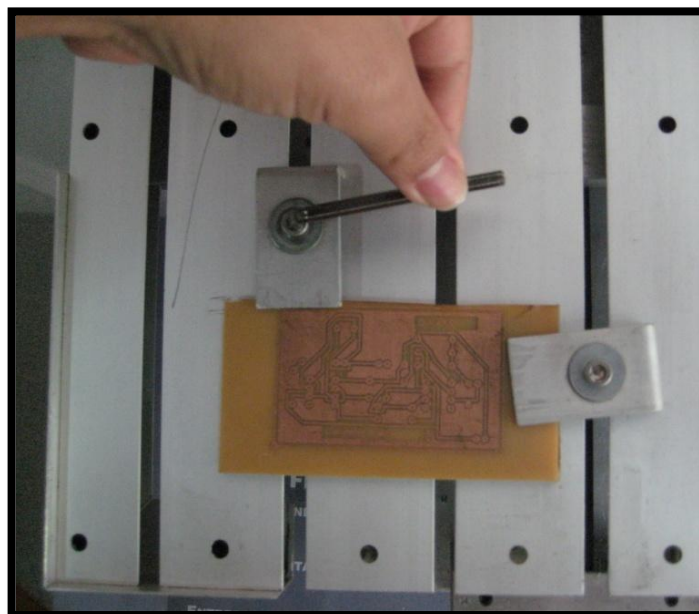
Paso1

2. Iniciamos el software Drill 1, encendemos la caja “controladora motores”, ubicamos el espacio donde queramos poner el circuito. Si el taladro nos impide acomodarlo, por software moveremos el eje Y hasta el punto que podamos alinear la baquela. Usamos una regla para acomodarlo, paralelamente con el eje X (paso2), guiándonos de la regleta metálica ubicada en el borde del home predeterminado.



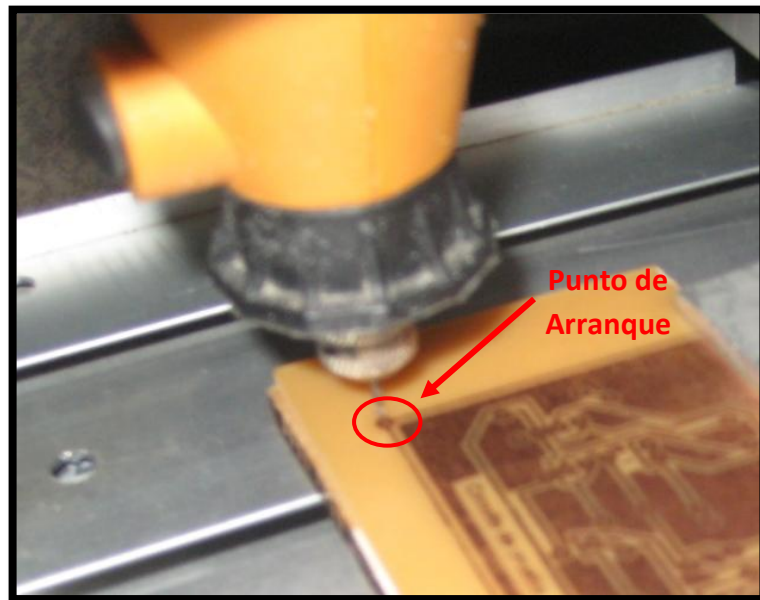
Paso2.

3. Finalmente alineada la baqueta, procedemos a agarrarla con los sujetadores metálicos (paso3), apretándolos con una llave Bristol, se debe tener en cuenta que en la parte izquierda no es recomendable poner un sujetador debido a que al iniciar el programa Drill 1.0 el recorrido del taladro puede pasar por uno de ellos partiendo la broca.



Paso3

4. Teniendo el montaje podemos comenzar con la perforación, se ha predispuesto un punto de arranque, este es un punto que se encuentra en la esquina izquierda inferior de la baquela, y se recomienda que se incluya en el diseño del circuito (paso4), en este vamos a poner la punta de la broca con el programa Dril 1.0 y comenzaremos a perforar.



Paso4.

ANEXO 5

IMÁGENES ESTRUCTURA CNC DRIL1.0

