



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencia e Ingeniería.
Departamento de Tecnología.
Ingeniería Electrónica.

Seminario de graduación para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Tema: *Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.*

Autores:

- Br. Jader Rubén Ruiz Guevara
- Br. Andy Antonio Acevedo Martínez

Tutor:

- Msc. Adriana Suazo González.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencia e Ingenierías
Departamento de Tecnología
Ingeniería Electrónica

Seminario de graduación para optar al título de Ingeniero Electrónico.

Tema: *Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.*

Autores:

- Br. Jader Rubén Ruiz Guevara
- Br. Andy Antonio Acevedo Martínez

Tutor:

- Msc. Adriana Suazo González.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.	iv
1. INTRODUCCION	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 JUSTIFICACION.....	4
2. OBJETIVOS	5
2.1 Objetivo general:.....	5
2.2 Objetivos específicos:.....	5
3. DESARROLLO.....	6
3.1 TECNICAS PARA LA ELABORACION DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESOS....	6
3.1.1 La Técnica de Planchado:.....	6
3.1.1.1 Pasos para crear sus propios pcb	6
3.1.2 La Técnica de Serigrafía.....	9
3.1.2.1 Aplicando la emulsión.	9
3.1.2.2 Revelado de la emulsión	10
3.1.2.3 Cortando la Baquelita	10
3.1.2.4 Imprimiendo las pistas sobre la placa	11
3.1.2.5 Secado al horno de rayos UV	11
3.1.2.6 Corrosión del cobre en las tarjetas impresas	12
3.1.2.7 Perforaciones	12
3.1.2.8 Imprimiendo el antisolder sobre la placa	13
3.1.2.9 Imprimiendo la máscara de componentes	13
3.1.3 La técnica fotográfica (film fotosensible).	14
3.1.3.2 Procesos para la elaboración de pcb con el uso de film fotosensible.....	15
3.1.3.1 Limpieza de la placa	15
3.1.3.2. Adherencia de la película	15
3.1.3.3. Foto Exposición	16
3.1.3.4. Revelado	17
3.1.3.5. Ataque Químico	18

3.1.4. ¿Qué técnica se debe utilizar?	18
3.2 Diseño de sistema semiautomático para la fabricación de PCB	20
3.2.1 Fase de diseño de una PCB en herramientas CAD.	20
3.2.1.1. Herramientas de diseño PCB.	20
3.2.1.2 Entorno de diseño de la herramienta Eagle.	21
3.2.1.3. Procedimientos básicos para el diseño.	22
3.2.1.3. Generación de archivos GERBERS.	23
3.2.2 FASE DE FABRICACIÓN DE PCB	24
3.2.2.1 SENSIBILIZADO DE LA PLACA	25
A. Sistema Automático Serigráfico.	25
B. Procedimiento paso a paso de sistema automático serigráfico.	28
3.2.2.2 ETAPA DE FOTO EXPOSICION.	35
1. Consideraciones para la elección de la fuente de luz UV.....	35
2. Diseño de insoladora.....	39
A. Temporizador descendente programable.....	41
B. Dimmer programable (PWM).....	44
C. Circuito de control de control de apertura y cierre de bandejas.	47
3.2.2.3 GRABADO DEL COBRE.	49
3.2.2.4 APLICACIÓN DE LA MÁSCARA ANTI-SOLDANTE.	53
3.2.2.5 APLICACIÓN DE MASCARA DE COMPONENTES.	54
3.2.2.6 PERFORADO Y CORTES.	55
A. Sistema electrónico.	56
B. Estructuras mecánicas:	65
3.3. Elaboración de prototipo de sistema semiautomático para la fabricación de placas de circuitos impresos.	68
3.3.1. La Insoladora.	68
3.3.1.1. Dimensiones y corte de la madera.	68
3.3.1.2. Ensamblando las piezas de madera.	69
3.3.1.3 Acabado de la madera.....	71
3.3.1.4 Ensamblaje de las tiras Leds uv.	72
3.3.1.5. Elaborando el temporizador de la insoladora.....	73
3.3.1.6. Ensamblando el temporizador a la insoladora.	78
3.3.1.7. Realizando pruebas las pruebas finales.	79

3.3.1.8. Materiales y costos del prototipo de insoladora.....	79
3.3.1.9 Características técnicas de la insoladora.	81
3.3.2 Elaboración de máquina de control numérico Computarizado (CNC). Para cortes y perforados en PCB.....	82
3.3.2.1. Elaboración de la estructura de la cnc.....	82
Construcción del eje X.	84
Construcción del eje Z.	85
Construcción del eje Y.	85
3.3.2.2. Montaje de las piezas mecánicas.....	85
3.3.2.3. Montaje de la electrónica.....	86
Construcción de la interface:.....	86
Construcción de Driver.....	89
Ensamble y armado de los ejes de la CNC.....	90
3.3.2.4 Realizando pruebas de la CNC.	91
3.3.2.5 Materiales y costos de la CNC.....	93
3.3.2.6 Características técnicas de la CNC	94
3.3.3. Elaboración de prototipo sistema de impresión serigráfica.....	95
3.3.3.1. Elaboración del marco o bastidor.	96
3.3.3.2. Elaboración de la raqueta y el cargador.....	96
3.3.3.3. Elaboración del brazo impresión y cargado.....	97
3.3.3.4 Elección del motor.	98
3.3.3.5. Montaje de la varilla roscada.	99
3.3.3.6. Mecanismo raqueta cargador.....	100
3.3.3.7. Elaboración de la gaveta.	101
3.3.3.8. Materiales y costos del prototipo de sistema serigráfico.....	101
3.3.4. Costo general de la elaboración de prototipo de sistema semiautomático para la fabricación de PCB.	102
3.3.5. Breve análisis de factibilidad del sistema semiautomático para la manufactura de PCB	103
3.3.5.1 Precios de fabricación de PCB	103
3.3.5.2. Capacidades de fabricación	104
3.3.5.3. Archivos gerber necesarios para la fabricación de PCB.....	105
3.3.5.4. Relación de ganancias en la producción de PCB.....	105

3.3.5.5. Clientes.....	106
4. Conclusiones.....	107
5. RECOMENDACIONES	108
6. BIBLIOGRAFÍA	109
7. ANEXOS.....	110
Anexo 1. PCB elaboradas por el método serigráfico.....	110

INDICE FIGURAS

Figura 3, 1 Placa de circuito impreso elaborada con la técnica de planchado	8
Figura 3, 2 Retiro de la capa protectora del film.....	15
Figura 3, 3 (a) Adherencia de la película a la placa del cobre. (b) calentamiento de la película. (c) resultado	16
Figura 3, 4 Ejemplo de imágenes positivas y negativas	17
Figura 3, 5 PCB realizada con la técnica del film fotosensible	18
Figura 3, 6 Entorno de diseño de Eagle	21
Figura 3, 7 Ejemplo de Dibujo físico de la placa.....	23
Figura 3, 8 Diagrama en bloques del proceso de fabricación de pcb.....	24
Figura 3, 9 Diagrama en Bloques de la fase de Fabricación de PCB.....	24
Figura 3, 10 Máquina serigrafía convencional.....	25
Figura 3, 11 Desplazamiento del cargador.....	28
Figura 3, 12 Proceso de cargado.	29
Figura 3, 13 Posicionamiento del bastidor en la placa	30
Figura 3, 14 Posicionamiento del racle y del cargador	31
Figura 3, 15 Proceso de Impresión	32
Figura 3, 16 Posicionamiento del racle y del cargador.....	33
Figura 3, 17 Levantamiento del marco	34
Figura 3, 18 Foto exposición (a) Insolado de placa (b) Diseño en acetato a insolar	35
Figura 3, 19 Posición y distancia correcta de la fuente	36
Figura 3, 20 Ángulo de apertura de LED	38
Figura 3, 21 Diseño de la insoladora.....	39
Figura 3, 22 Ubicación de las tiras LED	40
Figura 3, 23 (a) Alimentación de las tiras LED (b) Conexión eléctrica de las tiras LED	41
Figura 3, 24 Comportamiento del Dimmer	45
Figura 3, 25 Diseño de la estructura del grabado del cobre.....	49
Figura 3, 26 Atacado del cobre	51
Figura 3, 27 Placa sumergida en soda caustica.....	52
Figura 3, 28 Resultado de la etapa grabado del cobre.....	52
Figura 3, 29 PCB con máscara antisoldante	53
Figura 3, 30 Máscara de leyenda en PCB.....	54
Figura 3, 31 Máquina CNC.....	55

Figura 3, 32 Sistema electrónico de la CNC.....	57
Figura 3, 33 Bobinado de motor pasó a paso unipolar.....	57
Figura 3, 34 Diseño superior de la placa.....	58
Figura. 3, 35 Especificaciones del 74HC244:.....	60
Figura. 3, 36 Interconexiones de la CNC	63
Figura 3, 37 Eje X de la CNC	65
Figura 3, 38 Eje Y de la CNC	66
Figura 3, 39 Eje Z de la CNC	66
Figura 3, 40 Mesa de trabajo de la CNC	67
Figura 3, 41 Ensamblaje final de la estructura mecánica	67
Figura 3, 42 Diseño de prototipo de insoladora (dimensiones)	69
Figura 3, 43 Montaje de la estructura de la insoladora.....	70
Figura 3, 44 Ensamble de la tapa, división entre circuitería y Leds, relleno con macilla. ...	70
Figura 3, 45 aplicación del barniz para madera y montaje del acrílico	71
Figura 3, 46 Aplicación de pintura color negro	72
Figura 3, 47 Ubicación de las tiras Leds uv.....	72
Figura 3, 48 Prueba de las tiras Leds uv	73
Figura 3, 49 Fitolito de la máscara de componentes del temporizador	74
Figura 3, 50 Grabado del cobre.....	76
Figura 3, 51 obtención de la máscara antisoldante	77
Figura 3, 52 Ensamblando los componentes en la placa.	78
Figura 3, 53 Ensamblaje de temporizador en la insoladora.	78
Figura 3, 54 Insoladora terminada.....	79
Figura 3, 55 Plantillas de la estructura física de la CNC	84
Figura 3, 56 Estructura del eje x de la cnc.	84
Figura 3, 57 Estructura del eje z de la cnc.	85
Figura 3, 58 Negativo de pistas interface en Eagle.	87
Figura 3, 59 Positivo de simbología realizado en Eagle.....	87
Figura 3, 60 Positivo de antisolder realizada en Eagle.....	87
Figura 3, 61 Aplicando el antisolder	88
Figura 3, 62 Aplicando la simbología	88
Figura 3, 63 Acabado final de interface.....	88
Figura 3, 64 Pistas driver de motor	89
Figura 3, 65 Diseño Máscara de componentes. Driver	89
Figura 3, 66 Antisolder. Driver.....	89
Figura 3, 67 Ensamblaje de los driver de motor	90
Figura 3, 68 Montaje de la estructura física	90
Figura3, 69 Parámetros para la calibración de la CNC	91
Figura 3, 70 Prueba final de la CNC.....	92
Figura 3, 71 Elaboración del Bastidor	96
Figura 3, 72 Racleta para impresión	96
Figura 3, 73 Montaje de los rieles	97

Figura 3, 74 Soporte de los rieles.....	97
Figura 3, 75 Montaje de los rieles sobre el soporte.....	98
Figura 3, 76 Motor AC utilizado en el sistema de impresión serigráfica.....	99
Figura 3, 77 Ensamblaje de la varilla roscada.....	99
Figura 3, 78 Ensamblaje de motor AC.....	100

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama. 1 Sistema Automático Serigráfico.....	27
Diagrama. 2 Temporizador programable de 1 a 99 minutos.....	43
Diagrama. 3 Dimmer para control de intensidad de luz UV.....	46
Diagrama. 4 Mando del control de apertura y cierre de insoladora.....	48
Diagrama. 5 Controladores de motores pasó a paso.....	59
Diagrama. 6 Interface de la CNC.....	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales necesarios para fabricar PCB con la técnica fotográfica.....	14
Tabla 2 Herramientas de diseño de pcb.....	20
Tabla 3 Comparación entre emisores de luz UV.....	37
Tabla 4 Funcionamiento del temporizador.....	42
Tabla 5 Tabla de materiales y costos de la Insoladora.....	80
Tabla 6 Materiales y costos de la CNC.....	94
Tabla 7 Materiales y costos del prototipo de sistema de impresión serigráfica.....	101
Tabla 8 Inversión en activos fijos.....	102
Tabla 9 Materia prima para elaborar PCB con la técnica de la serigrafía.....	103
Tabla 10 Precios de impresión de placas y otros servicios.....	104
Tabla 11 Capacidades de fabricación de PCB.....	104
Tabla 12 Archivos gerber necesarios para la fabricación de PCB.....	105
Tabla 13 Relación de ganancias en la producción de PCB.....	106

DEDICATORIA

A mi Creador.

El poderoso Rey Altísimo de todo el universo digno de todo honor, grandeza y majestad, que me ha dado la vida, las fuerzas y la salud a pesar de no merecerla que ha estado conmigo siempre y me ha dado la inteligencia y sabiduría para la obtención de este gran logro.

A mi madre Karla:

Por haberme formado en valores éticos y morales, por haberme instruido por el camino del bien y por haber estado a mi lado en esos momentos difíciles, por ser la mejor madre que un hijo puede tener.

A mi padre Félix.

Quien fue siempre un ejemplo de superación y que ayudó a que nunca me faltara nada a lo largo de mi vida, por haber sido un buen padre.

A mis familiares.

Mi hermano Félix por siempre apoyarme y a Odelin mi hermana porque sé que este logro será de mucha bendición para ella, también a Raquel mi esposa que siempre me apoyó y fue mi inspiración para superarme.

A mis maestra.

Msc Adriana Suazo por corregirnos, aconsejarnos y compartir sus experiencias con nosotros.

A mis amigos.

Jader Ruiz que juntos logramos algo que parecía imposible, José Telleria quien fue un apoyo importante y motivación personal, a todo el grupo EJAD, a la familia Álvarez, Ernesto, Raúl y a todos aquellos que brindaron hasta su más mínimo apoyo.

Andy Antonio Acevedo Martínez.

DEDICATORIA.

Dedico en primera instancia a Dios por permitirme llegar hasta este momento grato de culminar mis estudios profesionales y darme el talento que he venido desarrollando en mi vida. A mi hija Emily Ruiz a quien quiero y es un motivo por el cual debo superarme aún más y a mis padres por darme el apoyo económico desde el inicio de mis estudios.

Este trabajo arduo de investigación y desarrollo se lo dedico especialmente a todas aquellas personas que no creen ser capaz de lograr una meta en la vida y que ponen en duda sus habilidades y obstáculos a estas. A todas esas personas que directa o indirectamente me sirvieron de influencia para inspirarme en cumplir mi meta de llevar a cabo este grandioso proyecto de tesis que después de tanto tiempo lo he realizado.

Jader Rubén Ruiz Guevara.

AGRADECIMIENTO

Agradezco con todo mí ser a Adonai Rey Soberano y Creador de todo lo creado por brindarme la salud, fuerza, sabiduría y todo lo necesario para alcanzar este logro. No sé qué sería de mí si él no estuviera presente en mi mente y en mi corazón.

A mi madre y a mi padre por haberme instruido en el camino del bien, darme educación, alimento, ayuda económica y apoyarme en todo lo que he emprendido.

A mis hermanos y familiares que fueron apoyo moral para mi superación. A Raquel por ayudarme a salir adelante y estar ahí en los momentos de frustración y desánimo, gracias por formar parte integral de mi persona.

A mi amigo Jader que juntos sufrimos y tuvimos la dicha de alcanzar este gran logro.

A la Msc. Adriana Suazo tutora de la tesis, por su asesoramiento y guía a la realización de esta. A todas las personas y amigos que ayudaron directa o indirectamente a realización de este proyecto.

Andy Antonio Acevedo Martínez

Agradezco primeramente a Dios por darme la oportunidad de lograr llegar hasta este momento glorioso en mi vida después de tantos obstáculos presentes. A mis padres por estar siempre presentes hasta estos momentos.

Agradezco a mi amigo y compañero Andy Acevedo quien también dio su mayor esfuerzo para poder llegar a realizar junto conmigo estos logros y en general a todas aquellas personas que me brindaron la oportunidad de desenvolverme y desarrollarme en esta ciencia tan maravillosa que es la Electrónica.

Jader Rubén Ruiz Guevara.

RESUMEN.

El presente documento tiene como tema “Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía” en este se abordará las diferentes técnicas que existen para la fabricación de circuitos impresos las cuales son: Técnica del planchado, técnica serigráfica y la técnica fotográfica. El documento se ha dividido en dos fases: diseño de una PCB y fabricación de una PCB. En la fase de diseño se creará la imagen negativa en un software de diseño de PCB, donde aparecerá el tamaño real de cada uno de los componentes electrónicos, posición que ocuparan y sus interconexiones.

La fase de fabricación está dividida en las siguientes etapas: sensibilizado de la placa; en esta etapa se elabora un sistema serigráfico automático, foto exposición; esta etapa incluye fabricar una insoladora u horno ultravioleta, grabado y revelado del cobre; aplicación de máscara antisoldante, aplicación de máscara de componentes, corte y perforado, en este último se deberá elaborar una CNC para facilitar y agilizar esta etapa. Una vez realizados los diseños de cada etapa se procederá a realizar un prototipo que demuestre la funcionalidad de este sistema de fabricación de PCB.

1. INTRODUCCION

Las placas de circuitos impresos o mejor conocidas como PCB son de mucha importancia para la tecnología en general y especialmente para la electrónica, desde pequeñas aplicaciones y proyectos sencillos realizados por aficionados, hasta el más grande y complejo sistema elaborado por Ingenieros; siempre que se piensa en electrónica se debe pensar en una PCB.

En este documento se abordará sobre los diferentes métodos que existen para la fabricación de circuitos impresos; con el objetivo de identificar la técnica más factible, y en base a ese método diseñar un sistema semiautomático para la fabricación de circuitos impresos; este sistema está dividido en dos fases, la primera fase es el diseño y la segunda fase será la fabricación. Esta última la dividiremos en las siguientes etapas:

Sensibilizado de la placa, aquí se diseña un sistema serigráfico automático el cual debe ser capaz de imprimir el diseño sobre la placa. Foto exposición; Para que este proceso sea realizado, se diseñará un horno ultravioleta temporizado. Grabado del cobre, aplicación de mascara antisoldante, aplicación de mascara de componentes, corte y perforado, para este ultimo se diseñará una maquina CNC capaz de hacer los cortes y perforados con precisión y en corto tiempo. Cada una de estas etapas contiene diagramas eléctricos, electrónicos, electro neumático, la explicación de estos y gráficos donde se podrá dar la idea del diseño y la estructura de cada una de las etapas.

Una vez realizado el diseño de este sistema semiautomático para fabricar PCB se procederá a realizar un prototipo de dicho sistema, con el objetivo de demostrar la funcionalidad de cada proceso que se realiza en la fabricación de placas de circuitos impresos, este prototipo será un poco diferente al diseño planteado, por motivos de costos, pero tendrá la misma funcionalidad del diseño original. Las maquinas que contiene el prototipo son: La insoladora, La CNC y el sistema automático serigráfico.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Nicaragua no existe una empresa que fabrique placas de circuitos impresos (PCB), esto es una limitante al momento de desarrollar proyectos y al no poder fabricar la PCB para el diseño electrónico deseado se recurre a realizar el montaje en tarjeta perforada e inclusive hasta en tabla de nodos, perdiendo así una buena presentación del proyecto, arriesgando que los componentes se dañen y en circuitos complejos tiende a aumentar el tamaño físico de lo implementado, estas limitantes no solo están presentes en estudiantes, sino que también en ingenieros y técnicos de las empresas que han alcanzado mucho conocimiento y son capaces de innovar pero, se ven imposibilitados debido a que no tienen una PCB para montar su circuito electrónico

Se sabe que en la actualidad sigue creciendo la demanda de nuevos diseños de sistemas electrónicos, propios de Ingenieros, técnicos y estudiantes innovadores nicaragüenses que permitan satisfacer las necesidades sociales, técnicas y tecnológicas, y es por ello que se ha pensado en diseñar un sistema semiautomático para fabricar PCB y que esa placa sea resistente, robusta y duradera. Elaborar una placa de circuito impreso se puede hacer de manera manual pero el tiempo de fabricación es exagerado comparado a un sistema de fabricación de PCB además hay procesos que manualmente requieren mucho esfuerzo físico y que una maquina lo podría hacer fácilmente.

1.2 ANTECEDENTES

A nivel mundial existen muchas empresas que se dedican a la fabricación de PCB, la mayoría están ubicadas en Europa y Asia. En el continente americano existen empresas que ofrecen servicios de diseño y fabricación de placas de circuitos impresos. Lo siguiente son algunas empresas en Latinoamérica que fabrican PCB hasta de ocho capas.

MEXTRONICS, es un centro de diseño electrónico orientado a circuitos impresos y ensamble de componentes electrónicos. Cuentan con personal calificado y una amplia experiencia de más de 10 años en la industria electrónica, innovando en técnicas de fabricación de circuitos impresos y a la vanguardia de la nuevas tecnologías para ensamble de circuitos electrónicos complejos (SMT). Usan procesos de diseño, fabricación y ensamble que siguen las normas del IPC.

MICROCIRCUITOS es una compañía con más de 30 años en el mercado colombiano. Son el mayor fabricante y proveedor de circuitos impresos en Colombia, Ecuador, Panamá, Perú y Costa Rica.

MICROENSAMBLE es una empresa Colombiana que nace ante la necesidad de poner al alcance del sector estudiantil e industrial, tecnología de punta en los procesos de producción de tarjetas electrónicas, incorporando además en sus productos las exigencias tecnológicas actuales de la industria electrónica en la fabricación y ensamble de circuitos impresos eléctricamente confiables.

En Centroamérica y especialmente en Nicaragua no existen empresas, tiendas de electrónica, técnicos, ingenieros o personas particulares que ofrezcan servicios de fabricación de circuitos impresos.

En la carrera de ingeniería electrónica de la UNAN Managua ha habido estudiantes que han realizado placas de circuito impreso utilizando el método del planchado, pero han tenido complicaciones ya que han salido pistas rotas, el cobre se oxidó demasiado rápido y al momento de soldar las pistas se han dañado. Inconvenientes como estos se podrán solucionar a través de la realización de un sistema semiautomático para fabricar PCB empleando un método muy utilizado profesionalmente como lo es la técnica serigráfica.

1.3 JUSTIFICACION.

Uno de los grandes inconvenientes que se presenta al realizar un proyecto es no tener a la disposición una PCB ya que un diseño de placas de circuitos impresos robusto, fortalece el producto electrónico y eleva el desempeño del mismo en cualquier ambiente. Actualmente en nuestro país no existen empresas, tiendas o personas aficionadas que se dediquen a la fabricación de circuitos impresos, es por ello que se realizará el diseño de un sistema semiautomático para fabricar PCB.

Dentro de la industria de fabricación de placas de circuitos impresos el método de serigrafía es el más usado en la actualidad, ya que es económico comparado con otras técnicas como la de film fotosensible que es un material de alto costo y que en países como el nuestro no se comercializa; y superior al método del planchado. Es por ello que se pretende usar la técnica de serigrafía resultando ser la técnica más rentable debido a que los materiales serigráficos son accesible en el país.

La importancia radica en que este sistema de producción abrirá una brecha dentro del mercado tecnológico en Nicaragua, además permitirá a empresas, ingenieros, técnicos, estudiantes y aficionados de electrónica, que requieran llevar a la realidad la implementación de sus propios prototipos, proyectos y diseños de acuerdo a sus necesidades. Cabe mencionar la importancia de una buena presentación y durabilidad en los productos finales.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Realizar el prototipo de un sistema semiautomático para la elaboración de placas de circuitos impresos (PCB).

2.2 Objetivos específicos:

- Conocer los diferentes métodos para el proceso de elaboración de placas de circuitos impresos.

- Diseñar cada una de las etapas que forman parte del proceso de la fabricación de circuitos impresos.

- Realizar el prototipo del sistema semiautomático para la fabricación de placas de circuitos impresos.

3. DESARROLLO

3.1 TECNICAS PARA LA ELABORACION DE PLACAS DE CIRCUITOS IMPRESOS.

Actualmente existen varios métodos para la elaboración de placas de circuitos impresos estos son: técnica de planchado, técnica serigráfica y la técnica fotográfica. A través de todos estos métodos es posible elaborar una PCB. La primera técnica es la más utilizada por estudiantes y aficionados a la electrónica; las últimas dos son usadas en la industria de fabricación de PCB y casi siempre son utilizadas ambas técnicas.

3.1.1 La Técnica de Planchado:

El planchado es una técnica, de impresión empleada principalmente para reproducir imágenes sobre telas, consiste en aplicar el calor producido por la plancha sobre el papel termotransferible que tiene la imagen, a su vez este papel esta puesto sobre el material donde se pretende imprimir la imagen, la impresión sólo puede efectuarse una vez, ya que el tóner queda plasmado en el material y no se vuelve a utilizar.

3.1.1.1 Pasos para crear sus propios pcb

(a) Obtención del diseño.

Este no es otra cosa que el dibujo de las pistas de cobre. Teniendo hecho el diseño del circuito en el computador, se imprime en alta resolución sobre el papel termo transferible a cualquier lado del papel, usando una impresora láser. Si se utiliza un tipo de impresora diferente a láser, el papel termo transferible no servirá. Sobre el papel termo transferible se recorta usando unas tijeras o un bisturí, dejando una margen que permita manipularlo.

(b) Preparación de la placa fenólica.

Ahora se debe cortar la placa fenólica a la medida del circuito impreso y posteriormente lavarla por el lado del cobre con jabón desengrasante de lava platos y una esponja de ollas no abrasiva. Se debe secar muy bien la baquelita con un trapo limpio. La placa de cobre deberá estar seca y limpia de polvo y grasa, se deberá tocar la superficie de cobre con los dedos.

(c) Impresión del diseño sobre la placa de cobre.

Se coloca la placa sobre una superficie sólida, con el lado del cobre mirando hacia arriba. Luego el papel termo transferible con el diseño del circuito impreso se coloca sobre la placa de cobre, de tal manera que el dibujo haga contacto con el cobre. Luego haciendo uso de una plancha casera a temperatura máxima se plancha durante 10 minutos sobre la parte impresa del papel termo transferible, haciendo énfasis en los bordes y el centro de la placa. El equipo debe de estar al máximo porque a pesar de que las instrucciones del papel termotransferible dicen que debe ser temperatura media, si la temperatura no es bastante alta, el tóner no se adhiere bien al cobre de la placa.

Transcurrido el tiempo de planchado y observando que el papel se adhirió bien al cobre, se deja enfriar un instante y se introduce la placa con el papel termo transferible adherido en una cubeta con agua fría dejándola sumergida un mínimo de 5 minutos. Al cabo de este tiempo el papel debe estar bien húmedo.

Se retira suavemente con la yema de los dedos, el papel termotransferible de la superficie de cobre. Secamos la placa por el lado del cobre y revisamos que no hallan restos de fibras de papel.

(d) Quemado de la placa para la obtención de las pistas de cobre.

Una vez la imagen está adherida al cobre y se ha retocado cualquier defecto que haya quedado, se deberá introducir la placa de cobre en un recipiente no metálico que contenga **cloruro férrico** disuelto en agua caliente; La función de este es la de disolver el cobre que no está cubierto con tinta, dejando al final las pistas de cobre que forman el circuito.

Entre menos tiempo tenga que durar la placa de cobre en el cloruro férrico, la calidad del circuito impreso final será mejor, por esto se agita el recipiente con la placa de cobre sumergida en el químico, para que de esta manera pueda disolverse más rápido el cobre de la placa.

Después que el cloruro férrico haya consumido todo el cobre sobrante, se saca la placa del recipiente y se retira la tinta con thinner y un trapo, quedando las pistas de cobre, se lava la placa nuevamente con esponjilla y jabón desengrasante.

(e) Perforado del pcb

Finalmente se perfora todos los orificios por los cuales entraran las terminales de los componentes que irán en la tarjeta. Por lo general se utiliza un motor tool o un taladro pequeño con brocas finas.

El circuito impreso está listo para ser ensamblado. Este método no permite la impresión de la máscara antisoldante, se recomienda colocar una capa esmalte transparente a las pistas de cobre, para evitar que se oxiden. Es importante resaltar que la técnica de planchado no es una técnica industrial. El resultado final de la elaboración de un pcb por el método del planchado se ilustra en la figura 3,1.



Figura 3, 1 Placa de circuito impreso elaborada con la técnica de planchado

3.1.2 La Técnica de Serigrafía.

La técnica de producción de circuitos impresos con serigrafía se usa industrialmente, ya que se pueden obtener impresos de muy buena calidad y a muy bajo costo. Una vez se tienen revelados los marcos de seda conocidos como bastidores, se pueden realizar múltiples copias del mismo diseño. Esto permite la producción en serie de circuitos impresos. Es una de las técnicas más usadas, ya que permite obtener trabajos con la calidad y presentación necesarias, para la realización de prototipos electrónicos y/o aplicaciones en la industria.

3.1.2.1 Aplicando la emulsión.

La seda de bastidor debe quedar bien templada y sin arrugas. Esta seda se pega al marco usando una grapadora, reforzándola con cinta de enmascarar y pegante. Se debe hacer tres bastidores; uno para el circuito impreso con seda de 120 hilos, ya que entre más detalle se requiera, la cantidad de hilos debe ser mayor. El segundo bastidor es para la máscara de componentes y el tercero para la máscara anisodonte este debe ser de 90 hilos.

Después de tener los bastidores listos en un cuarto oscuro, con la ayuda de una espátula delgada, se mezclan 9 partes de emulsión por 1 de bicromato o revelador, hasta obtener una mezcla uniforme. Se debe mezclar lentamente, ya que si se hacen burbujas, se puede estropear el revelado. Una vez obtenida una mezcla uniforme, se esparce a lo largo y ancho de la seda, usando un emulsionado, se aplican tres capas de emulsión; Una capa por el lado posterior del bastidor y dos por el frente.

La emulsión se debe aplicar de forma uniforme sobre la seda, teniendo en cuenta que no queden espacios sin emulsión o burbujas. Luego se seca la seda con la tinta, se debe de tener en cuenta que este químico es fotosensible por lo tanto debe hacerse en poco tiempo.

Una vez seca la emulsión, se colocan los acetatos, con los diseños del impreso sobre la seda, por el lado posterior del bastidor y se fijan con cinta pegante transparente. Todos los acetatos van al revés, es decir; por el lado contrario al que se verá el impreso. Para hacer el revelado con el diseño del circuito impreso, máscara de componentes y máscara antisoldante, se debe imprimir en una impresora láser de alta calidad.

3.1.2.2 Revelado de la emulsión

Ahora se le da vuelta al bastidor, colocando una espuma delgada luego se coloca un vidrio que cubra la totalidad de la seda también se coloca peso encima y evitando separaciones entre los acetatos, la seda, la espuma y el vidrio. Todo esto va sobre una mesa de revelado que se construye con un cajón de madera, al cual le colocamos en el fondo, a unos 50 centímetros del vidrio superior, un reflector, con un bombillo de luz ultravioleta o rayos UV. Exponemos el conjunto de; marco, acetato y vidrio a la luz durante 13 minutos.

Después de exponer el marco a la luz, inmediatamente se cubre la seda y se lleva a una fuente de agua a presión, para enjuagarla por ambos lados. Después de unos cuantos segundos se observa como la seda revela el dibujo del circuito impreso, a medida que se cae la emulsión de las zonas donde no entró la luz por el cubrimiento que daba el acetato. Una vez revelada a la seda se le aplica temperatura durante 10 minutos y estará preparada para imprimir cuantas tarjetas se requieran.

3.1.2.3 Cortando la Baquelita

Procedemos a cortar la placa fenólica al tamaño del circuito impreso, teniendo en cuenta de dejar un pequeño borde de unos 5 milímetros que sirve como margen al momento de imprimir. Cuando la placa es de baquelita, se debe calentar antes de cortar para facilitar el corte y evitar que se parta.

3.1.2.4 Imprimiendo las pistas sobre la placa

Se coloca el bastidor sobre una superficie plana, sólida y uniforme, fijándolo con unas prensas de bisagra, que permitan levantarlo fácilmente sin que se corra de posición. Colocamos la placa fenólica exactamente debajo del dibujo del circuito impreso con las pistas y la ajustamos con cinta adhesiva o colocándole unos topes, para que al imprimir no se mueva de sitio. Se coloca el marco encima de la placa, dejándolo al menos unos 5 milímetros levantado de esta. Luego se aplica la tinta UV o en su defecto pintura de polietileno, por la parte de encima de la seda, haciendo un camino en la parte anterior al dibujo, para luego trazar con la racleta el diseño del circuito impreso sobre la superficie de las tarjetas.

La impresión debe ser impecable, sin corrimientos o manchas que perjudiquen El impreso. Después de hacer todas las impresiones deseadas es necesario limpiar la seda de la tinta acumulada, ya que de lo contrario se tapanía la seda, estropeándola. Para esto se utiliza varsol con una estopa y limpiamos la seda. Si se desea eliminar el circuito impreso de la seda y habilitarla para otro diseño, se puede utilizar cloro o thinner para remover el circuito plasmado en la seda. Se deben secar bien las tarjetas antes de seguir con el revelado.

3.1.2.5 Secado al horno de rayos UV

Las tintas apropiadas para hacer la impresión sobre la placa fenólica, son aquellas que no se deshacen al momento de sumergir la tarjeta en el ácido revelador. En la industria de fabricación de PCB se usan tintas que secan a la exposición de los rayos ultravioletas, por su gran resistencia a los solventes. Para esto se utiliza un horno de rayos UV. Los bombillos que se usan en los reflectores de iluminación exterior, emiten rayos ultravioleta en pocas cantidades. Estos son suficientes para secar la pintura UV. Se debe dejar la placa impresa al menos unos **10 minutos** en el horno, antes de pasar al revelado del cobre.

3.1.2.6 **Corrosión del cobre en las tarjetas impresas**

Una vez seca la tinta, se procede a sumergir dichas tarjetas en cloruro férrico. Se utiliza un recipiente que use una motobomba eléctrica especial, conocida con el nombre de Bomba de arrastre magnético. Esta bomba mantiene el cloruro férrico en movimiento. La acción corrosiva del cloruro férrico actúa sobre las superficies que no están cubiertas por tinta, obteniendo así el circuito impreso.

Cuando todo el cobre sobrante ha sido removido de la tarjeta, la retiramos del cloruro férrico y procedemos a eliminar la tinta que protegió las pistas de la corrosión, lavando primero la tarjeta con agua, retirando el cloruro férrico, luego se sumerge en soda cáustica disuelta en agua durante un minuto y se cepilla hasta que se haya caído toda la pintura. Posteriormente se lava nuevamente con agua hasta retirar la soda cáustica. Se debe secar muy bien las tarjetas. Si los pasos anteriormente descritos se hacen meticulosamente, se obtiene una tarjeta o circuito impreso de calidad y buena presentación.

3.1.2.7 **Perforaciones**

A continuación se perforan todos los agujeros de las tarjetas, usando un taladro de árbol o un moto-tool (taladro). Se deben tener brocas de diferentes calibres, ya que las terminales de los componentes tienen diferentes diámetros.

Otra forma de hacer las perforaciones en los circuitos impresos se hace utilizando una máquina conocida como **CNC**. La sigla (CNC) quiere decir Control Numérico por Computadora. En este caso se trata de un robot que tiene un taladro de árbol, que se mueve en todas direcciones y que es controlado por un computador. Para poder hacer los orificios utilizando una CNC, se debe convertir el archivo del circuito impreso en formato Gerber o cnc.

3.1.2.8 Imprimiendo el antisolder sobre la placa

La máscara antisoldante (**Solder mask UV**), se aplica sobre las pistas, de la misma manera que el procedimiento usado al aplicar la pintura para la elaboración de las pistas del circuito impreso. Esta pintura protege las pistas de cobre, contra el óxido y posibles cortocircuitos, además de darle al impreso una muy buena presentación. Después de aplicar la pintura, usando el bastidor que previamente se realizó con el acetato correspondiente, se seca, utilizando un horno de rayos ultra violeta (UV). La pintura antisoldante es de secado a los rayos UV, por lo que se deben hornear las tarjetas unos 10 minutos.

3.1.2.9 Imprimiendo la máscara de componentes

Para imprimir la máscara de componentes, se coloca cada tarjeta por el lado contrario al de las pistas y con el bastidor que previamente se reveló con el acetato de esta máscara de leyenda, trazamos con la pintura UV con tinta de poliuretano o de polietileno de color blanco, todas las tarjetas, teniendo en cuenta que deben coincidir los orificios de las tarjetas con los dibujos de los componentes.

La pintura usada industrialmente para hacer la máscara de componentes también es de secado a los rayos UV, por lo que se deben hornear las tarjetas unos 10 minutos. También se puede usar pintura de poliuretano, que es muy resistente, aunque no tanto como la pintura UV. Sin embargo se logra obtener un resultado aceptable con esta pintura.

Ahora que los circuitos impresos están terminados, debemos aplicarles, por el lado de las pistas, una mezcla de resina colofonia y thinner, para dar un acabado a la plaqueta más brillante. También al momento de soldar, disminuye la tensión superficial del estaño y la temperatura de fusión, evitando así el deterioro de los componentes y terminales. En el anexo 1 se pueden apreciar imágenes de PCB realizadas con el método de la serigrafía.

3.1.3 La técnica fotográfica (film fotosensible).

Este método es el adecuado para obtener los mejores resultados. Los inconvenientes con este método son la difícil obtención del film fotosensible y su alto precio en el mercado.

La película seca fotosensible, es un material foto-polímero, para grabado de circuitos impresos, resistente a los químicos como: cloruro férrico, per sulfato de sodio, ácido clorhídrico y otros. Capaz de reproducir fielmente el diseño de pistas y pads de un circuito exponiéndolo a la luz ultra violeta a través de un negativo, que se elimina con solución alcalina, posterior al grabado.

Los materiales necesarios para fabricar PCB con el método de la fotografía son los siguientes:

<ul style="list-style-type: none">• Fuente de luz ultravioleta: tubos UV-A, lámparas de bajo consumo blancas, leds, el sol.
<ul style="list-style-type: none">• Pistola de aire caliente
<ul style="list-style-type: none">• Cortador (cúter)
<ul style="list-style-type: none">• Rodillo de goma, regla de plástico, o regla con borde de goma
<ul style="list-style-type: none">• Cinta adhesiva
<ul style="list-style-type: none">• Limpiador
<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada
<ul style="list-style-type: none">• Revelador
<ul style="list-style-type: none">• Removedor de película
<ul style="list-style-type: none">• Placa virgen
<ul style="list-style-type: none">• Negativos con el patrón a transferir
<ul style="list-style-type: none">• Película fotosensible

Tabla 1 Materiales necesarios para fabricar PCB con la técnica fotográfica

3.1.3.2 Procesos para la elaboración de pcb con el uso de film fotosensible.

3.1.3.1 Limpieza de la placa

Es fundamental la limpieza de la placa, ya que el resultado final dependerá ello. La adherencia de la película, depende de la porosidad del cobre, por lo tanto elementos ajenos a este, se consideran no deseados. Se limpia la placa para retirar residuos de grasa o cualquier elemento ajeno se utiliza una esponja, con detergente, o limpiador en crema, para obtener los mejores resultados. Luego se lava la placa con agua, hasta dejarla perfectamente limpia.

3.1.3.2. Adherencia de la película

Se corta una medida de película que cubra más del 100% de la placa. Para la laminación, es necesario trabajar con luz sin emisiones UV. **La Fig. 3.2** muestra la manera correcta de utilizar la película fotosensible ya que consta de tres partes: lámina interna (plástico mate), película, lámina externa (celofán brillante).

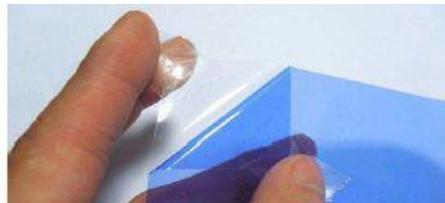


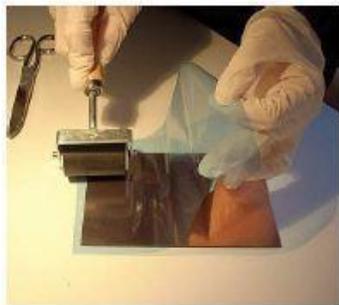
Figura 3, 2 Retiro de la capa protectora del film.

No se debe retirar totalmente, la película protectora interna, sino que se desprende un lado de la misma que será por donde se adhiere a la placa, con ayuda de un rodillo de goma dura o en su defecto con los dedos, evitando dejar burbujas de aire como se muestra en la **Fig. 3.2**.

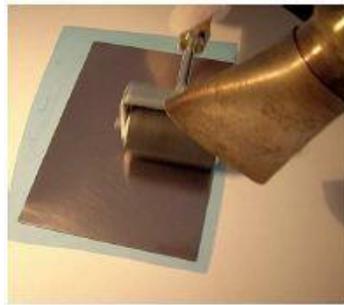
En la **figura 3.3 (a)**, se muestra el uso de un rodillo o regla de plástico para extender sobre la placa la película con movimientos lentos que permitan que el sustrato se caliente lo suficiente aplicando poca presión a como se muestra en la **figura 3.3 (b)**, este paso es para que durante el tiempo que el sustrato sigue caliente, la película se introduzca en los poros del cobre.

En la **Figura 3.3 (c)** se obtiene una placa foto sensibilizada libre de burbujas, buena adherencia del film y lista para ser foto expuesta a la luz UV junto con el diseño, ya sea en positivo o negativo.

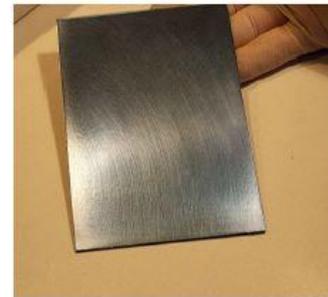
Las grandes industrias de fabricación de PCB utilizan maquinas especiales que realizan este procedimiento.



(a)



(b)



(c)

Figura 3, 3 (a) Adherencia de la película a la placa del cobre. (b) calentamiento de la película. (c) resultado

3.1.3.3. Foto Exposición

Este es un proceso en el cual se expone una película fotosensible a la luz ultra violeta, y que además se requiere de una transparencia, que será transferida sobre el sustrato.

Formato de imagen positivo o negativo: Un diseño en negativo como el de la **figura 3.4 (negativo)** las líneas y siluetas que nos interesan imprimir deberán ser color blanco y lo que no interesa color negro. Un diseño en positivo como el de **la figura 3.4 (positivo)** las líneas y siluetas que interesan imprimir deberán ser de color negro y lo que no interesa blanco.

Lo ideal es que imprima el fotolito en formato NEGATIVO sobre una filmina. La **Fig. 3.4** muestra un ejemplo de imagen positivo y negativo del diseño de una PCB.

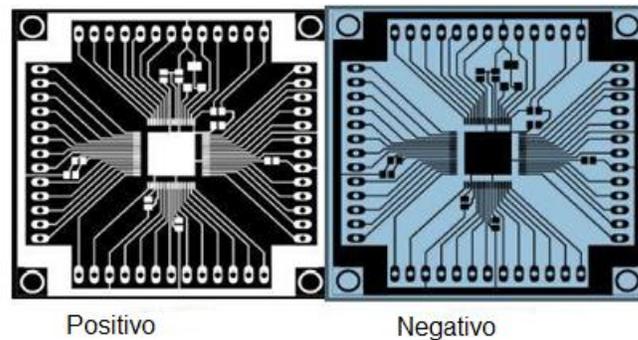


Figura 3, 4 Ejemplo de imágenes positivas y negativas

La filmina con el diseño negativo se coloca sobre la placa preparada con el film y se incide luz ultravioleta sobre esta, la luz UV penetrarán los lugares blancos del diseño quemando estas partes de la película, estos lugares estarán protegiendo el cobre de la corrosión que posteriormente serán las pistas del circuito.

3.1.3.4. Revelado

Los tiempos de revelado son críticos para contar con una buena resistencia al proceso de atacado químico del cobre. Tiempos prolongados en el químico revelador adelgazarán la película donde no incidió la luz UV y por lo tanto, podrá ser retirada fácilmente de la placa.

Para revelar la placa expuesta, se deberá retirar cuidadosamente la lámina Externa del film y sumergir la placa en la solución reveladora, pasando un rodillo de espuma, suavemente, el revelado no debe exceder los tiempos. Las zonas que no han sido expuestas caerán quedando el metal al descubierto, este proceso no deberá sobrepasar los 2 minutos. Luego se debe lavar con abundante agua y secar.

3.1.3.5. Ataque Químico

Se introduce el sustrato revelado en el cloruro férrico durante el tiempo necesario para retirar todo el cobre expuesto. Se Enjuaga el sustrato con agua hasta eliminar por completo los residuos del químico, se debe secar por completo. Posterior a ello se retira el film de la placa y deberán aparecer las pistas del diseño luego hacemos los cortes y perforados que se deseen. Se realizan estos procedimientos para la aplicación de las máscaras de componentes y antisoldante. **En la Fig. 3.5** se muestra el resultado de una PCB fabricada con la técnica fotográfica, como se aprecia el acabado es impecable.

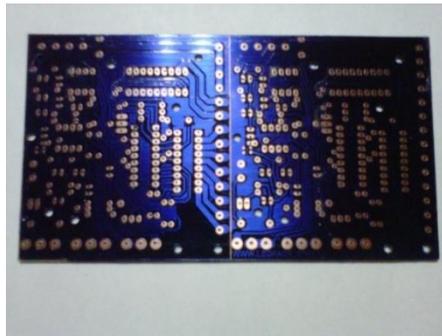


Figura 3, 5 PCB realizada con la técnica del film fotosensible

3.1.4. ¿Qué técnica se debe utilizar?

Uno de los principales objetivos de este documento es crear un sistema semiautomático para la fabricación de PCB en base a una de las técnicas existentes. Las PCB que a fabricar deben ser de calidad con buen acabado y excelente presentación, capaz de resistir ambientes bruscos y que sea duradera. Anteriormente se han analizado cada una de las técnicas para la fabricación de PCB a continuación se justificará el método necesario a utilizar para esta tesis.

Se dice que el método del planchado es un método útil en aplicaciones que no requieran calidad y durabilidad, es decir en proyectos académicos o para aficionados, no es así para cumplir los objetivos de esta tesis, ya que un método rustico, de poca calidad y no es apto para la producción en serie. Por estos motivos y algunos otros la técnica de planchado en la producción de PCB que completamente descartado.

Sistema semiautoático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

Se conoce que el mejor método para la elaboración de PCB es el Film Foto sensible, este es usado a nivel industrial y es excelente para la producción en serie, pero en países como el nuestro la materia prima que requiere esta técnica no se comercializa, y en el exterior tiene un costo bastante elevado, por lo cual no resultaría crear un sistema electrónico en base a esta técnica ya que estaría siempre presente el inconveniente de conseguir los materiales de fabricación.

La técnica de serigrafía es la que mejor se ajusta a un bajo presupuesto ya que los materiales serigráficos son accesible y fácil de adquirir, además este método es utilizado en la industria de la fabricación de PCB y es porque sus acabados son de calidad y las tarjetas tienen la durabilidad necesaria para las aplicaciones más exigentes. Por tales motivos si es conveniente diseñar un sistema electrónico capaz de agilizar el proceso de fabricación de PCB basado en esta técnica.

3.2 Diseño de sistema semiautomático para la fabricación de PCB

El diseño de este sistema de fabricación de PCB estará basado en la técnica serigráfica. Este acápite se ha dividido en fases las cuales son dos: fase de diseño de la PCB y fase de fabricación de placas de circuito impresos. Estas se detallaran a continuación.

3.2.1 Fase de diseño de una PCB en herramientas CAD.

En esta fase se creara el Layout (diseño) o Artes diseños de negativos en transparencias con el patrón a transferir a la placa fenólica. Esta fase es de vital importancia ya que es el inicio del proceso.

3.2.1.1. Herramientas de diseño PCB.

Hoy en día el procedimiento de diseño se hace mediante herramientas CAD (diseños asistidos por ordenador) adecuadas a este propósito. Existen muchas herramientas para realizar el diseño de la PCB, comerciales y abiertas o de uso gratuito, por ejemplo en la tabla 2 se mencionan los más usados:

ALTIUM	(http://www.altium.com/) : herramienta comercial. Alto coste de licencia, Quizás la más usada en entornos profesionales
DesignSpark	(http://www.rsonline.com/designspark/electronics/) : Herramienta gratuita Proporcionada por RS, multinacional dedicada a la venta de componentes electrónicos.
EAGLE	http://www.cadsoftusa.com/?language=en&lang=en): Herramienta de disponibilidad gratuita pero con restricciones. Hoy en día esta mantenida por FARNELL, otra gran multinacional dedicada a la venta de componentes.
KICAD	(http://kicad-pcb.org/) : Es un conjunto de herramientas software abierto (OPEN SOURCE) para la automatización del diseño electrónico.

Tabla 2 Herramientas de diseño de pcb

3.2.1.3. **Procedimientos básicos para el diseño.**

Los procesos básicos que hay que realizar en las diferentes herramientas de diseño de PCB son comunes:

→ **Creación de librerías de componentes.** Antes de poder realizar un Esquemático y posterior el layout de la PCB, es necesario asegurar que se tienen todos los componentes en alguna librería con su visión de símbolo (esquemático) y de huella (footprint- para layout). Si no se dispusiese de todos los componentes será necesario crear una librería propia y realizar el diseño de símbolo y huella de cada componente que falte.

→ **Diseño del esquemático.** A partir del diseño del sistema electrónico, y con los componentes de las librerías adecuados en su visión de símbolo, se realiza el diseño del esquemático. La mayoría de herramientas permite realizar un chequeo de reglas eléctricas (ERC- Electric Rules Check) para detectar posibles errores importantes en el diseño.

→ **Diseño del Layout (board).** A partir del esquemático, las herramientas generan una primera visión de la placa, donde aparecen todos los componentes, en su visión de huella, y las conexiones existentes entre los pines de los componentes. Para diseñar la Board hay dos pasos importantes:

- a) *Colocación de componentes:* sobre el área que se disponga para la PCB se deben colocar cada uno de los componentes. Proceso manual
- b) *Ruteado de Pistas:* se trazan las pistas de la PCB. La mayoría de las herramientas tienen auto router (proceso automático). La experiencia dice que, solo en casos muy simples funciona bien. La mayoría de PCB se trazan manualmente.

En la **Fig. 3.7** se puede apreciar el Layout de un circuito con las dimensiones reales que ocuparan los componentes en la placa después del ruteo.

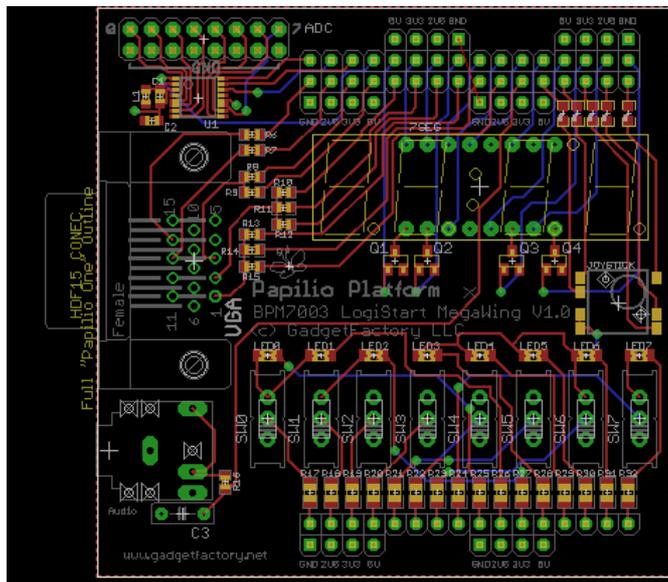


Figura 3, 7 Ejemplo de Dibujo físico de la placa

3.2.1.3. Generación de archivos GERBERS.

Gerber es un formato de archivo que contiene la información necesaria para la fabricación de la placa de circuito impreso o PCB. Se pueden crear con distintos programas de diseño electrónico como PCB Wizard, Eagle, DipTrace, Proteus, KiCad o Altium Designer.

La información que se pasa al fabricante en sí de la PCB es a través de unos ficheros que se denominan GERBERS. Es un formato especial de ficheros con información geométrica de las diferentes capas de la PCB, necesario también para la lectura de las coordenadas vectoriales al momento de usar una CNC.

3.2.2 FASE DE FABRICACIÓN DE PCB

Esta fase está dividida en etapas las cuales son: sensibilizado de la placa, foto exposición, grabado y revelado del cobre, aplicación de mascara antisoldante, aplicación de mascara de componentes, corte y perforado. En la **Fig. 3.8** se presenta el diagrama en bloques de esta fase, este sigue la siguiente secuencia:

- sensibilizado de la placa.
- foto exposición.
- grabado del cobre.
- aplicación mascara de componentes (vuelve a inicial el proceso).
- aplicación de mascara antisoldante (nuevamente se repite la secuencia).
- corte y perforado.

Cabe destacar que pueden existir variaciones de acuerdo a la conveniencia del fabricante, para este documento se trabajará en base a este proceso.

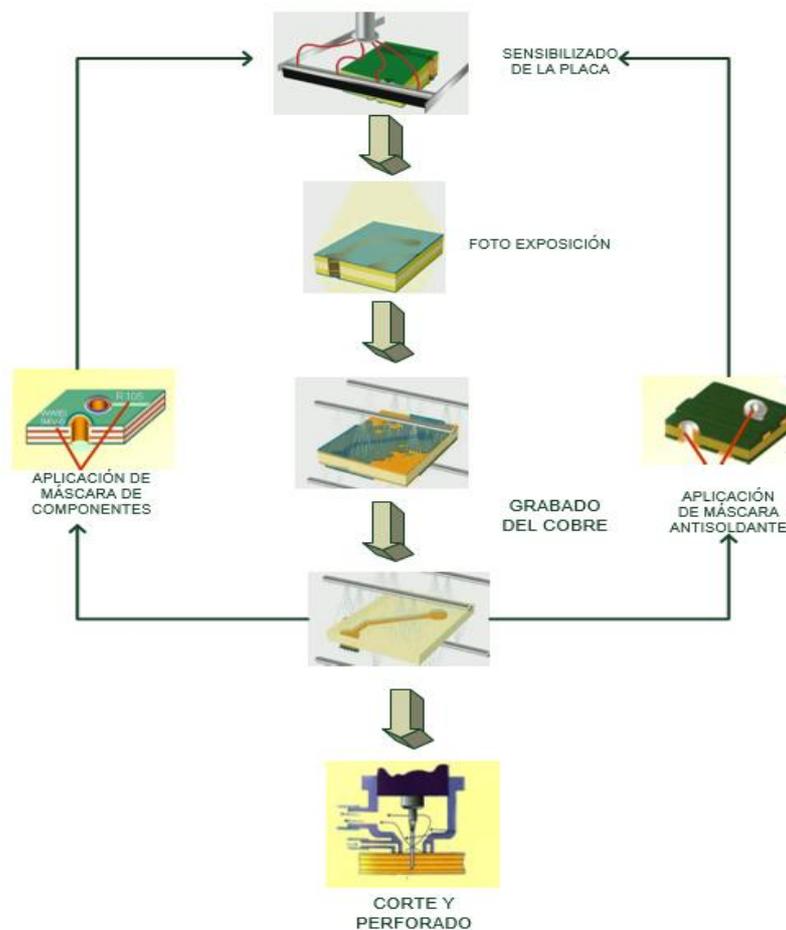


Figura 3, 8 Diagrama en bloques del proceso de fabricación de pcb.

3.2.2.1 **SENSIBILIZADO DE LA PLACA**

Esta es la primera etapa de la fase de fabricación de la PCB; una vez lista la Placa fenólica, libre de grasa, polvo o residuos; se procede a realizar la impresión del diseño realizado previamente (ver fase de diseño). Se coloca la placa virgen debajo del bastidor asegurándose de que esta no se mueva. Después de esto inicia el proceso, primeramente baja el cargador después este es impulsado hacia adelante para el cargado de la tinta previamente colocada en posición, luego sube el cargador e inmediatamente baja el bastidor y también baja el racle, la racleta imprime el diseño sobre la placa, sube el racle, sube el bastidor y baja la racleta.

A. Sistema Automático Serigráfico.

Para lograr realizar esta etapa con precisión y en poco tiempo se ha diseñado un sistema automático serigráfico, el cual es una máquina a base de cilindros neumáticos capaz de imprimir cualquier diseño sobre una superficie plana que en nuestro caso será una placa. La estructura de este sistema deberá verse como el de la Fig. 3.9, esta es una máquina serigráfica manual usada en la industria de la serigrafía.



Figura 3, 10 Máquina serigrafía convencional

Para que la estructura de la Fig. 3.9 sea automática se complementará con el diseño del Diagrama 1. El circuito del Diagrama 1 está diseñado en Festo Fluid Sim de Neumática, y realiza los siguientes pasos: A+, B+, C+, /A-D+, /B-, / A+D-, C.

Donde:

A= Cargador

B= Cargado e impresión

C= Bastidor

D= Racleta

Al presionar el botón Marcha se activa el cilindro A, el cargador baja y se activa el cilindro B, el cargador riega la tinta sobre la malla del bastidor luego se activa el cilindro C , baja el bastidor y en ese mismo instante el cilindro A se retrae y D se activa haciendo que baje la racleta y suba el cargador, el cilindro B se retrae en estos instantes el racle imprime la tinta sobre la placa, D se contrae y nuevamente se activa A cambiando de posición el racle con el cargador y finalizando el proceso se retrae C y el bastidor vuelve a su posición inicial.

El Diagrama 1.a es el circuito de fuerza y consiste en un compresor de aire activando cuatro válvulas de aire que a su vez controlan cuatro cilindros neumáticos de acuerdo al esquema de mando del Diagrama 1.b el cual tiene arreglos de contactores, válvulas, finales de carrera; que en conjunto realizan los pasos descritos anteriormente.

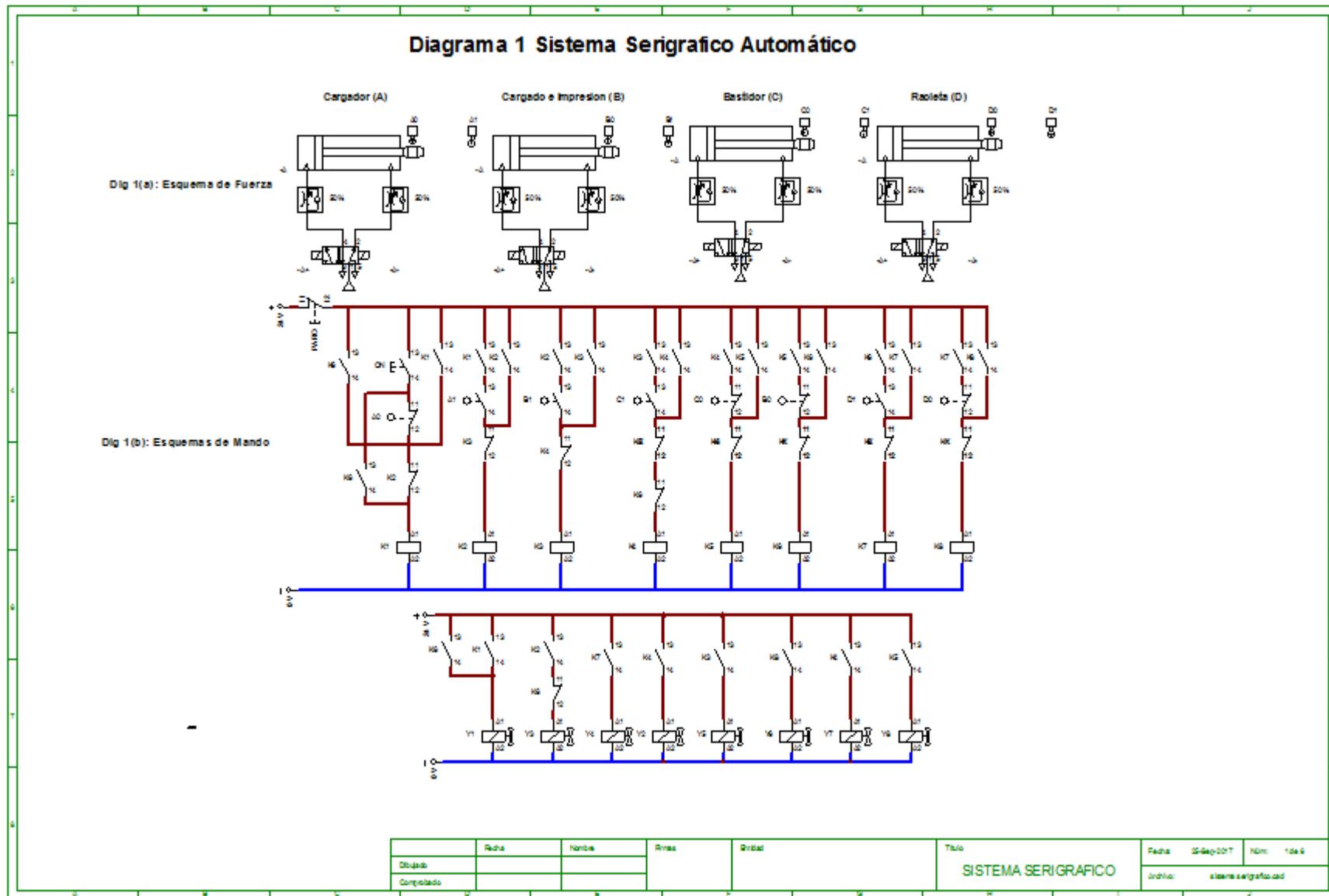


Diagrama. 1 Sistema Automático Serigráfico

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

B. Procedimiento paso a paso de sistema automático serigráfico.

A continuación se procederá a explicar el procedimiento paso a paso que realiza el sistema automático serigráfico, ya que cada paso es vital para que se logre una efectiva impresión sobre la placa.

a. Primer Movimiento.

El marco se encuentra arriba en su posición inicial por ende el cilindro "C" está cerrado como lo muestra la Fig. 3.11 El racle y el cargador están suspendidos encima del bastidor; cuando se presiona el botón "on" se excita el contactor K1 y el final de carrera A0 deja de estar presionado causando que el cilindro "A" se abra, esto con el objetivo el cargador baje para que realice presión sobre la tinta y la malla del bastidor.

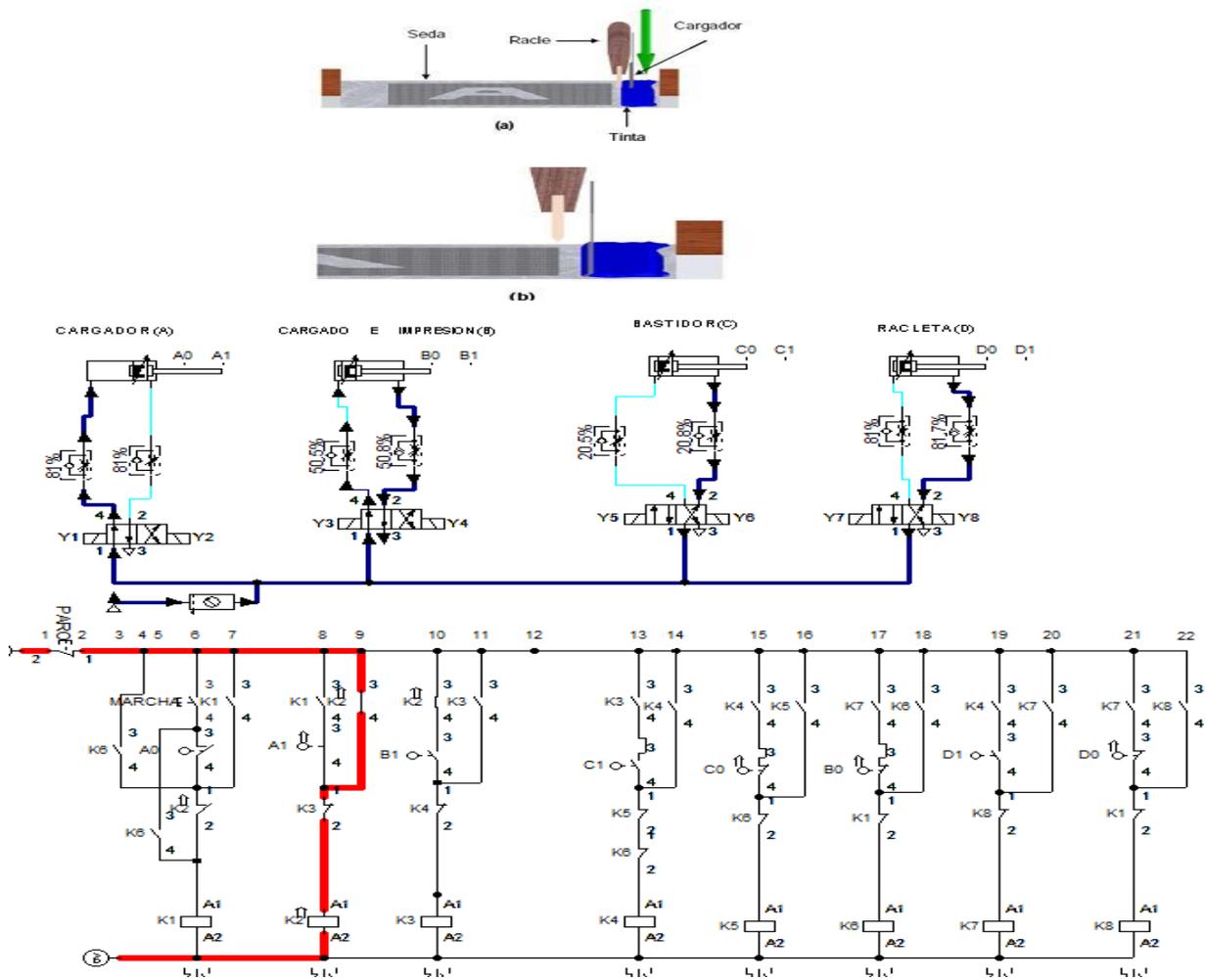


Figura 3, 11 Desplazamiento del cargador

b. Segundo movimiento:

El cilindro "A" al finalizar su recorrido presiona el final de carrera A1, ya que este posee un contacto auxiliar de K2 deja circular la corriente por el contactor K2 energizando su respectiva bobina, esto hace que el cilindro B se active, cuando el vástago sale deja de estar presionando el final de carrera B0. El cargador esparce uniformemente la tinta sobre la malla del bastidor como se aprecia en la Fig. 3.12

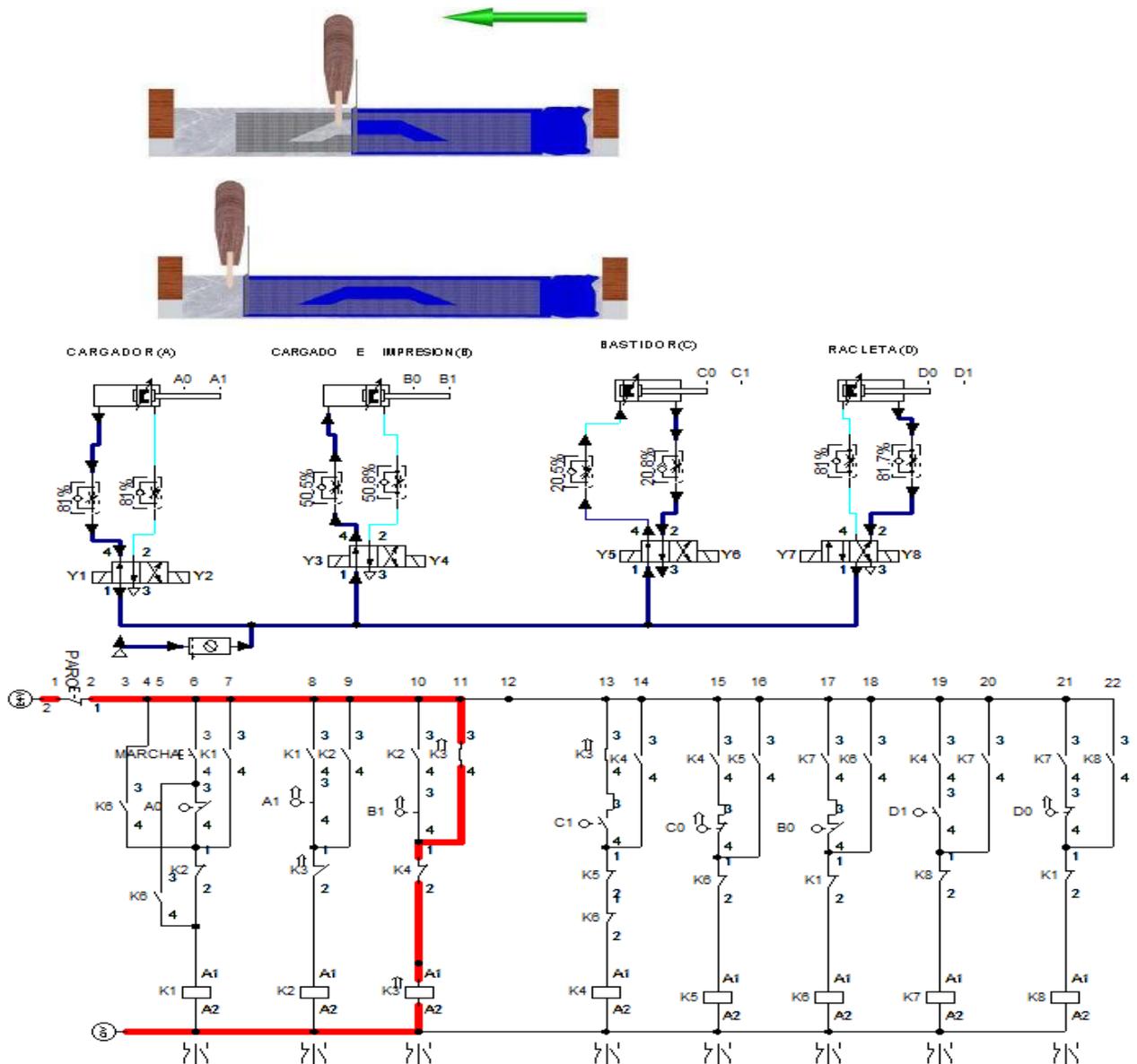


Figura 3, 12 Proceso de cargado.

c. Tercer movimiento:

El marco baja y se posiciona sobre la placa tal como lo muestra la Fig. 3.13. Esto es realizado gracias a que B al final de su recorrido a presionado, con su vástago, B1 y este como tiene un contacto auxiliar de K3, K3 se cierra dejando fluir la corriente hasta su bobina, para que se active la válvula de aire del cilindro "C" al activarse C deja de presionar el final de carrera C0.

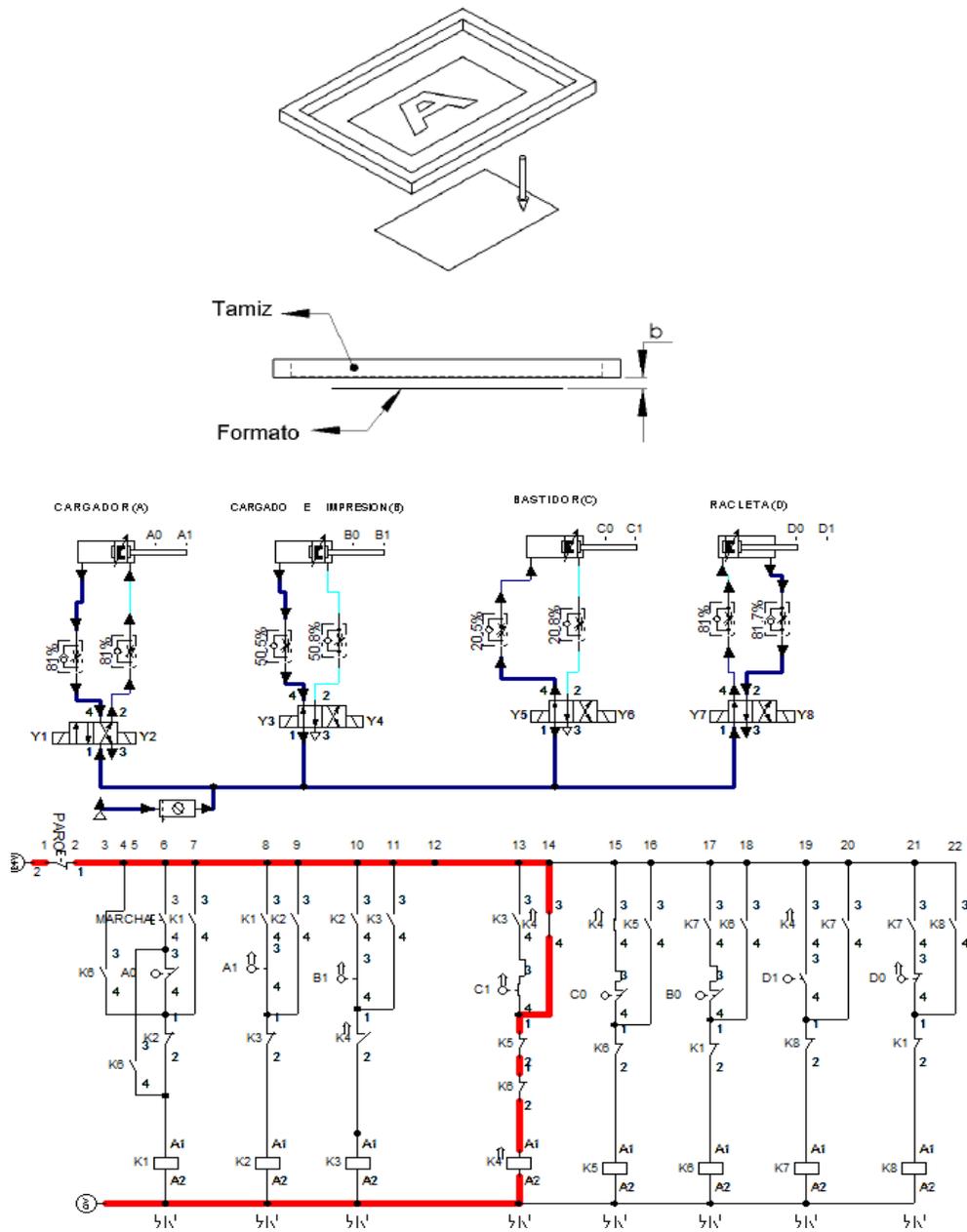


Figura 3, 13 Posicionamiento del bastidor en la placa

d. Cuarto movimiento:

Finalizado el recorrido del cilindro C, este presiona C1. El final de carrera C1 posee contactor auxiliar de K3, como K3 se cierra el cilindro A se retrae y deja de presionar A1; además C1 posee otro contactor auxiliar de K4, cuando K4 se cierra deja circular la corriente por su bobina para que se active la válvula de aire del cilindro D. todo esto ocurre simultáneamente. El cargador sube e inmediatamente baja la racleta como se aprecia en la Fig. 3.14

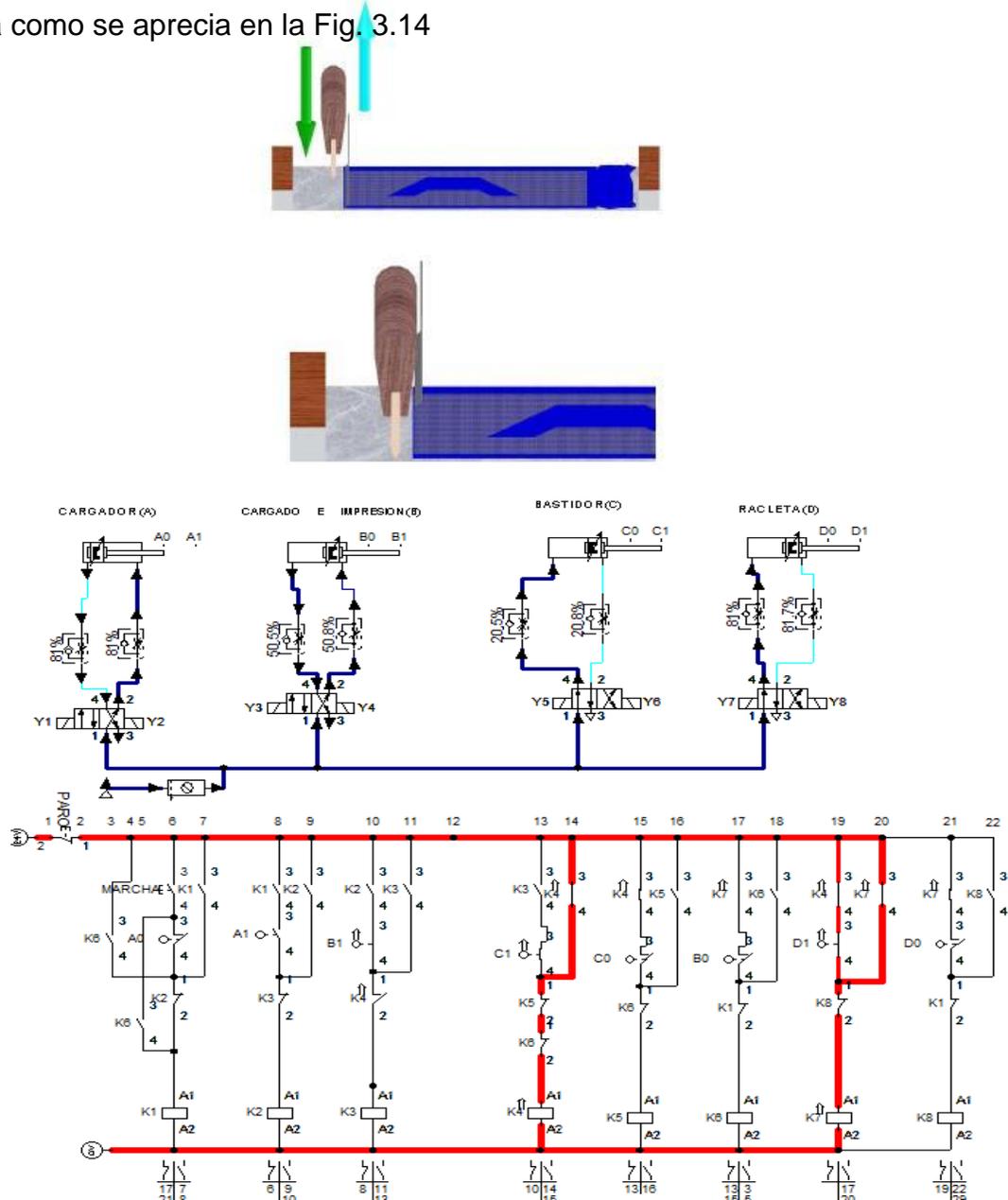


Figura 3, 14 Posicionamiento del racle y del cargador

e. Quinto movimiento:

Ahora se requiere realizar la impresión sobre la placa, la racleta hace presión a la malla del marco, el cilindro B se retrae imprimiendo sobre la placa. D1 fue presionado por el cilindro D, D1 tiene contacto auxiliar de K7 y como B0 también posee un auxiliar de K7 este activa la válvula de aire de B haciendo que el vástago del cilindro B se retraiga. Este movimiento está ilustrado en la Fig. 3.15

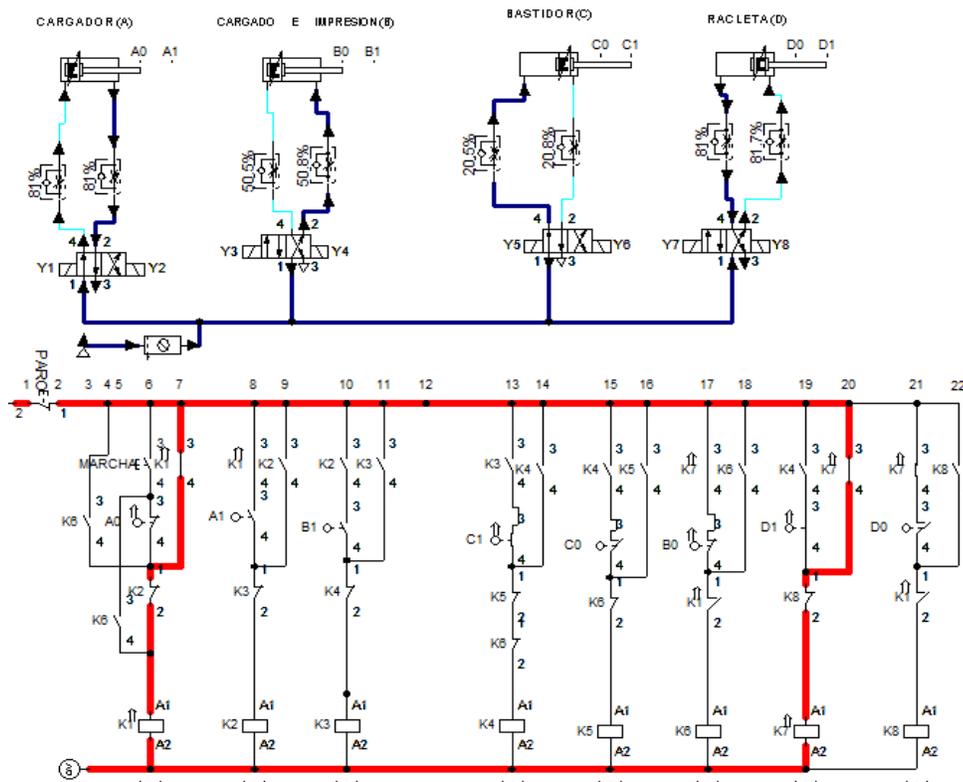
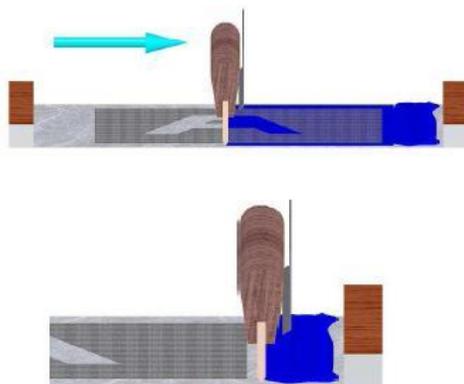


Figura 3, 15 Proceso de Impresión

f. Sexto movimiento:

Como B0 fue presionado nuevamente el auxiliar K7 nuevamente se cierra pero esta vez para desactivar la válvula de aire que alimenta al cilindro D como K7 también es auxiliar de la bobina K1, en el mismo instante que el cilindro D se cierra A se abre. La racleta es levantada y el cargador baja por segunda vez en el procedimiento como lo demuestra la Fig. 3.16. Para la siguiente secuencia el cargador se encontrará abajo.

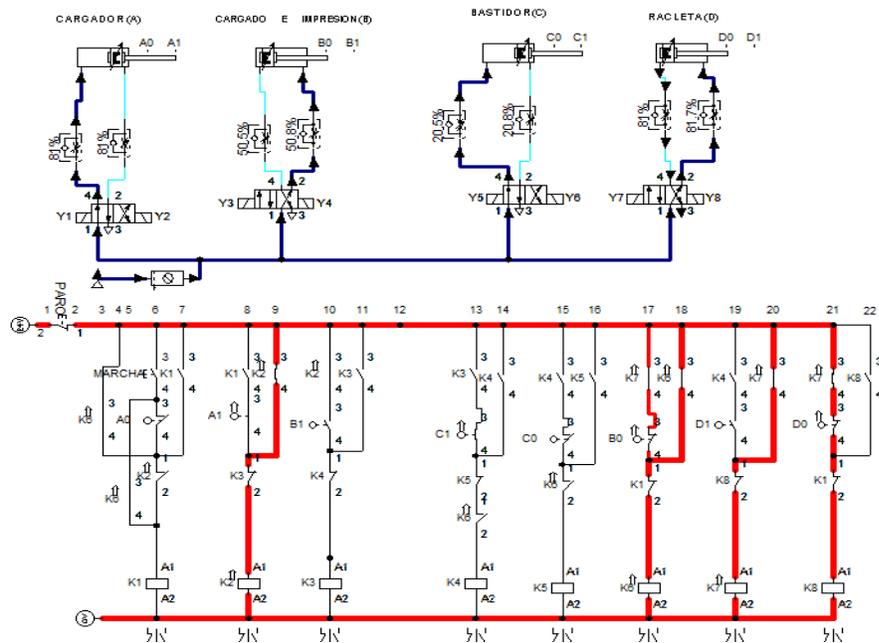
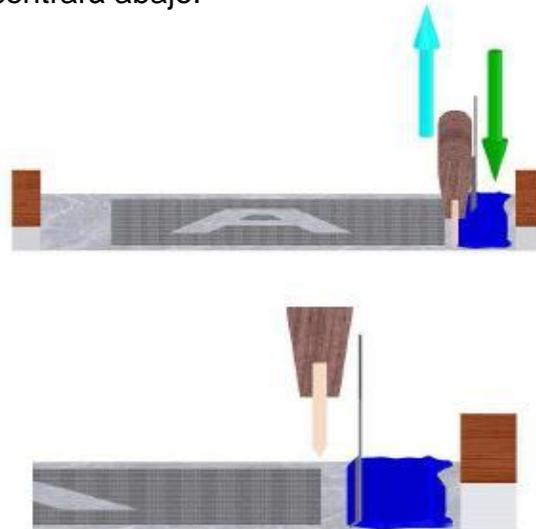


Figura 3, 16 Posicionamiento del raque y del cargador.

g. Séptimo movimiento:

En este último movimiento el bastidor debe regresar a su posición inicial. Como el contactor K1 fue excitado en el movimiento anterior y K2 posee un auxiliar de K1, K2 energiza K3 haciendo que el cilindro C retraiga su vástago dejando de presionar C1 y presionando C0 para finalizar el procedimiento. El marco se levanta para tomar la placa ya sensibilizada como se muestra en la Fig. 3.17.

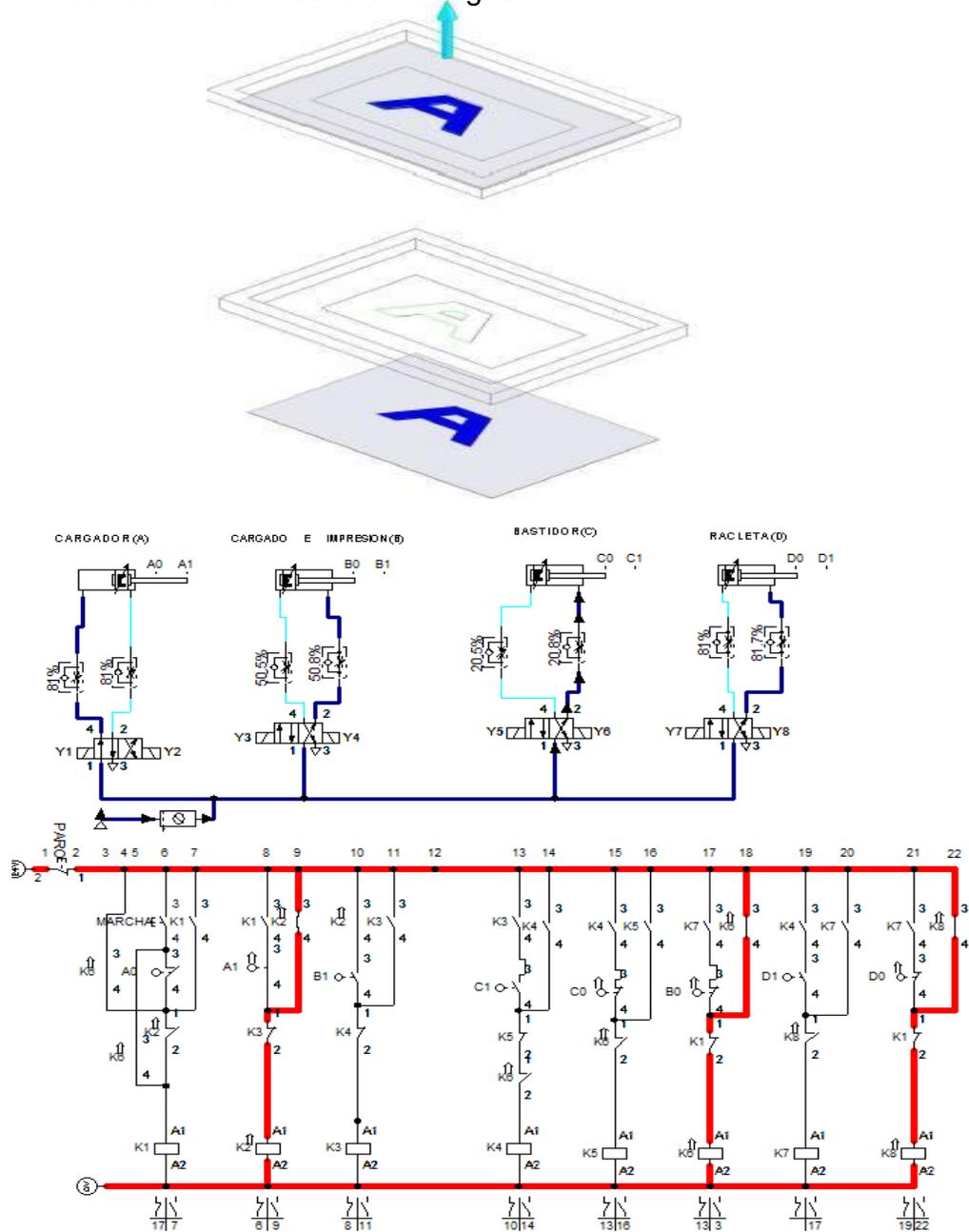


Figura 3, 17 Levantamiento del marco

3.2.2.2 ETAPA DE FOTO EXPOSICION.

En esta etapa se pretende diseñar un sistema de Foto exposición semiautomática para iluminar nuestra placa mediante un tipo de luz especial (ultravioleta), luego de haber aplicado la tinta UV a la placa fenólica en la etapa de sensibilizado.

Básicamente este proceso consiste en hacer incidir una fuente de luz ultravioleta, la cual penetrará hasta la placa sensibilizada esto lo muestra la Fig. 3.18(a), entrando en contacto con toda la superficie que no es protegida por las líneas opacas del diseño en negativo impresas en el acetato de la Fig. 3.18. (b). El tiempo de exposición dependerá de la potencia de los rayos, la distancia entre fuente de luz y placa.

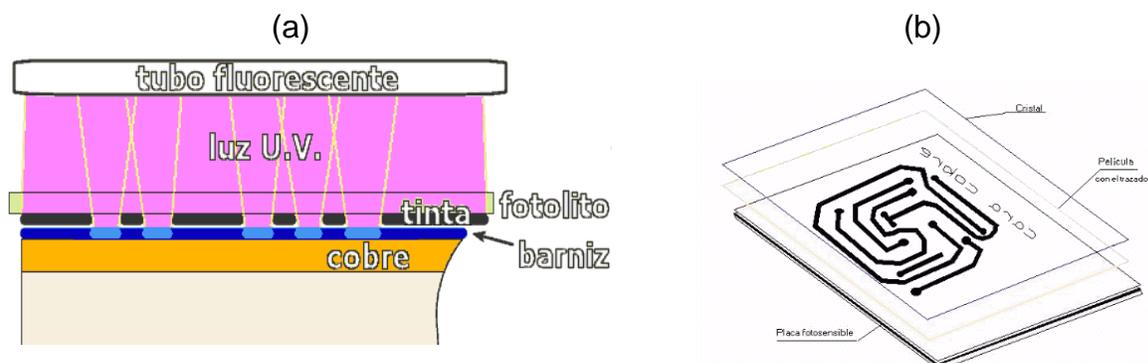


Figura 3, 18 Foto exposición (a) Insolado de placa (b) Diseño en acetato a insolar

1. Consideraciones para la elección de la fuente de luz UV.

Las ondas de luz ultravioleta son un factor clave en la formación de la imagen en la placa fotosensible a la luz UV, por lo tanto su elección debe ser muy cuidadosa, ya que cualquier desviación podría causar resultados no deseados en el diseño deseado.

Una fuente de luz uv puede ser construida de diferentes maneras la luz del sol es una fuente de luz uv por excelencia sin embargo existen factores que no podemos controlar los cuales pueden ser: Intensidad variable, nubosidad, humedad, longitud de onda específica, ángulo de incidencia. Debido a las circunstancias anteriores, es necesario construir una fuente de luz UV controlada. Las consideraciones son las siguientes.

a. **Dimensiones:** La medida máxima de superficie que se podría exponer para un buen comienzo en la mayoría de aplicaciones en circuitos impresos, podría ser 20cm x 15 cm, pero por razones que en los bordes de la insoladora es donde menos incidencia de luz hay con respecto al centro, ya que el centro tiene el respaldo de los leds de la izquierda, derecha, arriba y abajo mientras que el borde no cuenta con el costado de leds izquierdos o derechos por lo tanto 21.6 cm x 27.9 que es lo relacionado a un formato carta ira bien para formatos de placa lo suficientemente grandes y que logre sobrar suficiente espacio antes de llegar a los bordes de la insoladora.

b. **Angulo de la luz:** La dirección de la luz debe ser perpendicular al objeto, ángulos diferentes deforman la imagen o concentraran la intensidad de la luz en ciertas zonas. Preferiblemente ubicar las leds de arriba hacia abajo. En la Fig. 3.19 se muestra la forma correcta de colocar la fuente uv, se debe tener muy en cuenta este parámetro ya que el mal posicionamiento de las LED echaría a perder el diseño y hasta la placa.

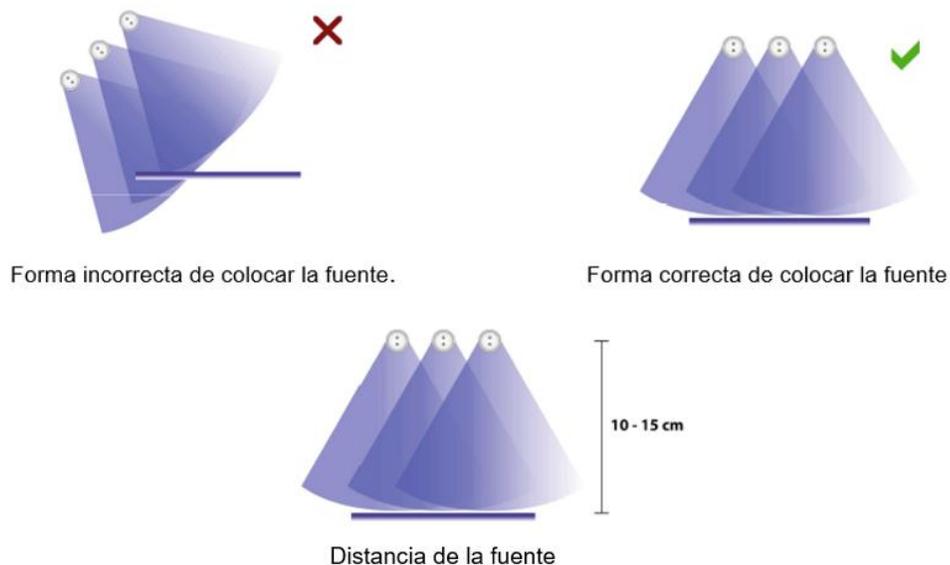


Figura 3, 19 Posición y distancia correcta de la fuente

c. **Tipo de emisor de luz:** En el comercio existen diferentes formas en que podemos obtener la luz ultravioleta: Lámparas, leds comunes, tiras de leds SMD y tubos actínicos, la tabla 2 nos muestra las ventajas y desventajas de cada una de estas, las tiras de Led tienen un ángulo de incidencia de aproximadamente 120° y tienen una mayor vida útil y son de bajo consumo.

Formato	Ventaja	desventaja
 Lámpara	Alta incidencia de luz.	Pocas horas útil, Alto costo.
 Led	Bajo costo, Mayor vida útil.	Poco ángulo de incidencia.
 tubo Actínico	Alta incidencia de luz.	Pocas horas útil, Alto costo.
 Tiras leds SMD.	Mayor ángulo de incidencia que el led convencional, mayor Vida útil.	Menor intensidad lumínica con respecto a lámpara y tubo.

Tabla 3 Comparación entre emisores de luz UV

Según la tabla 3 una desventaja de usar tiras LED es la poca intensidad lumínica, pero este inconveniente se resuelve colocando tiras seguidas una de la otra para así compensar la potencia lumínica. Para este diseño se va a trabajar con tiras de leds, ya que poseen un ángulo de incidencia que supera al led convencional y es de menor costo que las lámpara y tubos actínicos. A continuación se presentan las especificaciones técnicas de las tiras LED a utilizar.

- Voltaje De Entrada: DC12V
- Corriente de trabajo: 4A/5 Metro
- Consumo de energía: 48 W/5 Metro
- Protección Rango: IP65 A Prueba de agua
- Ángulo de haz: 120 °
- Vida útil de 50,000 horas.

En la Fig. 3.20 se muestra una de las mayores ventajas que posee las tiras LED uv sobre los LED uv convencionales. Las tiras nos ofrecen una uniformidad de insolado en toda el área de la placa con tinta uv, es decir que no habrá lugares en donde la luz uv no halla incidido.

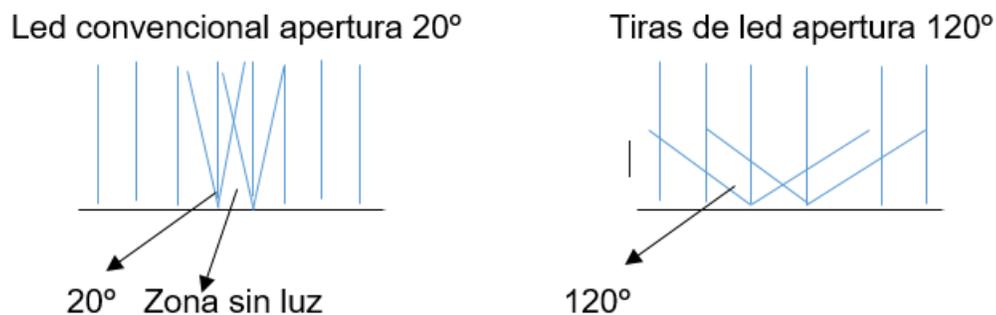


Figura 3, 20 Ángulo de apertura de LED

En la apertura del led convencional, como muestra la Fig. 3.12, que no es conveniente usarlos debido a que su ángulo de incidencia es muy pequeño y esto formaría zonas en la que no recibiría luz por lo tanto esa parte de las pistas no será insolada al igual que las demás perjudicando el diseño. En caso de utilizarlos se tendría que alejar mucho más la placa de la fuente de luz a unos cuantos centímetros pero se perdería potencia lumínica.

Las tiras LED smd uv, el ángulo de apertura es de 120°, es decir que la zona sin luz es mínima y la placa a insolar solamente se colocaría a unos cuantos milímetros; no se necesita alejarla tanto para que los rayos lleguen paralelamente en todas la superficie de la placa.

d. **Protección:** Es importante no tener contacto con la luz uv en la piel u ojos durante el funcionamiento, ya que la exposición prolongada tiene efectos dañinos para la salud. Para cuestiones de seguridad se diseñó una recámara la cual hará que toda la luz se concentre solo en el interior de esta y no esté al alcance del usuario.

2. Diseño de insoladora.

En un sistema que fabrique PCB es muy útil el horno uv, ya que la insoladora es capaz de traspasar el diseño del circuito a la placa, es por ello que se ha diseñado un horno uv similar al de la Fig. 3.21. La insoladora debe contener los siguientes parámetros: Dimmer, el cual es el circuito electrónico del Diagrama 3 que básicamente regula la intensidad lumínica de las tiras LED. Timmer, el Diagrama 2 muestra el circuito de un temporizador que se usa para programar el tiempo de secado en la insoladora y este va de 0 a 99 minutos. El cajón protector este debe ser completamente cerrado para evitar que la luz UV se escape por algún orificio. Las gavetas, son opcionales y la tiras LED que deben ir colocadas dentro del cajón protector.

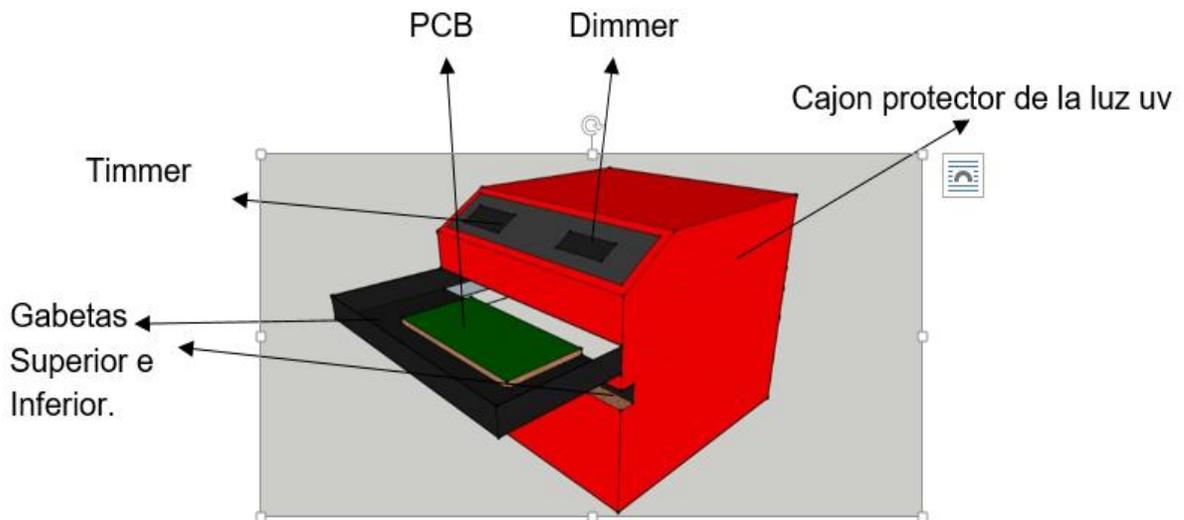


Figura 3, 21 Diseño de la insoladora

Consumo de Potencia: La unidad de insolado debe de tener la suficiente potencia para activar las partículas fotosensibles al momento de la exposición, es recomendable tener una potencia promedio de 90 a 120mw por cada cm cuadrado. Por ejemplo: para este diseño se pretende insolar placas con dimensiones de 216 x 279 mm y las dimensiones deben de ser un máximo de 35 x 10 para que la potencia de las tiras de led que es de 48w sea lo suficiente para un buen insolado.

Distribución de la luz uv: Para tener formación de imágenes consistentes el área de exposición debe estar debidamente cubierta por la luz que emiten las tiras estos deben estar distribuidos equitativamente y así evitar áreas con concentraciones excesivas. A continuación en la Fig. 3.22 muestra la forma en que se deben colocar las tiras LED para obtener mayor potencia lumínica, para que la distribución de la luz se equitativa

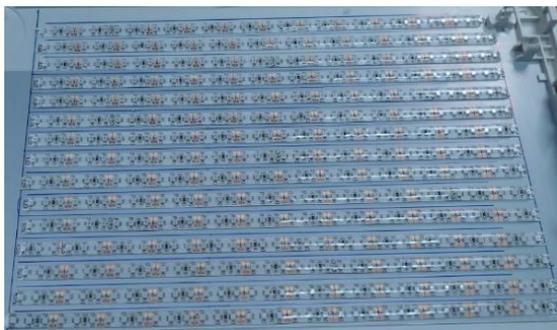


Figura 3, 22 Ubicación de las tiras LED

En lo que respecta a la alimentación de las tiras LED se muestra en Fig. 3.23 (a) es mejor alimentar con 13v dc y no 12 ya que la caída de tensión de estos llega hasta 10v además de no alcanzar la potencia que el fabricante especifica que so 4 A. Al subir las tiras a 13 V se logra aumentar la corriente y la potencia. Para mejorar el rendimiento de las tiras LED la alimentación se debe realizar al inicio y el final de la tira como se muestra en la figura 3.23 (b). Al alimentar los dos extremos llegamos a obtener los resultados verdaderos brindados por el fabricante que son 45w en cada 5m.

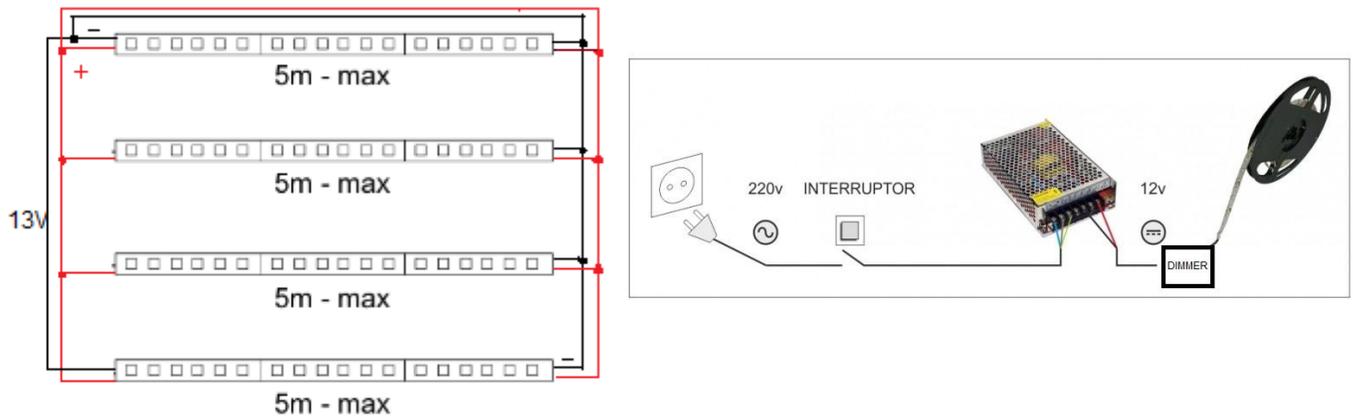


Figura 3, 23 (a) Alimentación de las tiras LED (b) Conexión eléctrica de las tiras LED

A. Temporizador descendente programable

Debido a que los tiempos son fundamentales durante la exposición de materiales fotosensibles, hay que procurar tener un control preciso de este para ello se diseñó la unidad de temporizado o Timmer. El temporizador programable esta realizado en base microcontroladores específicamente el **PIC16F873A**.

Componentes a usar en el circuito de temporizado:

Resistencias:

- 5 resistencias 10k ohm
- 15 resistencias 330 ohm
- 3 resistencias 1k ohm

Semiconductores:

- 2 transistores 2n2222
- 1 diodo 1n4148
- 1 led

Microcontrolador:

Pic16f873A

Otros:

- Buzzer
- 5 pulsadores
- Relé 12v
- 2 display cátodo común

La tabla 4 muestra la cantidad de pulsadores a utilizar y la funcionalidad de cada uno. El circuito diseñado posee 5 pulsadores: Subir, bajar, guardar, encender y reset.

Subir	Aumenta el tiempo de insolado hasta un máximo de 99 minutos
Bajar	Disminuye el tiempo de insolado a un mínimo de 1 minuto
Guardar	Guarda el tiempo seleccionado por los pulsadores subir y bajar.
Iniciar	Inicia el temporizado activando la carga poniendo en alto el bit RA5
Reset	Resetea el programa nuevamente a su inicio.

Tabla 4 Funcionamiento del temporizador

Dependiendo del tiempo que deseado se presiona los pulsadores subir o bajar. Luego de seleccionado nuestro tiempo pulsamos guardar e inicia el temporizador activando las tiras LED y el conteo programado empezará a descender, al haber terminado el tiempo las LED se apagarán automáticamente poniendo en alto el bit RB7, excitando la base de Q1 y emitiendo un sonido por el Buzzer.

En el Diagrama 2 se puede apreciar el PIC 16F873A de 28 terminales, las resistencias conectadas a los pines 11 al 17 y 21 al 27 respectivamente son las que protegen los segmentos del display, las terminales del 2 al 5 se conectan a cuatro pulsadores con sus respectivas resistencias de protección y alimentación a 5 V estos pulsadores son los de la tabla 4. La terminal 6 está conectada a un LED indicador en serie con una resistencia conectada a la alimentación, la terminal 7 irá al relé que será el encargado de activar las tiras LED. El pin 1 es reset y la terminal 28 debe de ir el Buzzer encargado de indicar la terminación del proceso.

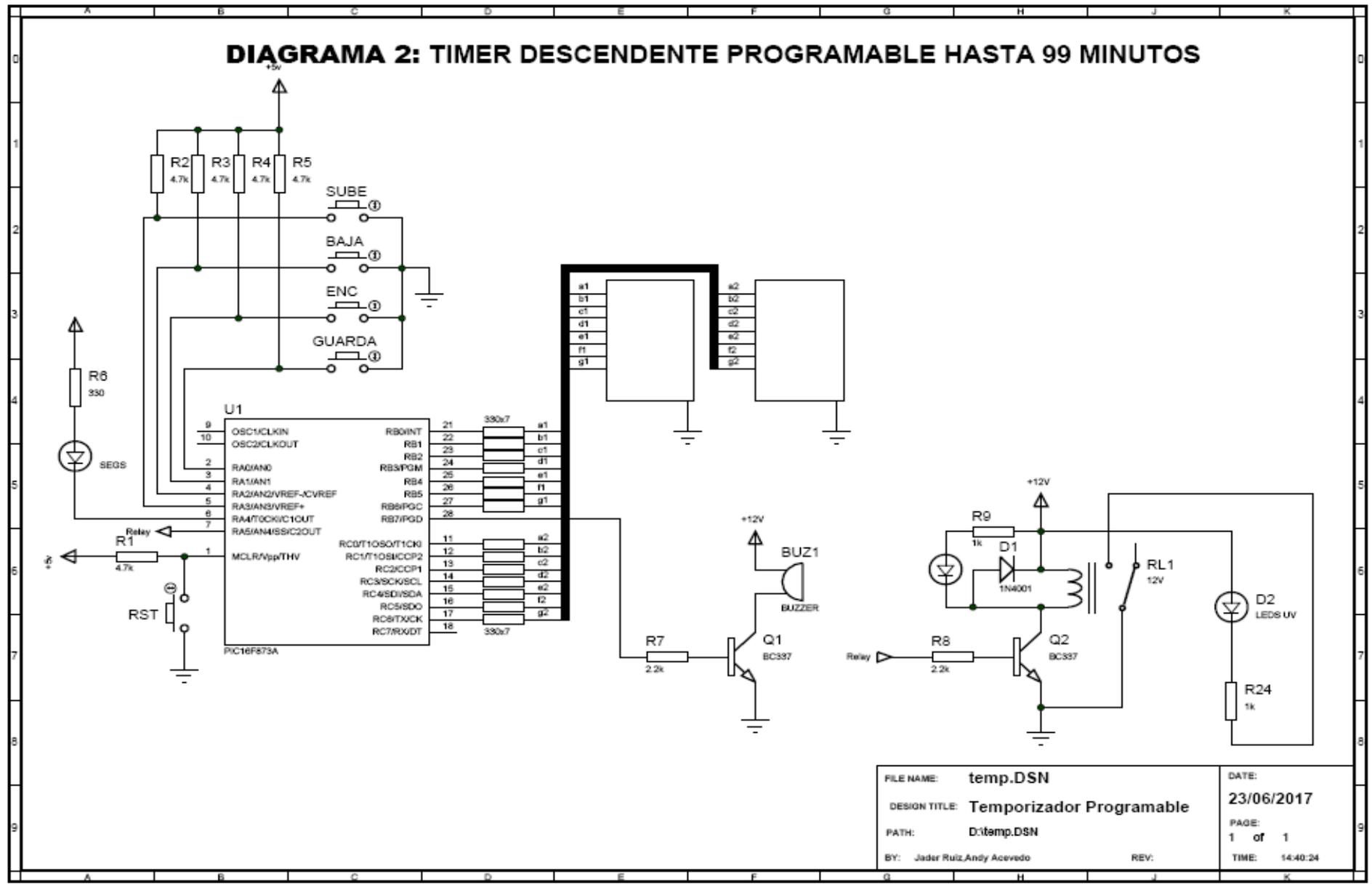


Diagrama. 2 Temporizador programable de 1 a 99 minutos.

B. Dimmer programable (PWM)

Básicamente es un circuito electrónico capaz de regular dentro de un intervalo la corriente. Para este caso es el dispositivo regulador de la intensidad lumínica entre un rango de 0 a 10.

Control de intensidad: Otro parámetro que podría ser útil al momento de la insolación en la fabricación de circuitos impresos es variar la intensidad de la luz. Actualmente existen circuitos empleados para el control de energía entregada a una carga en particular, llamados DIMMER. Estos permiten elegir la potencia deseada dando un ahorro de energía cuando se necesite tanta potencia en el circuito acelerando o disminuyendo el proceso. Ya que estos aparatos son costosos, será útil diseñar el circuito del Dimmer utilizando el microcontrolador PIC16F84A.

Componentes usados en el Dimmer:

Resistencias:

- 8 resistencias 330 ohm
- 3 resistencias 10k

Capacitores:

- 2 cerámicos 22pf

Otros:

- 2 Display cátodo común
- 2 pulsadores
- Cristal de 4MHZ

Funcionamiento del circuito

En realidad un Dimmer resulta mucho más sencillo y barato desarrollarlo a base de electrónica análoga con componentes como los tiristores pero para dar una mejor idea de la cantidad de luz se está variando se utilizará display de 7 segmentos haciéndolo un poco más complejo como para usar la programación en ensamblador. La regulación de potencia por ancho de impulso consiste en un método en el cual un dispositivo de control trabaja como un interruptor que se abre y se cierra muchas veces por segundo. Es tan rápida la conmutación que el ojo humano no ve la variación (debido a la persistencia de la retina). El dispositivo logra regular la potencia modificando el promedio entre el tiempo de conducción y el que está abierto esta parte del funcionamiento la realizara el código de propagación.

El circuito consta de 3 pulsadores: Sube, baja, reset. Estos permiten aumentar o disminuir la intensidad de la luz en un rango de 0 a 10 y el reset restablece a 0 el grado de intensidad.

Las Fig. 3.24 muestra la pantalla de un osciloscopio en dos situaciones distintas: poca intensidad luminosa y mucha intensidad. En Fig. 3.24 (a) se aprecia como en el nivel 4 existe un ancho de pulso y una frecuencia, razón por la cual el voltaje pico proporcionado se da cada cierto tiempo disminuyendo la potencia del circuito en cambio en la Fig. 3.24 (b) no existe ancho de pulso ni frecuencia el valor pico de 5v se mantiene constante obteniendo su potencia máxima a la salida de un circuito de potencia formado por un transistor de potencia para luego ser swicheada a la carga.

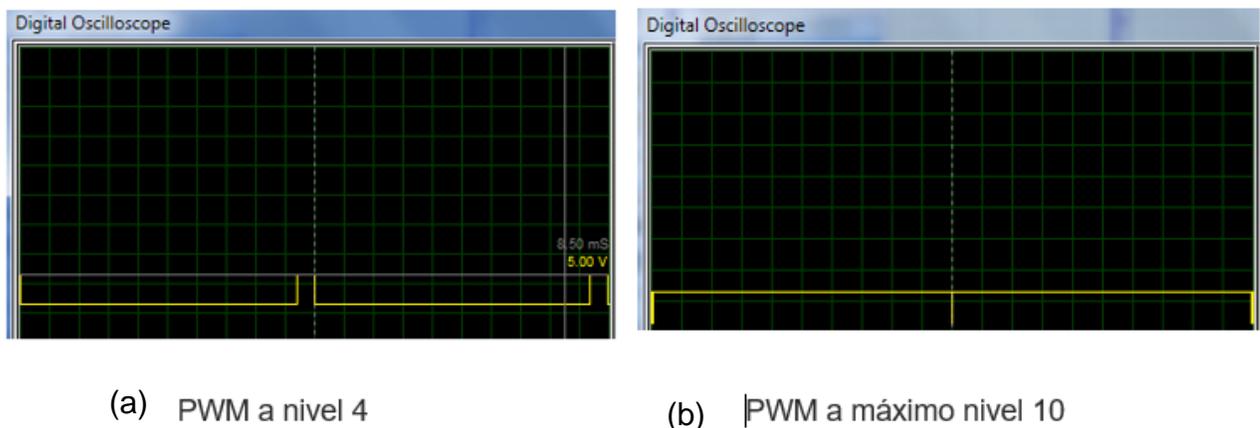
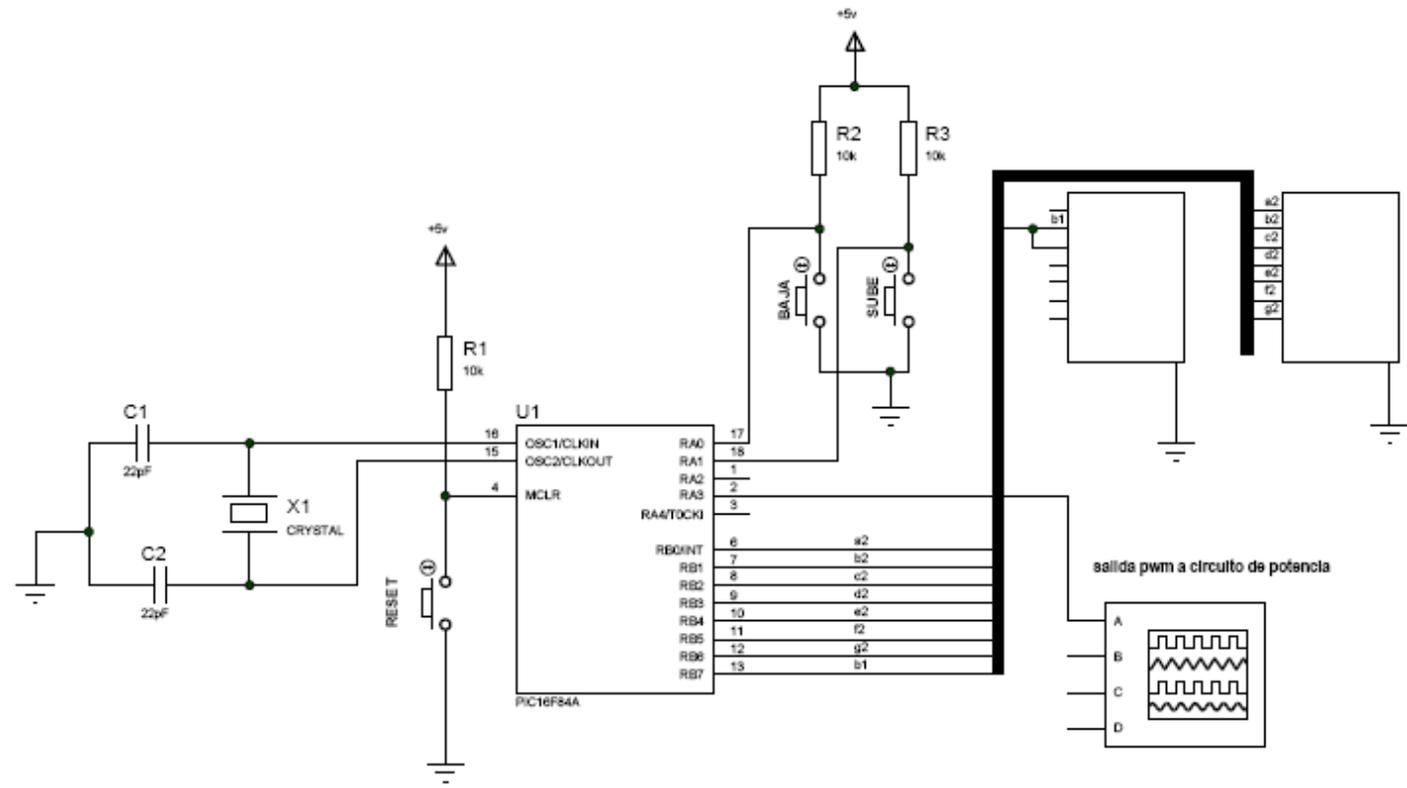


Figura 3, 24 Comportamiento del Dimmer

El sistema de regulación por ancho de impulso tiene la gran ventaja que es muy eficiente porque el dispositivo de control desperdicia muy poca potencia (y por lo tanto calienta poco). El motivo es bastante simple: la potencia disipada en un dispositivo es la corriente que pasa por él multiplicada por la tensión que cae en sus terminales.

El diagrama 3 muestra un PIC16F84 con su respectivo oscilador y sus capacitores cerámicos y el botón de reset. A la entrada están dos pulsadores encargados seleccionar la cantidad de corriente a variar, a la salida está el display de 7 segmentos con sus respectivas resistencias de protección.

DIAGRAMA 3: DIMMER PROGRAMABLE PARA INSOLADORA UV



FILE NAME:	pwm para insoladora.DSN	DATE:	23/06/2017
DESIGN TITLE:	Dimmer programable	PAGE:	1 of 1
PATH:	D:\pwm para insoladora.DSN	TIME:	16:12:41
BY:	Jader Ruiz, Andy Acovedo	REV:	

Diagrama. 3 Dimmer para control de intensidad de luz UV

C. Circuito de control de control de apertura y cierre de bandejas.

Este diseño se realizó con la idea de mejorar la construcción básica de insoladoras que comúnmente estas solo constan de una fuente de luz, switch de encendido y apagado, una caja donde se ubican todo el circuito eléctrico un vidrio donde se coloca la placa y la tapa superior para concentrar la luz en el interior.

El objetivo de un diseño de apertura y cierre semiautomático es acelerar el proceso de elaboración de las placas, ya que de insoladora propuesto posee dos gabinetes, mientras una bandeja está insolando en la otra prepara la siguiente placa a insolar.

En estado de apagado del sistema encontramos el primer gabinete fuera y el segundo dentro, al presionar el pulsador de open inmediatamente el primer gabinete se introduce y el segundo sale en espera de que culmine el tiempo de insolado para presionar nuevamente open y entre el segundo gabinete.

La estructura mecánica está formada por:

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| • Baria roscada sin fin | componentes eléctricos: |
| • 2 motores AC M Y M1 | 10 contactores |
| • 2 acoples | 1 pulsador |
| • 2 barias aceradas | 4 final de carrera NA |
| • 2 rodamientos | |

En el diagrama 4 se puede ver el circuito de mando, este diseño podría ser para una insoladora industrial de gran escala ya que está formada por componentes bastante costosos y de alta potencia. Se recomienda usar la misma lógica con componentes de bajos costo como relés de 12v, análogos como: transistores o tiristores y Compuertas lógicas para una insoladora de menor escala y bajo costo. El diagrama 4 está compuesto por el esquema de fuerza, que son los motores con su respectiva protección. El esquema de mando, que acciona los motores. Y un esquema de simulando del proceso para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema.

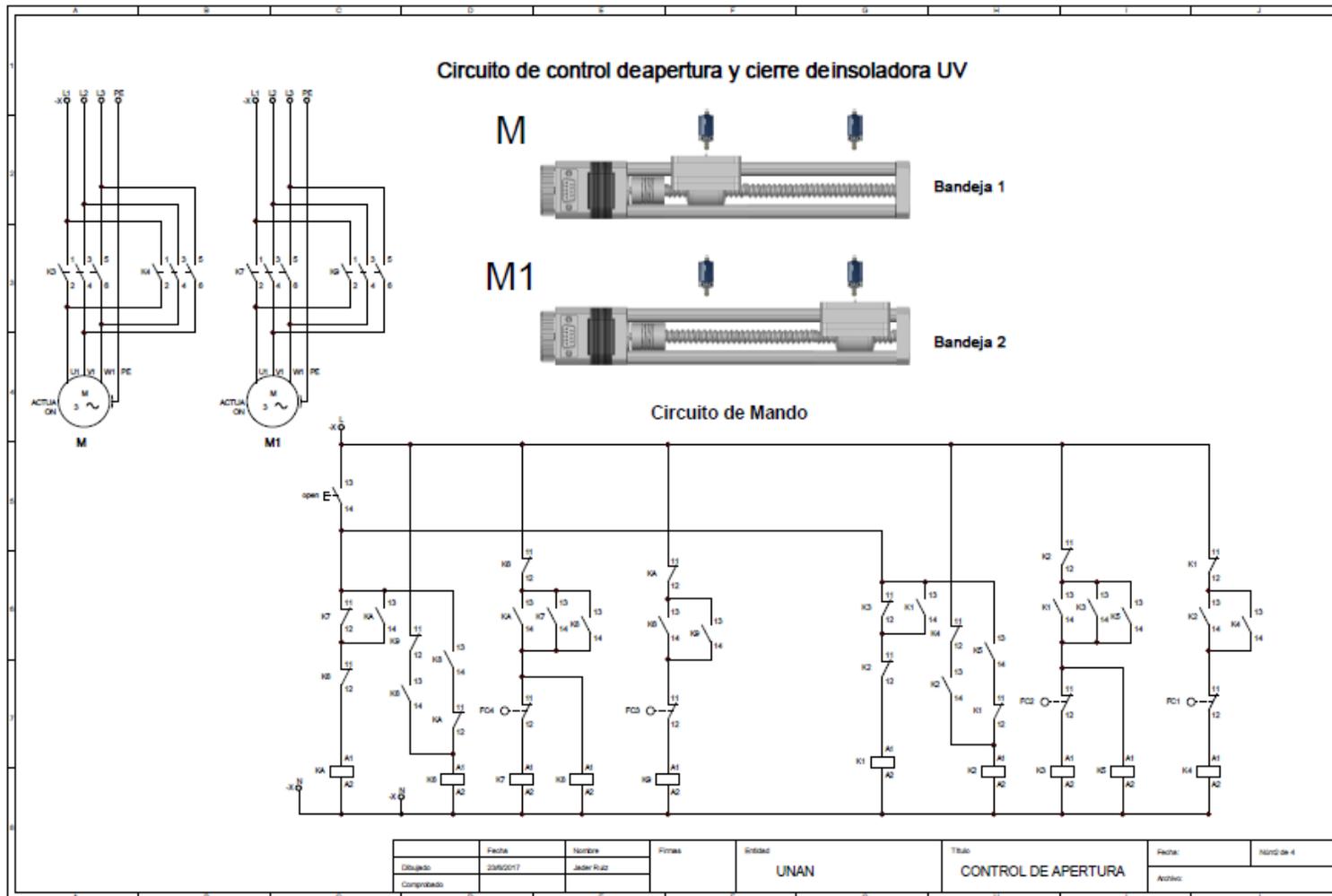


Diagrama. 4 Mando del control de apertura y cierre de insoladora

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

3.2.2.3 GRABADO DEL COBRE.

Este es un proceso plenamente manual. En incisos anteriores se ha analizado las etapas de sensibilizado, que es imprimir el diseño de un circuito en la placa fenólica, y foto exposición, que consiste en hacer incidir luz ultravioleta en la placa con el diseño impreso. Además de realizar los diseños de cada equipo correspondiente a cada etapa. Hasta este momento se tiene una placa sensibilizada y foto expuesta. En esta etapa se presentará la manera de retirar, la tinta de los espacios que no fueron alcanzados por la luz uv a través diseño en fotolito en negativo y el cobre sobrante que no será parte de las pistas del diseño del circuito y la tinta uv que fue alcanzada por la luz uv.

a. Estructura para el grabado del cobre.

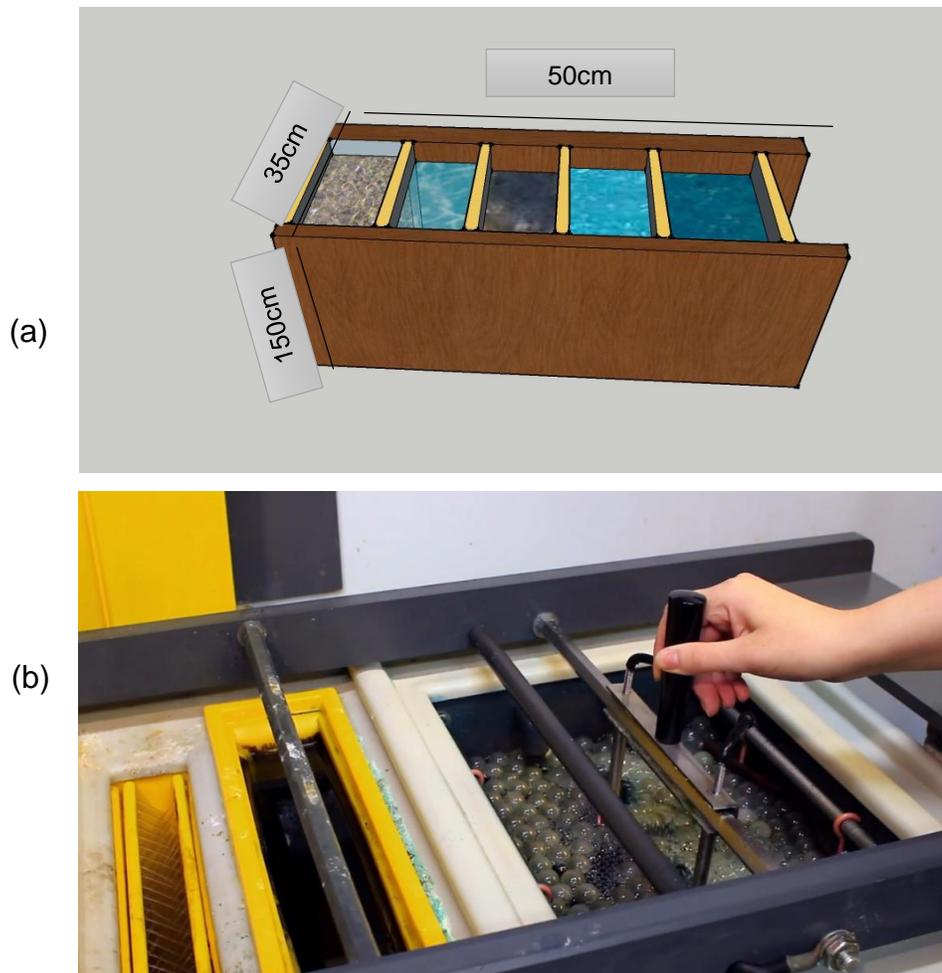


Figura 3, 25 Diseño de la estructura del grabado del cobre.

En la Fig. 3.25 (a) se puede apreciar el diseño de la estructura para la etapa del grabado del cobre, también refleja las dimensiones del diseño. La estructura está compuesta por cuatro contenedores de 25 cm de largo 10 cm de ancho y 35 cm de alto; el primer depósito contiene tinner, el segundo agua con detergente, el tercero cloruro férrico, y la última agua.

Estos recipientes están montados en una estructura metálica hecha con tubos cuadrados de 1/2 con 25 cm de ancho, 50 cm de largo, 100 cm de alto. Se deberá rotular los contenedores porque se podrían confundir el tinner con el agua. Un motor bomba deberá estar conectada al cloruro férrico, esto con el fin de que este químico este siempre en movimiento para que acelere el proceso de la corrosión del cobre la cual se explicara posteriormente

Sería útil incluir el mecanismo de la Fig. 3.25 (b), este consiste en dos brazos horizontales en movimiento de, izquierda a derecha y cinco brazos metálicos verticales colocados uno encima de cada contenedor, cada tubo metálico contiene prensas para fijar las placas.

b. Eliminando la tinta uv sobrante.

Como se dijo anteriormente la placa esta sensibilizada y foto expuesta, el paso que continúa es retirar la tinta uv sobrante en las partes donde la luz ultravioleta no incidió, esa tinta esta seca pero, se puede retirar con tinner. Se introduce la placa en el contenedor con tinner hasta que toda la tinta sobrante haya sido removida de la placa, luego se enjuaga con agua para retirar el tinner.

c. Atacado.

Una vez eliminada la tinta innecesaria se procede a retirar el cobre sobrante, se introduce la placa en el contenedor de cloruro férrico y se deja reposar hasta que el cobre se haya caído completamente, para acelerar el proceso se debe de instalar una bomba a este recipiente para que mantenga en movimiento el cloruro férrico; después se sumerge la tarjeta en el recipiente de agua con detergente para eliminar el cloruro férrico y luego en agua para retirar el detergente.

Cuando se sumerge la placa completamente en ácido, éste comienza a corroer el cobre y solamente se salvarán de la corrosión aquellos trazados o zonas cubiertas y protegidas por la capa de tinta uv foto expuesta. Es evidente que terminada la corrosión del cobre, lo que queda impreso sobre la placa son justamente las pistas conductoras de cobre. La Fig. 3.26 muestra una idea de este fenómeno.

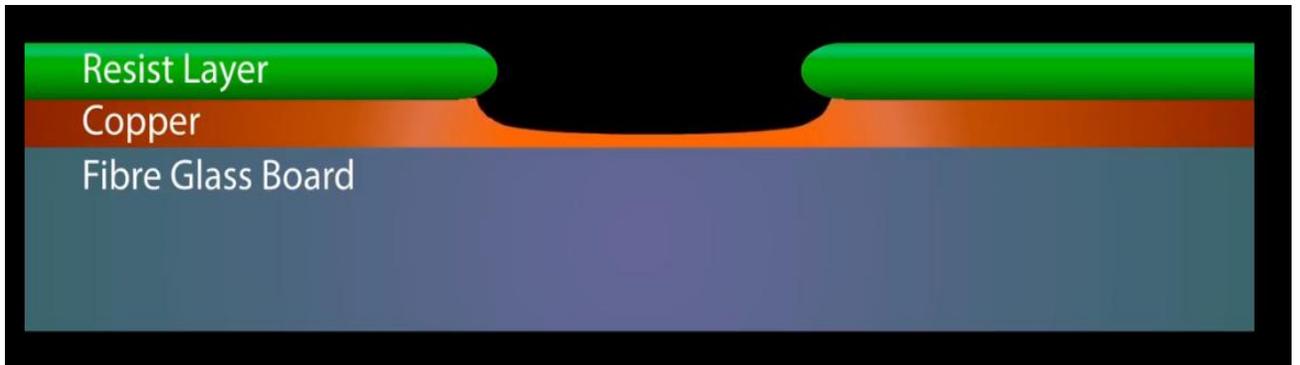
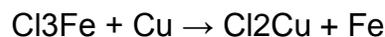


Figura 3, 26 Atacado del cobre

El atacado químico se puede producir mediante cloruro férrico (Cl_3Fe) o ácido clorhídrico (ClH) y agua oxigenada (H_2O_2). Este atacado responde a las siguientes reacciones:



d. Revelado de las pistas.

La tinta uv foto expuesta es difícil de remover, ya que prácticamente la luz uv quemo el lugar de la tinta donde la luz incidió, esta se debe remover con soda caustica que es un químico potente para la tinta uv.

El revelado se compone de 1 litro de agua templada $18\text{--}35^\circ$ y 12 gramos de soda caustica (NaOH). Cuando se tenga preparado este químico se sumerge la placa con el lado de cobre y barniz cara arriba de forma que no pueda rayarse con la base del recipiente.

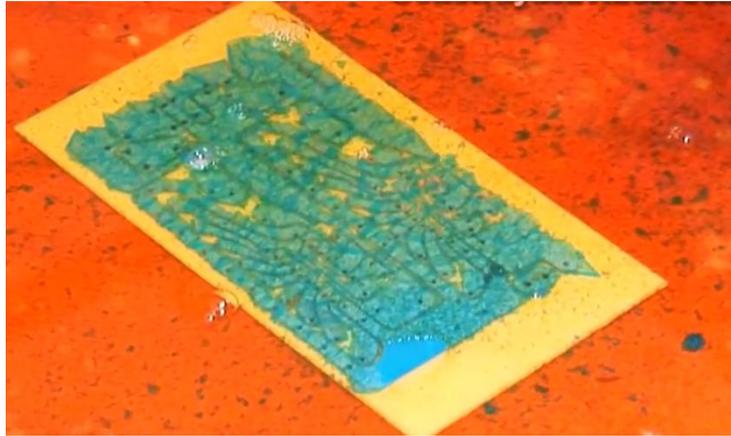


Figura 3, 27 Placa sumergida en soda caustica.

El tiempo de revelado se comprende entre 30 y 60 segundos, se ve que la tinta expuesta a la luz UV comienza a oscurecerse y poco después a desprenderse como se aprecia en la Fig. 3.27. Se debe tener cuidado de no exponer la placa por mucho tiempo a esta solución. Luego de este procedimiento se debe sumergir la placa en el contenedor de agua con detergente lavándola muy bien para eliminar residuos de tinta para luego enjuagar con agua, y secarla muy bien para la siguiente etapa. Una vez realizados todos estos procedimientos resultará una placa similar a la de la Fig. 3.28, impecable y bien definidas; también en el anexo 1 se presentan imágenes de placas elaboradas hasta este proceso.



Figura 3, 28 Resultado de la etapa grabado del cobre

3.2.2.4 APLICACIÓN DE LA MÁSCARA ANTI-SOLDANTE.

A simple vista podemos decir que nuestra PCB está terminada, pero aún falta el acabado. Para que la placa tenga una mejor presentación y sea duradera se le debe de aplicar la máscara antisoldante, esta etapa consiste en realizar nuevamente las etapas anteriores. La máscara antisoldante es un tipo especial de polímero que se aplica en forma de pintura como una capa de laca y ofrece una cobertura protectora permanente a las trazas de cobre en una placa, sirve para evitar que se unan las pistas con el estaño al momento del ensamblaje de los componentes en la PCB, además protege las pistas de cobre, contra el óxido y posibles cortos circuitos. La máscara antisoldante deberá cubrir toda la placa a excepción de los lugares donde deben ir los componentes igual a la Fig. 3.29.

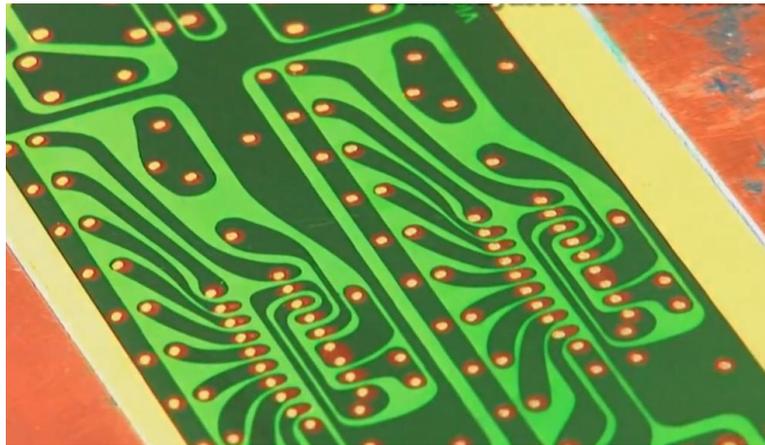


Figura 3, 29 PCB con máscara antisoldante

En esta etapa se repiten todos los procedimientos anteriores. Primeramente se debe de imprimir la imagen del diseño de la máscara antisoldante en el fotolito. Luego se debe elegir la tinta a utilizar pues su preparado varía para cada una de ellas y el color de la misma, para este caso la tinta es de color verde ya que es mundialmente utilizado en las industrias PCB.

Ahora se procede a imprimir el diseño sobre la placa de la misma manera que se realizó anteriormente es decir se repite la etapa del sensibilizado, la tinta de máscara antisoldante está en el bastidor y procedemos a dar marcha al sistema automático serigráfico; el cargador esparce la tinta en el marco, baja el bastidor sube el cargador y baja la raqueta, el raque imprime, sube el raque baja el cargador y sube el marco.

Después realizamos la etapa de foto exposición, se coloca la placa en la bandeja de la insoladora, encima de la placa va el fotolito, regulamos el tiempo, verificamos que la intensidad de la luz se presiona el botón de marcha de la insoladora. Luego que el tiempo haya terminado, se retira el fotolito y se procede a realizar el siguiente proceso.

Luego continua la etapa del grabado del cobre, primeramente retirado de los pocos lugares donde no incidió la luz uv la tinta sobrante, esto sumergiendo la placa en el recipiente de tinner se debe secar muy bien la placa.

3.2.2.5 **APLICACIÓN DE MASCARA DE COMPONENTES.**

La máscara de componentes o máscara de leyendas, es el diagrama que va al reverso de la placa indicando la simbología y la correcta posición de los componentes, esto con el fin de hacer más sencillo ensamblar los componentes, la Fig. 3.30 muestra la máscara de leyenda en una PCB.



Figura 3, 30 Máscara de leyenda en PCB

En esta etapa, al igual que la máscara antisoldante, se coloca la tinta uv, se le da marcha al sistema neumático serigráfico, el cargador riega la tinta, baja el bastidor sobre el cargador y baja la raqueta, el racle imprime, sube la raqueta sube el marco y baja el cargador. Se retira la PCB y procedemos colocarle el fotolito con del diseño de la máscara de componentes, luego se coloca en la bandeja del horno uv, configurando dos minutos en el temporizador, se le da marcha, luego de este tiempo, después se retira la placa de la insoladora se coloca en el módulo del grabado del cobre,

sumergiendo la tarjeta en tinner para retirar la tinta sobrante, es decir donde no incidió la luz uv, luego se lava la placa en detergente y después con agua, se seca tarjeta, en estos momentos nuestra PCB está casi lista ahora se procede a realizar la siguiente etapa que es el corte y perforado de la placa.

3.2.2.6 PERFORADO Y CORTES.

En esta etapa se perforaran los agujeros en el cual irán colocado cada uno de los componentes electrónicos ya que del resultado de las etapas anteriores solo hemos obtenido una placa que contiene los diseños de pistas grabado en el cobre, la máscara antisoldante y máscara de componentes. Para lograr el objetivo del perforado en la placa, actualmente se cuenta con muchas opciones desde manuales como taladros de árbol, hasta maquinas en el comercio de perforado y cortes automatizados, pero que en realidad son muy costosas.

Se ha hecho énfasis que la idea principal es realizar una manufactura de pcb masiva y con materiales que no tengan grandes costos, es por eso que la mejor opción es diseñar una **máquina de fresado por control numérico computarizado (CNC)** para su construcción. En la Fig. 3.31 se muestra un esquema general de una CNC que indica las partes más importantes, el diseño de esta máquina varia en dependencia de los materiales y el ingenio del diseñador.

El control numérico por computadora es un sistema que permite controlar en todo momento la posición de cualquier elemento físico. Mediante un software y un conjunto de órdenes, se controla por medio de coordenadas los ejes y, x, z del movimiento del objeto, para este caso un taladro o motor tool, tomando como referencia un origen (0, 0,0) de la máquina.

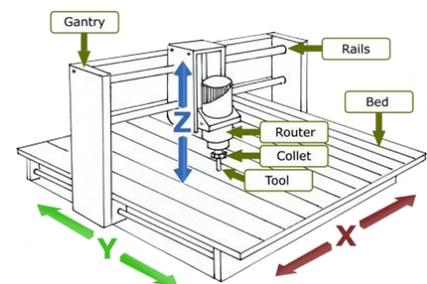


Figura 3, 31 Máquina CNC

a. Beneficios y ventajas de la construcción de la CNC:

- Capacidad de producir en serie
- Gran precisión en pequeños detalles
- Cortes de piezas
- Creación de tallados(relieves)
- Reducción de tiempos
- Reducción de costos en la producción
- Implementación de cualquier diseño.

b. Estructuras para el diseño de la CNC

1) Sistema electrónico:

- Driver para motores paso a paso unipolares
- Interface(comunicación serial entre hardware y software)

2) Estructuras mecánicas:

- Sistema de movimiento en dirección “x”
- Sistema de movimiento en dirección “y”
- Sistema de movimiento en dirección “z”

A. Sistema electrónico.

Para el funcionamiento de una máquina de fresado CNC se requieren de dos tarjetas electrónicas que son muy importante: Drivers para los motores e interface para la comunicación entre PC y CNC. La elaboración de un buen diseño permitirá una buena precisión de la máquina y una larga vida útil de esta. En la Fig. 3.32 se muestra un pequeño diagrama que contiene lo anterior dicho.

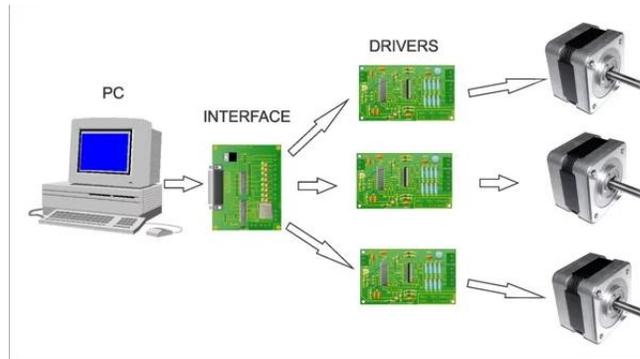


Figura 3, 32 Sistema electrónico de la CNC.

- Diseño del circuito de drivers para motores paso a paso unipolares.

La idea de un driver para motor paso a paso unipolar es poder controlar sus bobinas. Es llamado unipolar debido a que la corriente que circula por sus bobinas lo hace en un mismo sentido a diferencia de los bipolares. Los motores unipolares se componen de 6 cables externos dos para cada bobina, y otro para cada par de éstas aunque también se pueden ver con 5 cables, compartiendo el de alimentación para los 2 pares de bobinas. La Fig. 3.33 muestra la forma en que están ubicadas las bobinas de los motores paso a paso unipolares.

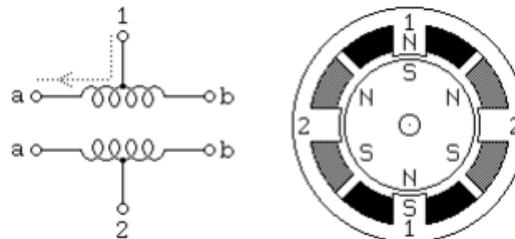


Figura 3, 33 Bobinado de motor pasó a paso unipolar.

Lista de componentes para el Driver de motor paso a paso unipolar:

Resistencias:

- 4 resistencia 1k ohm ascendente/descendente)
- 3 resistencias 47k ohm

integrados:

- *4516 (contador binario)
- *4028(decodificador BCD a decimal)
- *4071(compuerta or)

Capacitores:

- 3 cerámico 100nf
 - 1 1000 uf
- 4 transistores BD135
4 Diodos 1n4007

En el diagrama 5 se puede apreciar el diseño driver. Para poder explicar el funcionamiento del driver se debe saber que existen 3 señales provenientes de la interface las cuales son:

Señal de paso: Esta se encargara hacer girar el motor por pasos

Señal de dirección: Encargada de hacer girar motor en sentido horario o anti horario.

Enable: señal de activación que se encargara de activar el driver a un nivel lógico bajo.

- Funcionamiento del driver.

Para que el driver empiece a funcionar la señal de enable deberá estar a un nivel lógico bajo en el bit C del decodificador BCD a decimal 4028 el cual tiene una configuración pull-up en dicha terminal. Activado el driver estará a la espera de la señal de paso hacia la entrada de reloj del contador binario ascendente/descendente 4016, este al recibir la señal de paso empezara a incrementar su cuenta y controlara mediante 2 de sus salida “1 Y 2” al CD4028, este al ser controlado solo por dos de sus entradas “A Y B” solo podrá contar desde 0 hasta 3 siendo aplicado a un arreglo de compuertas OR del tipo CD4071 con la que se obtendrá la secuencia correcta de control para un motor paso a paso unipolar. Para los otros dos driver se aplicara el mismo diseño. En la Fig. 3.26 se presenta la placa del driver vista desde un ángulo superior.

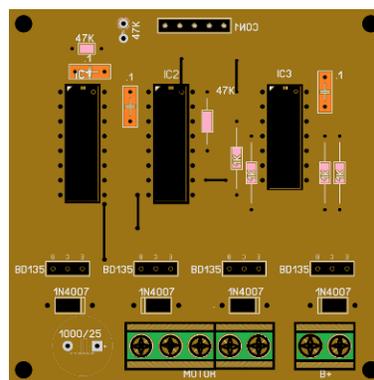


Figura 3, 34 Diseño superior de la placa

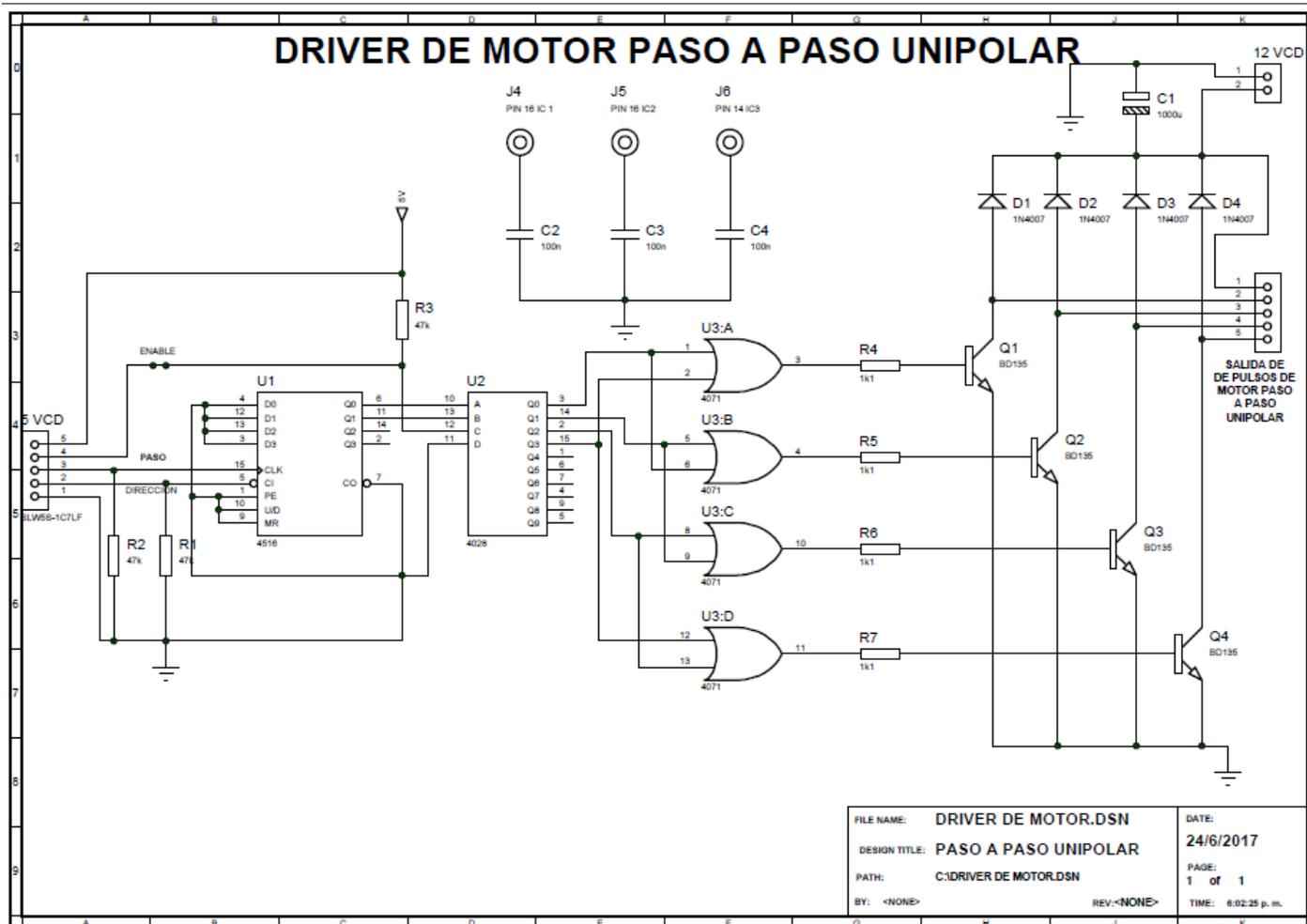


Diagrama. 5 Controladores de motores pasó a paso

Sistema semiautoático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

- **Diseño de circuito de Interface.**

La Interfaz será la electrónica que convierte las instrucciones que recibe del software por medio del puerto paralelo (DB25) a pulsos capaces de controlar el Driver por un lado y activar o desactivar relés de la placa para controlar por ejemplo la fresadora de la máquina.

La interface estará diseñada para construirse con componentes digitales y análogos. Por un lado se tiene una PC y por los otros motores paso a paso, finales de carrera, un relé que activara un motor tool señales obtenidas por el puerto paralelo RD25. El integrado principal es el 74HC244 y sus especificaciones están planteados en la Fig. 3.35

Componentes a usar en la interface:

Resistencias:

- 15- resistencias 47k ohm
- 7 - Resistencia 1k ohm
- 3 - resistencias 120k ohm
- 2 -resistencias 100 ohm
- 1 - resistencia 820 ohm

Capacitores:

- 5 - Cerámico 10n
- 3 - Electrolítico 47uf
- 2 - Cerámico 100nf
- 1 - Electrolítico 1uf
- 1 - Electrolítico 100uf

Integrados:

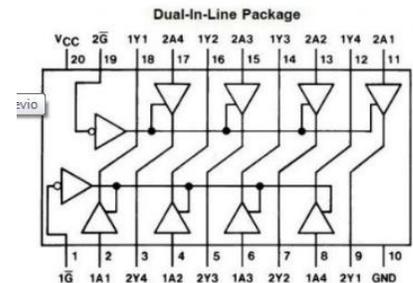
- 2 -74HC244
- 3 -lm555

Transistores:

- 1- BC548
- 3- BC558

Otros:

- 1- Diodo 1n4148
- 1- led
- 1 relé
- 1- regulador 7805



Function Table

Inputs		Output
\bar{G}	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

L = Low Logic Level
H = High Logic Level
X = Either Low or High Logic Level
Z = High Impedance

Figura. 3, 35 Especificaciones del 74HC244:

El puerto LPT posee señales de entrada y salidas (bidireccionales). El diseño propuesto Separa en grupos y ordenes las señales del puerto paralelo, de forma que resulte fácil manejar estas señales.

- **Funcionamiento del circuito:**

En el diagrama 6 se presenta el diagrama electrónico de la interface. Es una interface controlada por el puerto paralelo DB25, esta interface es capaz de controlar tres ejes, para ello tiene 3 etapas que funcionarían exactamente igual. Para saber cómo es que la interface mueve los motores nos centraremos en uno de sus ejes para explicarlo.

Lo primero que se debe conocer es el programa de control, el diseño es implementado para trabajar con el software **MATCH3** el cual envía por el puerto LPT 6 señales importantes que son:

- 3 señales de paso que harán avanzar los motores
- 3 señales de dirección que controlarían el sentido de giro de los motores

Control del eje “x”

Activación y desactivación del eje x.

En el eje “x”, la señal de paso de este llega por el pin2 (DATA) del puerto DB25 esté conectado al pin 2 (A0) del 74hc244 para luego salir por el pin 18 (Y0) del mismo y con una configuración de resistencia pull-up salida por la cual va directamente hacia el driver y aun circuito conformado por el Ne555 configurado como detector de pulsos.

Mientras la señal de paso esté presente en el pin 2 del ne555 el pin 3 del mismo pasará a estado alto excitando la base de Q3 produciendo una conmutación a tierra quedando el colector en un nivel lógico 0 que servirá de enable (activación) para el eje “x”. Si la señal de paso en el pin 2 llegase a desaparecer el integrado permanecerá entre 5 a 6 segundos a nivel lógico alto si esa señal no vuelve aparecer durante ese tiempo entonces pasará nuevamente a nivel lógico bajo quedando desactivado el eje “x”.

Cambio de dirección del eje “x”

Otra señal importante proveniente del puerto DB25 es la de cambio de sentido los motores, en el caso del eje “x” esa señal proviene por el pin3 (Data) del puerto paralelo se conecta al pin 4 (A1) de U1: A 74hc244 para luego salir por el pin 16 (Y1) del mismo, conectándose seguido al pin 5 en el 4516 del driver del eje “x” controlando así la dirección de este eje.

Activación del motor Tool.

A la interface también llega otra señal del puerto DB25 que también es importante proveniente del pin 16 (DATA) utilizada para activar o desactivar el motor tool de la máquina, la misma se conecta al pin 8 (A3) de U2: A 74hc244 la cual sale por el pin 12 (Y3) del mismo excitando la base del transistor Q1 activando la bobina de un relé que maneja una carga alimentada a 110v en nuestro caso nuestro motor tool.

Finales de carrera

La interface no solo entran señales también salen señales y son las provenientes de los sensores o finales de carrera en los límites de cada eje de la máquina.

Del conector J2 salen tres señales de fin de carrera las cuales son aplicadas a los pines 17, 15 y 16 de U2:B 74hc244 saliendo luego por los pines 3, 5 y 7 del mismo para ser ingresadas al conector paralelo por los pines 10, 11 y 12. Estas señales de fines de carrera se utilizan para que la maquina nunca sobre pase los límites mecánicos que tiene.

Paro de emergencia

La primera señal y la más importante es la de paro de emergencia proveniente del pin 1 del conector J2 (con arreglo de resistencia pull down) la cual llega hasta el pin 17(A3) de U1: B 74HC244 saliendo por el pin3 (Y3) del mismo integrado y se aplica al pin 15 del conector DB25. La señal de paro de emergencia se utiliza en caso de que la maquina este cometiendo un error deteniendo el proceso que se lleva a cabo en el momento. El circuito es alimentado a 12v dc y regulado con un ic 7805 a 5vdc para alimentar la lógica digital. En

La Fig. 3.36 muestra el diagrama de las interconexiones de cada uno de los módulos que contiene la CNC.

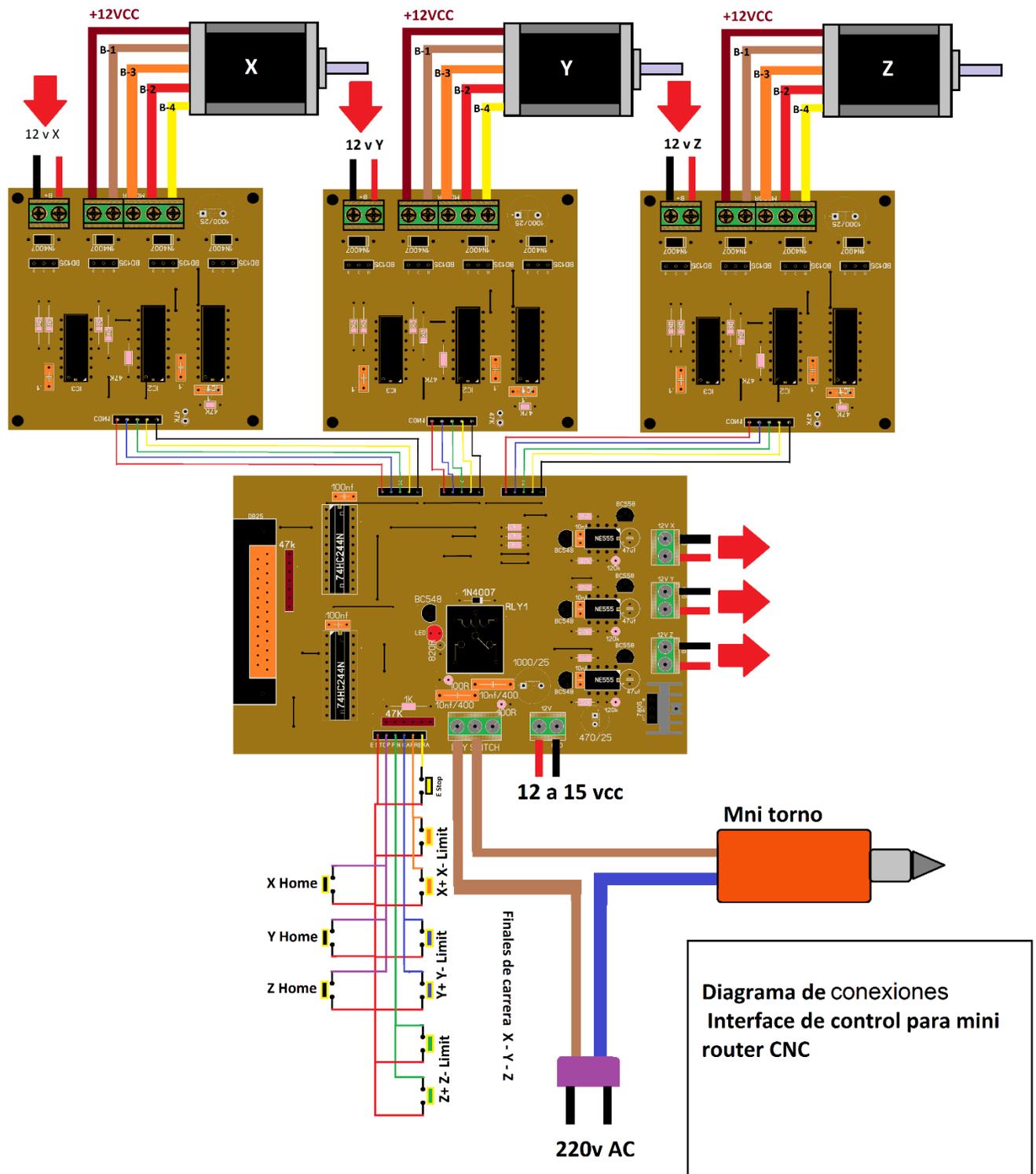


Figura. 3, 36 Interconexiones de la CNC

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

Interface CNC

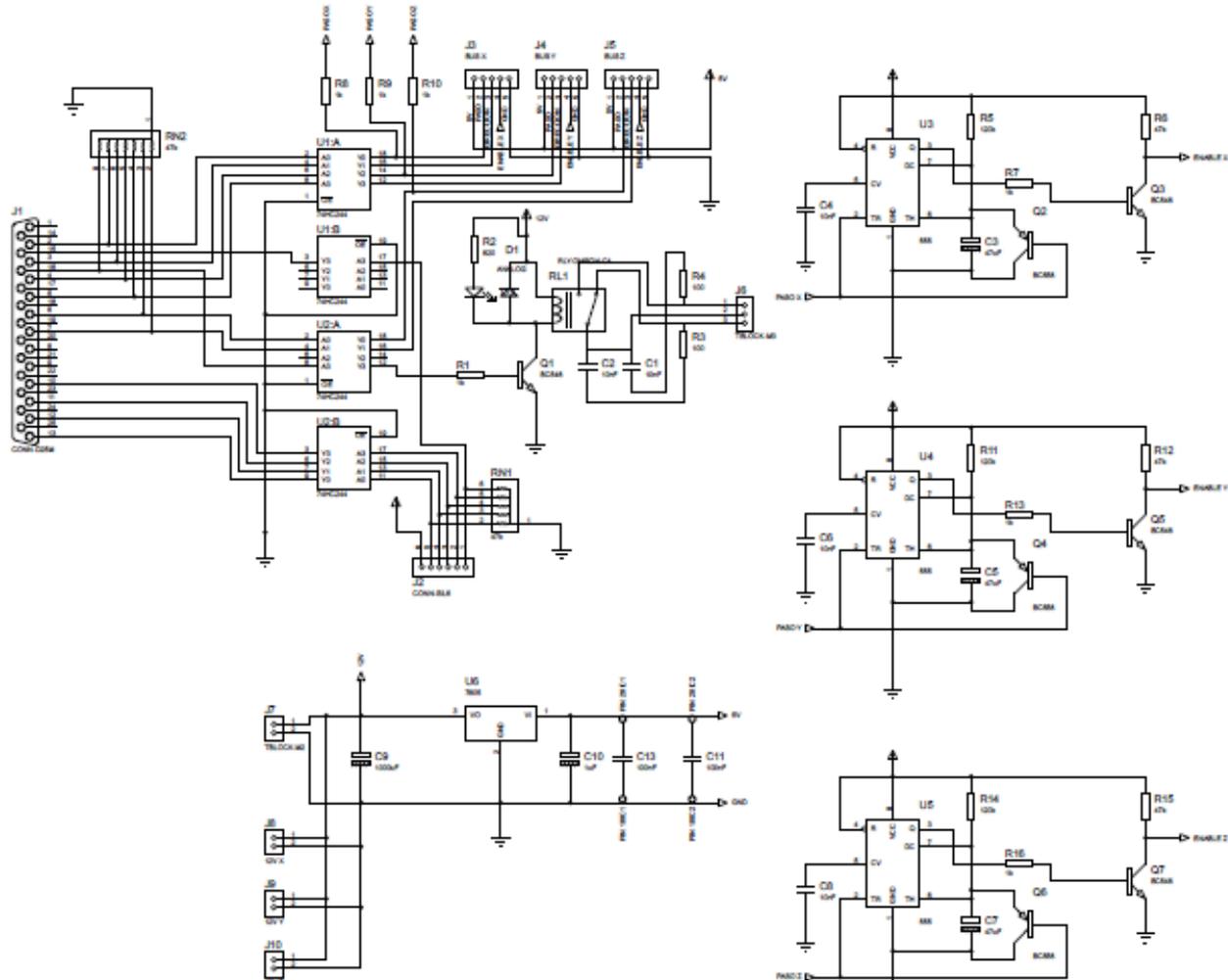


Diagrama. 6 Interface de la CNC

B. Estructuras mecánicas:

- Sistema de movimiento en dirección “x”

El movimiento en dirección x, implica el uso de un sistema de desplazamiento en conjunto con un sistema de movimiento que permiten realizar la tarea de trasladar la barra que contiene el Router. El primer sistema funciona a través de guías sobre las cuales descansan y se desplazan los bujes que contiene la barra.

El segundo sistema funciona con dos piezas: El usilo y la tuerca, el primero está directamente sujetado a un motor a pasos por medio de un acoplador flexible que eliminara cualquier variación que tenga el usilo con respecto al eje del motor y este funcione sujetado a la barra, así mismo esta barra contiene una tuerca que realiza la tarea de desplazamiento mediante el rodamiento del usilo. Lo antes descrito se puede apreciar en la Fig. 3.37.

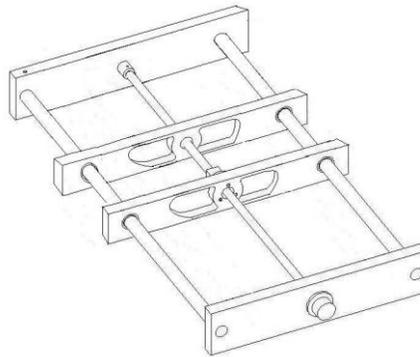


Figura 3, 37 Eje X de la CNC

- Sistema de movimiento en dirección “y”

El movimiento del Router en dirección “Y” proporcionan un desplazamiento a lo largo de los ejes horizontales. Para poder realizar la tarea de deslizamiento, los sistemas que se seleccionaron fueron las mismas que en el eje “X”. En este sistema de deslizamiento las guías por las que se desliza la barra están fijadas a dos perfiles de aluminio de la mesa de corte, estas barras cumplirán la tarea de unir a los 2 sistemas de deslizamiento. El sistema de guías deslizables también tiene la función de ayudar a sostener el carro que contiene a los sistemas de movimiento en “X” y en “Z”, como se muestra en la Fig. 3.38

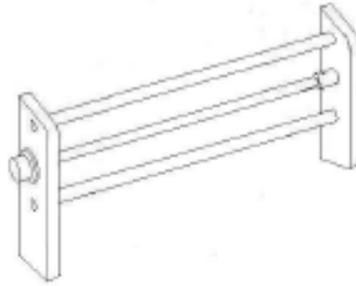


Figura 3, 38 Eje Y de la CNC

- **Sistema de movimiento en dirección “Z”.**

El sistema de movimiento en dirección “Z” se encuentra ensamblado directamente al Router manual, este le proporciona un desplazamiento vertical y es el responsable de llevar a cabo la profundidad de corte en la pieza de trabajo, sin embargo, este sistema no cambia demasiado a comparación de los sistemas anteriores, ya que el principio de funcionamiento es prácticamente el mismo. El sistema de movimiento en “Z” se une con el sistema de movimiento en “X” por medio de la placa de aluminio conocida como placas de soporte, la cual como ya se mencionó anteriormente une a todos los componentes del sistema de dicha dirección. Estas placas se encuentran atornilladas con tornillos de tipo Allen en los extremos inferior y superior. Esto lo podemos apreciar el Fig. 3.39

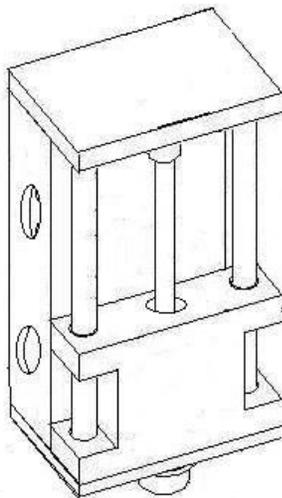


Figura 3, 39 Eje Z de la CNC

- **Sistema de sujeción para el PCB (mesa de maquinado).**

El diseño de este sistema tiene como finalidad fijar el PCB para poder maquinarlo y también fungir como mesa de la máquina, ayudando a nivelar y tener estabilidad a la hora del fresado del PCB.

La mesa está construida de aluminio con un área de 23 cm x 27 cm, teniendo en los extremos dos placas de aluminio sujetados con tornillos allen, estos tornillos sirven para nivelar la mesa de trabajo y así mismo fijar las dos barras con las que se sujeta el PCB. En la Fig. 3.40 se presenta Sistema de sujeción para el PCB o mesa de maquinado.

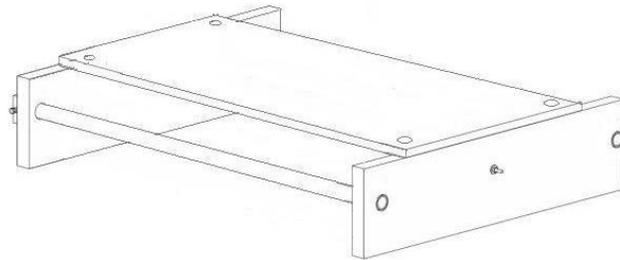


Figura 3, 40 Mesa de trabajo de la CNC

- **Montaje final de las estructuras.**

Una vez teniendo cada una de las partes anteriores se procede a realizar el ensamble A continuación, se presenta en la Fig. 3.41 la estructura mecánica con todas las partes que la componen.

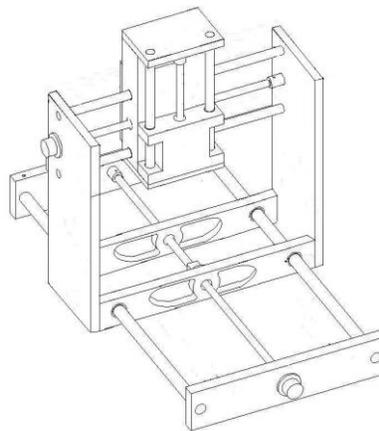


Figura 3, 41 Ensamblaje final de la estructura mecánica

3.3. Elaboración de prototipo de sistema semiautomático para la fabricación de placas de circuitos impresos.

En las secciones anteriores se ha analizado cada uno de los métodos existentes que se usan para elaborar PCB. También se ha diseñado un sistema semiautomático para fabricar PCB utilizando el método serigráfico. Esta sección contiene la elaboración física de un prototipo para realizar placas de circuitos impresos, este contiene específicamente tres equipos los cuales son: La insoladora, la CNC y el sistema automático serigráfico. En la Fig.3.8 se puede apreciar el proceso de fabricación de PCB, por conveniencia, para realizar el montaje del prototipo se ha comenzado por la etapa de foto exposición, por ende la primera máquina que se elaborará es la insoladora, ya que se necesita para grabar los diseños de Timmer, Dimmer, driver, interface, etc., en las placas; luego seguirá la etapa de corte y perforado la cual incluye la CNC, para después elaborar el brazo serigráfico.

3.3.1. La Insoladora.

La insoladora es el eje central de todo el sistema, ya que sin este equipo no se podría grabar el diseño circuito. El diseño propuesto para la insoladora en la sección anterior es netamente industrial (Fig. 3.21), a pesar de que el prototipo será más sencillo tendrá el mismo funcionamiento que el diseño original, exceptuando el sistema de control de cierre y apertura, que por motivos de tiempo y presupuesto se ha excluido del prototipo de insoladora. A continuación se presenta paso a paso la elaboración y el montaje de dicha máquina.

3.3.1.1. Dimensiones y corte de la madera.

La Fig. 3.42 presenta el diseño del prototipo de la insoladora con sus respectivas dimensiones dadas en milímetros. La estructura física de esta máquina está hecha de un 90% de madera fibran MDF 5% plywood, 3% vidrio, 3% acrílico, todos los materiales que fueron utilizados para el montaje del horno UV están descritos por la tabla 5. A continuación se presenta las dimensiones de los cortes y la cantidad de tablas a extraer para realizar el montaje de la estructura.

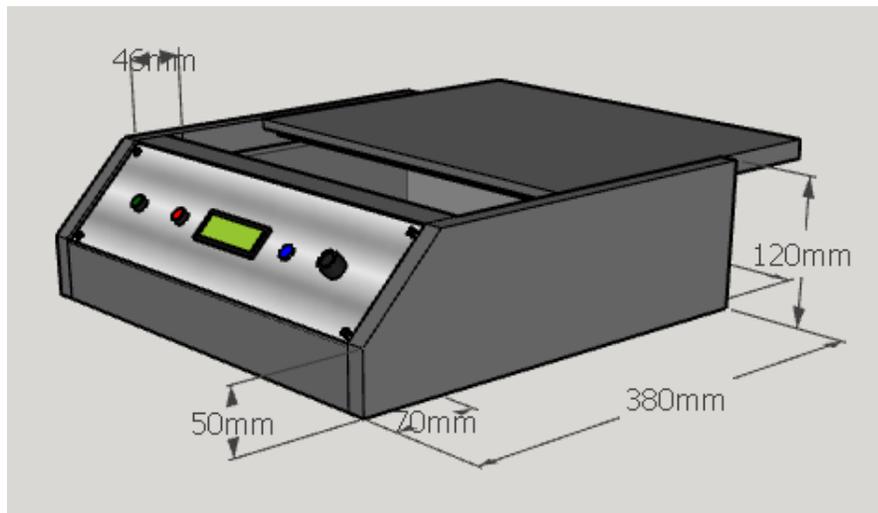


Figura 3, 42 Diseño de prototipo de insoladora (dimensiones)

A los lados se necesitan dos tablas de 120mm de alto y 380mm de ancho, además en una de las esquinas debe de realizarse un corte con un ángulo de 45° a una altura de 50mm hasta que se complete un ancho de 70mm. Para la parte de abajo se requiere realizar un corte de un cuadrado de 355mm de ancho x 355mm considerando los 13mm de grosor de la madera a los cuatro costados. Para la parte trasera se debe cortar una tabla de 355mm de ancho 107mm de alto, tomando en cuenta el grosor de la tapa superior. La parte del frente contiene una regla de 50 mm de alto por 355mm de ancho, además contiene una lámina de acrílico de 99mm de alto por 355mm de ancho. La tapa superior de la insoladora tiene las siguientes dimensiones: 355mm de ancho x 277mm de alto, adicional a esto se debe cortar una regla doble con 355mm de ancho y 46mm de alto esta pieza de madera deberá tener un ángulo de 90° donde repose la tapa del horno uv. También se deberá cortar una tabla de plywood de 5mm de grosor con 347mm de ancho por 273mm de alto, sobre esta se colocaran las tiras LED uv.

3.3.1.2. Ensamblando las piezas de madera.

Luego de haber realizado los cortes de cada tabla de madera se procede a realizar el ensamble de las piezas. Primeramente se unen las tablas laterales a través de la pieza de atrás y la regla de enfrente, se perfora con taladro se une con pegamento para madera y se fija muy bien atornillando estas piezas. El resultado se demuestra en la Fig. 3.43.



Figura 3, 43 Montaje de la estructura de la insoladora

Se procede a colocar la tapa inferior de la insoladora uniéndola con pegamento y fijándola con tornillos, ahora sigue la tapa superior, primero se fijan las cuatro bisagras en la parte trasera se les colocan pegamento y se atornillan, esto se hace para ambas piezas, ahora la tapa se podrá bajar y subir con facilidad. Ahora se coloca la regla que tiene un corte de 90° donde reposará la tapa de la insoladora, teniendo cuidado de que coincida correctamente se le unta pegamento a ambos lados y se fijan con tornillos, también se debe ensamblar una tabla vertical para que divida entre el espacio del frente donde irá la fuente, circuitería, etc. de donde estarán ubicadas las LED uv tal y como lo muestra la Fig. 3.44 Luego los agujeros que dejaron los tornillos se rellenan con macilla para madera y se deja secar.



Figura 3, 44 Ensamble de la tapa, división entre circuitería y Leds, relleno con macilla.

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

3.3.1.3 Acabado de la madera.

La madera fibran MDF es un tipo de madera especial que no requiere trabajarla tanto para obtener un excelente acabado, basta con pintar con barniz para madera por dentro y por fuera; esto le ayudara a la madera a ser más duradera, resistente a la humedad además de brindarle un buen acabado, este resultado se muestra en la Fig. 3.45. Después se coloca por la parte de enfrente el acrílico. Este acrílico es reciclado; ya que el acrílico es frágil se le adhirió una tabla de plywood con las mismas dimensiones amarando ambas piezas con dos pernos quedando así como una sola tal y como se muestra en la Fig. 3.45.



Figura 3, 45 aplicación del barniz para madera y montaje del acrílico

Este prototipo de insoladora debe verse profesional, es por ello que se le aplicaron dos capas de pintura negra por fuera tal y como lo presenta la Fig. 3.46. También se debe colocar una manigueta para poder abrir y cerrar fácilmente la tapa de la insoladora.



Figura 3, 46 Aplicación de pintura color negro

3.3.1.4 Ensamblaje de las tiras Leds uv.

Ahora se procede a cortar y ubicar los 5 m de tiras Leds en la tabla de plywood, en total son 14 tiras dejando un espacio de 2cm entre cada tira, tal como lo muestra la Fig. 3.47, además se colocaron tornillos hembra para subir la tabla con las Leds y así estén más cerca a la placa que será colocada en la parte superior.



Figura 3, 47 Ubicación de las tiras Leds uv

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

Como se analizó en la sección de la etapa de la foto exposición (3.2.2.2) las Tiras led deben ser alimentadas con 13 V en ambos extremos para que sean plenamente efectivas, lo que continúa es soldar cables a los extremos de las tiras Leds quedando en serie y aplicamos voltaje en el inicio y en el final de la secuencia de LEDS uv. Tal y como lo muestra la Fig. 3.48. Ahora se requiere poner algo que soporte la placa para que no toque las led es por ello que se le instaló un vidrio, para que el vidrio se sostenga se colocaron dos reglitas las cuales se pegaron por dentro atrás y delante de la insoladora; el vidrio es completamente transparente para que la luz pueda incidir sobre la placa que será colocada sobre el vidrio, este último tiene un grosor de 5mm y sus dimensiones son 345mm x 255.

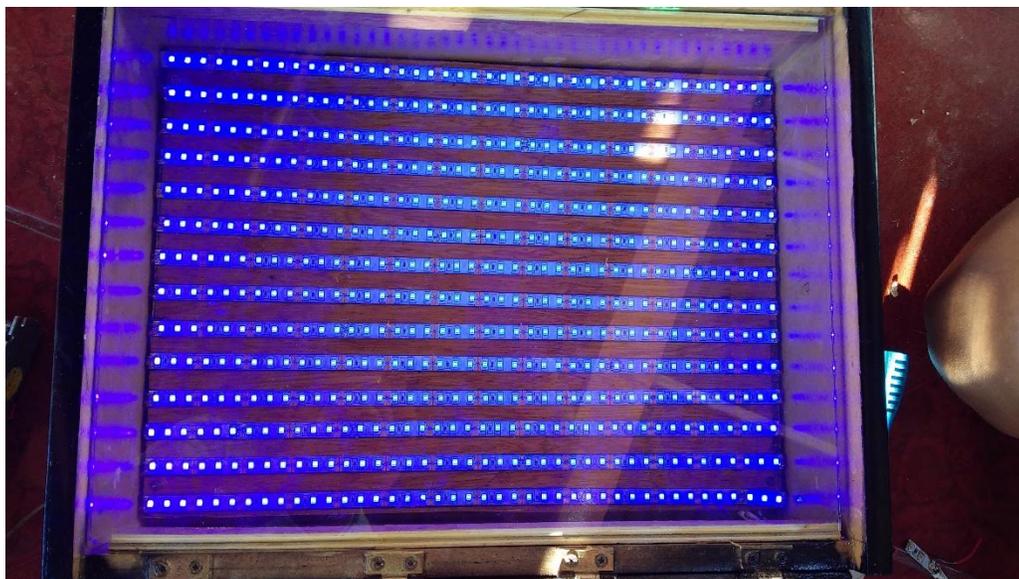


Figura 3, 48 Prueba de las tiras Leds uv

3.3.1.5. Elaborando el temporizador de la insoladora.

El Timmer es fundamental para esta máquina, como se analizó en la sección A de la etapa de foto exposición. Lo que sigue a continuación es la fabricación de placa de circuito impreso que servirá como temporizador. Como aún no se han fabricado las demás maquinas todo el proceso para obtener el Timmer se realizará de manera manual.

Diseño de la placa del temporizador.

Lo primero que se debe de realizar antes de proceder con las etapas de fabricación de una PCB es la etapa del diseño aquí se crea el diseño de las pistas y el diseño de la marcaras antisoldantes y de componentes, este proceso ayudará a saber las dimensiones reales de la placa, también la cantidad de componentes que se necesitan para el posterior ensamble, aquí se definen muy bien las pistas evitando ángulos de 90°, cruces entre pistas, distancia entre cada componentes y que los pads vallan de acuerdo al tamaño de las terminales de los componentes. Todo esto se realiza con un software de diseño de PCB llamado EAGLE, el cual está mejor explicado en la fase de diseño de una PCB (3.2.1).

Luego del diseño se procede a guardar la imagen del circuito en un formato negativo o positivo dependiendo, si son las pistas es positiva, pero si son mascararas de componentes y antisoldante son negativas, como el de la Fig. 3.49 está presenta el fotolito de la marcara de componentes impreso en impresora láser en formato de imagen negativo.

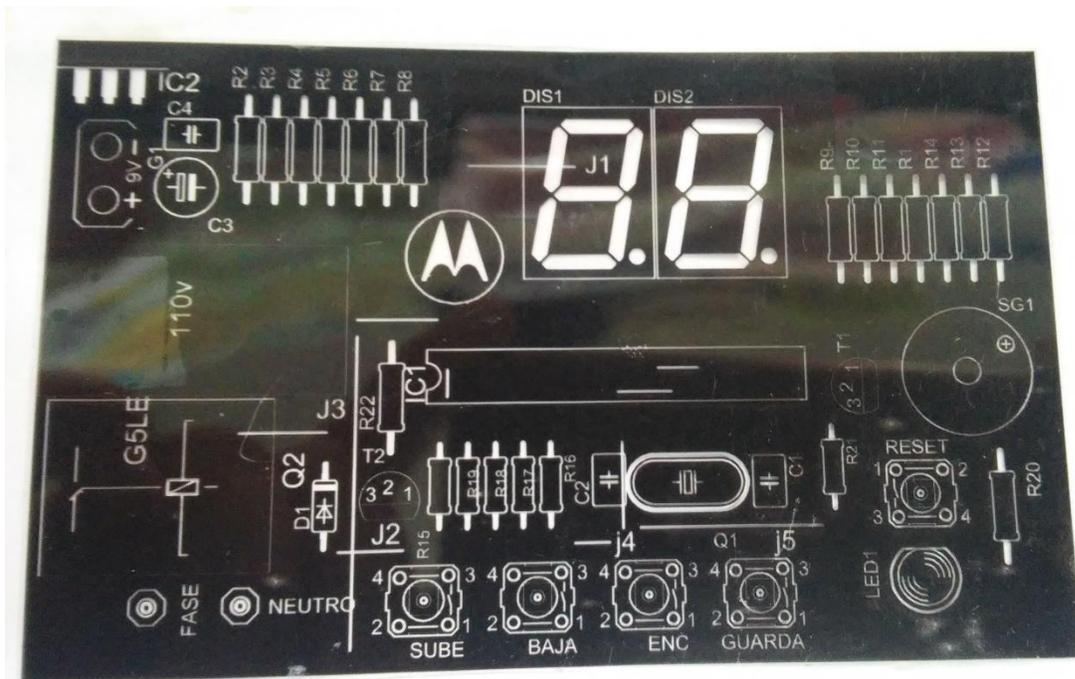


Figura 3, 49 Fotolito de la máscara de componentes del temporizador

Sensibilizado de la placa.

El segundo paso para fabricar una PCB es sensibilizarla, como se dijo anteriormente este proceso se hará de manera manual. Se prepara el bastidor limpiándolo y lavándolo, la baquelita virgen se prepara lijándola para remover todo tipo de grasa, corrosión y suciedad que exista en el cobre; se procede a esparcir tinta uv suficiente sobre la malla del marco con el cargador, como se está trabajando con tinta foto sensible a la luz, este procedimiento se recomienda realizarlo en un cuarto que carezca de luminosidad.

Se coloca la placa sobre una superficie plana, y se colocan topes para que no se mueva de su posición; sobre la placa colocamos el bastidor, con el racle se realiza presión y se desliza sobre la malla resultando que la tinta sea impresa en la placa fenólica; se retira el marco para limpiarlo y lavarlo con tinner y agua ya que si la tinta se llegara a secar la malla del bastidor se echaría a perder, la placa esta sensibilizada y lista para el siguiente paso.

Foto exposición

Como ya se ha construido la estructura de la insoladora y se han colocado las Leds uv dentro de ella y se han alimentado con una fuente de 12V a 3.5 A se puede utilizar para realizar este procedimiento, nada más que utilizando un temporizador externo. A la placa sensibilizada se le adhiere el fotolito impreso con la imagen positiva de las pistas y se coloca sobre el vidrio de la insoladora, se cierra la insoladora la tapa superior debe ejercer presión sobre placa fotolito y vidrio evitando así que se mueva. Se conecta a la alimentación y se deja de 3 a 5 minutos. Al pasar ese tiempo se logró deducir que la tinta no estaba completamente seca es por ello que se dejó en la insoladora otros 7 minutos más completando así 12 minutos en total para que la luz uv pueda quemar la tinta. Finalizado el tiempo se retira el fotolito y se procede al siguiente paso.

Grabado del cobre

Después de la foto exposición se sumerge en tinner la placa para remover la tinta uv que no llego a ser alcanzada por la luz uv. Luego de lavarla se introduce en cloruro férrico para que este corroa el cobre que no está siendo protegido por la tinta uv seca, se lava con agua y después se sumerge en un poco de soda caustica para remover la tinta uv completamente de la placa, en estos momentos debe de aparecer grabado el diseño del circuito en el cobre como se muestra en la Fig. 3.50 esta ilustración presenta un excelente resultado y que la pistas son idénticas a la del diseño.

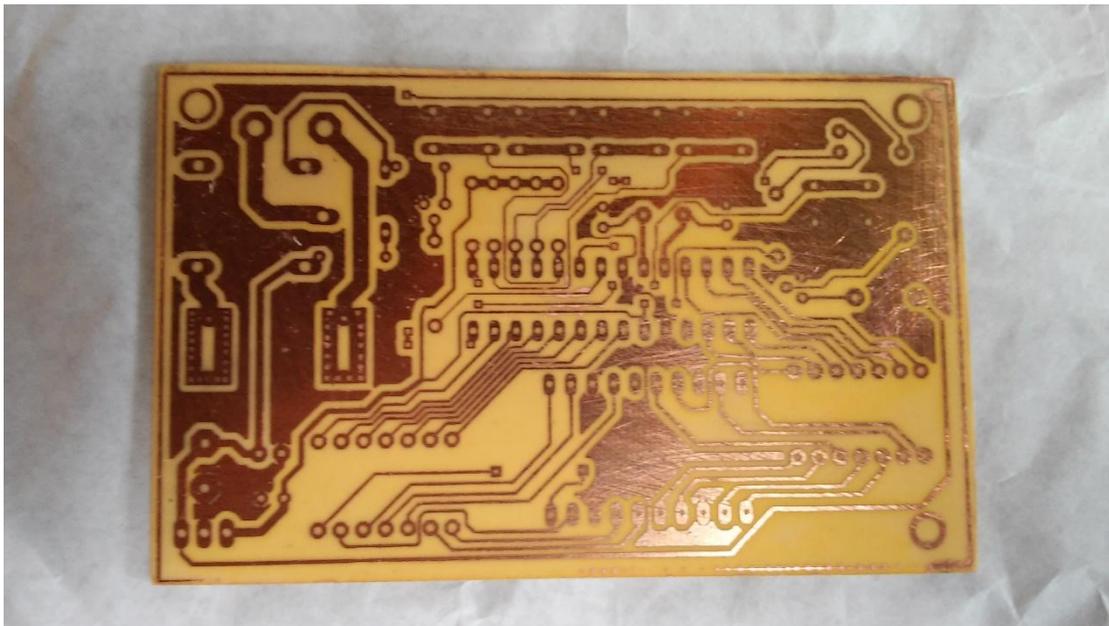


Figura 3, 50 Grabado del cobre

Aplicación de la máscara antisoldante y de componentes.

La aplicación de la máscara antisoldante y de componentes es similar a la del grabado de la pistas, se sensibiliza la placa, se foto expone a la luz uv, la imagen del diseño debe de ser impresa en formato negativo. Ahora se remueve la tinta sobrante con tinner y el resultado de la máscara antisoldante esta ilustrada por la Fig. 3.51 cabe mencionar que al parecer al momento de la foto exposición la imagen se movió un poco y los pads del diseño no coincidieron con los pads del cobre, es por ello que con una navaja se retiró con cuidado los lugares donde debía de estar descubierto.

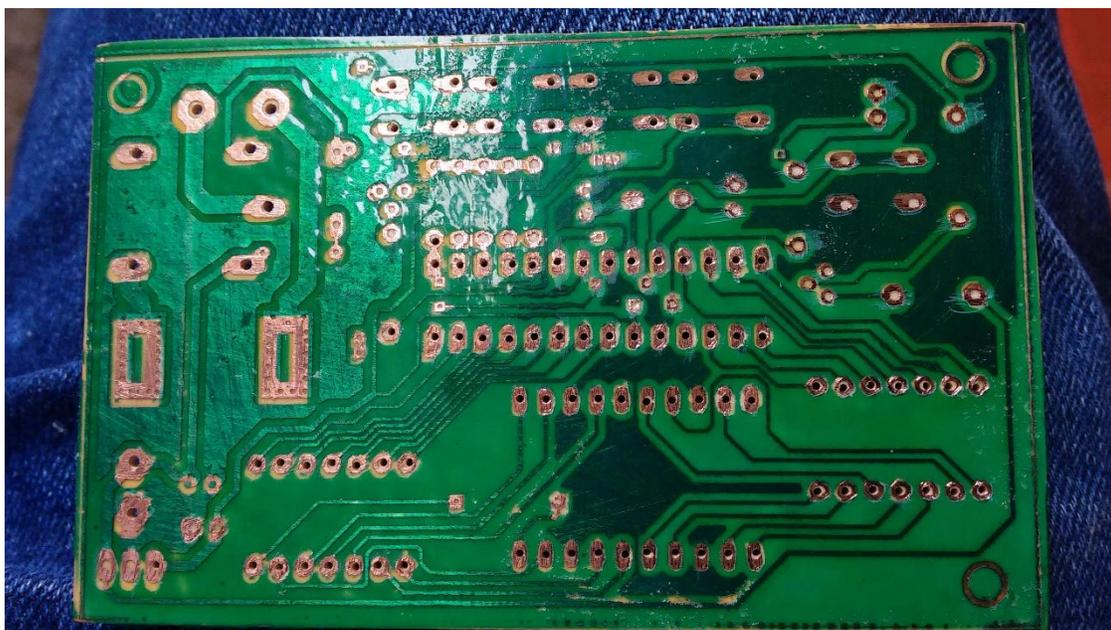


Figura 3, 51 obtención de la máscara antisoldante

Con la aplicación de la máscara de componentes se tuvo dificultad ya que al parecer la tinta no se secó completamente y al sumergirla en tinner la tinta se cayó completamente dejando solo unas pocas partes quemadas.

Perforaciones.

Ya que aún no se ha fabricado la CNC las perforaciones se realizaron con un taladro profesional, utilizando brocas de diversas medidas dependiendo del grosor de la terminal de cada componente. También el corte de la placa se realizó manual con una caladora y una regla.

Ensamblaje de los componentes.

Ahora continua el ensamblaje de los componentes, viendo la máscara de componentes se procede a colocar en su respectivo lugar cada elemento, resistencia, relé, regulador, pulsadores, transistores, display, integrado, jumper, cables de conexión, entre otros. Luego se sueldan con caudín y estaño las terminales, las que exceden de tamaño se cortan dejando uniforme la soldadura y lo largo de la terminal de los componentes tal y como lo muestra la Fig.3.52

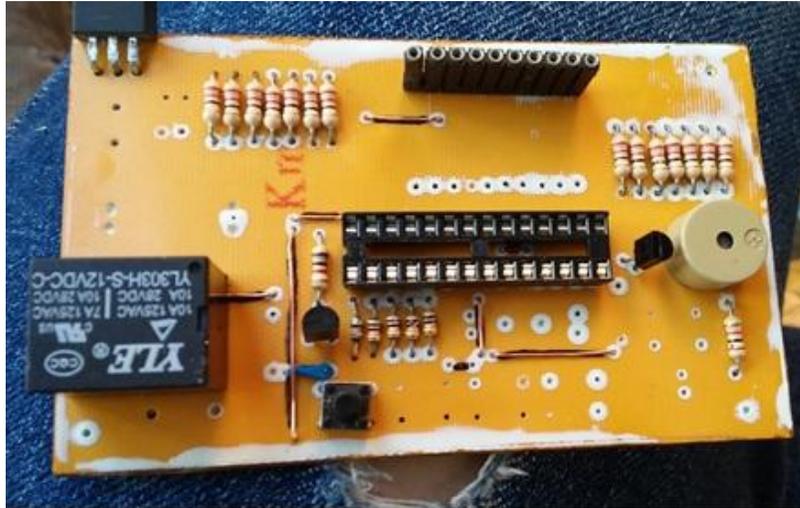


Figura 3, 52 Ensamblando los componentes en la placa.

3.3.1.6. Ensamblando el temporizador a la insoladora.

La PCB del temporizador esta lista lo que continua es ensamblarla a la insoladora, la Fig.3.53 presenta el momento que la placa es montada en la tapa delantera de la insoladora. Con sobras de madera la placa se logró atornillar sobre el plywood y el acrílico que sirven de tapa delantera de la insoladora. Como lo muestra el diagrama 2 a la salida del circuito deben ir los Leds uv estos se conectaron entre sí con cables.

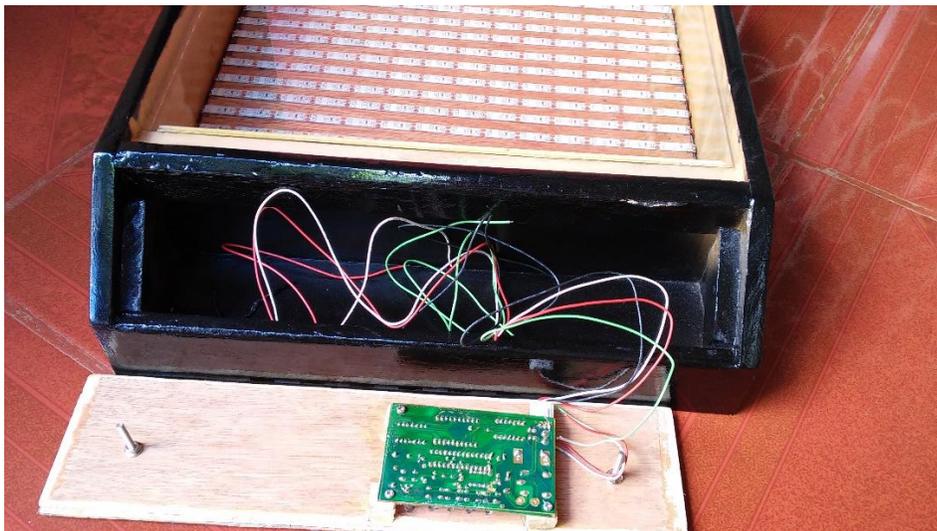


Figura 3, 53 Ensamblaje de temporizador en la insoladora.

3.3.1.7. Realizando pruebas las pruebas finales.

Para finalizar se realizaron pruebas, se grabó el PIC con su respectivo programa, inicialmente el display brindaba dígitos erróneos, se dedujo que el programa se había grabado mal, se realizó nuevamente el quemado del PIC con el programa y esta vez no dio error. Se probó seleccionar el tiempo con los pulsadores sube y baja luego se guardó y se presionó el botón de marcha, inmediatamente las LED se encendieron y el temporizador comenzó a contar en forma descendente, al finalizar el tiempo programado las LED se apagaron. Pero se detectó un recalentamiento en el integrado y en el regulador de 5V ya que se estaba usando la misma fuente de 12V que alimentan las tiras Leds, se retiró el regulador y se sustituyó por una fuente externa de 5 V a 2.5 A, esta vez el integrado so se recalentó. La insoladora está terminada, se aplicó pintura color aluminio al acrílico y se le adhirieron botones de goma quedando la insoladora como la imagen de la Fig. 3.54.



Figura 3, 54 Insoladora terminada.

3.3.1.8. Materiales y costos del prototipo de insoladora.

En total para realizar el prototipo de insoladora tiene un costo de C\$ 1,662 cabe estacar que esta inversión comparada con el costo de una insoladora en el exterior es

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

mínimo, y a pesar de ser un prototipo esta insoladora quedo a nivel con las insoladoras profesionales pequeñas. La tabla 5 presenta los materiales utilizados para la construcción de esta máquina. Gracias a que la mayoría de los componentes electrónicos fueron reciclados el costo no se elevó tanto. En caso de no haber sido así la insoladora hubiese sido mucho más costosa.

Cantidad	Descripción	Costo/und(C\$)	Total(C\$)
1	Lamina de 1.5x2m de madera fibran MDF 13mm de grosor (1/2)	C\$ 590.00	C\$ 590.00
2	Pares de bisagras pequeñas	C\$ 21.00	C\$ 21.00
1	Vidrio claro de 5mm de grosor(355x255mm)	C\$ 25.00	C\$ 25.00
2	Cierras	C\$ 35.00	C\$ 70.00
3	Lijas de maderas	C\$ 15.00	C\$ 15.00
1	Pegamento para madera	C\$ 50.00	C\$ 50.00
1	Macilla para madera	C\$ 40.00	C\$ 40.00
1	Cien de tornillos gypsum de 1 pulg	C\$ 40.00	C\$ 40.00
2	Spray de pintura	C\$ 70.00	C\$ 140.00
1	¼ de barniz para madera	C\$ 40.00	C\$ 40.00
1	Baquelita virgen tamaño A4	C\$ 110.00	C\$ 110.00
1	Rollo de tiras LED UV 5m	C\$ 450.00	C\$ 450.00
1	Fuente de alimentación externa de 12 V	C\$ 50.00	C\$ 50.00
1	Fuente de alimentación externa de 5 V	C\$ 40.00	C\$ 40.00
varios	Resistencias, cables de conexión, relé	Recicladas	Recicladas
2	transistores	C\$ 30.00	C\$ 30.00
1	PIC16F876	C\$ 300.00	C\$ 300.00
1	PIC 16f84a	C\$ 270.00	C\$ 270.00
varios	Oscilador, zumbadores, pulsadores	Reciclado	reciclado
varios	Diodo, capacitores, led, display	Reciclado	reciclado
Total			C\$ 1,662.00

Tabla 5 Tabla de materiales y costos de la Insoladora

3.3.1.9 Características técnicas de la insoladora.

- Tamaño de la insoladora: ancho 360mm, largo 380mm alto 120mm.
- Peso: 10 libras.
- Voltaje de entrada: 5V, 12V
- LED UV:
 - Potencia: 45 W
 - Corriente: 4 A
 - Voltaje: 12 V
- Tiempo máximo de programación: 99 min.
- Tiempo Mínimo de programación: 1 min.

3.3.2 Elaboración de máquina de control numérico Computarizado (CNC). Para cortes y perforados en PCB.

La máquina de control numérico computarizado o mejor conocida como cnc es la encargada de perforar y cortar las pcb. La cnc está compuesta por una parte electrónica (driver, interface) y otra mecánica (motores, varillas, rodamientos, etc.). Todas las señales de órdenes y coordenadas serán enviadas con ayuda del software UNIVERSAL G CODESENDER por medio del puerto db25 a través una interfaz que se complementa con 3 drivers para motores paso a paso unipolar. Como se analizó en la sección de cortes y perforados en las etapas de fabricación de pcb (3.2.2.6) la cnc posee tres ejes: X, Y, Z. el eje Y es el movimiento hacia la izquierda o la derecha, X es el movimiento adelante atrás, y Z es el movimiento arriba abajo. Cada eje está formado por varillas dos varillas aceradas, una varilla roscada de precisión, acoples de motor, chumaceras, rodamientos, motor, soportes y estructura de madera.

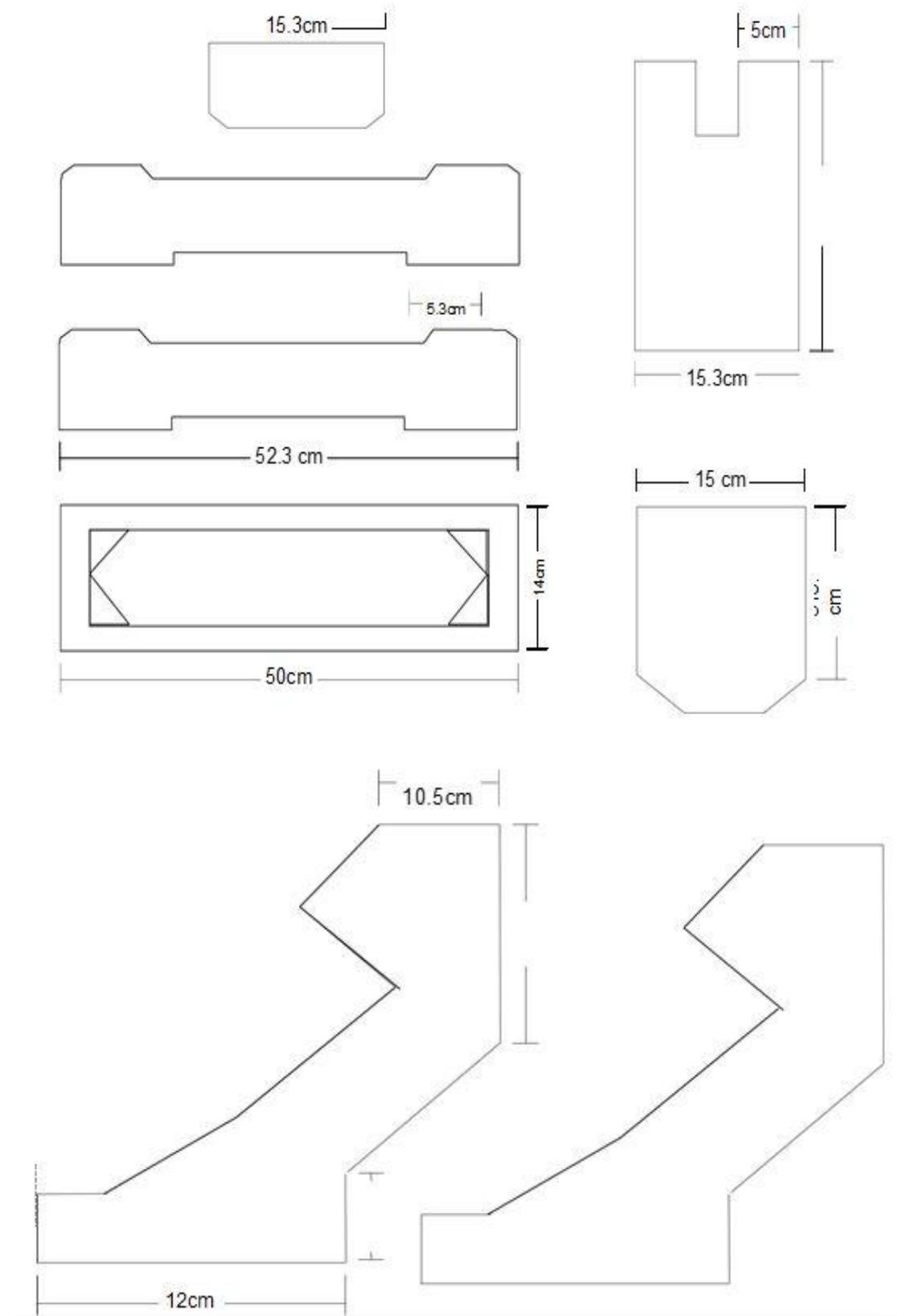
A continuación se detallará la elaboración de la cnc en el siguiente orden:

- Carpintería: Elaboración de las piezas en madera MDF.
- Ensamble de piezas mecánicas.
- Electrónica.
- Pruebas de la máquina.

3.3.2.1. Elaboración de la estructura de la cnc.

Durante el proceso de elaboración de las piezas se trabajó con madera fibran o MDF que da un muy buen acabado y es muy fácil de trabajar. Se hicieron cortes de distintos ángulos, perforaciones y círculos, se tuvo la necesidad de usar brocas de distintas medidas, fresas para el acabado de formas complejas y para hacer círculos, la herramienta más importante fue un **metabo** que sirvió para hacer los cortes grandes, prácticamente casi todas las piezas de la cnc.

Se pretende construir una cnc con movimiento de las torres y área de trabajo fija y no al inverso como se encuentran muchos diseños por el internet. En la Fig. 3.55. Se encuentran las plantillas de todas las piezas que forman parte de esta CNC así también como las dimensiones de cada pieza. Luego de haber realizado cada una de las piezas de madera se procede a ensamblar cada uno de los ejes.



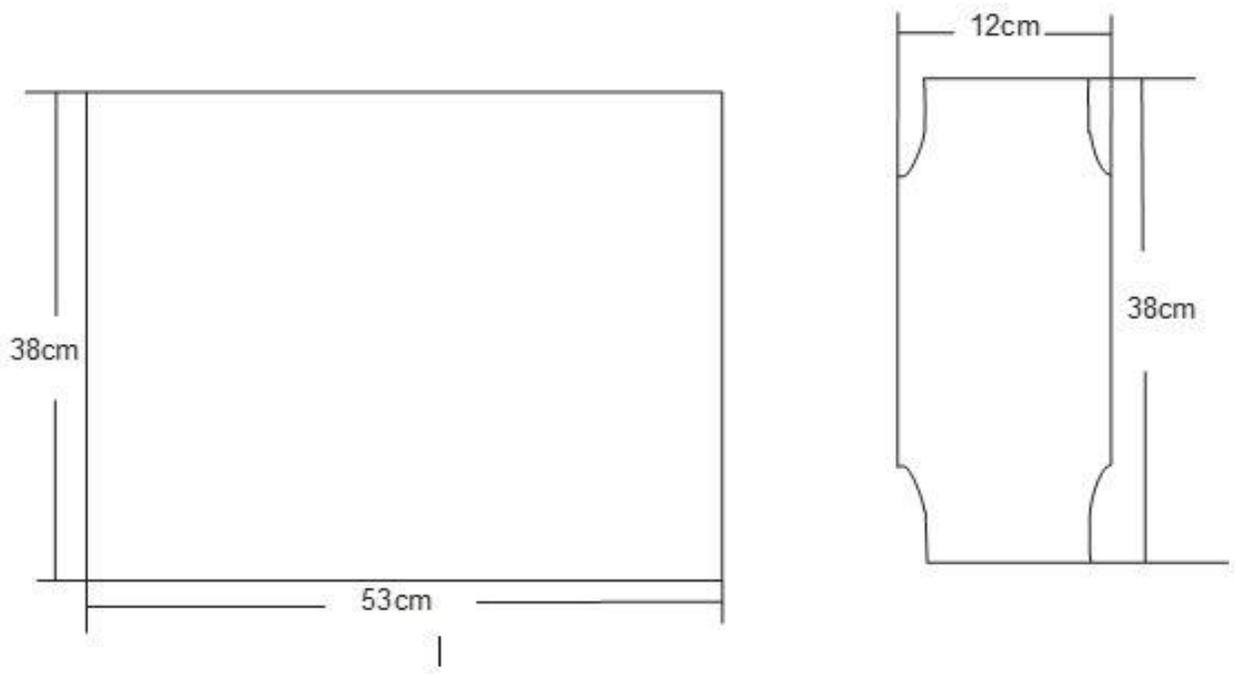


Figura 3, 55 Plantillas de la estructura física de la CNC

Construcción del eje X.

Primeramente se realizaron los cortes de la base del área de trabajo y donde se encuentra la varilla que mueve al eje y. En la figura 3.56 se muestra la estructura del eje X que servirá de base para la torre que soportará al eje Y, Z.



Figura 3, 56 Estructura del eje x de la cnc.

Construcción del eje Z.

Las siguientes piezas a realizar fueron las del eje z ya que primeramente se necesitaba armar todo el eje Z y X para poder hacer el ensamble entre todos los ejes. El eje z consta de una pieza que sostendrá un mototool marca Dremel que será el que hará todas las perforaciones a las PCB. En la Fig. 3.57 se muestra el eje z.

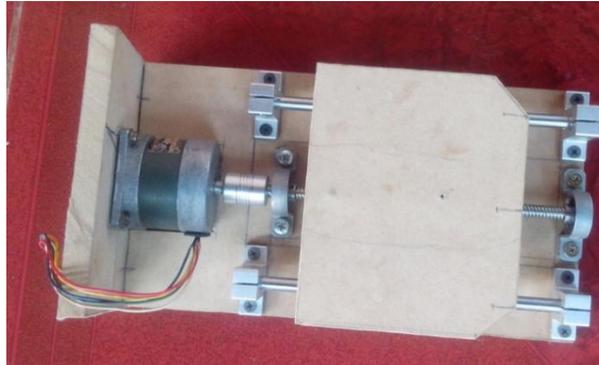


Figura 3, 57 Estructura del eje z de la cnc.

Construcción del eje Y.

Este eje fue el más complejo ya que cada uno de los ejes tiene que ir con sus medidas exactas y con el nivel correcto para que la maquina tenga una buena precisión. La construcción de las torres que soportaran a los ejes Z, Y fueron otras piezas complejas ya que estas tienen una forma compleja, el objetivo de su forma es para se pueda ubicar el punto 0 desde el inicio del borde del área de trabajo.

El eje Y tiene una forma rectangular el cual en su interior es hueca para disminuir el peso de la pieza y con un par de piezas triangulares en cada borde de la parte interna para mayor reforzamiento.

3.3.2.2. Montaje de las piezas mecánicas.

El montaje de las piezas mecánicas se realizó al momento de que se iba finalizando la construcción de las piezas de cada eje. Primero se ubicaron los soportes que sostienen las varillas aceradas en cada uno de los ejes, estos soportes están

separados entre ellos a una medida dada, estas dependen de la forma de cada eje. Otra pieza mecánica a ubicar fueron las chumaceras que van entre medio de los soportes en cada esquina y las cuales se encargaran de sostener la varilla roscada y cuidar que no se salgan de su nivel en cada eje.

Luego se montó los rodamientos, estos deben de colocarse con las medidas exactas. Es muy importante realizar bien esta parte ya que de esta dependerá que los ejes se muevan libremente sobre las varillas aceradas gracias a las guías que internamente contienen Balines. En esta etapa se tuvo muchas complicaciones ya que en algunos momentos no coincidían las direcciones de los agujeros de las guías con las varias además llegaron a quedar muy ajustadas estos a causa de la mala ubicación de las guías, se corrigió el problema quedando estas muy suaves y deslizándose libremente sobre la varillas aceradas.

3.3.2.3. Montaje de la electrónica.

Para el funcionamiento de la CNC se necesita de una interface y 3 drivers para motores paso a paso unipolar.

Existen muchos diseños para la realización de interfaces y drivers: a base de micro controlador pic, con arduino y las shield controladoras de motores paso a paso, además de otras que son módulos muy costosos de distintas marcas. El diseño propuesto es a base de electrónica digital muy económica.

Construcción de la interface:

Esta interface se comunica por medio del puerto paralelo a una pc, sus dimensiones son de 10.5cm x 8 cm. Sus principales componentes son el ic74hc244. Para la construcción de pcb primeramente se diseñó en Eagle cada una de sus máscaras: antisolder (Fig. 3.60), simbología (Fig. 3.59) y pistas (Fig. 3.58) para la obtención de los negativos en acetatos. En las siguientes figuras se muestran cada una de las artes.

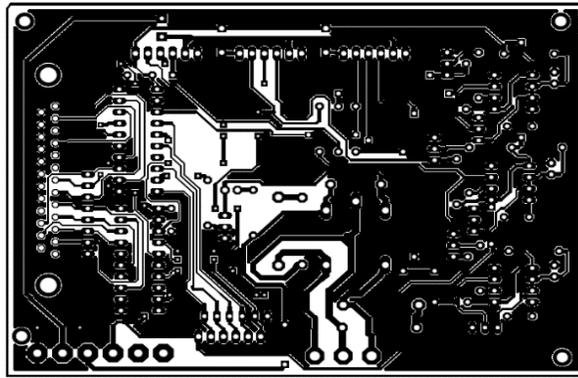


Figura 3, 58 Negativo de pistas interface en Eagle.

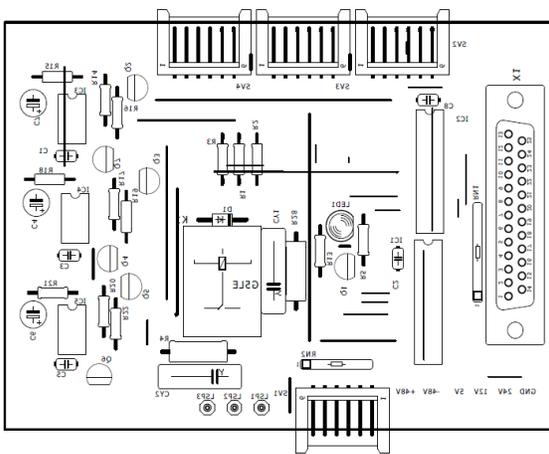


Figura 3, 59 Positivo de simbología realizado en Eagle.

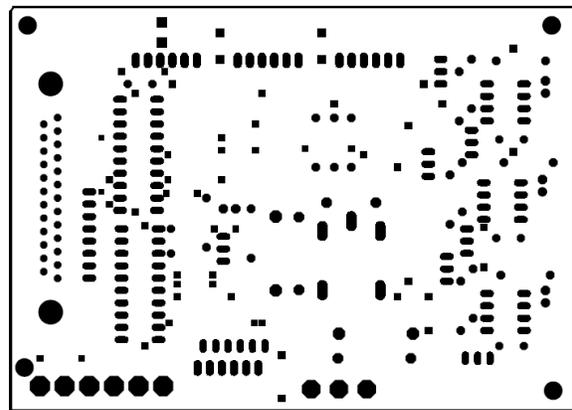


Figura 3, 60 Positivo de antisolder realizada en Eagle.

En la construcción de las pcb se usaron tintas uv aplicando de manera manual a las placas. El primer paso fue sensibilizar la placa con tinta uv, luego foto exponer a la luz ultravioleta la placa adherido al fotolito de la Fig. 3.58 con el diseño de las pistas, se programa en la insoladora de 8 a 12 minutos para que la luz penetre los espacios en blanco del diseño. Finalizado el tiempo, se retira la tinta sobrante con tinner y se sumerge la placa en ácido nítrico, este químico corroe el cobre haciendo que este se desprenda de la placa a excepción del cobre protegido por la tinta. Se retira la tinta con soda caustica en estos instantes aparecerá el cobre circuito impreso.

Siguiendo el procedimiento anterior y con el diseño de la Fig. 3.60 se aplica la máscara antisoldante tal y como lo demuestra la Fig. 3.61



Figura 3, 61 Aplicando el antisolder

Luego con el diseño de la Fig. 3.59 se realiza la simbología de la placa, esta está ilustrada por la Fig. 3.62.

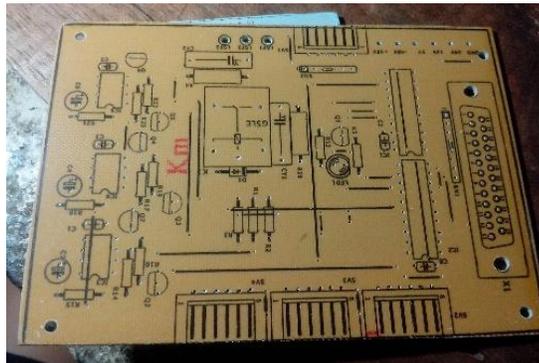


Figura 3, 62 Aplicando la simbología

Luego de la obtención de la placa se procedió a la soldadura de jumper y el ensamble de componentes electrónicos, primeramente resistencias seguido de capacitores, integrados, terminales, puerto paralelo, etc. como lo muestra la Fig. 3.63.



Figura 3, 63 Acabado final de interface.

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

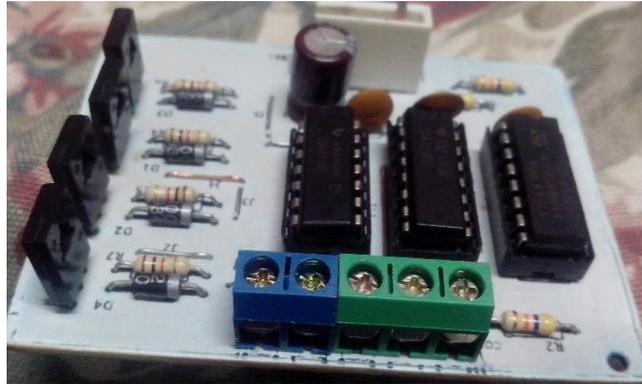


Figura 3, 67 Ensamblaje de los driver de motor

Ensamble y armado de los ejes de la CNC.

Para lograr la unión de cada uno de los ejes y armar por completo la cnc primero se colocó las torres donde se encuentra el eje X y Z sobre la plataforma de trabajo, se usaron tornillos gypsum para unir las torres con el eje Y, se midió el nivel de esta para que no hubieran desajustes, se socaron cada una de las piezas mecánicas que están sujetadas por tornillos hallen y por ultimo un engrase de toda la parte mecánica. En la Fig. 3.68 se muestra el resultado final.

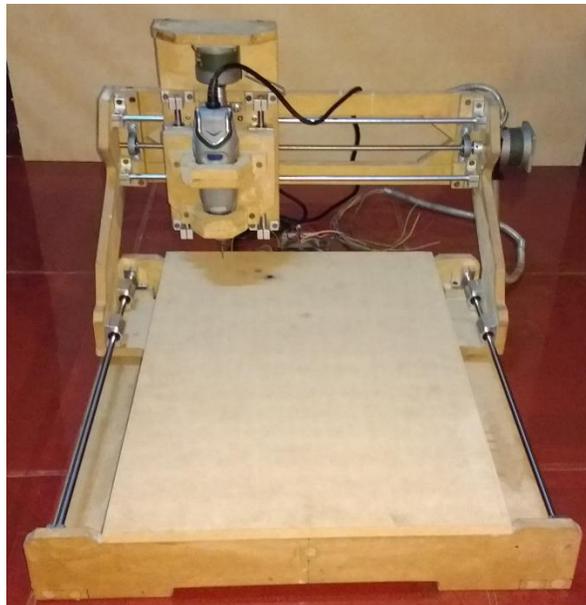


Figura 3, 68 Montaje de la estructura física

3.3.2.4 Realizando pruebas de la CNC.

Primeramente con el software UNIVERSAL G CODESENDER se realizaron las pruebas independientes de cada uno de los ejes con la interface y sus respectivos driver de motor, luego se probó los tres ejes juntos sin realizar ningún diseño. Cada eje funcionó correctamente. La calibración de la máquina fue el último detalle para lograr la precisión y exactitudes de la CNC, logrando calibrar la maquina obtendremos: que por cada paso está avanzara un milímetro en cualquiera de sus ejes. En la Fig. 3.69 se muestran los parámetros ya configurados, que permiten la funcionalidad exacta de la CNC.

```
$0=100.000 (x, step/mm)
$1=100.000 (y, step/mm)
$2=25.000 (z, step/mm)
$3=10 (step pulse, usec)
$4=200.000 (default feed, mm/min)
$5=200.000 (default seek, mm/min)
$6=192 (step port invert mask, int:1100000)
$7=15 (step idle delay, msec)
$8=999.000 (acceleration, mm/sec^2)
$9=0.050 (junction deviation, mm)
$10=0.200 (arc, mm/segment)
$11=25 (n-arc correction, int)
$12=3 (n-decimals, int)
$13=0 (report inches, bool)
$14=1 (auto start, bool)
$15=0 (invert step enable, bool)
$16=0 (hard limits, bool)
$17=0 (homing cycle, bool)
$18=0 (homing dir invert mask, int:00000000)
$19=500.000 (homing feed, mm/min)
$20=500.000 (homing seek, mm/min)
$21=100 (homing debounce, msec)
$22=1.000 (homing pull-off, mm)
ok
```

Figura3, 69 Parámetros para la calibración de la CNC

Los parámetros más importantes que aparecen en la Fig. 3.69 son los primeros tres, que son la calibración de los ejes X, Y, Z. Lo primero que se tiene que conocer son la cantidad de pasos por vuelta de los motores. Entonces al realizar los cálculos se obtiene:

Como cada motor utilizado es de 200 pasos por vuelta entre 2, que son los 2mm que avanza por vuelta las varillas del eje X, Y. esto va a ser igual a 100 pasos por milímetro, refiriéndose a la varilla roscada del eje z esta avanza 8mm por vuelta, quiere

decir que 200 pasos por vuelta entre 8 mm brinda un resultado de 25 pasos por milímetro. De lo anterior se deduce que el eje z es el más rápido.

A continuación se presenta las características de los motores:

- ✓ 200 pasos por vuelta (200/rev)
- ✓ 1.8 grados/pasos
- ✓ Diámetro del eje: 9mm
- ✓ Pesa 500g

En la Fig. 3.70 se muestra la prueba de la CNC realizando el grabado de un círculo sobre un pedazo de madera y grabado del diseño de un angel en acrílico. La respuesta que tiene esta máquina con respecto al software es excelente, y la velocidad de perforación es estandard a pesar de que los motores utilizados son pequeños.



Figura 3, 70 Prueba final de la CNC

3.3.2.5 Materiales y costos de la CNC.

La tabla 6 presenta los materiales y costos de la CNC, como se puede observar la mayoría de los elementos son reciclados. Lo más costoso son las partes mecánicas, y los motores, pero como los motores fueron reciclados el costo de esta CNC redujo considerablemente. Cabe destacar que las dimensiones, tamaño y lógica de esta máquina no son de un prototipo, es por ello que se ha tenido cuidado al llamar a esta CNC prototipo ya que tiene el mismo tamaño que una CNC profesional pequeña. El costo de esta CNC alcanza aproximadamente C\$10 000.00 siendo este mucho menor al precio de una CNC ya ensamblada.

Estructura Mecánica			
Cantidad	Materiales	Valor unitario	Valor Total
2	pares de varillas aceradas de 52 cm	C\$ 7,500.00	C\$ 7,500.00
1	par de varillas aceradas de 30 cm		
3	Acoples		
2	varillas roscadas de 52cm		
1	varilla roscada de 30 cm		
6	pares de chumaceras		
6	pares de soportes para varillas		
12	Rodamientos		
Carpintería			
1	Lamina MDF 1.5mx2m	C\$ 590.00	C\$ 590.00
48	Tornillos con cabeza de hallen	C\$ 6.00	C\$ 288.00
30	Tornillos gypsum	C\$ 0.25	C\$ 7.50
1	Pegamento	C\$ 70.00	C\$ 70.00
2	Lijas	C\$ 20.00	C\$ 20.00
1	Fresas multi dientes de titanio	C\$ 650.00	C\$ 650.00
16	Tornillos de 3mm con tuercas	C\$ 3.00	C\$ 48.00
Electrónica Drivers			
3	motores paso a paso	Reciclados	Reciclados
1	Tarjeta virgen 30x22cm	C\$ 110.00	C\$ 110.00
3	3 capacitores electrolíticos	C\$ 6.00	C\$ 18.00
16	16 transistores bd441	C\$ 7.00	C\$ 21.00
16	16 resistencia de 1k ohm	C\$ 4.00	C\$ 64.00
9	9 resistencias de 47k ohm	C\$ 4.00	C\$ 36.00
2	3 Ic cd4516	C\$ 20.00	C\$ 60.00
3	3 Ic cd4028	Reciclados	reciclados

3	3 Ic 4071	C\$ 25.00	C\$ 75.00
6	6 Terminarles de bloque	C\$ 5.00	C\$ 30.00
Electrónica Interfaz			
1	relé	Reciclado	Reciclado
3	Lm55	Reciclado	Reciclado
2	75hc244	C\$ 25.00	C\$ 50.00
3	Bc558	C\$ 8.00	C\$ 24.00
3	Bc548	C\$ 8.00	C\$ 24.00
3	Capacitor 10nf	Reciclado	Reciclado
3	Capacitor 47uf	C\$ 5.00	C\$ 15.00
3	Resistencia 120k ohm	C\$ 4.00	C\$ 12.00
7	Resistencia 1k ohm	C\$ 4.00	C\$ 28.00
15	resistencias 47k ohm	C\$ 4.00	C\$ 60.00
1	Fuente multi voltaje 12v,24v,5v	Reciclado	Reciclado
TOTAL			C\$ 9 820,50

Tabla 6 Materiales y costos de la CNC.

3.3.2.6 Características técnicas de la CNC

- Tamaño: 52.3 cm x 52.3 cm
- Peso: 20 libras
- Voltajes de entrada: 5VDC, 24VDC, 12VDC
- Corriente: 1 A
- Moto tool:
 - Modelo: Dremel 3000
 - Corriente de consumo: 1.5 A
 - Potencia: 150 W
 - Voltaje de entrada: 110 VAC
- Utilidad:
 - Cortes
 - Perforados
 - Calados
- En materiales:
 - Plástico
 - Madera
 - Aluminio
 - Acrílico

3.3.3. Elaboración de prototipo sistema de impresión serigráfica.

En la sección de sensibilizado de la placa (3.2.2.1) se puede encontrar el diseño de sistema serigráfico propuesto, este en su totalidad es un sistema automático de lazo cerrado, el cual es capaz de realizar la impresión de la tinta uv sobre la placa con solo presionar el botón de marcha; este sistema está ilustrado por el Diagrama 1, este presenta un sistema a base de cilindros neumáticos con su respectivo esquema de mando el cual tiene la capacidad de controlar estos cilindros para dicha aplicación.

A continuación se detalla la elaboración de un prototipo de sistema serigráfico capaz de demostrar dicha funcionalidad del diseño. Al igual que en el prototipo de insoladora, se omitirá cierta estructura y movimiento en este sistema, pero la lógica de funcionamiento seguirá siendo la misma. Cabe recalcar que el prototipo será semiautomático ya que el bastidor estará fijado a una mesa de trabajo, esto con el objetivo de reducir costos y realizar el prototipo lo más simple posible.

Se sabe que los cilindros neumáticos tiene un alto costo, a esto le sumamos la cantidad de cilindros que posee el diseño original. Es por ello que se trabajó a base de motores DC porque son reciclados ayudando a reducir considerablemente el costo del prototipo. Cabe señalar que el diseño original es netamente industrial y está perfectamente diseñado, ya que los cilindros neumáticos son de reacción rápida comparado con los motores DC.

El diseño original del sistema automático de impresión serigráfica tiene la siguiente secuencia: Cargado de la tinta, bajando el bastidor, cambio de cargador a racleta, impresión, cambio de racle a cargador, sube el bastidor. En el prototipo, como se dijo anteriormente, se omitirá el sube y baja del bastidor haciéndolo un poco más sencillo; para que el marco se mantenga fijo se deberá anexar una gaveta debajo de este con apertura manual para que la placa sea colocada en la gaveta y cuando esta se cierre quede la tarjeta justo debajo del bastidor. A continuación se muestra paso a paso la elaboración del prototipo de sistema semiautomático de impresión serigráfica.

3.3.3.1. Elaboración del marco o bastidor.

Es un marco de madera (puede ser hierro, aluminio, etc.) que en su interior tiene una malla de tela, esta no es tela común, sino que es una tela especial que posee 120 hilos por cm^2 , a mayor cantidad de hilos por cm^2 mayor definición de impresión, la malla debe de estar tensa y está fijada al marco con grapas o clavos pequeños. El bastidor tiene las siguientes dimensiones de: 38 cm x 49cm y la elaboración de este está ilustrado por la Fig. 3.71 donde se muestra el bastidor ya armado.



Figura 3, 71 Elaboración del Bastidor

3.3.3.2. Elaboración de la racleta y el cargador.

La racleta es la encargada de realizar la impresión, básicamente es una lámina de goma de por lo menos 10 mm de espesor. Las dimensiones de la goma son: 18cm x 6cm. Las racletas convencionales se les adhiere una guía de aluminio y se fija a un pedazo de madera, esto cuando lo realizan de forma manual. Para este caso solo se usara la goma, pero esta debe de llevar una lámina metálica que tenga un ángulo aproximado a 45° ya que si la goma está completamente recta (a 90°) la impresión no es efectiva. La Fig. 3.72 muestra la racleta utilizada.



Figura 3, 72 Racleta para impresión

El cargador es un poco más sencillo consiste en una lámina delgada rectangular de cualquier material, que para este caso será acrílico, sirve para esparcir la tinta en la superficie de la malla y para recoger la tinta en un solo lugar. Esta debe ir posicionada con un ángulo recto para que su aplicación sea efectiva. Las dimensiones que posee el cargador son: 20cm x 6cm.

3.3.3.3. *Elaboración del brazo impresión y cargado.*

Como lo muestra la Fig. 3.73 se montó rieles de gaveta a una tabla de madera que mide: 49.5 cm x 12 cm estos rieles están fijados a la maderas por tornillos, esta pieza tiene como función sostener el racle y el cargador para que estos puedan moverse a lo largo del bastidor de forma horizontal.



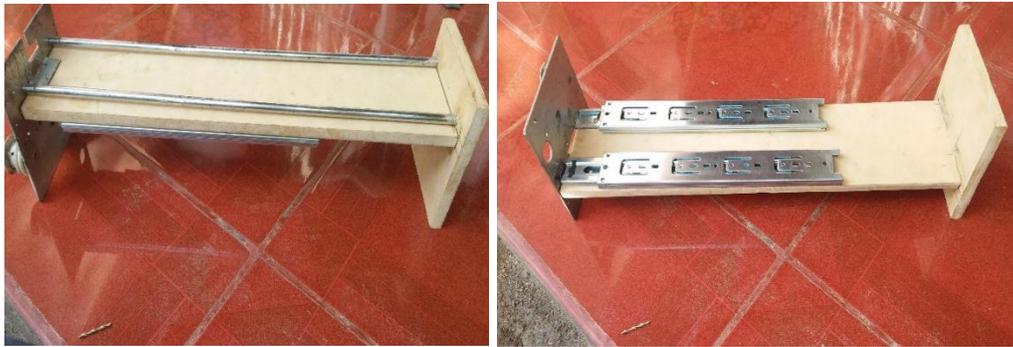
Figura 3, 73 Montaje de los rieles

Luego se procedió a elaborar un soporte, como lo muestra la Fig. 3.74 es reciclada y se le dio forma de acuerdo a su utilidad, la cual es soportar la pieza descrita en el párrafo anterior. Esta pieza está hecha de un 90% de hierro y el restante de madera, las dimensiones que esta posee son las siguientes: tabla rectangular; 15.5cm x 16cm



Figura 3, 74 Soporte de los rieles

Ahora se realiza la unión de las piezas anteriores, perforando y atornillado se fijaron ambas las cuales están ilustradas por la Fig. 3.75 esta imagen muestra la unión del ensamblaje de ambas piezas anteriormente descritas con vistas desde la parte superior [Fig. 3.75 (a)] e inferior [Fig. 3.75 (b)].



(a)

(b)

Figura 3, 75 Montaje de los rieles sobre el soporte

3.3.3.4 Elección del motor.

La elección del motor fue un tanto difícil, ya que se necesitaba un motor que tuviera fuerza, que fuera rápido y que se le pudiera realizar inversión de giro. Inicialmente se extrajo el motor de un taladro, este motor trabaja con 12 V pero consume 4 A, la inversión de giro es sencilla y se pensaba aprovechar la punta de taladro para acoplar la varilla roscada a este, pero tenía la desventaja que era bastante lento. Luego se presentó la idea de un motor paso a paso pero se conoce que se tiene que crear una tarjeta driver o utilizar una placa de arduino, es por ello que se descartó. Se presentó la opción de probar motores DC a pesar de que la inversión de giro en este es sencillo, pero no tiene la suficiente fuerza para esta aplicación, además de no contar con acoples entre varilla y motor. Finalmente se pensó en un motor AC a pesar de que la inversión de giro es un tanto compleja se compensa con la fuerza y velocidad que este tiene, además que se logró conseguir acople entre el motor y la varilla roscada. En la Fig. 3.76 se puede apreciar el motor a utilizar para este sistema de impresión serigráfica.



Figura 3, 76 Motor AC utilizado en el sistema de impresión serigráfica

3.3.3.5. Montaje de la varilla roscada.

Durante este procedimiento se realizó el ensamblaje de la varilla roscada y el motor al mecanismo de rieles verticales. Primeramente se realizaron camisas de madera se perforaron y al centro de estas se coloca una tuerca del calibre de la varilla roscada, a su vez estas camisas están sujetas a ambos rieles de manera uniforme, luego se perfora a un extremo del soporte y se introduce la varilla roscada de tal manera que atraviese las camisas con sus respectivas tuercas; al otro extremo del soporte se coloca una balinera de una dimensión similar a la varilla para que esta esté libre de fricción este proceso es ilustrado por la Fig. 3.77.



Figura 3, 77 Ensamblaje de la varilla roscada

El motor utilizado, como se dijo anteriormente, es AC con un eje de 5mm y el acople de motor a varilla roscada es de 5 a 8mm. Una vez ensamblado como lo muestra la Fig. 3.78 se conecta el motor a la red convencional 110 VAC. Cuando el motor gire en un sentido girará la varilla haciendo avanzar a los rieles hasta que la impresión sea completada, el motor cambia su sentido de giro y regresa a su posición inicial recogiendo la tinta sobrante.

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.

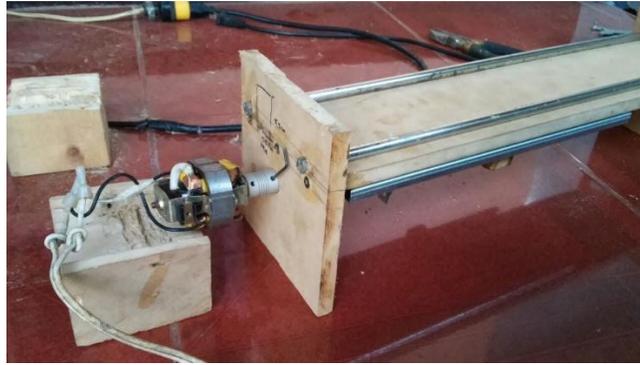


Figura 3, 78 Ensamblaje de motor AC

3.3.3.6. Mecanismo racleta cargador

Este mecanismo básicamente consiste en hacer subir y bajar el racle en un determinado momento. El movimiento sube y baja de la racleta se realiza con dos electroimanes, estos son colocados de manera estratégica, uno es para que la racleta suba y el segundo es para que baje. El cargador estará fijo durante todo el movimiento.

Tanto a la racleta como al cargador se le han colocado laminas metálicas la cuales se fijaron en los rieles de manera uniforme. Inicialmente el racle estará abajo se presiona el botón marcha y el motor comienza a girar en un sentido, entonces los rieles comienzan a desplegarse ya que la racleta y el cargador esta fijos a los rieles estos lo acompañan en su trayectoria, realizando el proceso de impresión sobre la placa.

Los rieles al finalizar su recorrido presionaran un final de carrera que hará que el motor cambie el sentido de giro, a su vez hará que se active el electroimán de subida, haciendo ascender la racleta y que el cargador recoja la tinta. Cuando los rieles se hayan contraído por completo presionaran un final de carrera el cual activara el electroimán de bajada del racle y mandara a desactivar el giro del motor.

3.3.3.7. Elaboración de la gaveta.

Teniendo claro el procedimiento y funcionalidad de este sistema solo queda por realizar una gaveta, que deberá ir justo debajo de toda la estructura y especialmente debajo del bastidor. La gaveta tiene dimensiones similares a batidor. La apertura y cierre de la gaveta es manual y se colocó un riel a cada lado. En esta gaveta serán colocadas las placas que se vayan a sensibilizar.

3.3.3.8. Materiales y costos del prototipo de sistema serigráfico.

Como lo muestra la Tabla 7 la mayoría de los materiales son reciclados dejando como costo total C\$ 1 210.00.

Cantidad	Descripción	Precio/und.	Total
2	Pares de rieles para gaveta	C\$ 75.00	C\$ 150.00
1	Varilla roscada de 6mm	C\$ 40.00	C\$ 40.00
Varios	Piezas de madera MDF	Reciclado	Reciclado
1	Estructura metálica con varillas	Reciclado	Reciclado
2	Electroimanes	Reciclado	Reciclado
1	Motor DC de taladro	Reciclado	Reciclado
1	Riel de aluminio 50cm	C\$ 50.00	C\$ 50.00
1	Marco de madera	C\$ 150.00	C\$ 150.00
1	1 mt ² de tela de 180 hilos	C\$ 500.00	C\$ 500.00
1	Pedazo de goma de caucho	C\$ 300.00	C\$ 300.00
4	Tuerca para varilla acerada	C\$ 5.00	C\$ 20.00
varias	Laminas metálicas	Reciclado	Reciclado
Total			C\$ 1,210.00

Tabla 7 Materiales y costos del prototipo de sistema de impresión serigráfica

3.3.4. Costo general de la elaboración de prototipo de sistema semiautomático para la fabricación de PCB.

En la tabla 8 se detalla la inversión en activos fijos necesarios para implementar el prototipo de sistema semiautomático para la elaboración de PCB. La inversión total en activos fijos será de C\$ 40,642.50.

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	Insoladora ultravioleta	C\$ 1,662.00	C\$ 1,662.00
1	Máquina de fresado CNC	C\$ 9,820.50	C\$ 9,820.50
1	Impresora serigráfica	C\$ 1,210.00	C\$ 1,210.00
1	Computador para control de CNC	C\$ 1,500.00	C\$ 1,500.00
1	Computador para diseño CAD para PCB	C\$ 9,000.00	C\$ 9,000.00
2	Monitor	C\$ 3,500.00	C\$ 7,000.00
2	Teclado	C\$ 250.00	C\$ 500.00
1	Esmeril de 900 Watts	C\$ 900.00	C\$ 900.00
1	Taladro 600 Watts	C\$ 1,100.00	C\$ 1,100.00
	Moto tool Dremel 150 Watts	C\$ 1,500.00	C\$ 1,500.00
1	Horno eléctrico de secado a temperatura 1000 Watts	C\$ 400.00	C\$ 400.00
1	Insoladora de luz blanca para revelado del bastidor	C\$ 400.00	C\$ 400.00
1	Impresora láser	C\$ 3,500.00	C\$ 3,500.00
2	Juego de fresas	C\$ 450.00	C\$ 900.00
2	Juego de brocas	C\$ 450.00	C\$ 900.00
3	Mesa para taller	C\$ 350.00	C\$ 1050.00
Total		C\$ 35,992.50	C\$ 41,342.50

Tabla 8 Inversión en activos fijos

La materia prima para fabricar PCB dependerá directamente de la cantidad de placas de circuitos impresos a realizar. La tabla 9 presenta un aproximado de los costos de la materia prima y las cantidades a comercializar; suponiendo que se adquiriera el mínimo el costo total de la materia prima para fabricar PCB sería de C\$ 2,285.00.

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total
1	Baquelita 28cm x 21.6cm	C\$ 110.00	C\$ 110.00
1 kg	emulsión	C\$ 450.00	C\$ 450.00
1 kg	Tintas policat	C\$ 465.00	C\$ 465.00
1 lt	Acondicionador	C\$ 250.00	C\$ 250.00
100 gr	Tintas uv	C\$ 150.00	C\$ 150.00
1 lt	Tinner	C\$ 60.00	C\$ 60.00
3 m	Cinta adhesiva	C\$ 20.00	C\$ 20.00
1 hoja	Filminas	C\$ 10.00	C\$ 10.00
1 lt	Ácido nítrico	C\$ 70.00	C\$ 70.00
1 kg	Catalizador	C\$ 450.00	C\$ 450.00
1 lt	Removedor de emulsión	C\$ 250.00	C\$ 250.00
TOTAL		C\$ 2,285.00	C\$ 2,285.00

Tabla 9 Materia prima para elaborar PCB con la técnica de la serigrafía

3.3.5. Breve análisis de factibilidad del sistema semiautomático para la manufactura de PCB

3.3.5.1 Precios de fabricación de PCB

A continuación en la tabla 10 se presentan los precios de impresos de placa por unidad, de 10 a 50 unidades y de 50 a 100 unidades. Si el cliente solo contara con diseños esquemáticos y tuviera problemas al entregar los archivos gerber, estos se elaborarían por el precio descrito en la tabla. Habrán clientes el cual no tengan ningún conocimiento en la electrónica pero que quieran llevar a la realidad su idea por esta razón se ha agregado un servicio de Diseños de proyectos el cual la asesoría será gratis y el costo de la elaboración de un proyecto dependerá de la magnitud de este.

Material	Descripción	Valor CM ² unidad	Valor CM ² de 10 a 50.	Valor CM ² de 50 a 100.
Baquelita	Pistas, antisolder, mascara de componentes.	\$ 0.25	\$ 0.15	\$ 0.10
Fibra de vidrio	Pistas, antisolder, mascara de componentes.	\$ 0.30	\$ 0.20	\$ 0.15
Servicios adicionales				
Generación de archivos GERBER		\$ 2.50		
Diseño de proyectos		Depende de Magnitud y complejidad.		
Asesoría		Gratis		

Tabla 10 Precios de impresión de placas y otros servicios

3.3.5.2. Capacidades de fabricación

En la tabla 11 se describe las capacidades de fabricación de placas, se tendrá en cuenta que entre mayor sea la producción con el tiempo estas capacidades de fabricación podrían mejorar como: aumentar el número de capa a 2 capas, metalizado de drill, diferente grosor de PCB.

Capacidades de fabricación	
Numero de capas	1
Material	Fibra de vidrio, baquelita
Grosor de pcb	2mm
espacio entre pistas	0.2mm
Dimensión para pistas	0.2 mm
Espacio de agujeros	0.25 mm

Tabla 11 Capacidades de fabricación de PCB

3.3.5.3. Archivos gerber necesarios para la fabricación de PCB.

En la tabla 12 se establecen los archivos que el cliente tendría que entregar para la producción de su diseño, estos son los que se necesitan para un pcb de una sola capa. Estos archivos son de gran necesidad ya que las máquinas automáticas como la CNC necesitaran de códigos G generados a partir de archivos gerber para el perforado y corte, también son de gran necesidad al momento de trabajar con impresoras de transparencias (fotolitos), estas impresoras también conocidas como foto plotter de hecho son máquinas de control numérico computarizado que se mueven en un plano.

Para la fabricación de pcb se requiere los siguientes archivos Gerber	
Nombre de la capa	Archivo
Bottom Layer	.GBL
Solder stop mask bottom	.GBS
Silk bottom	.GBO
NC Drill	.TXT

Tabla 12 Archivos gerber necesarios para la fabricación de PCB

3.3.5.4. Relación de ganancias en la producción de PCB.

Las ganancias dependerán directamente de la cantidad de placas producidas y las dimensiones de esta, en la tabla 12 se pueden apreciar los resultados de ventas en lapsos de tiempo de un día, una quincena y un mes, los resultados apreciados son brutos es decir sin deducciones de gastos de materia prima, salarios, impuestos, etc. Los precios de fabricación han sido comparados a los precios del mercado internacional de México, Venezuela y Colombia siendo estos costos superiores a los que se han planteado.

Relacion de ganancias en la produccion de PCB				
Dimensiones de fabricación	Costos de producción	Dia	Quincenal	Mensual
pcb de 5 cm x 5 cm	\$ 0.15= 10 unidades a 50	$0.15 * 25 \text{ cm}^2 = 3.75\$$	\$ 35.5 * 15= \$562.5	\$ 35.5* 30= \$1,125
		$3.75\$ * 10 \text{ unidades} = 35.5\$$		
Pcb de 10cm x 10 cm	\$ 0.15= 10 unidades a 50	$0.15 * 100 \text{ cm}^2 = 15\$$ $15\$ * 10 \text{ unidades} = 150\$$	\$ 150 * 15= \$ 2,250	\$150 * 30 = \$4,500

Tabla 13 Relación de ganancias en la producción de PCB.

3.3.5.5. Clientes.

El diseño de placa de circuito impreso puede llegar a cubrir diferentes áreas del mercado nacional donde los clientes potenciales serían las pequeñas y medianas industrias. Otros clientes que podrían necesitar de este servicio serian estudiantes universitarios, estudiantes de los institutos técnicos y aficionados a la electrónica.

4. Conclusiones

Se ha analizado y comparado las diversas técnicas para la fabricación de circuitos impresos, estas son: Técnica del planchado, Técnica serigráfica y Técnica Fotográfica. Siendo más viable el método de serigrafía, ya que ofrece una placa robusta y con un excelente acabado, además de ser relativamente rentable.

Para desarrollar un sistema semiautomático para la fabricación de PCB con la técnica serigráfica se ha tenido que recurrir a diferentes áreas de la ciencia; como la electrónica de potencia, la electrohidráulica, la programación por microcontroladores, el diseño gráfico, las artes serigráficas, mecánica, carpintería etc. ya que través de estas materias se logró diseñar las etapas de sensibilizado, foto exposición, grabado del cobre, aplicación de mascara antisoldante y de leyenda, además de los cortes y perforaciones.

Se ha logrado elaborar un prototipo sistema semiautomático para la fabricación de PCB, este sistema consta de tres máquinas elementales las Cuales son: Insoladora, CNC y sistema de impresión serigráfica. La insoladora también conocida como horno UV es la encargada de la etapa de foto exposición, básicamente es un cajón cerrado de madera con Led UV dentro y un temporizador programable de hasta 99 minutos. La CNC o máquina de fresado de control numérico computarizado que es la encargada de realizar la etapa de corte y perforado esta mediante un código G obtenido de herramientas CAM realiza las perforaciones de las PCB de manera automática. El sistema serigráfico consiste en un brazo accionado por un motor capaz de realizar una impresión sobre cualquier placa, esta realiza la etapa de sensibilizado de la placa.

5. RECOMENDACIONES

- Siempre pensando en reducir costes, la tinta uv se podría reemplazar por tinta policat para ello se debe revelar previamente la malla del bastidor con el diseño a imprimir y también utilizar catalizador para imprimir la máscara antisoldante y de componentes.
- Se debe sustituir la LED uv de 45 W por una de mayor potencia y tamaño para acelerar el proceso de secado en la etapa de foto exposición.
- Ya que los motores de la CNC son pequeños y de 200 pasos/vuelta se deberán de sustituir por unos más grandes y de menos pasos/vuelta, para aumentar la velocidad de la CNC.
- Para el prototipo sistema de impresión serigráfica, se debe conseguir un motor DC que posea más fuerza y sea más veloz.
- Realizar un estudio económico incluye un estudio técnico de proyecto, una análisis profundo de mercado, encuestas, entrevistas, factibilidad y viabilidad. Este estudio no se realizó ya que esto conlleva a un conocimiento amplio en materia económica y el factor más importante es que se requiere es el tiempo ya que puede demorar semanas he incluso meses para realizarlo.
- Para complementar y agilizar a un más el proceso de este sistema, se debe de diseñar e implementar una banda transportadora que enlace modulos de impresión serigráfica hacia la insoladora.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Construyasuvideorockola.com. (2011). *FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS (PCB): Circuitos impresos elaborados con la técnica de planchado*. Recuperado de http://construyasuvideorockola.com/fabricacion_impresos_01.php
- Alfonso, A. (2008). *PLAN DE NEGOCIOS PARA UNA MICROEMPRESA QUE OFRECE DISEÑO Y FABRICACION DE CIRCUITOS IMPRESOS*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica el Litoral.
- Atoche, J. (2012). *ELABORACIÓN DE TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO POR MÉTODOS DE SERIGRAFÍA*. Yucatan, Mexico: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA.
- Bellido, M. J. (2016). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PCBS*. Bogotá, Colombia: ISPESA.
- Hernandez, M. (2012). *PROCESOS DE FABRICACION PARA CIRCUITOS IMPRESOS E INTEGRADOS*. Mexico D.F: Instituto Politecnico Nacional.
- Laguna, L. A. (2009). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA IMPRESORA DE SERIGRAFÍA NEUMÁTICA*. Riobamba, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- Construyasuvideorockola.com. (2011). *FABRICACIÓN DE CIRCUITOS IMPRESOS (PCB): Circuitos impresos elaborados con la técnica de serigrafía*. Recuperado de http://construyasuvideorockola.com/fabricacion_impresos_03.php

7. ANEXOS

Anexo 1. PCB elaboradas por el método serigráfico.

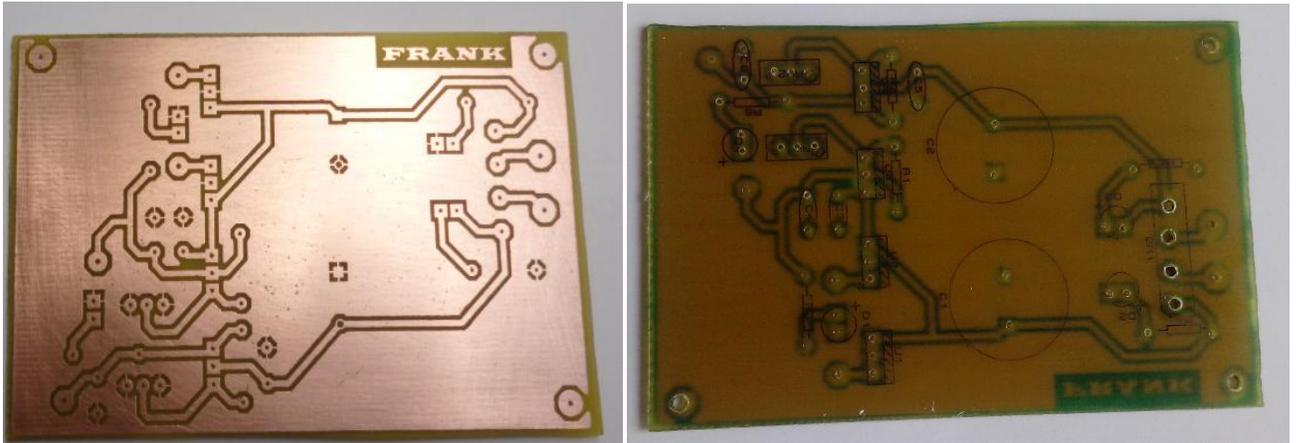
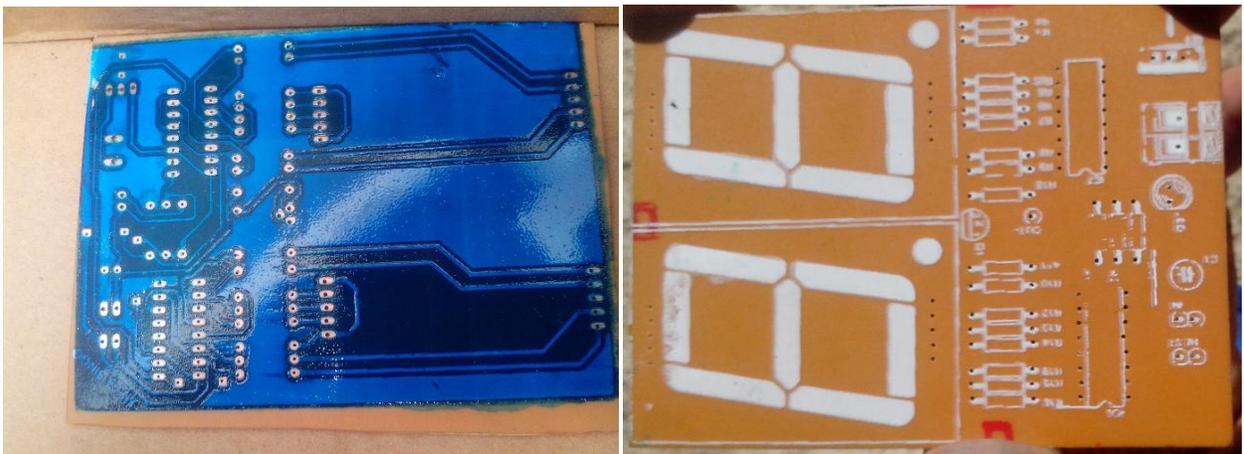


Figura 7, 1 PCB para fuente de poder



Sistema semiautoático para

s (pcb), utilizando el

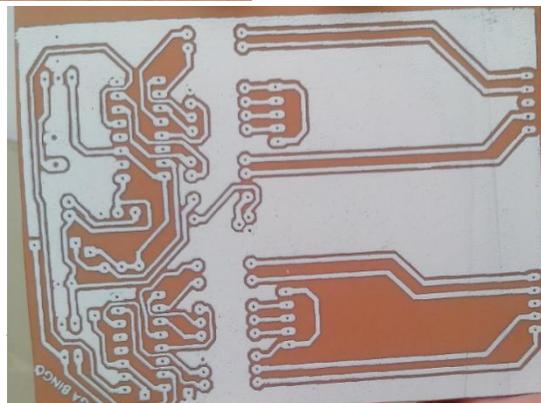


Figura 7, 2 PCB para contador ascendente de 00 a 99

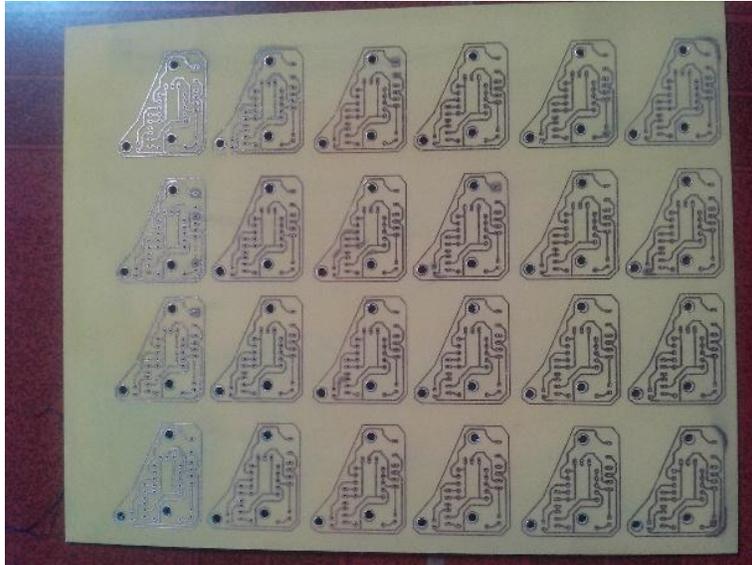


Figura 7, 3 Varias PCB en una para sensores ópticos

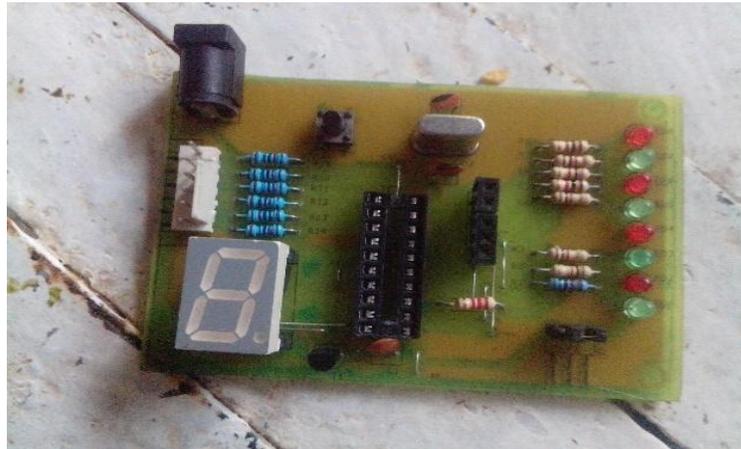


Figura 7, 5 PCB para entrenador de PIC

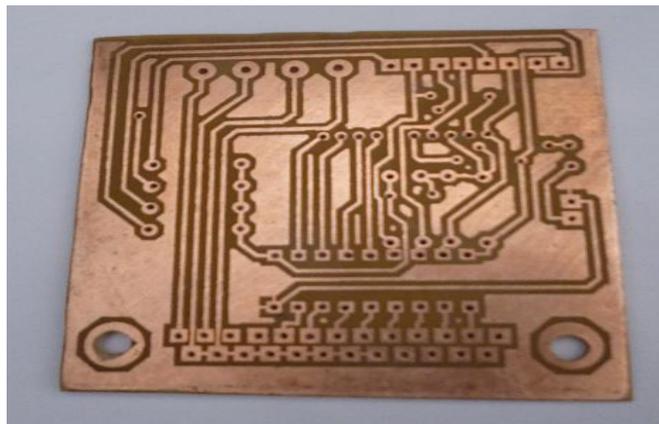


Figura 7, 4 PCB para driver de cámara web

Sistema semiautomático para la manufactura de placas de circuitos impresos (pcb), utilizando el método de serigrafía.