

**PROTOTIPO MICROPOSICIONADOR Y SOLDADOR DE CINTA FLEX PARA
PANTALLAS DE TELEVISORES LED Y LCD**

DIEGO ARMANDO RIVERA LÓPEZ

YOHANDRIS PÉREZ TOSCANO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

VALLEDUPAR

2024

**PROTOTIPO MICROPOSICIONADOR Y SOLDADOR DE CINTA FLEX PARA
PANTALLAS DE TELEVISORES LED Y LCD**

DIEGO ARMANDO RIVERA LÓPEZ

YOHANDRIS PÉREZ TOSCANO

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO AL COMITÉ EVALUADOR DE
PROYECTOS DE GRADO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA
UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR**

DIRECTOR:

Msc. JORGE ELIECER QUINTERO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

VALLEDUPAR

2024

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADO

PROTOTIPO MICROPOSICIONADOR Y SOLDADOR DE CINTA FLEX PARA
PANTALLAS DE TELEVISORES LED Y LCD ELABORADO POR:


DIRECTOR:

JORGE ELIECER QUINTERO

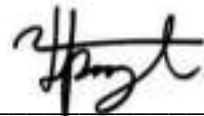


ESTUDIANTES:

DIEGO ARMANDO RIVERA LÓPEZ



YOHANDRIS PÉREZ TOSCANO



Valledupar, 10 septiembre 2024

Dedicatoria

. Dedico este proyecto primeramente a Dios, quien es dueño y creador de todas las cosas, a mis padres quienes siempre me apoyaron y quienes se sacrificaron para darme una educación, a mi hermana, quien me apoyó en todo momento, con ánimo y con respaldo para siempre seguir adelante, a mis maestros, quienes se empeñaron en una dirección sabia y llena de conocimiento. a mi director el cual fue un baluarte en la investigación. A mis amigos porque siempre estuvieron con una voz de aliento a todos ellos dedico este trabajo.

Diego Armando Rivera López

Dedico el resultado de esta tesis a Dios y mi familia, en especial a mis padres por siempre apoyarme en todos los retos que deseo asumir, dado que lo logrado hasta el momento es fruto también de su esfuerzo y dedicación. Gracias por moldear a la persona que soy hoy, con principios y valores, los cuales son útil en mi cotidianidad, puesto que soy el reflejo de su mejor versión.

Yohandris Perez Toscano

Agradecimientos

. Expresamos nuestro sincero agradecimiento, en primer lugar, a nuestros padres, quienes siempre han brindado su apoyo incondicional para alcanzar estos objetivos. Agradecemos a nuestros directores por sus valiosas guías a lo largo de todo el proceso de estos proyectos. Nuestra gratitud se extiende a todos los docentes que compartieron sus conocimientos durante nuestras etapas en la universidad. También queremos reconocer a nuestros compañeros, con quienes compartimos horas de estudio, trabajamos en equipo y vivimos diferentes anécdotas que quedarán en el recuerdo. Por último, queremos expresar nuestro agradecimiento a las Universidad Popular que nos proporcionaron las herramientas y escenarios necesarios, permitiéndonos obtener nuestros tan ansiados títulos profesionales.

CONTENIDO

RESUMEN	16
ANTECEDENTES	18
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	21
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
JUSTIFICACIÓN	25
OBJETIVOS	27
OBJETIVO GENERAL	27
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
Capítulo 2 MARCO REFERENCIAL	28
CONCEPTO DE SOLDADURA.....	28
SOLDADURA HOT BAR.....	29
SOLDADURA POR REFLUJO O REFUSIÓN	30
MOTORES PASO A PASO.....	31
MICROPOSICIONADOR	34
IMPORTANCIA SOBRE LAS PANTALLAS PLANAS.....	35
¿CÓMO FUNCIONA UN LCD?.....	36

CABLES PLANOS (CINTA FLEX).....	37
TRANSDUCTORES Y SENSORES.....	37
Transductor	37
Sensor.....	39
SENSOR DE TEMPERATURA TERMOPAR	40
SOFTWARE DE MONITOREO Y CONTROL (LAB VIEW).	41
Capítulo 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	44
DIAGRAMA DE BLOQUES.....	44
ÍNDICES ABSOLUTOS MÁXIMOS	46
ETAPA DE INSTRUMENTACIÓN E INDICACIÓN.....	46
Sensor de temperatura.....	46
Sensor de distancia.....	50
Indicador sonoro.....	54
Cooler.....	55
ETAPA DE POTENCIA.....	56
Cautín.....	56
Crossover	57
Control dimmer de triac	58

Alimentación del prototipo	59
ETAPA ELECTROMECHANICA.....	61
Motor paso a paso.....	61
Módulo A4988 driver motor pololu paso a paso	63
Módulo shield CNC V3 GRBL Arduino.....	64
ETAPA DE CONTROL.....	65
ESP32 WROOM.....	65
ETAPA DE COMUNICACION	67
Diseño Grafico.....	67
Cámara Lupa USB	69
DISEÑO DE ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO	70
DISEÑO DE PCB.....	73
Capítulo 4 PRUEBAS Y RESULTADOS.....	78
MONTAJE FISICO DEL PROTOTIPO	78
Montaje físico de la PCB	78
Montaje de la estructura	79
Montaje final de la estructura.....	83
PRUEBA DE COMUNICACIÓN CON LA INTERFAZ.....	86

PRUEBA DE LA CAMARA LUPA USB	87
PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA.....	88
PRUEBA DEL CONTROL DE MOTORES	93
Capítulo 5 DISEÑO METODOLÓGICO Y PRESUPUESTO	99
RECOMENDACIONES.....	105
CONCLUSIONES.....	106
REFERENCIAS	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de bloques principal	44
Figura 2. Termocupla tipo K	48
Figura 3. Modulo MAX6675	49
Figura 4. Conexión general de ESP32 y max6675	50
Figura 5. Encapsulado VL53L0.....	52
Figura 6. Conexión básica del sensor VL53L0.....	53
Figura 7. buzzer activo	54
Figura 8. Esquema de conexión buzzer activo	54
Figura 9. Cooler 12V	55
Figura 10. diagrama de conexión Cooler	55
Figura 11. Cautín 30W y punta para soldar cinta Flex	56
Figura 12. Comparación entre el crossover y la red alterna.....	57
Figura 13. Esquema de Crossover	57
Figura 14. Esquema de conexión de triac.....	58
Figura 15. Respuesta transitoria con red Snubber.....	59
Figura 16. Motor paso a paso 42SHD0001-24B	61

Figura 17.A4988 driver motor	63
Figura 18. módulo shield CNC V3 GRBL ARDUINO - máquina CNC impresora 3D.....	64
Figura 19. Encapsulado ESP32 WROOM	66
Figura 20. PINOUT ESP32 WROOM.....	66
Figura 21. diseño panel frontal LABview.....	67
Figura 22. Diagrama de bloques de LABview	69
Figura 23. Cámara lupa USB.....	70
Figura 24. Estructura de ejemplo.....	71
Figura 25. diseño 3D de estructura propia.....	72
Figura 26. diseño 2D en CORELDRAW	73
Figura 27. Vista superior de PCB principal	75
Figura 28. Vista capa inferior de la PCB principal.....	76
Figura 29. Vista superior e inferior de PCB.....	77
Figura 30. Vista superior de PCB principal	78
Figura 31. Vista inferior de PCB principal	79
Figura 32. Estructura de Soporte de motores paso a paso armado	79
Figura 33. Acople para motor y varilla	81

Figura 34. sistema de fijación y corrimiento	82
Figura 35. Soporte para evitar rotación.....	83
Figura 36. Presentación final del prototipo desde varias vistas.....	84
Figura 37. Punta para soldar cinta Flex	85
Figura 38. Conector USB-UART	86
Figura 39. Puerto COM del módulo USB-UART	87
Figura 40. bloque para la visualización de imágenes.....	87
Figura 41. Configuración de NI vision	88
Figura 42. Respuesta en el tiempo del sensor de temperatura	89
Figura 43. Código para ajuste de PI	90
Figura 44. Respuesta en el tiempo de controlador PI	91
Figura 45. Controlador PI de temperatura	91
Figura 46. función de bloques para recibir temperatura	92
Figura 47. Función de bloques para enviar temperatura.....	92
Figura 48. Conexiones en la Shield CNC V3	93
Figura 49. Ubicación interna de componentes dentro de la caja de circuitos	94
Figura 50. Relación entre las flechas y letras	94
Figura 51. Esquema de programación en LabView	96

Figura 52. Código de movimiento de motor	97
Figura 53. Rangos máximos de movimiento de la estructura.....	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Índices absolutos máximos.....	46
Tabla 2. Comparación de sensores de temperatura	47
Tabla 3. comparación de sensores de distancia	51
Tabla 4. Resumen alimentaciones del sistema.....	60
Tabla 5. Fases de Desarrollo.....	99
Tabla 6. Recurso humano	101
Tabla 7. Recursos de Hardware	101
Tabla 8. Recursos de Software.....	102
Tabla 9. Costo de materiales.....	102
Tabla 10. costo inicial del desarrollo	103
Tabla 11. Costo estimado de administrativos imprevistos y utilidades.	103
Tabla 12. Costo final de la implementación	104

RESUMEN

Este proyecto aborda la necesidad de reparación de dispositivos electrónicos, en particular, la cinta flex en televisores, en entornos con recursos limitados. Se plantea una configuración integral con un diagrama de bloques que abarca cinco componentes clave: instrumentación e indicación, potencia, electromecánica, el microcontrolador ESP32, y una interfaz en LabVIEW con una cámara para visualización detallada. La evolución tecnológica ha llevado a diseños más compactos, pero la falta de maquinaria especializada y costos elevados de equipos importados crea dificultades en países como Colombia. La población de bajos ingresos y la escasa presencia de talleres especializados en ciudades como Valledupar subrayan la necesidad de soluciones accesibles.

La contribución teórica se centra en el modelado de sistemas de control, adquisición de datos y variables clave. El proyecto destaca la importancia de la ingeniería electrónica en la creación de soluciones innovadoras y accesibles para la reparación de dispositivos tecnológicos, ofreciendo una propuesta práctica que puede tener un impacto significativo en entornos con limitaciones de recursos.

. El proyecto integra de manera efectiva instrumentación, potencia, electromecánica, control y monitoreo para posicionar y soldar la cinta Flex. La configuración se planificó detalladamente, considerando índices absolutos máximos para garantizar la integridad del prototipo. La combinación de tecnologías, como motores paso a paso y el microcontrolador ESP32, asegura un sistema versátil y

preciso, respaldado por una interfaz intuitiva en LabVIEW para un control eficiente del proceso.

ANTECEDENTES

En la exploración de los procesos de microposicionamiento y soldadura de cintas Flex, buscando una forma de abordar la problemática, se realizó la revisión de literatura existente a través de bases de datos, buscando antecedentes de estudio, proyectos e investigaciones similares que permitan construir una base sólida para el desarrollo de este proyecto.

“diseño e implementación de un prototipo microposicionador y fusionador de fibras ópticas”, autores: Fabio Vega, Pablo Sáenz, Cesar Torres, Lorenzo Mattos, publicado en: REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA, año 2006, Universidad Popular del Cesar, Valledupar, Colombia. En el que se hace un énfasis especial en el proceso del micro posicionamiento, acoplando un sistema automático para dicho propósito, en este caso usando un micro controlador como eje principal de la operación, en este caso tuvieron la problemática de requerir un alto voltaje para la fusión de las fibras, por lo que le dieron solución, haciendo uso de un transformador que elevara la tensión para lograr generar las condiciones necesarias para la fusión de las fibras ,además presentaron una implementación aplicada al concepto de internet de las cosas, es decir podían hacer el control de los procesos usando aplicativos para móviles y almacenar algunos datos en la red. [1]

“Soldadura Hot Bar: Flex a PCBs”, autores: Mike Szuch y Chris Heesch, Nordson-DIMA, marzo 2016. En el que se da un enfoque detallado y por etapas del proceso de soldadura para cintas Flex al resto de circuitos, especificando desde la

fundamentación teórica como se da el proceso, sus condiciones, sus ventajas respecto a otras alternativas, también se hace mención al sistema de control en general, por lo que los resultados, son monitoreados y supervisados para que cumplan los criterios de calidad. Finalmente abordan las consideraciones como son el mantenimiento de los equipos, algunas mejoras que podrían favorecer la calidad del proceso y recomendaciones de prácticas indebidas que puedan ser perjudiciales. [2]

“Sistema de posicionamiento aplicado a la técnica de impresión 3D modelado por deposición fundida”, Autores: Edgar Absalón Torres Barahona, Jerisson Xavier León Medina, Edwin Torres Díaz, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad Seccional Duitama. Carrera 18 Calle 22, Duitama, Boyacá, Colombia. Diciembre 06 de 2012. En este artículo se presenta la base que se debe tener en cuenta para el diseño y construcción de un sistema mecánico de posicionamiento, el cual hace parte de un prototipo mecatronico que integra diferentes áreas como son la electrónica, mecánica, control. Con el fin de construir una maquina automática que responde con las necesidades técnicas en la que se quiera implementar que en el caso de este artículo es una impresora 3D. [3]

“Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica”, Autores: LÓPEZ VELASCO WALTER, MOYÓN AMAGUAYA NELSON, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA – ECUADOR 2011, en esta tesis se fundamentada en el desarrollo de un sistema de control , monitoreo y

adquisición de datos (SCADA), aplicado en equipo compactRIO desarrollados por la empresa national instruments a las cuales se le pueden adaptar módulos para medición de temperatura, voltajes, corrientes, [4]

Señales digitales, señales analógicas que se basan en la nueva tecnología de Entradas/Salida, y luego programarlo en el entorno de labview que nos permite procesar las diferentes señales para su control y monitoreo.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

En este proyecto la línea de profundización principal está basada en la instrumentación electrónica. En conjunto con la automatización y control de procesos, de manera que se desarrollará un equipo con características industriales, en el cual se evidencie la optimización de procesos existentes que todavía se realizan manualmente debido a su complejidad y la alta precisión que requieren.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La evolución de la tecnología ha dejado atrás los diseños de diferentes dispositivos utilizados diariamente por las personas, los cuales cuentan con una construcción robusta y poco práctica, por lo que son reemplazados por nuevos diseños dispositivos mejor diseñados, que ofrecen una mejor calidad de construcción, esto sucede debido a que sus componentes de construcción también han sufrido un cambio en sus diseños, trayendo así componentes mucho más pequeños pero con la misma o mejor autonomía comparado con su antecesores, dando como resultados dispositivos con tamaños más reducidos, resistentes y en el caso de máquinas grandes, hacer que su peso sea menor, aportando un factor bastante buscado a día de hoy , que es la portabilidad y la ergonomía.

En el caso específico de dispositivos que cuentan con pantallas como lo son televisores, teléfonos y tabletas inteligentes, se destacan las características anteriormente mencionadas, que para el común de las personas es de gran importancia, pero debido a estos nuevos diseños han traído una desventaja en la parte de reparabilidad de este tipo de dispositivos, puesto que el montaje y desmontaje de sus piezas es necesario la utilización de máquinas especializadas para ese proceso , las cuales sólo se encuentran en industrias encargadas de ensamblar estos dispositivos y en grandes talleres de reparación que brindan soporte técnico para sus marcas.

En países desarrollados como china, el gran adelanto tecnológico los ha llevado a ser una de las potencias mundiales, pioneros en la manufactura de componentes y repuestos electrónicos, como también el ensamblaje de maquinaria para exportación hacia las diferentes naciones del mundo. Comparado con Latinoamérica, dónde los países que lo conforman son Subdesarrollados, debido a diferentes factores, como deudas externas que tiene el estado, atrasos en los métodos de educación y tecnologías, entre otros hacen que en estos países la adquisición de maquinaria enfocada a la reparación de dispositivos sea difícil de acceso.

En Colombia, gran parte de la población tiene un nivel socioeconómico bajo, según la Encuesta Multipropósito de 2017 realizada por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en la ciudad de Bogotá, viven en el estrato 1, 2 y 3 hasta 6,9 millones de personas (86,04%); en el 4 habitan 757.923 (9,42%); y en el 5 y 6 apenas 365.459 (4,54%). Lo mismo ocurre en Medellín donde los estratos bajos concentran 75,52% mientras que los que pagan una contribución extra son solo 12,73% del total; o en Cali donde 83% de los lados de manzana de casas pertenecen a los estratos 1, 2 y 3 frente a 8% que están en 5 y 6.

Esto nos indica que el poder adquisitivo de gran parte de la población obrera colombiana no es muy alto, por lo que para una persona con sueldo promedio, se encuentra fuera de su presupuesto el adquirir maquinaria de otros países para la reparación o ensamblaje de dispositivos, debido al costo elevado del producto, y a los cargos de importación.

Valledupar al ser una ciudad pequeña es un claro ejemplo de lo anteriormente mencionado, debido a que las posibilidades que tienen las empresas o talleres locales de ser poseedores de maquinaria especializada para la reparación, ensamblaje de dispositivos tecnológicos como televisores sean limitadas.

En el campo de la reparación de dispositivos electrónicos existen una variedad de herramientas tecnológicas que permiten la solución de problemas de funcionamiento que presentan dichos equipos, en el caso puntual de los televisores de última tecnología como los de pantalla led o curvos, los cuales presentan daños comunes como la desconexión de la cinta flex, por motivo de una caída, manipulación en el lugar de trabajo o simplemente se busca reemplazar la pantalla o la cinta flex debido a un daño irreparable en ella. Este elemento es el encargado de polarizar la pantalla y transportar la información que será representada visualmente.

Al no existir en el medio local un dispositivo de bajo costo que permita realizar este tipo de reparaciones como lo es posicionar y soldar correctamente la cinta flex gran parte de los televisores que padecen este daño son desechados o vendidos por piezas, generando desechos electrónicos nocivos para el medio ambiente.

La reparación de este componente representa un alto grado de dificultad para los técnicos y personal que se dedica a este trabajo, por lo que surge la oportunidad de diseñar y construir un prototipo que permita realizarlo de manera eficaz a un bajo costo.

JUSTIFICACIÓN

Posicionar y soldar correctamente la cinta flex es un procedimiento de gran complejidad si se realiza de forma manual, dado que no se cuenta con la precisión que ofrecería un equipo diseñado específicamente para dicha función. Sin embargo, el costo de un equipo para dicho propósito es alto y en nuestro medio no se encuentra de manera comercial. Esto significa que, si se logra implementar un prototipo para realizar este procedimiento, tendrá buena aceptación en el comercio, ya que brindaría una solución a muchos televisores que son desechados porque se despegan la cinta flex.

Teniendo en cuenta el alto costo de estos equipos especializados, relacionado con lo que cobran los técnicos que realizan esa reparación bajo los riesgos que ello implica, se encuentra en esto un gran impedimento para que las empresas dedicadas a este oficio se vean relegadas a no invertir recursos en estos procedimientos. Por tal motivo, como estudiantes de ingeniería electrónica y haciendo uso de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de la carrera, proponemos diseñar y construir un prototipo que permita realizar este tipo de reparaciones y que sea de bajo costo.

Teóricamente, esta investigación tiene la finalidad de presentar una propuesta de prototipo microposicionador y soldador de cinta flex para pantallas de televisores LED y LCD, permitiendo analizar y detallar conocimientos fundamentales. Se describirá el sistema de control y monitoreo, la adquisición de datos y las variables

que interfieren en el proceso, de manera que se puedan contextualizar teóricamente los principios y leyes que han sido propuestos durante los procesos de formación académica e investigaciones previas. Además, se generará información valiosa sobre la utilización de tarjetas de desarrollo electrónico, comunicación serial, sistemas electromecánicos y la construcción de instrumentos electrónicos aplicados a la enseñanza en las áreas de instrumentación, control, electrónica digital y tratamiento de señales.

Desde el punto de vista metodológico, se presentarán algoritmos que corresponden al modelado de un sistema de control y monitoreo para los procesos llevados a cabo, como la adquisición de datos, el estado de las variables, el inicio y finalización. También permitirá la visualización mediante una interfaz de usuario amigable para el operador, aportando referencias para investigaciones futuras relacionadas con este campo, y que deseen aplicarlo a otro tipo de sistemas que involucren instrumentación virtual.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

. Diseñar y construir un prototipo microposicionador y soldador de cinta Flex para pantallas de televisores LED y LCD

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar un sistema electromecánico para el posicionamiento de la cinta Flex.
- Diseñar y construir el sistema que permitirá realizar el proceso de soldadura de la cinta Flex.
- Desarrollar una interfaz de control en labview para monitorear y controlar el micro posicionamiento, la temperatura y el tiempo en el proceso de soldadura.
- Acoplar el sistema para verificar el correcto funcionamiento.

CAPÍTULO 2 MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se encuentran los conceptos importantes y necesarios para el desarrollo del proyecto.

CONCEPTO DE SOLDADURA

Según (JEFFUS, 2009) La American Welding Society (AWS) define una soldadura como "una coalescencia localizada (la fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando) de metales o no metales producida mediante el calentamiento de los materiales a las temperaturas de soldadura requeridas, con o sin la aplicación de presión, o mediante la aplicación de presión sola y con o sin el uso de material de aportación". En lenguaje menos técnico, una soldadura se produce cuando las piezas separadas de material que se van a unir se combinan y forman una pieza al ser calentadas a una temperatura lo suficientemente alta como para causar ablandamiento o fusión y fluyen juntas. Se puede utilizar o no presión para unir las piezas. En algunos casos, la presión sola puede ser suficiente para forzar a que las piezas de material separadas se combinen y formen una sola pieza. Cuando es necesario, se agrega material de aportación para formar una soldadura completa en la junta. También es importante señalar que utilizamos la palabra material porque hoy en día, se pueden hacer soldaduras de una lista cada vez mayor de materiales, como plástico, cristal y cerámica. [5]

Por otro lado (Giachino & Weeks, 1996) sostienen que la soldadura es fundamental para la expansión y productividad de nuestras industrias. Actualmente es uno de los principales medios de fabricación y reparación de productos metálicos. Es casi imposible citar una industria, grande o pequeña, que no utilice algún tipo de soldadura. La industria ha encontrado en la soldadura un procedimiento eficiente, seguro y económico para la unión de metales en prácticamente todas las operaciones de fabricación y en la mayoría de las construcciones.

SOLDADURA HOT BAR

Hot barra de soldadura se lleva a cabo en una unidad de contenido que se ve como una prensa. El material a soldar se coloca debajo de la barra de sellado caliente. El sistema utiliza un método denominado pulso de unión. En lugar de fusión de la soldadura y el goteo en la que los materiales a ser soldados entre sí, los dos materiales están recubiertos por separado con una capa de estaño. Las partes se presionan entre sí para que se toquen, y luego la thermode (un dispositivo que proporciona una gran cantidad de calor) se presiona contra objetos. El calor de los objetos arriba, fusión de la soldadura sobre ellos, y luego se deja enfriar, tomando juntos todo el tiempo, este tipo de soldadura tiene como principio fundamental la presión por lo que se convierte en una variable importante durante el proceso, además debe resaltarse que el uso de este tipo de soldadura depende también de la aplicación específica en el que deben considerarse también los materiales y el entorno donde se planea realizar. [2]

SOLDADURA POR REFLUJO O REFUSIÓN

La soldadura por reflujo es un proceso en el que, mediante una pasta de soldadura, previamente extendida mediante una plantilla, se fijan los componentes temporalmente a las placas de circuito impreso gracias a su viscosidad, para después aplicarle calor y fijar los componentes de manera permanente.

La pasta de soldadura que se utiliza en dicho proceso es una mezcla de partículas de una determinada aleación y un fundente que elimina los óxidos para favorecer la soldadura. Las aleaciones más utilizadas en este proceso son Sn-Cu-Ag, con un punto de fusión 226 °C similar al Sn-Pb restringido su uso debido a su contenido en plomo, y Sn-Bi con un bajo punto de fusiones de 139°C, este último utilizado para componentes sensibles a las altas temperaturas. [6]

Este proceso no solo sirve para la soldadura de competentes SMT (Tecnología de montaje superficial), hay una técnica poco extendida denominada Paste-in-Hole la cual añade la pasta de soldar en los agujeros de los componentes del tipo THT (Tecnología de agujeros pasantes) para así ser soldados en el horno de reflujo junto a los componentes SMT. De esta manera no se requiere un equipamiento extra para la soldadura de los componentes del tipo THT.

En el proceso de soldadura mediante reflujo hay normalmente cinco fases, también llamadas zonas, cada una con un perfil térmico. Estas fases son:

- Evaporación: Se evaporarán los disolventes de la pasta de soldar.
- Activación: Se activa el fundente y se deja que actúe.

- Precalentado: Se precalientan los componentes y el circuito impreso.
- Reflujo: Se derrite la pasta de soldar que une los componentes a la placa.
- Enfriado: Se enfría la placa a una velocidad controlada y hasta una temperatura aceptable.

MOTORES PASO A PASO

En la actualidad, el número de motores que funcionan alimentados por fuentes de energía del tipo monofásico resulta superior al de todos los demás tipos. La mayoría de estas máquinas se utilizan en pequeños electrodomésticos, servomecanismos especiales, equipos de medición y control, cuyas potencias no alcanzan los 700 W, por lo que familiarmente se los conoce como motores de potencia fraccionaria, en razón de que su potencia no supera el caballo de fuerza. Asimismo, podemos encontrar aplicaciones de los motores paso a paso en el campo de la robótica, tecnología aeroespacial, control de discos duros y flexibles, unidades de cd-rom o de DVD e impresoras, sistemas informáticos, manipulación y posicionamiento de herramientas y piezas en general. Habitualmente funcionan con un bajo factor de potencia, tienen un rendimiento inferior al de los motores trifásicos, resultando más caros y voluminosos que aquellos a igual potencia. Debemos tener en cuenta que en su diseño entran en juego consideraciones tales como la búsqueda de un bajo costo, baja inercia, escaso peso y funcionamiento silencioso. Los motores paso a paso, también llamados de movimiento indexado o simplemente de pasos constituyen un caso especial de esta clase de motores, estando diseñados para girar un determinado ángulo en función de las señales eléctricas que se les

apliquen en sus terminales de control. La magnitud o resolución de los pasos que puede ejecutar un motor dependerá de sus características constructivas comprendiendo ángulos de menos de 1 hasta 15, o más, según el modelo. Este tipo de motores se emplean a menudo en sistemas de control digital en los que el motor recibe órdenes de lazo abierto en forma de un tren de pulsos para hacer rotar su eje en un ángulo perfectamente definido. Las aplicaciones típicas son, entre otras, motores para alimentación de papel en impresoras y máquinas de escribir, posicionamiento de cabezas de impresión o plumas en graficadores (plotters), cabezas de lecto escritura en unidades de disco de computadoras, posicionamiento de herramientas y soportes en equipos de mecanizado controlados numéricamente, aplicaciones en robótica, etcétera. En muchas aplicaciones se puede obtener una información precisa sobre la posición del elemento accionado, con tan solo llevar una cuenta de los pulsos que se mandan al motor paso a paso, no necesitando sensores de posición ni control por retroalimentación; lo que simplifica la instalación. Una ventaja notable de este tipo de motores es su natural compatibilidad con los sistemas electrónicos digitales, que son cada vez más comunes en una amplia gama de aplicaciones. [7]

La mayoría de los motores giran a una velocidad relativamente constante otros se mueven en pasos discretos. Los primeros tienen dos estados: marcha y parada, activación con el bloque rotor y el movimiento en pasos. Este movimiento puede ser suave o brusco, dependiendo de la frecuencia y de la magnitud de los pasos en relación a la inercia del rotor. Como todos los motores, los paso a paso son

convertidores electromecánicos, pero, debido a su aplicación específica forman una categoría aparte. Este tipo de motores responden a una forma muy definida (esto es, el giro del eje en uno o varios pasos) a ciertas señales digitales aplicadas a sus mecanismos de control. Por ello, los motores paso a paso se pueden usar para el control en un sistema abierto, sin realimentación. Esto evita los problemas que se derivan a menudo de los sistemas realimentados, tales como la inestabilidad y el sobreimpulso.

Para (BERTI et al., 2015) Un motor paso a paso, se puede definir como un convertidor electromagnético incremental que transforma pulsos eléctricos en movimientos angulares de un eje. Este movimiento angular, se repite exactamente con cada pulso sucesivo que el circuito de control inyecta al motor. Como resultado, los motores paso a paso poseen una elevada capacidad de posicionamiento. Esta característica los hace ideales para sistemas que requieran un control exacto de dirección, velocidad y posición de un movimiento. El único error del tipo sistemático que tiene un motor paso a paso, es su propio error de paso que está en el orden del 5% aproximadamente. Este error no se acumula, no depende del ángulo total girado ni del número de veces que se repita la posición final. Los motores paso a paso cuentan básicamente con tres secuencias de giro: excitación por bobina simple, por bobina doble y la de medios pasos. La secuencia de excitación por bobina doble provee mayor torque que la de bobina simple, resultando ambas en un movimiento angular igual al paso del motor.

La secuencia de medios pasos, alterna las secuencias de excitación por bobina simple y por bobina doble. De esta manera, se obtiene mayor precisión en los movimientos ya que permite movimientos cada medio ángulo de paso. En sistemas donde se necesite todavía mayor precisión, se recurre a una técnica denominada micropasos. La técnica de micropasos, consiste en que un motor paso a paso alcance posiciones intermedias entre un paso y un medio paso. De esta manera, en un motor de 1.8° por paso, por ejemplo, realizando 8 micropasos por paso se podría obtener, movimientos cada $0,225^\circ$. La técnica de micropasos trae aparejado otras ventajas tales como reducción de los problemas de resonancia y mejora en la velocidad de rotación. También tiene limitaciones físicas por problemas de linealidad y de la fricción estática del dispositivo mecánico. Actualmente los circuitos típicos de micropasos consisten en una fuente de potencia de corriente continua, un circuito lógico asociado y un conversor analógico digital (CDA) que genera tensiones de referencia. La corriente circulante por el bobinado del motor se compara con los valores de referencia del CDA, logrando mediante la lógica asociada un tren de pulsos que energizan las espiras de dicho motor.

MICROPOSICIONADOR

Los microposicionadores juegan un rol fundamental en la tecnología moderna debido a que encuentran aplicación en diversos campos, tales como micromaquinados y sondas de escaneo en microscopía (de efecto túnel, fuerza atómica, entre otras). La etapa de microposicionamiento generalmente hace

Automáticamente puede mover un determinado objeto (plataforma) con determinados grados de libertad (Degrees-of-Freedom, DOF) en su espacio de trabajo, y a su vez mantiene una resolución para su posición micrométrica.

Uno de los más elementales atributos de rendimiento de una etapa de microposicionamiento es la habilidad de mover la plataforma solamente con los grados de libertad deseados, lo que conlleva a que todos los movimientos indeseados queden restringidos. Esto se ha logrado a través de varios enfoques diferentes. Uno de los enfoques implica el diseño y la utilización de determinados tipos o modalidades de las articulaciones. Por ejemplo, las ranuras en V se utilizan en la etapa de posicionamiento con grados de libertad en XY con el fin de evitar las rotaciones indeseadas. [8]

IMPORTANCIA SOBRE LAS PANTALLAS PLANAS

Las pantallas planas han acaparado progresivamente el sector de la imagen en todas sus áreas. Teléfonos móviles, navegadores GPS, ordenadores y TV son algunos de los ejemplos más patentes de su avance imparable. El cristal líquido juega un papel preponderante en tamaños comerciales de hasta 42 pulgadas. Esta tesis se centra en la tecnología LCD de las mezclas antiferroeléctricas (AFLCs). Entre sus propiedades más sorprendentes destacan la velocidad de respuesta, muy superior a la de los neumáticos de las aplicaciones actuales, gracias a la puerta a los esquemas de matriz pasiva. Éstos se caracterizan por no precisar de la electrónica de condensadores y transistores asociada a cada píxel para guardar y

mostrar la información. En su lugar utilizan la transmisión natural del cristal a una tensión de mantenimiento típica del material, para todos los niveles de gris. [9]

¿CÓMO FUNCIONA UN LCD?

El LCD modifica la luz que lo incide. Dependiendo de la polarización que se esté aplicando, el LCD reflejará o absorberá más o menos luz. Cuando un segmento recibe la tensión de polarización adecuada no reflejará la luz y aparecerá en la pantalla del dispositivo como un segmento oscuro. Seguro que más de un lector habrá visto este fenómeno en calculadoras, relojes, etc.

El líquido de un LCD está entre dos placas de vidrio paralelas con una separación de unos micrones. Estas placas de vidrio tienen unos electrodos especiales que definen, con su forma, los símbolos, caracteres, etc. que se visualizarán.

La superficie del vidrio que hace contacto con el líquido es tratada de manera que induzca la alineación de los cristales en dirección paralela a las placas. Esta alineación permite el paso de la luz incidente sin ninguna alteración.

Cuando se aplica la polarización adecuada entre los electrodos, aparece un campo eléctrico entre estos electrodos (campo que es perpendicular a las placas) y esto causa que las moléculas del líquido se agrupen en sentido paralelo a este (el campo eléctrico) y cause que aparezca una zona oscura sobre un fondo claro (contraste positivo). De esta manera aparece la información que se desea mostrar.

[10]

CABLES PLANOS (CINTA FLEX)

El cable plano flexible (FFC) ha sido elegido para investigación, debido a su prevalencia e importancia en diversas ramas de proyectos, campos de esfuerzo aeroespacial y militar, así como programas industriales-comerciales. Generalmente, los cables conducen la electricidad desde la subestación donde se toma la energía de las líneas de la empresa de servicios públicos hasta el punto de utilización. Los cables planos se utilizan comúnmente en maquinaria como los carros lanzadera en la industria minera que tienen dispositivos para enrollar cables. La forma plana permite una mayor longitud en un carrete de cable y es menos susceptible a daños por atropello. Por otro lado, el cable plano se encuentra a menudo en aplicaciones electrónicas de alta densidad como computadoras portátiles y teléfonos celulares. Cables diseñados para señales pequeñas, p. Ej. Los cables de bus de datos que transportan datos digitales están apantallados para evitar que sus señales se vean afectadas por interferencias electromagnéticas. Los cables que transportan alta potencia y / o altas frecuencias también están blindados para evitar que sean la causa de interferencias electromagnéticas. [11]

TRANSDUCTORES Y SENSORES

Transductor

Un transductor se define como aquel dispositivo que es capaz de convertir una variable física en otra que tiene un dominio diferente. De acuerdo con esta definición, es posible afirmar que un transductor forma parte de un sensor o de un

actuador, pero la diferencia entre un sensor, un actuador y un transductor radica en que el transductor simplemente cambia el dominio de la variable, mientras que el sensor proporciona una salida útil para ser usada como variable de entrada a un sistema de procesamiento de la información y el actuador se encarga de ejecutar la acción determinada por el sistema de procesamiento de la información. Por ende, de manera general, se dice que un transductor cambia la variable física medida a una señal eléctrica, sin embargo, esto no siempre se cumple. Por ejemplo, piénsese en una báscula, como se sabe las hay electrónicas y mecánicas, para el caso de las básculas electrónicas el transductor tiene la tarea de transformar el peso de un objeto en una señal eléctrica que es interpretada posteriormente, mientras que en la báscula mecánica el transductor convierte el peso del objeto en un serial mecánico que recorre un indicador. Entonces, de manera general, se dice que un transductor es capaz de convertir una variable física en un movimiento, en presión, en flujo, en una señal eléctrica, etcétera. [12]

De manera muy general, los transductores se dividen en dos grandes ramas: transductores de entrada y transductores de salida. Cuando el transductor se usa como parte de un sistema de medido, se dice que el transductor es de entrada. Por tanto, un transductor de entrada es aquel que se usa para medir una variable física cuya salida es utilizada por un sistema de procesamiento de la información. Por otro lado, cuando el transductor es parte de un sistema de actuación se dice que este es un transductor de salida. Así, un transductor de salida es aquel dispositivo que convierte la señal del sistema de procesamiento de la información en una acción

tangible en el entorno, por ejemplo, el movimiento de un motor, la activación de una válvula, etcétera.

Sensor

Se puede decir que la definición del concepto de sensor está íntimamente relacionada con la definición de transductor, ya que un sensor siempre hará uso de un transductor. No obstante, la principal diferencia entre un transductor y un sensor radica en que el sensor no solo cambia el dominio de la variable física medida, sino que además la salida del sensor será un dato útil para un sistema de medición. De este modo, un sensor se define como un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida.

A diferencia de un transductor, el sensor sólo puede ser un dispositivo de entrada, ya que este último siempre será un intermediario entre la variable física y el sistema de medida. Así que en el caso de un sensor no basta con transformar la energía, este debe tener el tipo de dominio requerido. Hoy en día, los sensores entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales, debido a que este tipo de dominio físico es el más utilizado en los sistemas de medida actuales.

Los sensores pueden clasificarse de muchas formas distintas, pero las más comunes son por el tipo de variable a medir o por el principio de transducción utilizado. [12]

SENSOR DE TEMPERATURA TERMOPAR

Un termopar es un sensor para medir la temperatura. Se compone de dos metales diferentes, unidos en un extremo. Cuando la unión de los dos metales se calienta o enfría, se produce una tensión que es proporcional a la temperatura. Las aleaciones de termopar están comúnmente disponibles como alambre. Los termopares están disponibles en diferentes combinaciones de metales o calibraciones para adaptarse a diferentes aplicaciones. Los tres más comunes son las calibraciones tipo J, K y T, de los cuales el termopar tipo K es el más popular debido a su amplio rango de temperaturas y bajo costo.

El termopar tipo K tiene un conductor positivo de níquel-cromo y un conductor negativo de níquel-aluminio. Existen calibraciones tipo R, S, B, G, C y D para alta temperatura que ofrecen un rendimiento de hasta 2320 ° C. Estos están hechos de metales preciosos (platino / rodio y tungsteno / renio) y por lo tanto son relativamente caros. Cada calibración tiene un rango de temperatura y un entorno de trabajo diferente. Aunque la calibración del termopar dicta la gama de temperaturas, el alcance máximo también está limitado por el diámetro del cable del termopar. Es decir, puede ser que un termopar muy delgado no logre alcanzar el rango de temperatura deseado. [13]

SOFTWARE DE MONITOREO Y CONTROL (LAB VIEW).

Lab VIEW son las siglas de Laboratory Virtual Banco de trabajo de ingeniería de instrumentación. Es un entorno de programación gráfica, originalmente desarrollado para medición, análisis y proceso instrumentación. Las actualizaciones recientes permiten integración de bases de datos, adquisición y control de datos a través de Internet. El lenguaje de programación en sí es llamado G. LabVIEW tiene numerosas funciones integradas que hacen que la creación de interfaces de usuario, procesamiento de datos, E / S de archivos y comunicación con varios instrumentos fácil. LabVIEW está disponible para múltiples plataformas, como Microsoft Windows, Macintosh y variantes de UNIX. En LabVIEW, los programas de terminología son llamados instrumentos virtuales (VI). Excepto para VIs con Los VI de funciones específicas del sistema operativo se pueden transferir entre plataformas sin ningún problema. Cada VI de LabVIEW consta de dos partes: el panel frontal es el gráfico interfaz de usuario, el diagrama de bloques es el programa. A diferencia de los convencionales orientados a texto lenguajes de programación, G usa flujo de datos programación. Los elementos del programa son estructuras (por ejemplo, bucles, estructuras de casos) y funciones de LabVIEW (operaciones matemáticas, lógicas y matriciales básicas, Funciones de E / S de archivos e instrumentos, definidas por el usuario subrutinas, etc.). Los VI están "conectados entre sí" y estos cables llevan el flujo de datos. LabVIEW tiene varios tipos de datos básicos (numéricos, de cadena, booleanos, etc.) y tipos especiales

(por ejemplo, gráficos, intensidad Gráficos). Estos tipos de datos pueden agruparse en elementos definidos por el usuario. [14]

En su investigación y propuesta, argumenta que, Lab VIEW utiliza programación gráfica con un panel frontal claro y una sección de diagrama de bloques. La característica más beneficiosa es que Lab VIEW permite realizar un seguimiento y alteración en tiempo real y su efecto se siente inmediatamente para la observación]. Hemos utilizado Lab VIEW teniendo en cuenta los aspectos anteriores, ya que el objetivo principal era recrear un modelo que monitorea las actividades de una micro cuadrícula determinada. La interfaz así desarrollada implica tanto el control de seguimiento como la adquisición de datos.

Haciendo sub-Vis o sub Instrumentos virtuales apropiados se crea una distribución eficiente de tareas particulares en bloque y reducen la frecuencia de errores al unir numerosos aparatos. El sistema se vuelve competente por medio de los datos del dominio de enseñanza y, de la misma manera, se utiliza un conjunto de datos distribuidos uniformemente para probar el sistema. Se hace para confirmar que la sobre idoneidad no se lleva a cabo y para evaluar el desempeño fuera de la muestra.

La instrumentación virtual es básicamente una combinación de software y un sistema de configuración de hardware. Este sistema trabaja sobre un diseño específico dado o ya diseñado por el usuario. La instrumentación virtual ha crecido significativamente desde sus inicios en la década de 1970. En los últimos años, los softwars de simulación más utilizada son Pspice, Protel y MATLAB. Lab VIEW en

comparación con otro software de computadora se realiza en base al lenguaje combinado con las líneas de texto del código, lenguaje de programación gráfica Lab VIEW - lenguaje G. El programa resultante se presenta en diagrama de bloques.

Lab VIEW también es una simulación perfecta, una herramienta de depuración que contiene la configuración de puntos de interrupción, un solo paso, etc. Mediante el uso del modo de seguimiento continuo dinámico de Lab View, es posible el procesamiento de datos y la observación continua y dinámica de cambios. Por tanto, es más apropiado y eficaz que cualquier otro entorno de desarrollo del lenguaje. Los factores motores reales se pueden medir, controlar y modificar en línea recta, lo que beneficiará considerablemente a la simulación. En las aplicaciones de convertidores de potencia para accionamientos de motores y otras aplicaciones eléctricas fuera de la red o en la red, las mediciones están jugando un papel principal. En esta adquisición de datos se coloca un papel importante para el control y seguimiento.

[15]

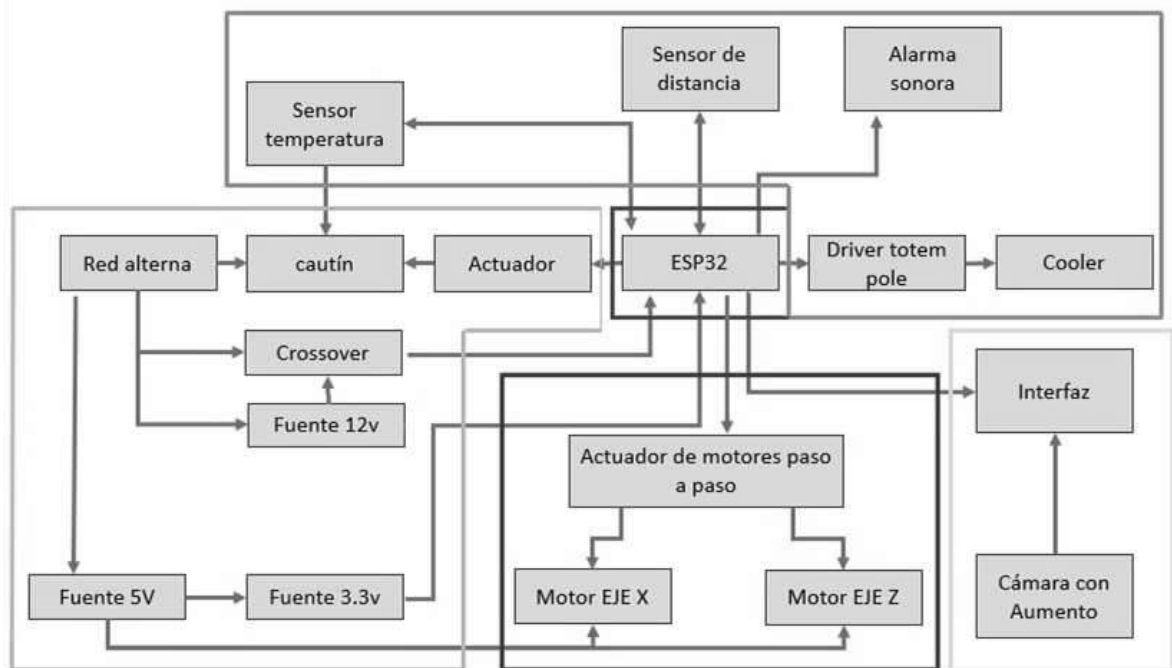
National Instruments aumenta el rendimiento de ingenieros y científicos en el desarrollo de sistemas de prueba, control y diseño al proporcionar productos de software para una amplia serie de funcionalidades. NI LabVIEW es el entorno de desarrollo gráfico para hacer aplicaciones de prueba, medición y control flexibles y escalables de forma rápida y con un costo mínimo.

CAPÍTULO 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el siguiente capítulo se realizará un estudio detallado de cómo se llevó a cabo el diseño del prototipo microposicionador para soldar cinta flexible, la elección de sensores, el diseño de estructuras y todas las características técnicas necesarias para el funcionamiento.

DIAGRAMA DE BLOQUES

Figura 1. Diagrama de bloques principal



Para afrontar el desarrollo del proyecto, se plantea de manera general una configuración que, a consideración de los desarrolladores, podrá satisfacer las necesidades planteadas en los objetivos específicos del mismo. Por esto, se optó por utilizar un diagrama de bloques distribuido en cinco grandes partes encargadas

de interactuar entre sí y cubrir cada una de las zonas destinadas al desarrollo del proyecto. En primer lugar, en color azul se tiene la etapa de instrumentación e indicación; en ella se tendrán los sensores requeridos para la medición de variables requeridas, entre ellas la temperatura del caudín de soldadura y la distancia de la punta del caudín, además de la alarma sonora para distintas indicaciones y un ventilador para mantener los circuitos dentro del rango de temperatura estable. En verde, se tiene la etapa de potencia, la cual está compuesta por el caudín, su actuador, las distintas fuentes de alimentación requeridas por el prototipo y, finalmente, un crossover que permitirá detectar el cruce por cero de la onda senoidal para poder así controlar de mejor manera la entrega de energía al caudín. En rojo, se tiene la etapa electromecánica, en la cual se tienen dos motores paso a paso y su actuador, el cual le permitirá tener dos grados de libertad de movimiento. En morado, el corazón del prototipo, el microcontrolador, se encargará de todas las funciones requeridas para el control del prototipo. Por último, en amarillo se tiene la interfaz desarrollada en LABview y una cámara con zoom para la visualización detallada de las piezas flexibles a soldar.

ÍNDICES ABSOLUTOS MÁXIMOS

En la Tabla 1 se pueden apreciar las diferentes variables que indican los límites más allá de los cuales pueden ocurrir daños al prototipo.

Tabla 1. Índices absolutos máximos.

Variable	MIN	MAX	UNIDAD
Input voltaje	80AC	110 AC	V
Input corriente	0	0.75	A
Temperatura de operación	-20	60	°C
Alimentación del sistema	3.0	12	V
Grados de libertad	2	2	Unit

ETAPA DE INSTRUMENTACIÓN E INDICACIÓN

En esta etapa se realizará un estudio detallado de los sensores y métodos de indicación empleados en el prototipo.

Sensor de temperatura

Debido a que la cinta Flex es una pieza delicada que no permite ser maltratada, aunque tenga cierta movilidad, pero solo en dos grados de libertad, además de que cambios bruscos de temperatura pueden ocasionar daños en la misma, dañando sus buses de conducción, por ende, controlar la temperatura aplicada a la misma es fundamental y el punto álgido del presente desarrollo. Para esto se debe escoger un sensor de temperatura que sea del tipo PTC, o sea que su constante de temperatura sea positiva, haciendo que su valor incremente con la temperatura, además de que cuente con su propio sistema de acondicionamiento y lectura para

facilitar la operación del microcontrolador, el cual debe tener un voltaje de alimentación TTL o CMOS, un protocolo de comunicación estándar que permita ser usado por cualquier MCU comercial, además de un bajo uso de pines del microcontrolador.

Escogencia del sensor de temperatura

En la presente sección, se estudiarán algunos sensores comerciales conseguidos con facilidad en el mercado para así poder medir la temperatura con las características ya mencionadas.

Tabla 2. Comparación de sensores de temperatura

Sensor	Voltaje de alimentación	Rango de medición	Protocolo	precisión	Costo
KIT MODULO MAX6675 + TERMOCUPLA TIPO K	3 a 5.5 V	0 ~ 1024°C	SPI	± 0.25 °C	\$38.000
KIT MAX31855 + TERMOCUPLA TIPO K	3 a 5.5 V	-200°C ~ 1350°C	SPI	± 0.25 °C	\$38.000
PT100 SENSOR DE TEMPERATURA RTD DE PLATINO 3 HILOS	----	-200°C ~ 400°C	Sin acondicionamiento	± 0.5 °C	\$35.200

Nota: la presente información fue extraída del datasheet de cada uno de los dispositivos, tenidos en cuenta en la presente tabla.

Para este caso, se escogió un kit de termocupla y módulo MAX6675, el cual viene completamente preparado para trabajar con voltajes TTL o CMOS, con una interfaz de alta velocidad SPI, lo que le permite contar con un protocolo estándar, común en la mayoría de los dispositivos, además de ofrecer una buena precisión y exactitud en sus mediciones, así como un costo que se ajusta a los márgenes del desarrollo del prototipo, haciendo que sea una opción óptima para su utilización..

Termocupla tipo K

Figura 2. Termocupla tipo K



La termocupla Tipo K es ampliamente utilizada debido a su versatilidad y características técnicas. Compuesta principalmente por cromel y alumel, esta termocupla ofrece un extenso rango de temperatura desde -270°C hasta aproximadamente 1372°C . Su sensibilidad es de alrededor de 41 microvoltios por grado Celsius a 0°C , y la precisión comúnmente alcanza $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ o $\pm 0.25\%$, lo que sea mayor, entre estos dos valores. Con una respuesta rápida a cambios de temperatura, la termocupla Tipo K es ideal para mediciones dinámicas. Su durabilidad y resistencia a la corrosión la hacen apta para entornos adversos, y su cumplimiento con normativas internacionales, como ANSI MC96.1 y la IEC 584-1, la convierte en una elección confiable para aplicaciones industriales y científicas.

MAX6675

Figura 3. Modulo MAX6675



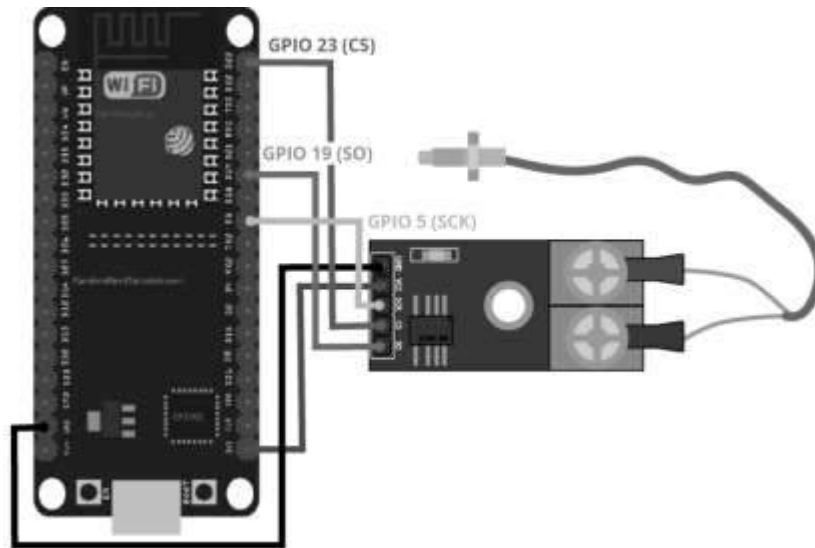
El MAX6675 realiza compensación de unión fría y digitaliza la señal de un termopar tipo K. Los datos se generan en un formato de sólo lectura, compatible con SPI y resolución de 12 bits. Este convertidor resuelve temperaturas a 0.25°C , permite lecturas de hasta $+1024^{\circ}\text{C}$ y exhibe una precisión de termopar de 8LSB para temperaturas que van desde 0°C a $+700^{\circ}\text{C}$. El MAX6675 está disponible en un pequeño paquete SO de 8 pines.

Conexión Sensor de temperatura

El módulo MAX6675 cuenta con una bornera donde se conecta la termocupla Tipo K, lo cual es ideal, ya que cuenta con terminales de espada macho que entran muy bien en los tornillos de la bornera. Por otra parte, en su conexión digital, cuenta con salida SPI. En la Figura 4 se puede apreciar que se usan tres pines para la conexión, esto, debido a que no implementa la salida de SIO (Serial Input/Output)

de la comunicación SPI, además de los dos pines de conexión de alimentación del mismo

Figura 4. Conexión general de ESP32 y max6675



Sensor de distancia

Este sensor se implementará para medir la distancia que existe entre la punta del cautín y la cinta Flex que se pretende soldar y estará situado en el eje de soporte vertical que sube y baja, para actuar como indicador de frenado y evitar que la cinta Flex sea aplastada contra la PCB con demasiada fuerza. Por ende, es necesario seleccionar un sensor con buena precisión, alta velocidad de lectura, un protocolo de comunicación estándar y voltaje de alimentación TTL o CMOS, además de no requerir acondicionamiento externo para realizar las mediciones.

Selección del sensor de distancia

En la presente sección, se estudiarán los sensores comerciales conseguidos con facilidad en el mercado para así poder medir la distancia con las características ya mencionadas.

Tabla 3. Comparación de sensores de distancia

Sensor	Voltaje de alimentación (voltios)	Rango de distancia (cm)	Protocolo de comunicación	Acondicionamiento para microcontrolador	periodo de muestreo (Hz)	Costo
VL53L0 (digital)	2.8 a 5	0 a 200	I2C	NO	10ms	\$35.000
GP2Y0A41SK0F (Analogo)	4,5 a 5	20 a 120	ADC	NO	30 ms	\$36.000
HC-SR04 (digital)	4.5 a 5	2 a 450	GPIO	NO	20 ms	\$12.300

Nota: la presente información fue extraída del datasheet de cada uno de los dispositivos, tenidos en cuenta en la presente tabla.

Como sensor de distancia se eligió el VL53L0, el cual cuenta con una distancia mínima de medición acorde con las necesidades del proyecto, ya que se requiere precisión extrema en movimiento; este sensor cuenta con salida I2C, lo que lo hace muy flexible para ser usado con una gran variedad de microcontroladores. Su tecnología láser permite medir con gran precisión.

VL53L0

Figura 5. Encapsulado VL53L0



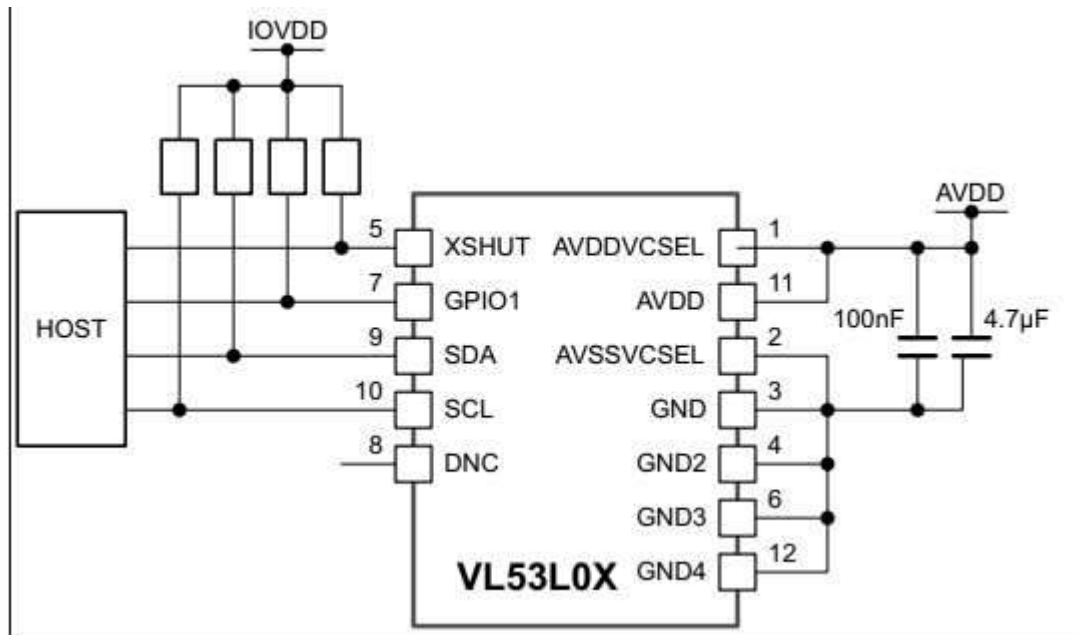
Nota. 940 nm laser VCSEL, VCSEL driver, Ranging sensor with advanced embedded micro controller, 4.4 x 2.4 x 1.0 mm

El VL53L0 emplea la tecnología FlightSense de ST para calcular precisamente el tiempo que tarda en emitir pulsos de luz láser infrarroja hacia el objeto más cercano y recibir la reflexión en un detector. Por lo tanto, se puede considerar un pequeño sistema de LIDAR autónomo. La medición de tiempo de vuelo (TOF) posibilita la determinación precisa de la distancia absoluta al objetivo, sin que la reflectancia del objeto influya significativamente en la medición. Sin embargo, durante las pruebas de campo, se observaron imprecisiones al trabajar con tonalidades de blanco. Aunque el sensor puede medir distancias de hasta 2 metros con una resolución de 1 mm, su alcance y precisión efectivos están condicionados por factores ambientales y las características del objetivo, como su reflectancia y tamaño.

Configuración de pines del sensor de distancia

En el desarrollo actual, se emplea dicho sensor en una placa de desarrollo, la cual cuenta con su regulador propio, permitiendo que trabaje con 3.3V o 5V. El sensor VL53L0 cuenta con una interfaz de comunicación I2C, por lo que solo requiere dos pines para la conexión con el microcontrolador, lo que lo hace muy versátil.

Figura 6. Conexión básica del sensor VL53L0



Nota. Capacitores en la fuente de alimentación externa AVDD deben ubicarse lo más cerca posible de los pines del módulo AVDDVCSEL y AVSSVCSEL. El pin XSHUT siempre debe ser activado para evitar corriente de fuga. Se necesita una resistencia pull-up si el estado del anfitrión no se conoce. XSHUT es necesario para utilizar el modo de espera HW.

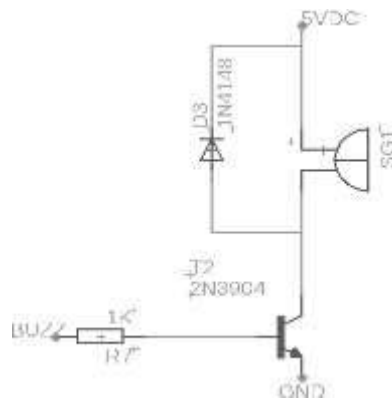
Indicador sonoro

Figura 7. buzzer activo



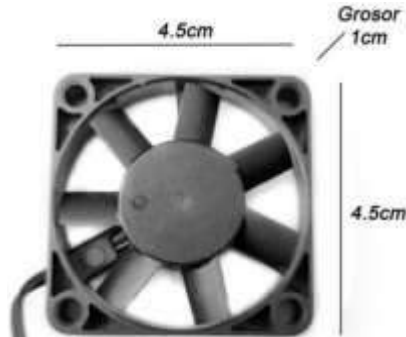
Como señal auditiva, se plantea el uso de un indicador electromecánico tipo buzzer, el cual, al aplicarle 5V en sus terminales, es capaz de generar un zumbido de efecto continuo, con una intensidad de 85 dB a 10 cm de distancia. En este caso, para el presente desarrollo, este será activado con ayuda de un transistor NPN configurado como interruptor y conectado a un pin GPIO del microcontrolador. Adicionalmente, se coloca en antiparalelo con el buzzer un diodo de respuesta rápida para eliminar el ruido electrónico generado por él al momento de estar en uso; véase la Figura 8.

Figura 8. Esquema de conexión buzzer activo



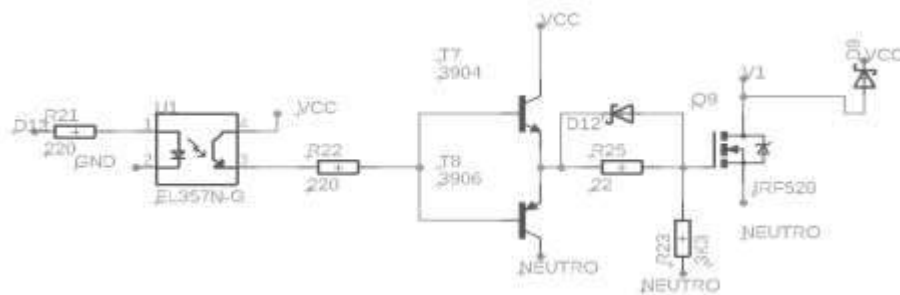
Cooler

Figura 9. Cooler 12V



Dado que hay componentes de potencia en la tarjeta de control principal y estos van a estar conmutando con la red pública, además de los componentes de energía como las fuentes de alimentación, dicho lo anterior, en el encapsulado principal de los circuitos se colocará un ventilador con las siguientes características: tiene una alimentación con un voltaje nominal de 12V y una corriente máxima de 200mA. Este ventilador, para evitar interferencias y bloqueos en el microcontrolador, será optoacoplado a través de un EL357, el cual se encargará de enviar el PWM para su activación, usando una configuración de totem pole unida a las fuentes del circuito crossover.

Figura 10. Diagrama de conexión Cooler.



ETAPA DE POTENCIA

En esta sección se detallarán los componentes necesarios para darle alimentación al prototipo, además de componentes de potencia y actuadores.

Cautín

Para calentar la flex se requiere un soldador, pero este no debe llegar a las temperaturas normales de trabajo a las cuales son sometidas, las cuales son de aproximadamente 375°C. Esto es demasiado para soldar la cinta flex, ya que a dichas temperaturas el material del que están hechos se destruye. Por esto, se debe tener un correcto control de temperatura y una punta especial para la soldadura de las cintas flex. Dicha punta tiene un material termoplástico el cual permite transmitir el calor sin sobrepasar la temperatura en las cintas flex.

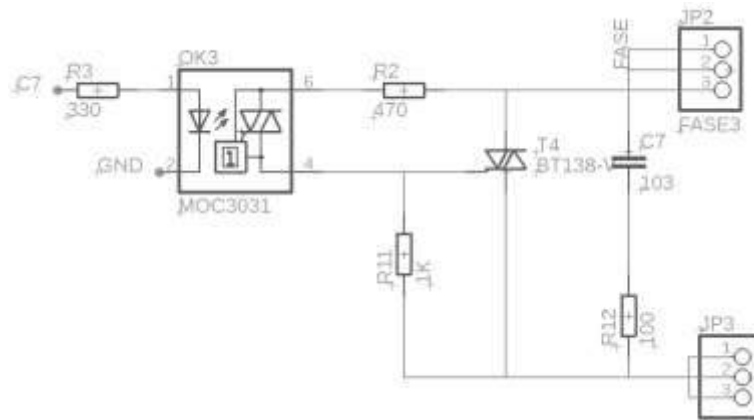
Figura 11. Cautín 30W y punta para soldar cinta Flex



Control dimmer de triac

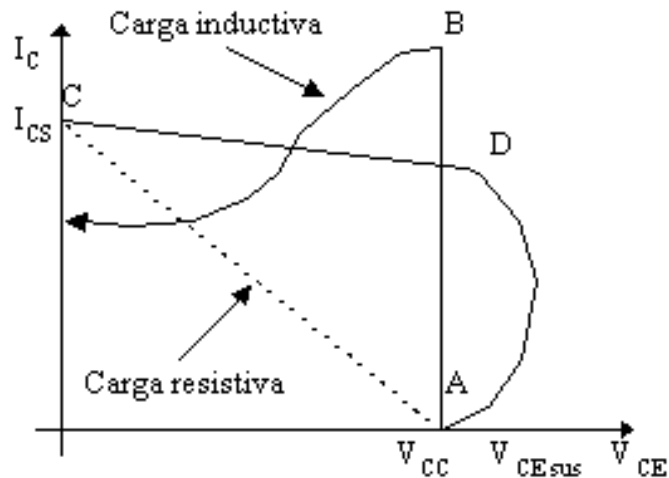
Debido a que la resistencia del cautín es fija, se debe variar el punto de activación de los triacs. Esto, para poder cambiar el voltaje RMS aplicado y controlar mejor la temperatura, actuando como un acelerador. Esto se hace inicialmente teniendo una señal de referencia llamada crossover; luego, el microcontrolador procede a realizar tiempos de espera que pueden llegar a ser distintos para encender el optotriac, que a su vez enciende el triac. Dicho esquema se puede apreciar en la Figura 14.

Figura 14. Esquema de conexión de triac



Adicionalmente, para proteger de picos de corriente al triac, se utiliza una red snubber, que es una red de amortiguamiento que protege los dispositivos semiconductores en estados transitorios, es decir, durante la activación o desactivación, y además protege contra cambios bruscos de tensión y corriente. Dicha red está compuesta por un capacitor y una resistencia en serie, ambos conectados en paralelo con los pines MT1 y MT2 del triac.

Figura 15. Respuesta transitoria con red Snubber



Nota. Respuesta transitoria con red Snubber. Tomado en línea de: <https://www.uv.es/marinjl/electro/transistores.html>

Como triac debido a la poca corriente empleada por el caudín, alrededor de 0.3 A, esto hace que cualquier triac de potencia sea capaz de controlar dicha potencia de salida escogiendo en este caso, un BTA24 en su encapsulado TO220, el cual es capaz de tolerar 800V a una corriente de 24 amperios.

Alimentación del prototipo

Como se puede apreciar en la Figura 1, se tendrán al menos 3 alimentaciones, cada una para una parte fundamental del prototipo. En primera medida, se tendrá una fuente de 12 V, la cual debe alimentar el crossover y el cooler para ventilar los circuitos y tiene un consumo máximo de 500 mA; una fuente de 12 V, que deberá alimentar la etapa electromecánica del prototipo, actuadores y motores, los cuales consumen como máximo 0.5 amperios en caso de que el motor tenga un alto torque.

Para este caso, se utilizará esa como la corriente máxima, ya que el prototipo moverá un grado de libertad a la vez. Por último, se deberá regular a partir de dicha fuente la alimentación para los sensores y el microcontrolador a 3.3 V. Todas las alimentaciones serán internas y estarán dentro de la caja de circuitos principal.

Tabla 4. Resumen alimentaciones del sistema

Voltaje de alimentación	Dispositivos	Potencia
12V/1A	cooler	1W
	Crossover	0.1W
12V/2A	Actuador de motores paso a paso	1W
	Motor paso a paso X	5W
	Motor paso a paso Y	5W
3.3V/0.8A	ESP32	2W
	Sensor de temperatura	0.05W
	Sensor distancia	0.05W
	buzzer	0.5W

ETAPA ELECTROMECHANICA

En esta sección se estudiará cada uno de los componentes que hacen parte del sistema móvil que permite tener 2 grados de libertad en el posicionamiento de la punta del caudín sobre las cintas Flex.

Motor paso a paso

Para los motores paso a paso que se plantearon emplear inicialmente en el desarrollo, se buscaron en el mercado los motores más comúnmente utilizados por desarrolladores de impresoras 3D, basándose en un ejemplo encontrado en la web de “el profe García”, que incluye planos y piezas para el ensamblaje del prototipo, sirviendo de gran guía en el presente proyecto. Por esto, se usan motores paso a paso 42SHD0001-24B.

Motores 42SHD0001-24B

Figura 16. Motor paso a paso 42SHD0001-24B



El motor paso a paso, también llamado step o stepper, es un motor eléctrico síncrono sin escobillas y con control electrónico que puede dividir su rotación en un gran número de pasos. Es ideal para su uso en máquinas CNC y para todas las aplicaciones en las que se requiera precisión en el desplazamiento angular y la velocidad de rotación, como en robótica, servomecanismos, impresoras 3D, máquinas pick and place, y actuadores lineales.

El cual cuenta con las siguientes características técnicas:

- Voltaje de alimentación: 12V
- Corriente de trabajo: 0.4 A
- Numero de polos: 2
- Angulo por paso: 1.8°
- Toque máximo: 260mN.m

Actuador de motores paso a paso

Debido a que los motores paso a paso son secuenciales, los núcleos deben tener un ciclo de activación que depende del sentido de giro que se busque en el motor. Esto hace que manejar directamente la etapa de potencia de los motores por parte del microcontrolador sea un problema. Por esto, es necesario recurrir a un intermediario que se encargue de convertir los pulsos generados por el microcontrolador en pulsos que puedan ser interpretados y ejecutados por los motores.

Módulo A4988 driver motor pololu paso a paso

Esta placa utiliza el driver Allegro A4988 para motores paso a paso bipolares y es ampliamente utilizada con las distintas placas de control de impresoras 3D, como RAMPS, SBOT o similares. Es conocido con el nombre de 'Pololu' o 'controlador Pololu'. Tiene limitación de corriente ajustable, protección contra sobrecorriente y cinco resoluciones diferentes de microstepping. Funciona desde 8 V hasta 35 V y puede suministrar 1 A por bobina sin usar ventilación forzada o un disipador. Para manejar este driver, sólo se requieren 2 pines: uno para la dirección de giro y otro para el paso.

Figura 17.A4988 driver motor

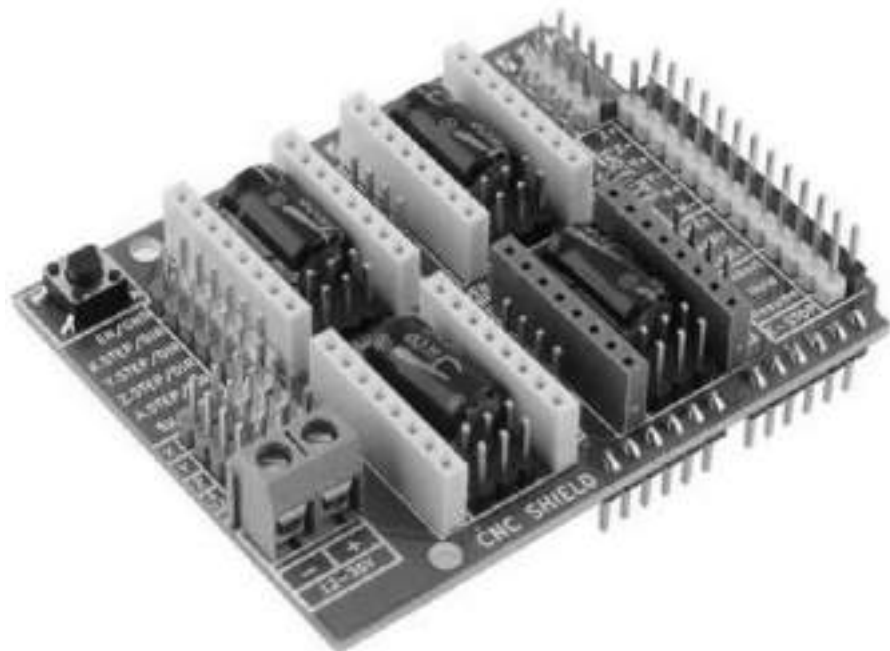


Para facilitar su conexión con el microcontrolador, dada la cantidad de pines requeridos por el driver se utilizará una shield de Arduino específicamente diseñada para esta labor, este es el módulo shield CNC V4 GRBL Arduino.

Módulo shield CNC V3 GRBL Arduino

Diseñado para un mejor control de los motores paso a paso, este shield puede usarse para proyectos con máquinas de grabado o impresoras 3D. Tiene un total de 3 ranuras para drivers A4988 que permiten el control de los motores paso a paso. El módulo CNC shield para Arduino facilita la construcción de proyectos CNC (Control Numérico Computarizado). Utiliza firmware de código abierto de Arduino para controlar 4 motores paso a paso por medio de 4 controladores de motor A4988. Con este shield y el Arduino se pueden construir todo tipo de proyectos de robótica o CNC, incluyendo routers CNC, cortadoras láser e incluso máquinas pick and place.

Figura 18. módulo shield CNC V3 GRBL ARDUINO - máquina CNC impresora 3D



ETAPA DE CONTROL

Debido a su alta potencia y a todas sus características técnicas, el diseño se centró en el microcontrolador principal del prototipo, que es el ESP32 en su versión WROOM, y viene diseñado para ser soldado de manera 'SMD' sobre una placa de desarrollo. No incluye ningún tipo de bootloader para la carga de código.

ESP32 WROOM

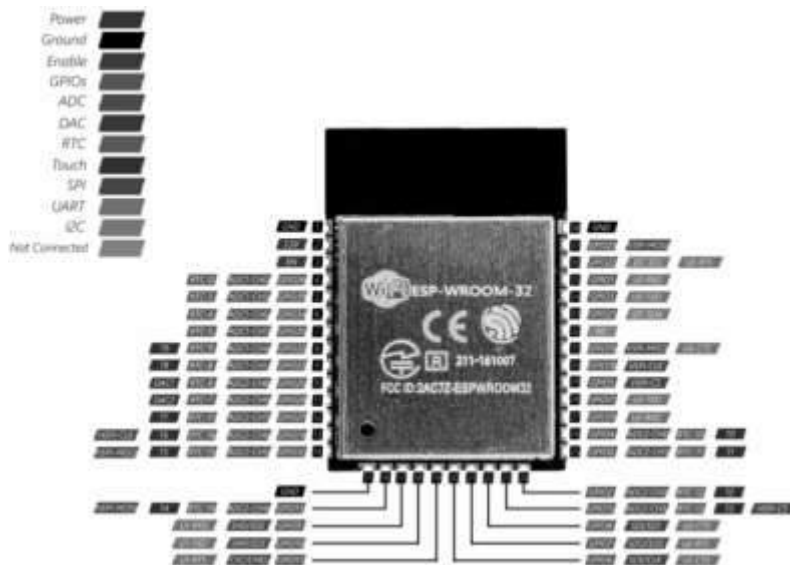
El ESP32-WROOM es un módulo de desarrollo de bajo costo basado en el chip ESP32 de Espressif Systems. Este microcontrolador de doble núcleo Tensilica Xtensa LX6 opera a velocidades de hasta 240 MHz. Su principal atractivo radica en la conectividad inalámbrica, ya que soporta Wi-Fi 802.11 b/g/n y Bluetooth 4.2, y es una opción ideal para proyectos IoT. El módulo cuenta con memoria flash integrada para almacenar programas y datos, así como RAM para la ejecución de aplicaciones. Ofrece una variedad de periféricos y puertos, como UART, I2C, SPI, GPIO y PWM, facilitando la conexión con diferentes dispositivos. Además, destaca por su eficiencia energética, crucial en aplicaciones con alimentación por batería.

Figura 19. Encapsulado ESP32 WROOM



Las antenas integradas para Wi-Fi y Bluetooth simplifican el diseño y reducen la necesidad de componentes externos. En cuanto a seguridad, el ESP32-WROOM soporta cifrado WPA/WPA2. Es compatible con entornos de desarrollo como el IDE de Arduino y el Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF). La flexibilidad del ESP32-WROOM lo hace adaptable a diversas aplicaciones, desde proyectos simples hasta sistemas complejos.

Figura 20. PINOUT ESP32 WROOM



Este microcontrolador fue escogido, ya que tiene gran potencia computacional, una gran cantidad de pines GPIO, interfaz I2C, 2 interfaz UART, interfaz SPI, alimentación a 3.3V, conectividad inalámbrica.

ETAPA DE COMUNICACION

En esta etapa se estudiará lo necesario para transmitir información de manera bidireccional, entre el prototipo y una interfaz desarrollada en LABview 2019 SP1

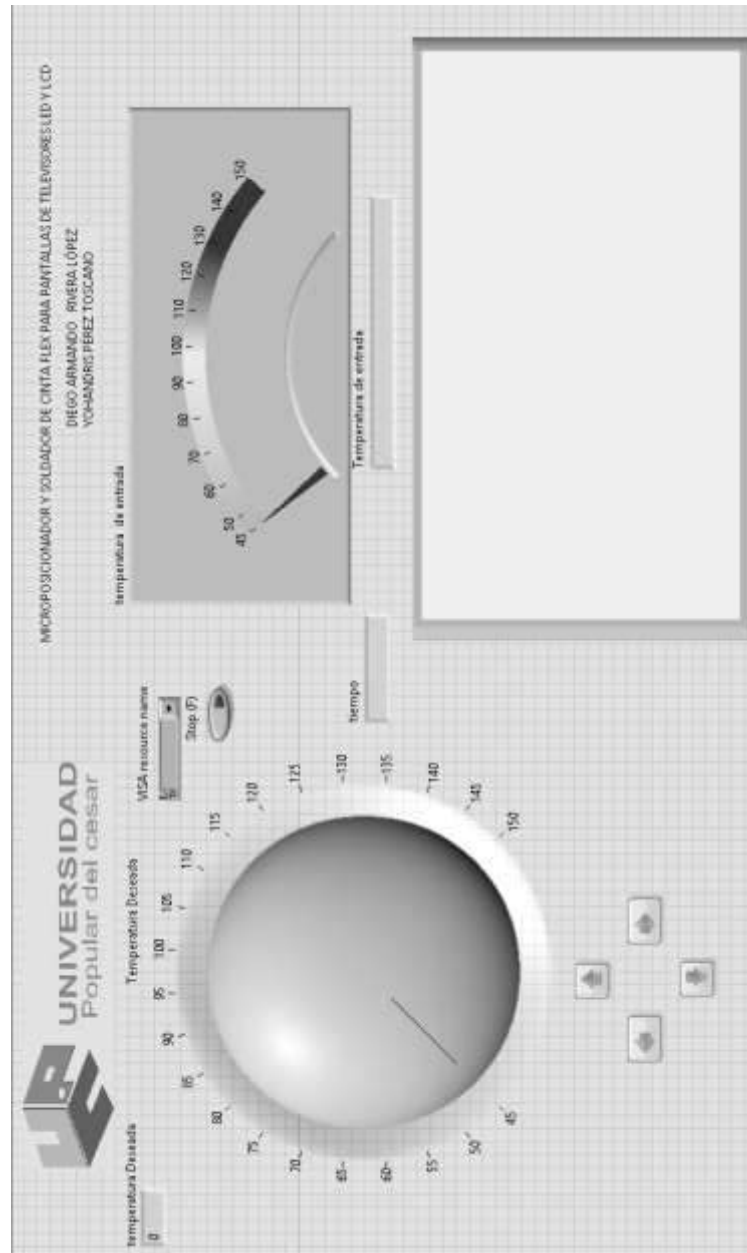
Diseño Grafico

Como es el caso de muchos softwares donde se tienen interfaces gráficas tipo SCADA, se tienen dos componentes principales. Uno es el panel frontal, que es donde se podrán ubicar los componentes que forman parte de la visualización que verá el usuario final. En ella se pueden agregar etiquetas, indicadores, botones, seleccionadores y una gran variedad de herramientas para realizar el control sobre cualquier prototipo.

En dicho panel frontal (ver Figura 21), se tiene el puerto COM de comunicaciones seriales que permite a LabVIEW enviar información al microcontrolador por medio del protocolo UART, un selector en forma circular que permite fijar la temperatura de la punta del cautín a la cual se desea soldar la flex, un indicador en forma ascendente, el cual indica la temperatura en tiempo real del cautín con una tasa de refresco de 500 ms, un panel de color blanco en el cual aparece la cámara web que se instalará al prototipo, la cual requiere una conexión USB adicional, además de

cuatro botones en forma de flecha que permiten mover el prototipo en dos grados de libertad, haciendo así que se tenga todo lo necesario para controlar el prototipo.

Figura 21. Diseño panel frontal LABview



En la Figura 22, se puede apreciar el diagrama de bloques cíclico temporal que permite vincular el panel frontal y sus componentes con la ejecución de código el

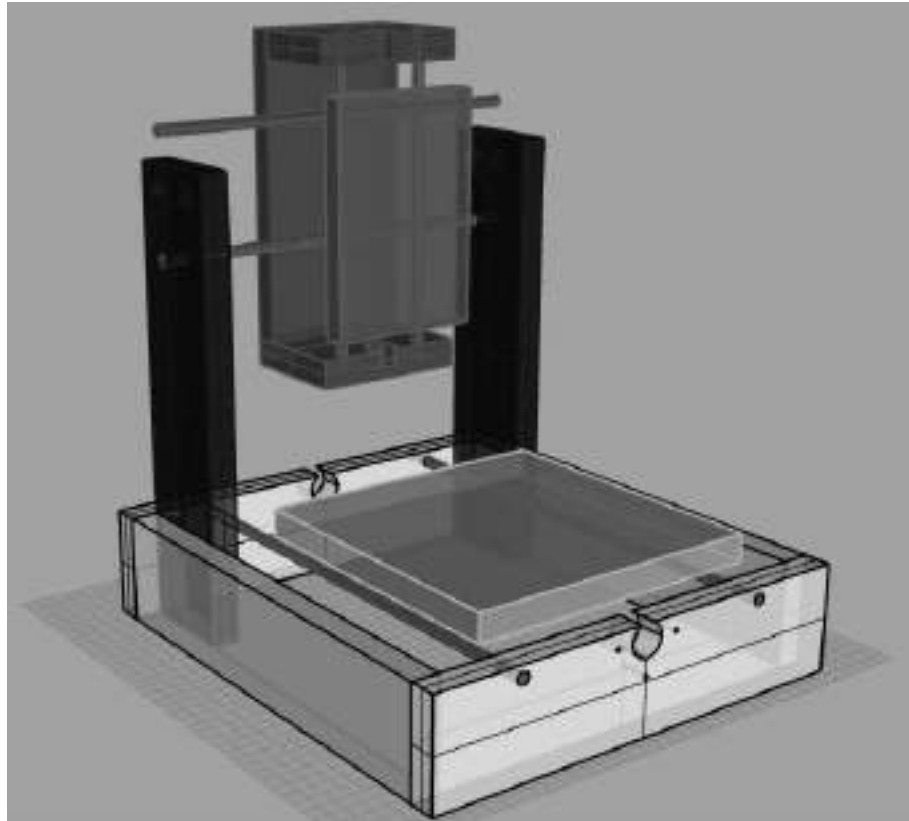
Figura 23. Cámara lupa USB



DISEÑO DE ESTRUCTURA DEL PROTOTIPO

Para el encapsulado que contendrá la circuitería y la estructura que tendrá dos grados de libertad, debe ser un material resistente pero que pueda ser maleable para que la precisión de las articulaciones sea milimétrica. Para ello se optó por usar polimetilmetacrilato, el cual es un material ignífugo, resistente a altas temperaturas; esta cuenta con un espesor de 3 mm. Para dicha tarea se utilizó el software CorelDRAW, el cual permite el dimensionamiento de estructuras en modelos 2D. Pero primero se requería un diseño base para poder guiarse en las partes que van a ser ensambladas de manera posterior. La estructura de la Figura 24 se sirvió de inspiración para así poder crear la estructura propia, teniendo claro que la estructura de este desarrollo solo tendrá dos grados de libertad.

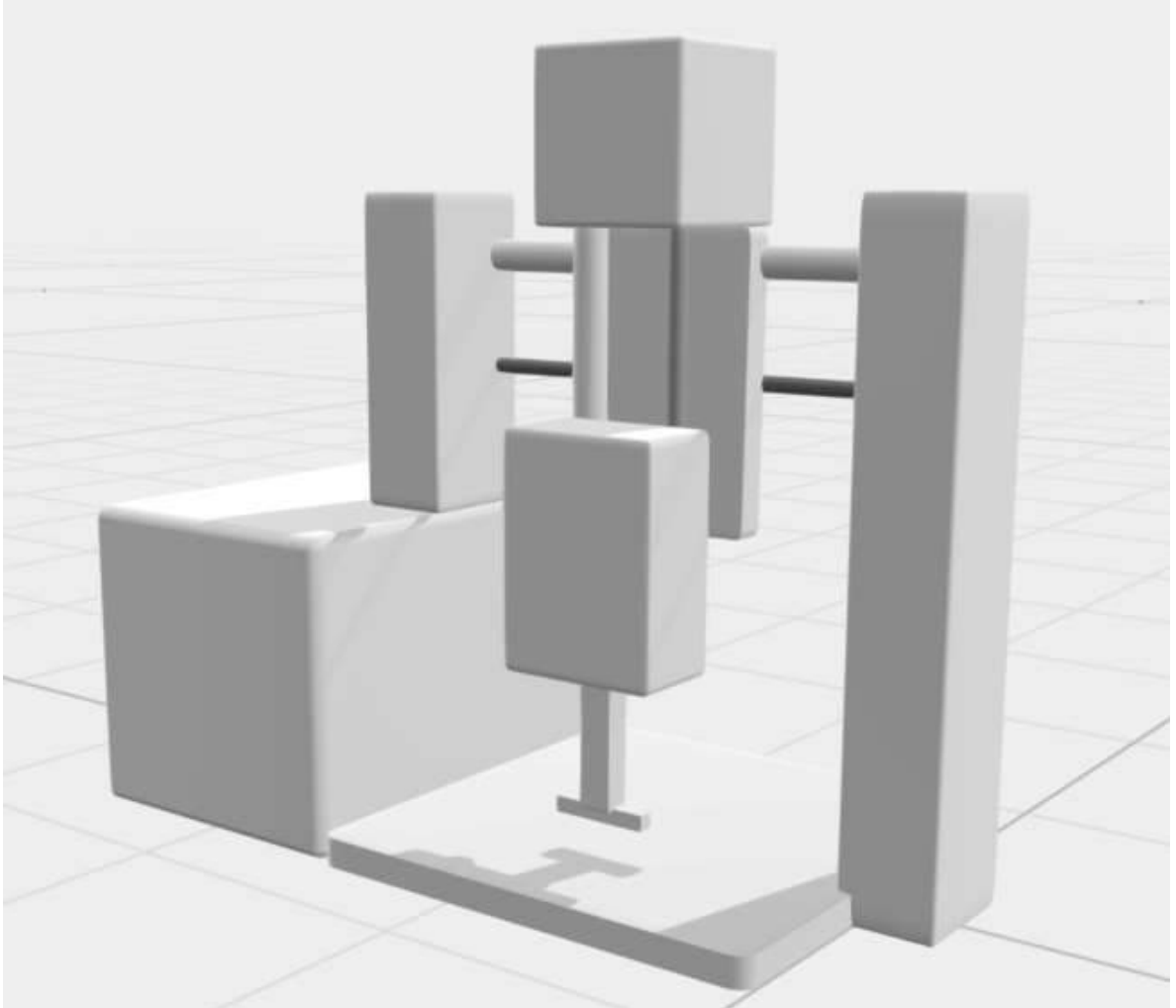
Figura 24. Estructura de ejemplo



Nota. estructura de impresora 3D, con 3 grados de libertad, tomado de:
<http://elprofegarcia.com/sample-page/>

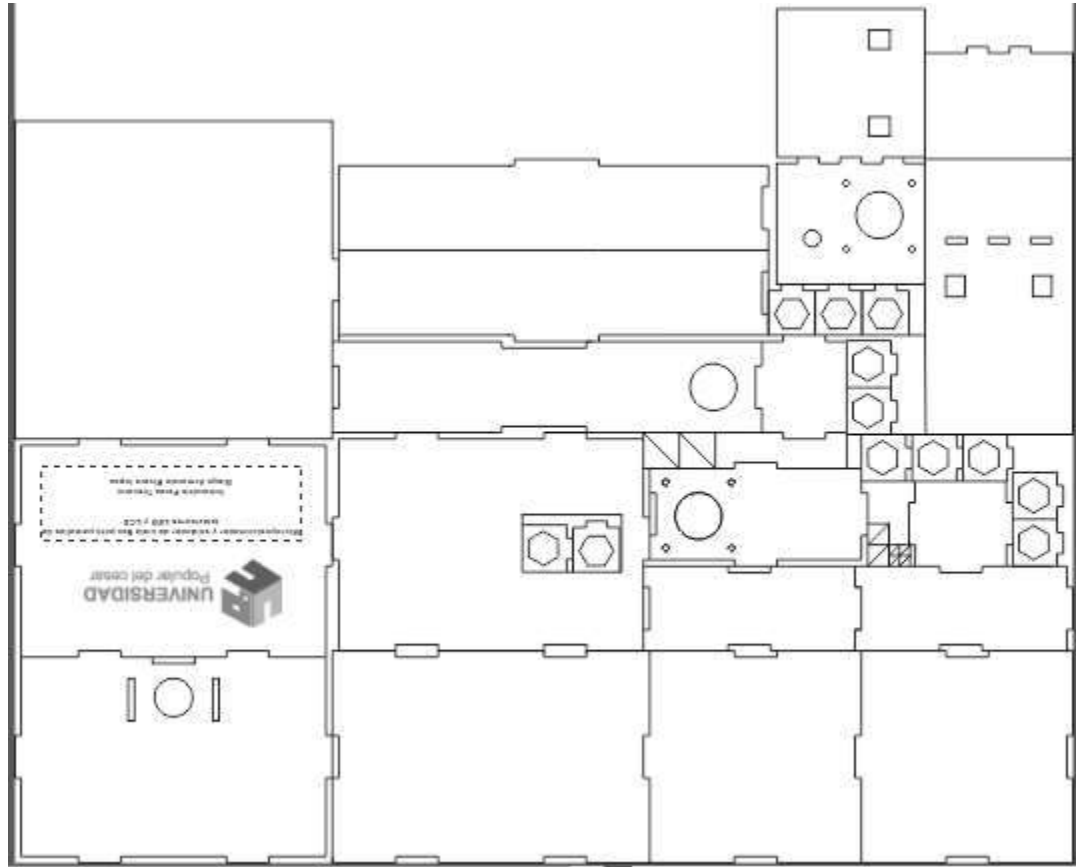
Para el diseño de la estructura vista en la Figura 25, se hace uso de la herramienta online Vectary, la cual cuenta con una página web, <https://app.vectary.com/>, en la cual el usuario con un correo puede registrarse de manera gratuita y permite modelar objetos en 3D, con muy pocos recursos por parte del usuario final. Una vez se tuvieron claras cada una de las partes involucradas se procedió a su montaje en 2D.

Figura 25. diseño 3D de estructura propia



Una vez se tiene el diseño en 2D, con cada una de las caras será pegada con Cloruro de Metacrilato, el cual funde las piezas en sus uniones, cabe destacar que el diseño en 2D, se realizó con piezas encajables entre si con puntos de unión en sus esquinas para reforzar la unión de las mismas.

Figura 26. diseño 2D en CORELDRAW



DISEÑO DE PCB

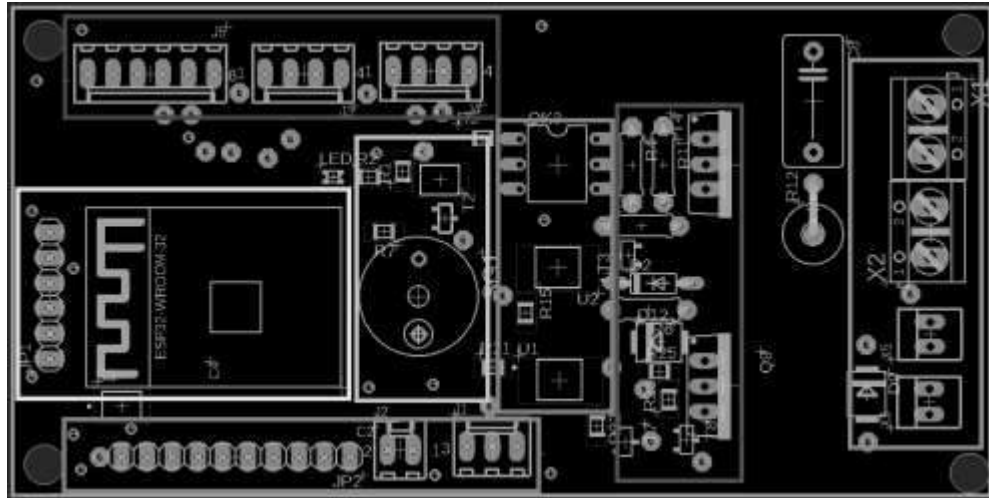
Es fundamental para el desarrollo del proyecto llevar a cabo el montaje de los circuitos que realizarán la interconexión de cada una de las etapas anteriormente mencionadas. Para ello, se buscará realizar una tarjeta electrónica en la cual se puedan tener cada uno de los componentes y que se cumpla su función dentro del prototipo.

Para el diseño del circuito, se optó por usar el software especializado para dicha tarea, el cual es EAGLE, acrónimo de Easily Applicable Graphical Layout Editor, el cual brinda la capacidad suficiente para el presente desarrollo. Primeramente, se debe llevar a cabo un circuito eléctrico de conexión, tipo esquemático, en el cual se realizarán las interconexiones que permitirán crear un dispositivo funcional. Para ello, se busca un diseño final en 2 capas para reducir el tamaño de la PCB (Printed Circuit Board), además de hacer que el módulo tenga un mejor blindaje contra el ruido electrónico que se pueda presentar por acción de las conexiones eléctricas presentes en el dispositivo.

Para optimizar el espacio, se optó por ubicar componentes tanto en la capa superior como en la inferior. En la Figura 27, se pueden apreciar los componentes ubicados en la capa superior de la PCB. Entre ellos, en color rojo, los conectores tipo Molex de 2,54 milímetros para conectar los sensores y la salida del segundo UART; en amarillo, se tiene el microcontrolador ESP32 con su conector para realizar la carga de software por parte del computador; en rosado, se tiene la salida auditiva del prototipo y una salida luminosa tipo LED para usarse como indicador de estado; en marrón, se tienen los pines para controlar los motores y los conectores de entrada de alimentación para la etapa de control; en azul, se tiene la etapa de acople entre la etapa de potencia y de control, con el uso de optoacopladores; y en morado, se tiene el MOSFET para el encendido del cooler para ventilar los circuitos y el triac para el control de encendido del caudín. Finalmente, en verde se tienen los

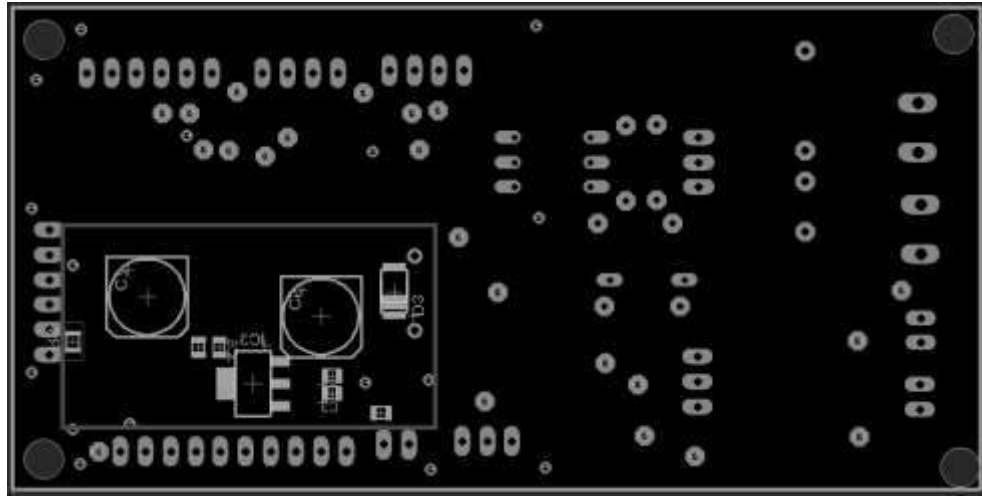
conectores de salida para la conexión de la red alterna, el caudín, la fuente de alimentación de 12V y el cooler.

Figura 27. Vista superior de PCB principal



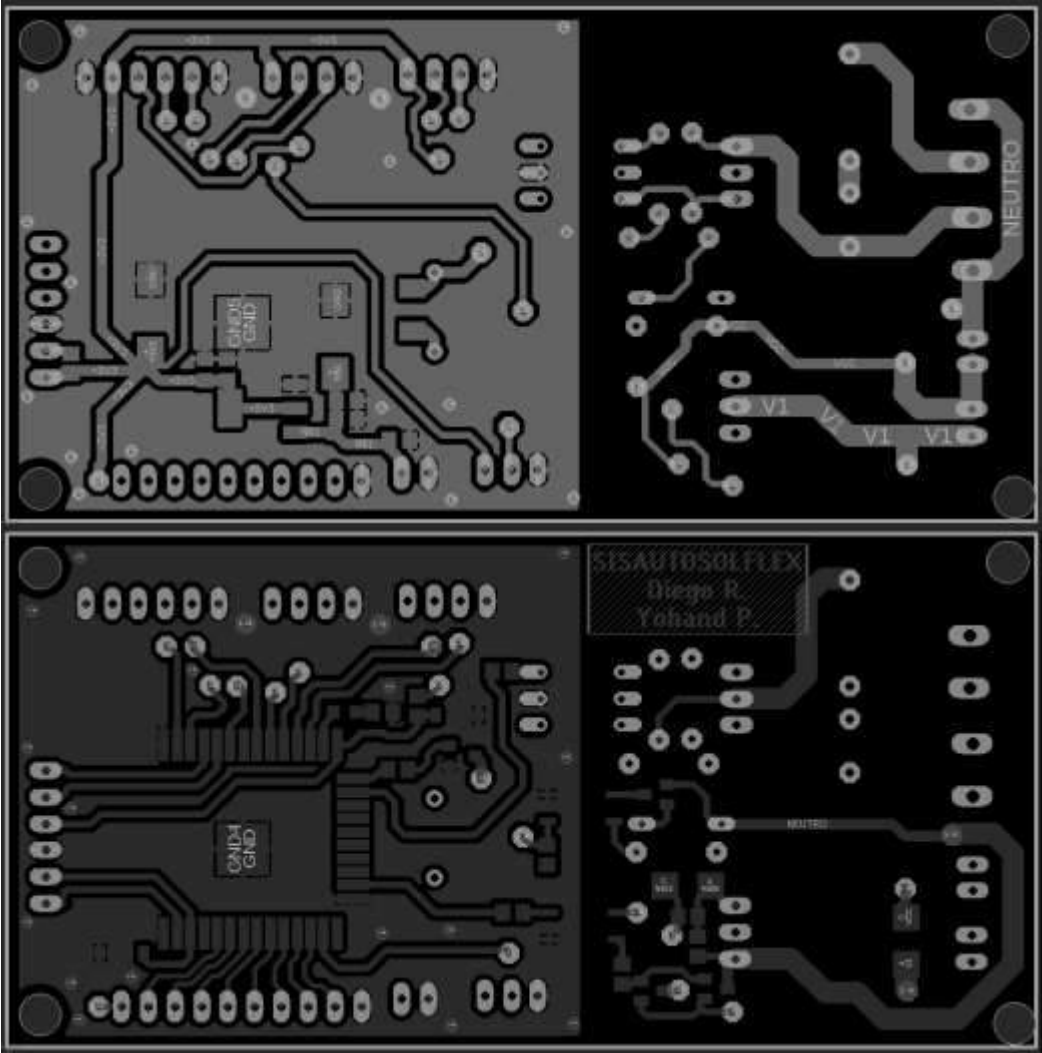
En la Figura 28, esta capa en su mayoría es empleada para ser usada para montar rutas sobre ella, incluyendo solo componentes marcados en color rojo, los cuales son los necesarios para regular los 3.3V de la etapa de control,

Figura 28. Vista capa inferior de la PCB principal



La PCB principal tiene un tamaño de 5cm de alto por 10 cm de ancho, y se puede ver en la Figura 29, que se encuentra dividida en 2 partes principales, en la parte izquierda se puede ver la etapa de control blindada con una malla a tierra superior e inferior, para proteger de ruido electrónico, del lado derecho se pueden ver las rutas de los componentes de potencia los cuales son más gruesas que las rutas de control, adicionalmente los componentes de potencia están puestos en líneas para ser montados en un mismo disipador y las salidas de potencia están al lado derecho están usan borneras para la entrada y salida de corriente alterna y mox para el cooler y la alimentación.

Figura 29. Vista superior e inferior de PCB



CAPÍTULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS

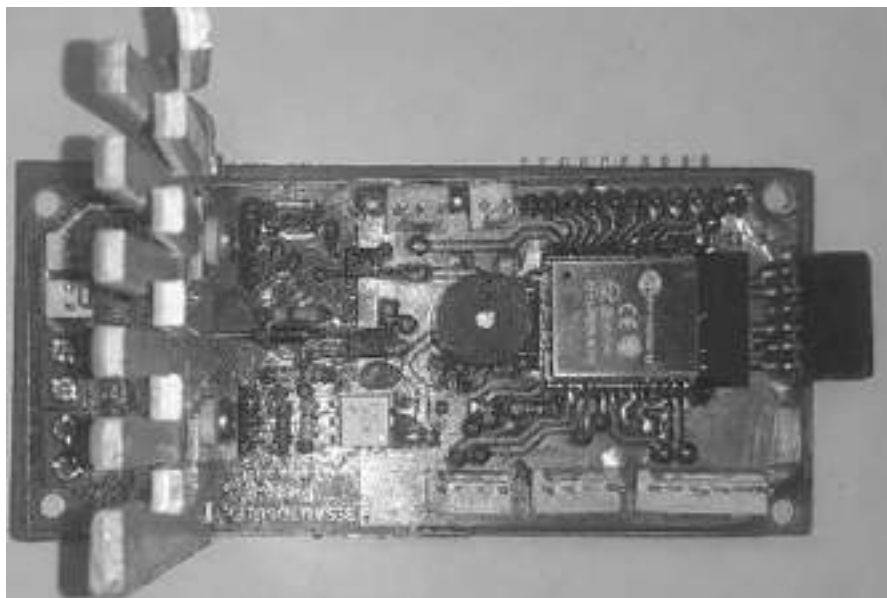
En este apartado de pruebas, resultados y análisis se busca cumplir cada uno de los objetivos concretados con el fin de poder demostrar la ejecución y funcionalidad del prototipo.

MONTAJE FISICO DEL PROTOTIPO

Montaje físico de la PCB

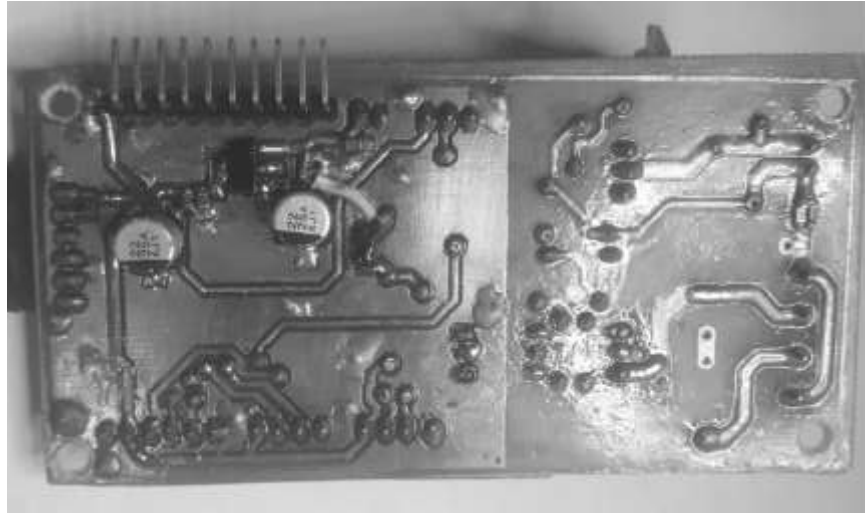
Se puede apreciar la capa superior, de la PCB principal, en la cual se tienen los componentes principales, como lo son el ESP32, los componentes de potencia con su respectivo aislamiento, montado sobre el mismo disipador. Los conectores de los distintos periféricos que hacen parte del desarrollo y el buzzer para indicación sonora del prototipo.

Figura 30. Vista superior de PCB principal



En la vista inferior de la PCB, se tiene las rutas del circuito y los componentes para regular los 3.3V del ESP32, además de un conector tipo pinhead, el cual se usa para conectar las salidas para los motores.

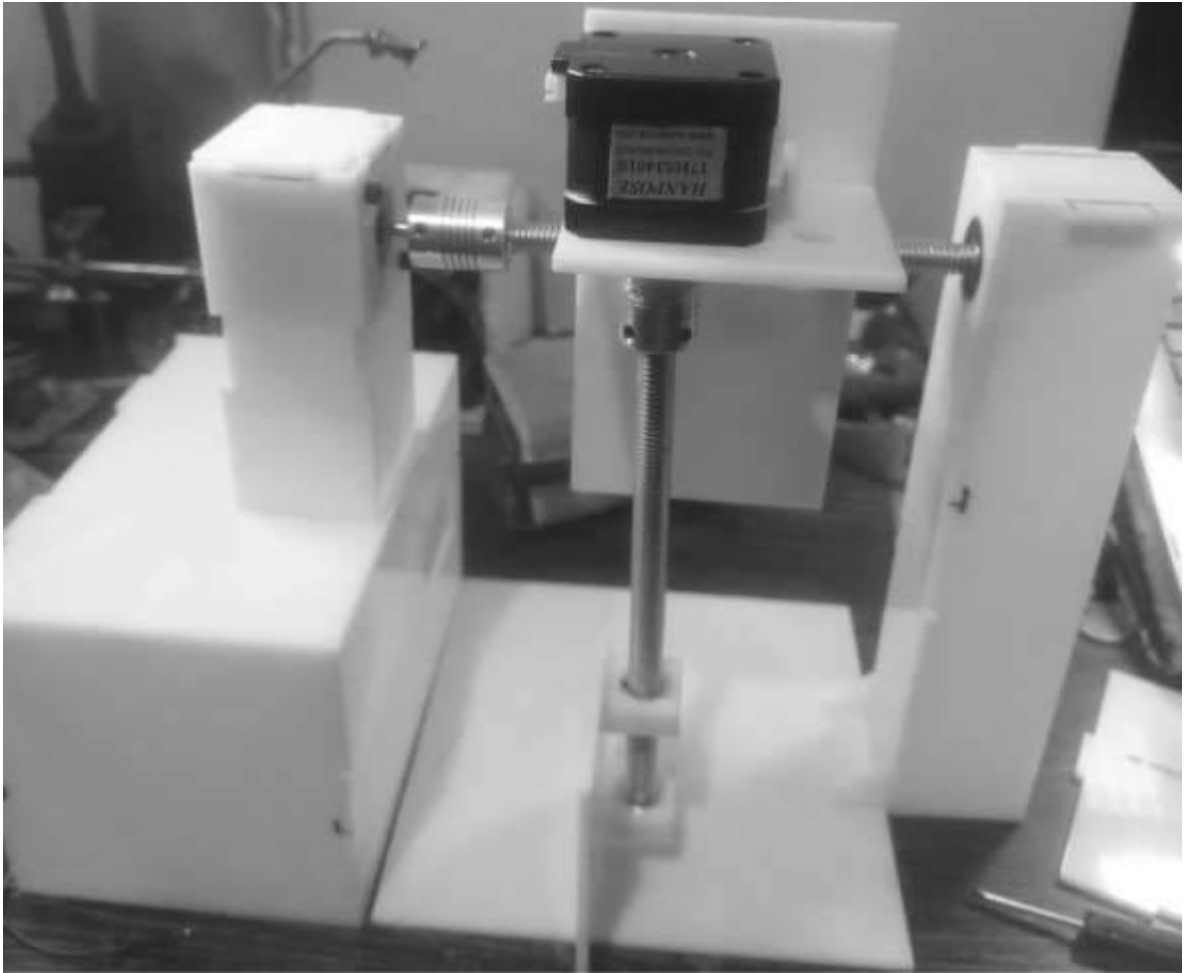
Figura 31. Vista inferior de PCB principal



Montaje de la estructura

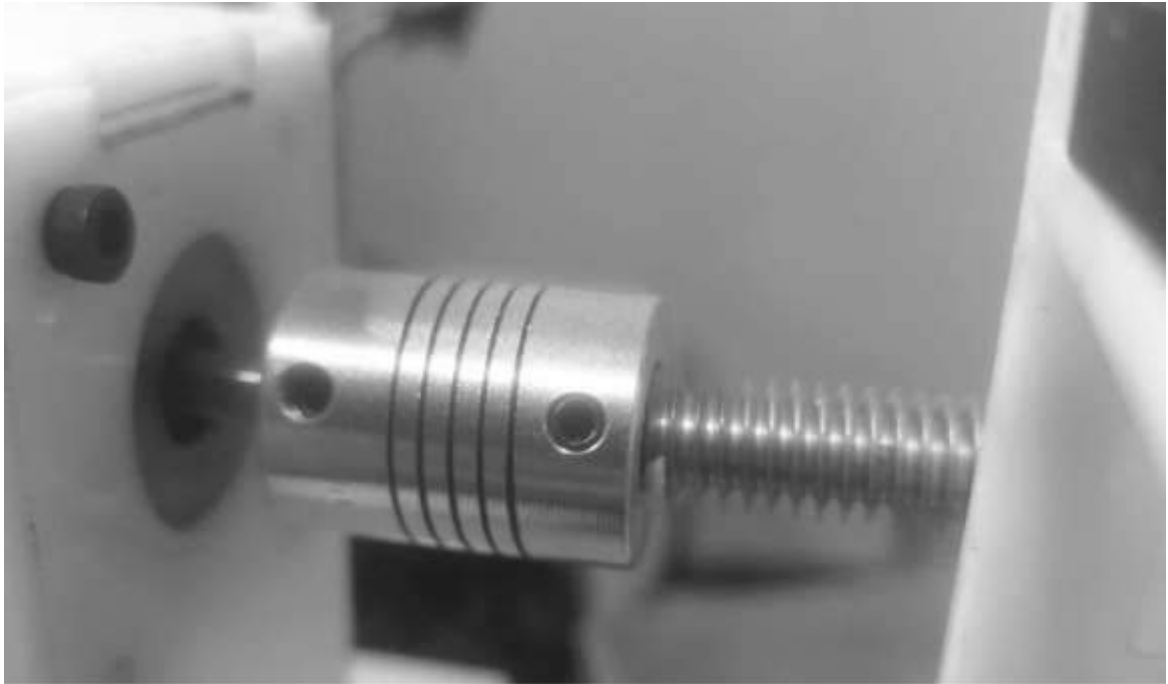
Una vez se completó la etapa de diseño de la estructura, se procedió con el montaje de la misma, dando como resultado la estructura que se puede ver en la Figura 32, la cual tiene las siguientes dimensiones: 30 centímetros de ancho, 25 centímetros de alto y 15 centímetros de profundidad. Está compuesta principalmente por acrílico de 3 mm de color blanco, motores paso a paso, acoples para los mismos y varillas de 10 mm milimétricas para poder mover las articulaciones, en este caso, 2. Cada uno de los motores fue efectivamente medido con el uso del datasheet y se ubicó sobre el acrílico de manera milimétrica para ser sujetado con tornillos.

Figura 32. Estructura de Soporte de motores paso a paso armado



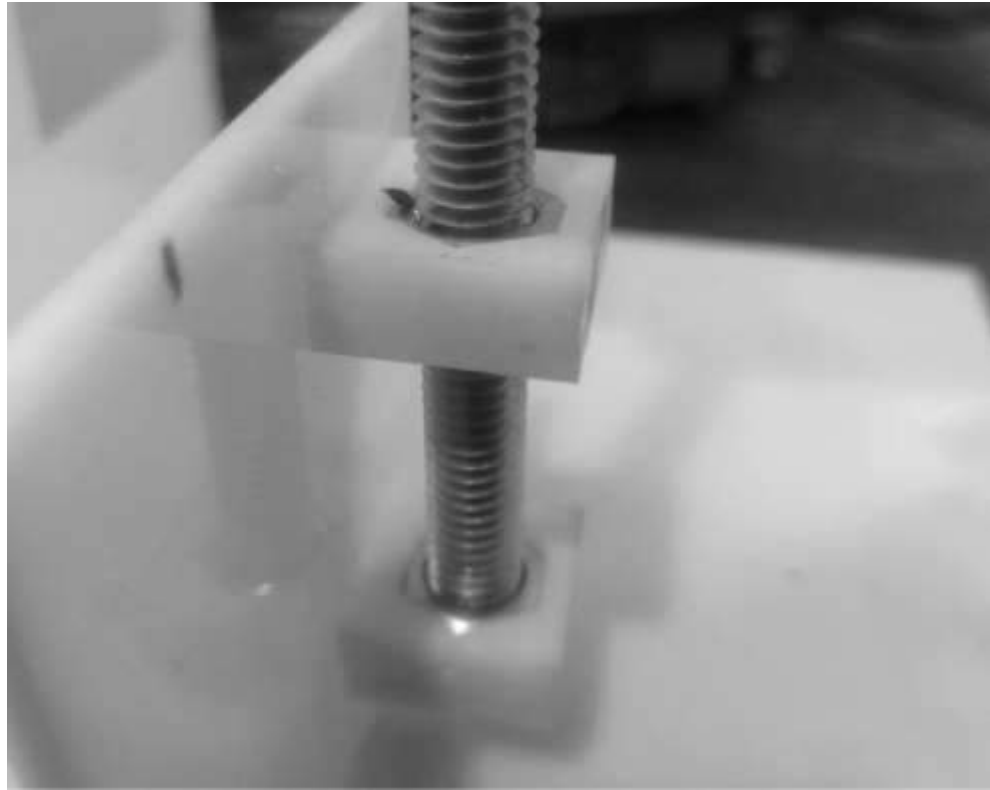
Debido a que los motores tienen un eje de 5mm, pero la varilla empleada es de 10mm, fue necesario un acople el cual permite tener una correcta adherencia en cada uno de los componentes, brindando así la garantía de una transmisión de fuerza con la menor cantidad de fuerza. Dicho acople cuenta con 3 tornillos T7 en hexagonal, el cual se puede desenroscar usando una herramienta L. la varilla fue lijada en uno de sus extremos para así fungir ese punto plano como soporte plano con un tornillo.

Figura 33. Acople para motor y varilla



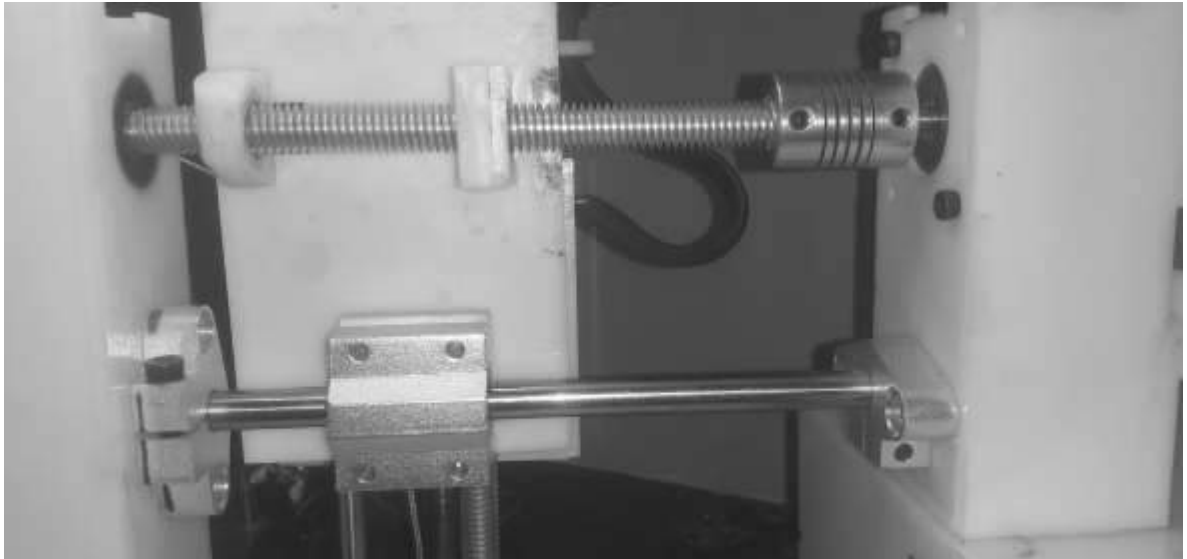
Para el sistema de corrimiento milimétrico cuando se muevan las varillas por medio del eje, se realizó un diseño artesanal con ayuda de 2 tuercas por cada eje móvil, ver Figura 34, esto se hizo con el uso de 3 placas de 3mm de espesor para así poder cubrir la tuerca completa, cuales encajan en la placa vertical para un mayor soporte, cabe resaltar que en primera medida se colocaron las tuercas y estas fueron giradas para garantizar que estuvieran en sincronía, para no forzar el motor en su rotación una vez se garantizó esto fueron unidas a la estructura en acrílico usando pegante instantáneo sintesolda, garantizando así que la tuerca no se saldrá de la posición en la cual fue ubicada.

Figura 34. sistema de fijación y corrimiento



Para evitar la rotación de la estructura al girar el eje, se analizaron los métodos que se podían emplear para dicha labor, concluyendo que, al igual que en un CNC, se podría contar con soportes para evitar dicho fenómeno. Por lo tanto, se buscaron en el mercado implementos que sirvieran para esta labor. Se cuenta entonces con un soporte, que es una varilla lisa de 8 mm de espesor, la cual tiene 3 elementos: uno en cada extremo de la estructura y otro sujeto a la misma con rodamientos internos que giran alrededor de la varilla, manteniéndolo fijo pero evitando que éste rote y permitiendo que solo se deslice en un eje, ya sea vertical u horizontal.

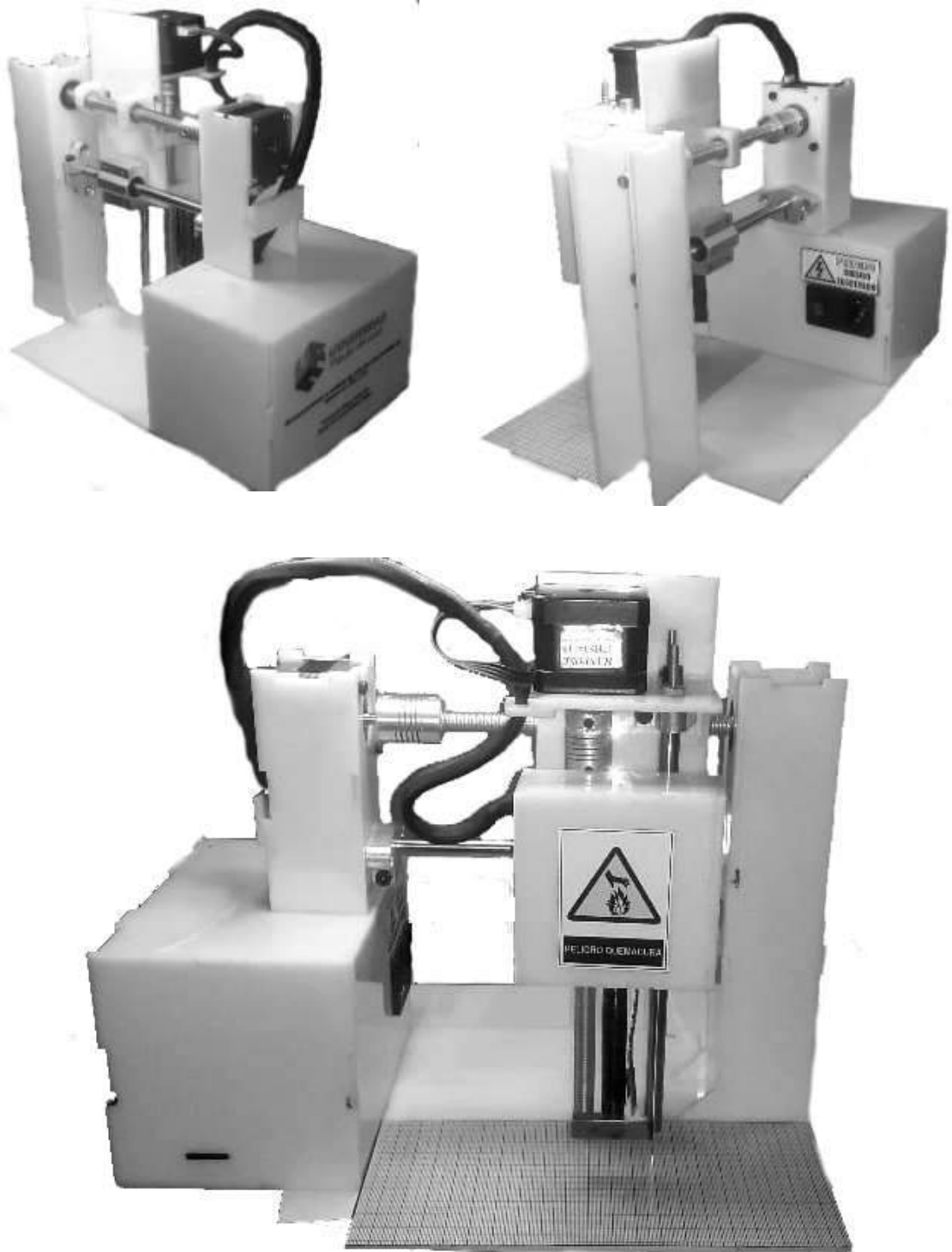
Figura 35. Soporte para evitar rotación



Montaje final de la estructura

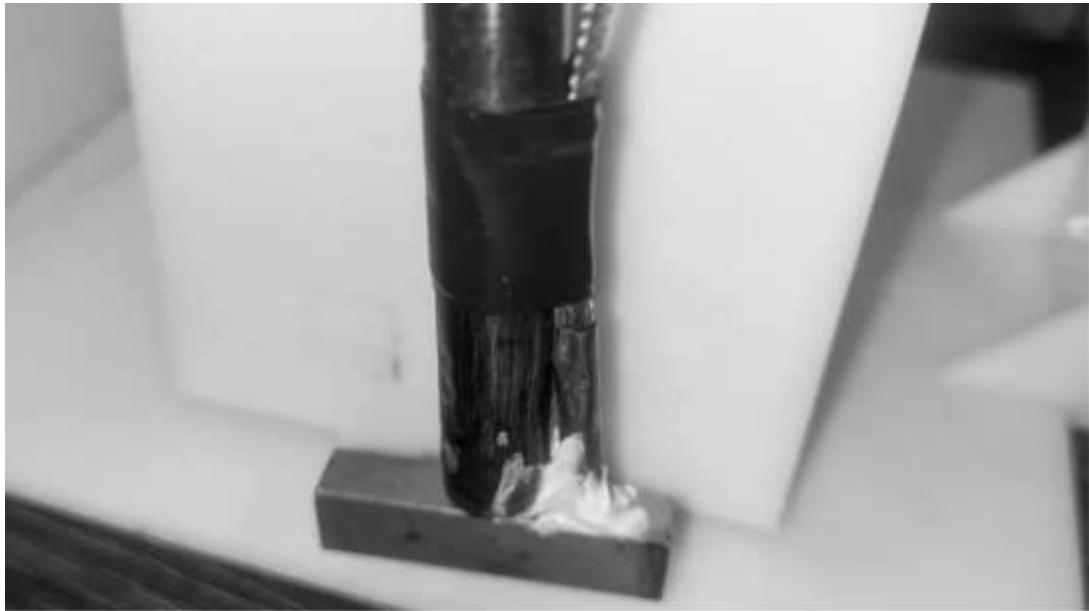
Para la presentación final del prototipo, una vez se logró fijar cada uno de los soportes, ejes y ubicar los motores sobre los acoples empleados para su presentación final, se decide también ubicar señales de advertencia que permiten indicar al usuario en caso de peligro de riesgo eléctrico o de quemaduras si no se tiene cuidado con la utilización del prototipo. Por último, se coloca una cuadrícula milimétrica que permite medir de manera precisa el movimiento de la punta de soldadura. El cableado es protegido con termocontráctil de 10 mm. Para evitar que se desparramen alrededor de la estructura y darle orden a la misma, además, se hace en la caja contenedora de circuitos una salida para el conector USB, que permite conectar el prototipo con un computador mediante uno de los puertos UART del microcontrolador. Todo lo anterior mencionado se puede apreciar en la Figura 36.

Figura 36. Presentación final del prototipo desde varias vistas



Para la soldadura, con 2 grados de libertad en movimiento, se consiguió controlar la temperatura por medio del sensor de temperatura, el cual fue fijado a la punta del caudín especial para soldar cinta flex. Para mejorar la conducción de temperatura hacia el sensor, se cubrió con pasta térmica conductora siliconada, la cual, al momento de secar, permite un mejor flujo térmico y se endurece para evitar la entrada de aire en la unión, proporcionando una medida de temperatura lo más ajustada posible a la realidad.

Figura 37. Punta para soldar cinta Flex



PRUEBA DE COMUNICACIÓN CON LA INTERFAZ

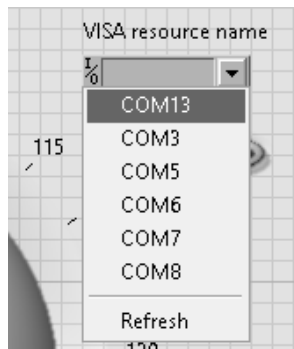
Para la comunicación con la interfaz se utiliza el puerto UART de los dos puertos UART que físicamente posee el microcontrolador. Este puerto se encuentra accesible desde el contenedor de la caja de circuitos y también permite la modificación del código del microcontrolador a través de una regleta hembra de 2.54 mm. Además, se emplea una PCB auxiliar que facilita la conexión del microcontrolador y permite activar el modo Download. En este modo, el microcontrolador entra en espera para cargar el código desde el Arduino IDE. Por otro lado, está el modo de ejecución, en el cual el microcontrolador lleva a cabo el código que se le ha cargado. Para la conexión con el puerto USB se usa un módulo que contiene el integrado CH340G, el cual genera un puerto COM que facilita la comunicación con la interfaz, ver Figura 38.

Figura 38. Conector USB-UART



En la Figura 39, se apreciar el módulo VISA de puerto UART para la comunicación serial del software LabView. El cual debe estar seleccionado al momento de la ejecución de la interfaz para poder iniciar con el proceso de control de la interfaz.

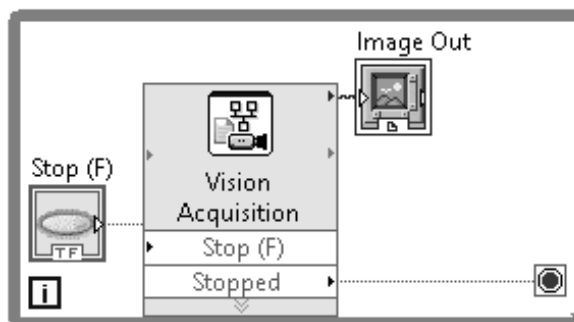
Figura 39. Puerto COM del módulo USB-UART



PRUEBA DE LA CAMARA LUPA USB

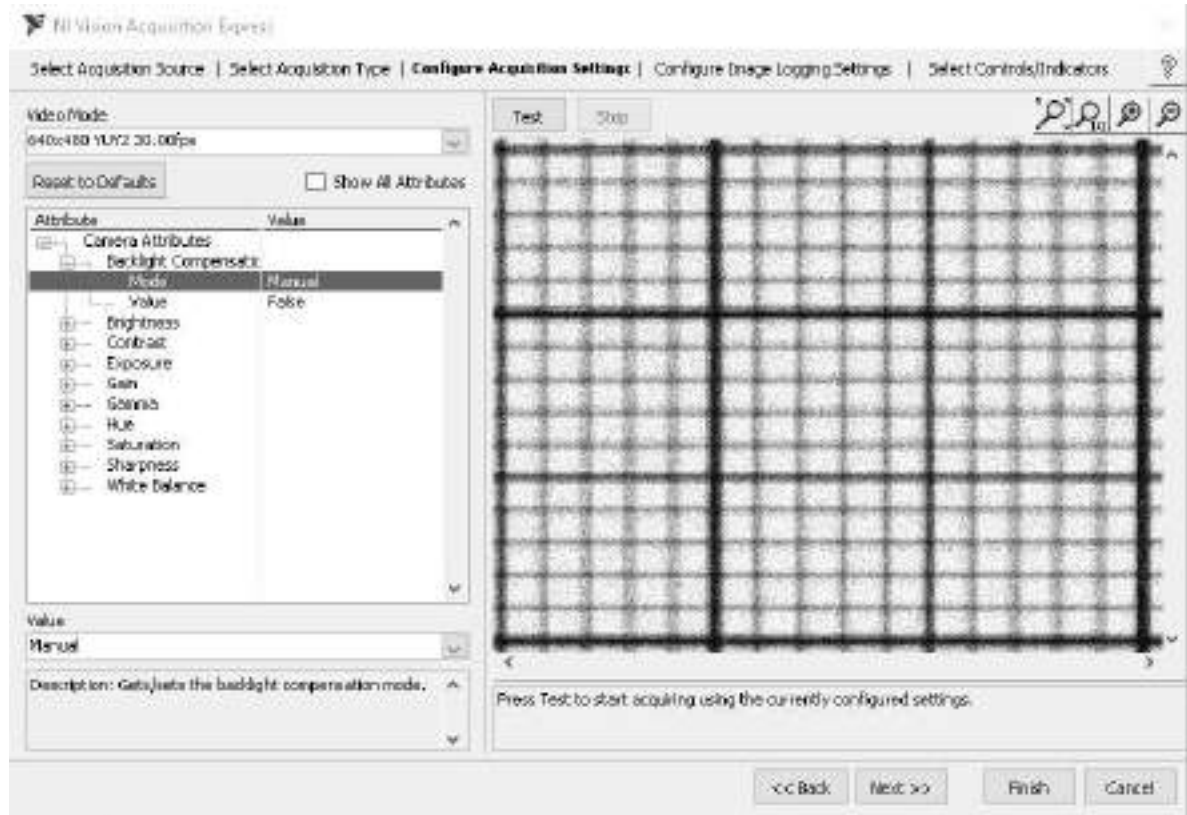
Para la conexión de la cámara USB, se emplea módulos especiales que deben ser instalados usando el software *NI package manager*, en el cual se debe hacer la instalación de los módulos de visualización y adquisición de imágenes, dicho modulo es adicionado a la interfaz.

Figura 40. Bloque para la visualización de imágenes



Dicho módulo de adquisición se debe configurar para seleccionar las características ver la Figura 41, para así poder apreciar de mejor manera la imagen cuando se esté realizando la soldadura.

Figura 41. Configuración de NI vision

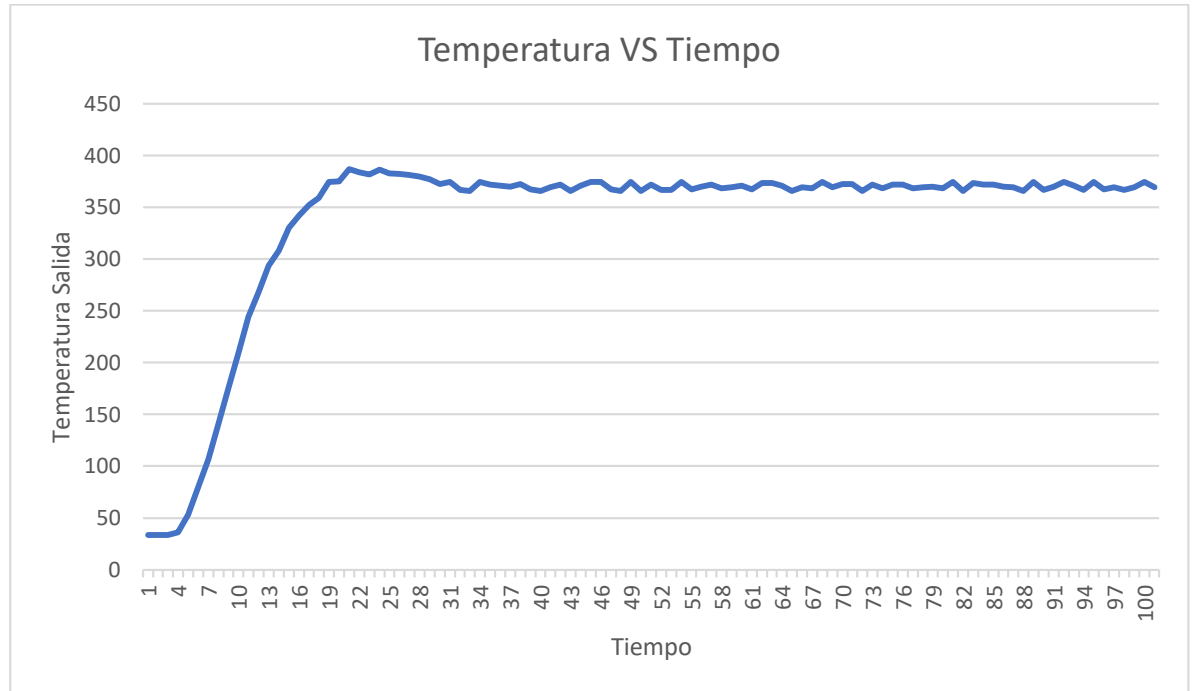


PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para una medición inicial de temperatura, se emplea el serial plotter de Arduino Ide, en el cual se dibuja la salida de voltaje con respecto al tiempo para su posterior estudio, el cual para reducción de muestras envía una muestra de temperatura cada 5 segundos, dejando el caudín encendido a máxima potencia obteniendo como temperatura promedio final alrededor de 380°C. Con un sistema con respuesta tipo

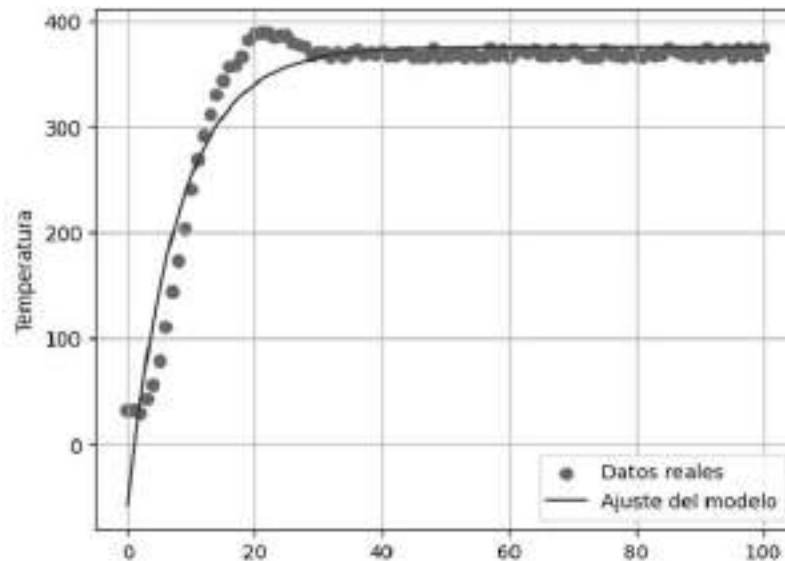
2, con tiempo muerto al comienzo y un sobre impulso al antes de llegar a un punto de estabilidad.

Figura 42. Respuesta en el tiempo del sensor de temperatura



Una vez se determina el tipo de respuesta del sistema se plantea un controlador del tipo PI, este es esencial en sistemas de control automático, garantizando estabilidad, precisión y respuesta rápida. Combina acción proporcional para respuesta rápida con acción integral para eliminar errores estacionarios. Su versatilidad lo hace adaptable a diversas aplicaciones, como es este caso, aplicando el método de mínimos cuadrados con un análisis de datos se pueden obtener las siguientes variables K_p y K_i , empleando código de Python, ver Figura 43.

Figura 44. Respuesta en el tiempo de controlador PI



Luego debe ser aplicado dichos valores de constantes K_i y K_p , al controlador PI, por medio de la salida dimmer del prototipo, esto por medio del microcontrolador haciendo uso de Arduino IDE, en un ciclo cerrado y repetitivo, donde la temperatura objetivo será obtenida a través de la interfaz por medio de la conexión uart.

Figura 45. Controlador PI de temperatura

```
// Lectura de la temperatura del MAX6675
temperaturaActual = max6675.readCelsius();
// Cálculo del error
double error = TEMPERATURA_OBJETIVO - temperaturaActual;
// Cálculo del término proporcional
double terminoProporcional = KP * error;
// Cálculo del término integral
acumuladorError += error;
double terminoIntegral = KI * acumuladorError;
// Cálculo de la salida del controlador
double salidaControlador = terminoProporcional + terminoIntegral;
// Aplicación de la salida al actuador
analogWrite(PIN_ACTUADOR, salidaControlador);
```

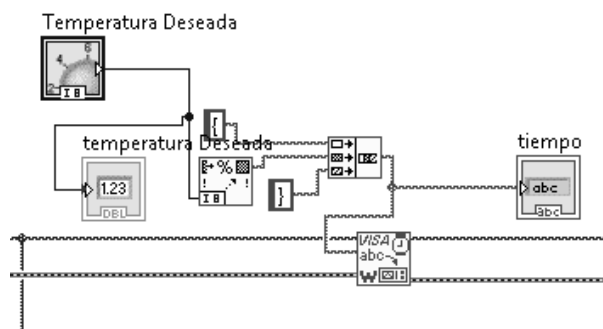
La temperatura deseada es ajustada por medio de la comunicación que existe entre el microcontrolador y Labview, haciendo una función repetitiva de 50ms.

Figura 46. Función de bloques para recibir temperatura



El cual tiene el siguiente protocolo de comunicación, dentro de 2 llaves una que abre y una que cierra, {dato}, donde dato es igual a una cantidad de posiciones fijas esto quiere decir que no importa que siempre Labview esperara 3 datos, por ejemplo 150 grados, pero el rango también puede ser 90 grados, para corregir esto, el código compensa haciendo lo siguiente, se suma 1000+dato, obteniendo así siempre un valor mayor a mil, el cual puede ser restado en la interfaz loque permite ajustar al valor de temperatura deseado. Esto con una velocidad de transmisión de 115200 baudios.

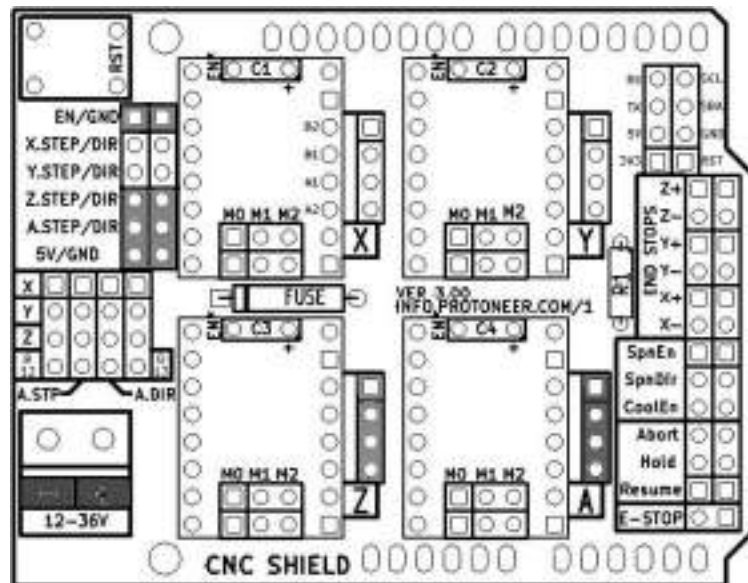
Figura 47. Función de bloques para enviar temperatura



PRUEBA DEL CONTROL DE MOTORES

Como se mencionó en el capítulo de diseño, se optó por la utilización de la Shield CNC V3, la cual facilita de manera rápida la conexión entre los motores y los drivers. En la Figura 48, se muestran en colores las conexiones que se emplearon para hacer funcionar los motores. Se requieren 2 alimentaciones: una para la etapa de potencia de 12V y otra para la etapa de control, que utiliza la misma alimentación del microcontrolador, de 3.3V. En color rojo se muestra la fuente de potencia, y en azul se encuentran los pines de conexión de la etapa de control. Se emplea la salida Z y la salida A, ya que cada una es independiente; además, el módulo A4988 es especialista en dicha labor.

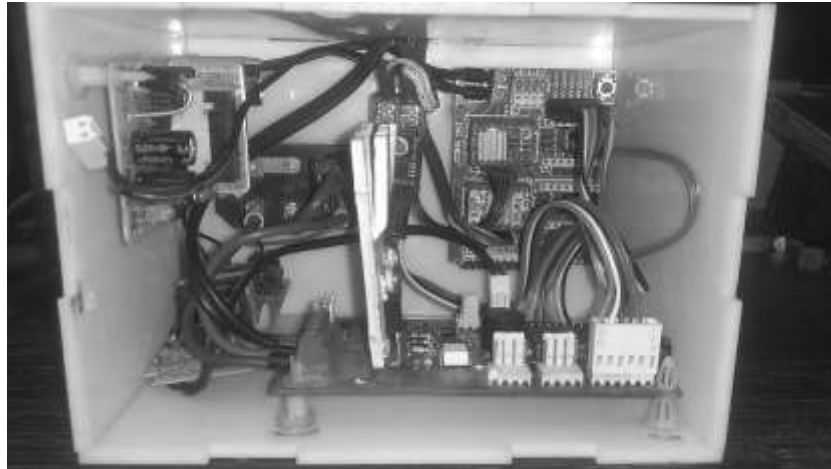
Figura 48. Conexiones en la Shield CNC V3



En la Figura 49, se puede ver cómo están ubicados los componentes dentro de la caja contenedora de circuitos, se tienen las 2 fuentes de alimentación del lado

izquierdo en el suelo y contra la pared, sobre la pared posterior se tiene la shield CNC V3 y el acondicionador del sensor de temperatura, en la base se tiene la PCB principal, junto con los conectores que la comunican con los sensores y la shield.

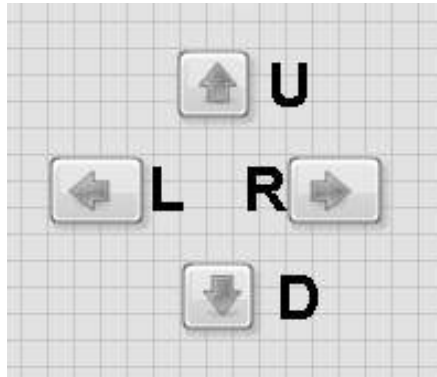
Figura 49. Ubicación interna de componentes dentro de la caja de circuitos



Debido a la corriente que consumen los motores, se colocó un disipador de calor de aluminio de 8 mm sobre cada uno de los drivers. Una vez realizadas las conexiones de los motores, se procede a programar los motores. Esto se realiza sin librerías, utilizando un ciclo FOR para cada motor cuando se recibe la orden de moverlo a través de la interfaz UART. En este caso particular, la comunicación se realiza de la siguiente manera: cada una de las 'flechas' en la interfaz está relacionada con una letra del alfabeto, como se muestra en la Figura 45. Estas 'flechas' son pulsadores en la interfaz, los cuales, al ser presionados, envían por UART la letra correspondiente. Es importante tener en cuenta que, debido a los límites de consumo y para evitar daños en los motores o en las fuentes de

alimentación, solo se podrá activar un motor a la vez. Además, a pesar de tener 2 grados de libertad, solo se podrá mover un motor a la vez.

Figura 50. Relación entre las flechas y letras



En la Figura 51, se tiene el diagrama de bloques del botón que controla la opción de subir en el segundo grado de libertad, al ser presionado el bloque verde cambia a la opción true, activando el bloque de comparación el cual enviara una U en el puerto de escritura UART del prototipo, esto se envía sin ningún tipo de protocolo de seguridad, solo se envía la letra y el microcontrolador recibe la orden y la ejecuta directamente.

Figura 52. Código de movimiento de motor

```
if (Serial.available() > 0){
  leo = Serial.read();

  if(leo=='U'){
    digitalWrite(dirPin,HIGH);
    pasos=10;
    var_delay=500;
    for(int x = 0; x < pasos; x++) {
      digitalWrite(stepPin,HIGH);
      delayMicroseconds(var_delay);
      digitalWrite(stepPin,LOW);
      delayMicroseconds(var_delay);
    }
  }
}
```

Una vez que se han realizado las conexiones adecuadas entre los motores, el controlador y la interfaz, se procede a realizar una verificación exhaustiva de los rangos de movimiento máximos en los ejes X y Y, tal como se ilustra en la Figura 53. En el eje Y, se observa una variación que va desde 0 mm de altura, lo que permite aplicar presión sobre las PCB y la cinta flex según sea necesario. Cabe destacar que el valor máximo de variación en este eje es de 26 mm en su punto más alto. Por otro lado, en el eje X, se identifica un movimiento máximo de 56 mm, tomando como punto de referencia el lugar donde se establece una altura de 0 mm. Esta verificación es fundamental para garantizar que los movimientos de los motores se mantengan dentro de los límites establecidos y que puedan realizar las acciones requeridas de manera eficiente y precisa.

Figura 53. Rangos máximos de movimiento de la estructura



CAPÍTULO 5 DISEÑO METODOLÓGICO Y PRESUPUESTO

La metodología aplicada en el proyecto es necesaria para establecer un orden sistemático de las etapas que se deben llevar a cabo para la obtención del mismo, en este caso para efectuar implementación de un micro posicionador para soldar cinta Flex para televisores, la metodología se divide en cinco etapas con sus respectivas actividades y resultados de acuerdo a la Tabla 5:

Tabla 5. Fases de Desarrollo

FASES	ACTIVIDADES	RESULTADOS
FASE I: Fundamentación teórico-conceptual	investigación y profundización sobre técnicas de soldadura y componentes principales.	Anteproyecto
	Búsqueda de proyectos previos para ser usados como guía para comprender mejor la temática del problema	
	Elaboración de un preinforme donde se exprese, la temática, costo estimado y la teoría sobre el proyecto.	
FASE II: Diseño y construcción del hardware	Diseño diagrama de bloques del sistema.	conocer las variables a medir en el desarrollo del proyecto, límites máximos y mínimos.
	Diseño preliminar de sistema de control de potencia eléctrica	Investigar actuadores de potencia comerciales que permitan controlar el flujo de corriente AC
	Diseño preliminar del circuito de adquisición de datos.	Investigar sensores comerciales, microcontroladores y dispositivos pasivos que

		cumplan con las exigencias del proyecto.
	Diseño preliminar de la estructura y soportes mecánicos	Diseño de estructura en software CAD.
	Montaje de board principal e interconexión de dispositivos	Hardware
FASE III: Diseño del software	Diseño de presentación en LABview	Panel frontal en LABview
	Programación del ESP32	Programa en Arduino IDE
	Programación de bloques de LABview	Panel de bloques de LABview
	Comunicación bidireccional entre ESP32 y PC	Enlace vía UART
FASE IV: Acople del sistema	Calibrar sensores y mediciones	Comprobación de funcionamiento y verificación de comunicación, junto con prueba de campo del dispositivo
	Prueba en campo del dispositivo	
	Verificación de funcionamiento	
FASE V: Ensayo y Depuración	Desarrollo de manual	Manual de usuario para la correcta utilización del modulo
	Informe final.	Presentar ante la comunidad educativa de la universidad, el Desarrollo del presente trabajo de grado y las conclusiones del mismo.
	Sustentación.	

Con el fin de lograr la Implementación del Prototipo para la soldadura de cinta Flex, esto se hará con inversión de recursos propios, apoyo y asesoría del director docente del Programa de Ingeniería Eléctrica del Programa de Ingeniería Electrónica Universidad Popular del Cesar, Se presentan en las tablas a continuación, las cuales contienen un análisis financiero del desarrollo del prototipo desglosado el estimado para gastos del desarrollo e implementación del proyecto.

En la tabla 6, se tiene un análisis de costos de los desarrolladores involucrados junto con el costo por parte del director.

Tabla 6. Recurso humano

RECURSO HUMANO	TIEMPO	VALOR	TOTAL
DIEGO ARMANDO RIVERA LÓPEZ	6 meses	\$ 250,000	\$ 1,500,000
YOHANDRIS PÉREZ TOSCANO	6 meses	\$ 250,000	\$ 1,500,000
ING. JORGE ELIECER QUINTERO	40 horas	\$ 50,000	\$ 2,000,000
Subtotal 1			\$ 5,000,000

En la Tabla 7, se consolida el gasto necesario en cuanto a componentes de hardware y herramientas para llevar a cabo el desarrollo e implementación.

Tabla 7. Recursos de Hardware

DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)	VALOR/MES DE USO	MESES	TOTAL
Computador HP i5 (3.2 GHz)	\$ 1,800,000	\$ 125,000	6	\$ 750,000
Multímetro Digital	\$ 400,000	\$ 33,333	6	\$ 199,998
Estacion de Soldadura	\$ 25,000	\$ 22,000	3	\$ 66,000
herramientas electricas	\$ 100,000	\$ 10,000	1	\$ 10,000
Subtotal 2				\$ 1,025,998

En la Tabla 8, se resume el costo de los software asociados al desarrollo, ya que estos son parte vital para permitir la implementación.

Tabla 8. Recursos de Software

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PRECIO</u>	<u>VALOR/MES DE USO</u>	<u>MESES</u>	<u>TOTAL</u>
<u>Windows 11 Home</u>	\$ 700,000	\$ 70,000	6	\$ 420,000
<u>Eagle 9.0</u>	\$ 350,000	\$ 35,000	1	\$ 35,000
<u>Arduino IDE</u>	\$ 0	\$ 0	3	\$ 0
<u>Corel Draw</u>	\$ 124,000	\$ 124,000	1	\$ 124,000
<u>LabView</u>	\$ 2,000,000	\$ 166,667	1	\$ 166,667
Subtotal 3				\$ 745,667

Los materiales requeridos en gran medida son resumidos en la Tabla 9, en la cual se tienen en cuenta componentes mayores requeridos para el ensamble del prototipo.

Tabla 9. Costo de materiales

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>PRECIO/UNIDAD</u>	<u>UNIDADES</u>	<u>PRECIO TOTAL</u>
<u>ESP32</u>	\$ 37,000	1	\$ 37,000
<u>Sensor Temperatura</u>	\$ 37,000	1	\$ 37,000
<u>Sensor de distancia</u>	\$ 32,000	1	\$ 32,000
<u>cautin</u>	\$ 20,000	1	\$ 20,000
<u>punta para flex</u>	\$ 25,000	1	\$ 25,000
<u>Motor paso a paso</u>	\$ 130,000	2	\$ 260,000
<u>actuador motor</u>	\$ 35,000	1	\$ 35,000
<u>optoacopladores</u>	\$ 2,000	3	\$ 6,000
<u>bus de datos</u>	\$ 12,000	1	\$ 12,000
<u>barilla milimetrica</u>	\$ 25,000	1	\$ 25,000
<u>tornillos milimetricos</u>	\$ 1,200	6	\$ 7,200
<u>soportes para barilla de 8 mm</u>	\$ 189,000	1	\$ 189,000
<u>COMPONENTES VARIOS PARA REALIZAR CIRCUITOS (ACIDO, BROCAS, BAQUELA, RESISTORES, REGLETAS, MOLEX, LED, CAPACITORES)</u>	\$ 40,000	1	\$ 40,000
<u>FUENTE 12V</u>	\$ 15,000	2	\$ 30,000
<u>Costo estructura</u>	\$ 212,000	1	\$ 212,000
Subtotal 4			\$ 967,200

En la Tabla 10, se tiene la suma de los costos brutos de las secciones anteriormente mencionadas, brindando un costo de implementación, pero sin contar con variantes que afectan el mismo, más la ganancia esperada al desarrollarlo.

Tabla 10. Costo inicial del desarrollo

SUBTOTALES	VALOR
SUBTOTAL 1	\$ 5,000,000
SUBTOTAL 2	\$ 1,025,998
SUBTOTAL 3	\$ 745,667
SUBTOTAL 4	\$ 967,200
TOTAL, INICIAL	\$ 7,738,865

Una vez se tiene el costo bruto del desarrollo, sobre este se calcula el valor de gasto administrativo, papelearía, costos de envío, transportes. Imprevistos relacionados con impases en el desarrollo y, por último, la ganancia esperada por realizar todo el proceso de implementación, ver Tabla 11.

Tabla 11. Costo estimado de administrativos imprevistos y utilidades.

AIU	VALOR
ADMINISTRATIVOS (10%)	\$ 773,886
IMPREVISTOS (10%)	\$ 773,886
UTILIDAD (20%)	\$ 1,547,773
VALOR AIU	\$ 3,095,546

Finalmente, en la Tabla 12, se realiza la suma aritmética de los subtotales anteriores, más los AIU (administrativos, imprevistos y utilidad), dando así un total del costo de desarrollo del proyecto.

Tabla 12. Costo final de la implementación

<u>TOTAL</u>	<u>VALOR</u>
<u>SUBTOTAL 1</u>	\$ 5,000,000
<u>SUBTOTAL 2</u>	\$ 1,025,998
<u>SUBTOTAL 3</u>	\$ 745,667
<u>SUBTOTAL 4</u>	\$ 967,200
<u>VALOR AIU</u>	\$ 3,095,546
<u>TOTAL</u>	\$ 10,834,411

RECOMENDACIONES

- Siempre usar el equipo en un sitio ventilado, esto es debido a los vapores generados durante la soldadura.
- No exceder los límites absolutos máximos del prototipo.
- Leer el manual de usuario antes de usar el equipo.
- Tener instalado LabVIEW 2019 SPI. Como mínimo para ejecutar la interfaz.

CONCLUSIONES

En conclusión, el proyecto de electrónica y mecánica ha alcanzado con éxito los objetivos establecidos, logrando implementar un sistema electromecánico integral para el posicionamiento y soldadura de la cinta Flex. Este sistema, diseñado con una estructura de acrílico de 3 mm, utiliza motores paso a paso y tiene como cerebro el microcontrolador ESP32.

Se ha alcanzado el primer objetivo mediante la implementación de un mecanismo de posicionamiento preciso de la cinta Flex, asegurando un control milimétrico para un proceso de soldadura óptimo. Este logro proporciona la base para la automatización eficiente de tareas delicadas.

El segundo objetivo se ha cumplido con la exitosa creación y construcción del sistema de soldadura. La combinación de la estructura de acrílico con los motores paso a paso ha permitido realizar procesos de soldadura precisos y repetitivos, asegurando una alta calidad en la unión de la cinta Flex.

El tercer objetivo, referente al desarrollo de una interfaz de control en LabVIEW, ha sido alcanzado con éxito. La interfaz proporciona supervisión y control en tiempo real del microposicionamiento, la temperatura y el tiempo durante el proceso de soldadura. Esta herramienta facilita el ajuste de variables y permite una supervisión efectiva del sistema.

Finalmente, la integración exitosa de todos los componentes ha permitido acoplar el sistema de manera eficiente, verificando el correcto funcionamiento de cada

elemento en conjunto. La utilización del ESP32 como microcontrolador, junto con una interfaz serial para la comunicación con LabVIEW, ha demostrado ser una combinación eficiente y robusta para el control y monitoreo de las variables clave en el proyecto.

REFERENCIAS

- [1] S. P. T. C. M. L. Vega F, "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MICROPOSICIONADOR Y FUSIONADOR DE FIBRAS ÓPTICAS," *REVISTA COLOMBIANA DE FÍSICA*, 2006.
- [2] M. S. y. C. Heesch, "Soldadura Hot Bar: Flex a PCBs," Nordson-DIMA, 2016.
- [3] L. J. T. E. Barahona E, "Sistema de posicionamiento aplicado a la tecnica de impresion 3D modelado por deposicion fundida," Boyacá, Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Seccional Duitama, 2012.
- [4] M. N. Lopez W, "DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA ," Riobamba – Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011.
- [5] L. JEFFUS , "Soldadura. Principios y aplicaciones," 2009. <https://books.google.es/books?id=rHynAxzh0iEC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=f>.
- [6] J. Aranda , "CONTROLADOR DE UN HORNO DE REFLUJO DE PRECISIÓN PARA SOLDADURA DE COMPONENTES SMT," UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUNYA, 2019.
- [7] Conti, F. "Motores Paso a Paso," Argentina: Libreria y Editorial Alsina, 2013. https://www.google.com.co/books/edition/Motores_Paso_a_Paso/Ycd6jgEACAAJ?hl=es-419
- [8] S. GUZMÁN, "CONTROL Y CARACTERIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE POSICIONAMIENTO X-Y CON DESPLAZAMIENTOS MICROMÉTRICOS PARA UNA POSTERIOR APLICACIÓN EN PROCESOS DE MICROFABRICACIÓN," Universidad EAFIT, dpto de ingeniería mecánica, medellin colombia, 2009.
- [9] M. Lopez, " Micropantallas de cristal líquido antiferroelectrico con direccionamiento pasivo, "Universidad Politécnica de Madrid, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=186133>, 2006

- [10] Samsung, "Samsung.com" 2020. [En línea]. Available: <https://www.samsung.com/latin/support/tv-audio-video/how-does-the-lcd-display-work>
- [11] s. Badawi, "An innovative Method for the Construction of woven flat flexible Cable (FFC)," de <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.21608/idj.2016.103164>, 2016, p. 215–224.
- [12] L. A. G. & C. J. Corona , "Sensores y Actuadores" https://books.google.es/books?id=wMm3BgAAQBAJ&dq=concepto+de+sensores&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s, 2014.
- [13] Omega, "omega.com," 2021. [En línea]. Available: <https://es.omega.com/prodinfo/termopares.html>.
- [14] P. & L. G. Aradi, "Lab view as a Teaching Aid for Control Engineering.," [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)33700-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)33700-X), p. 321–326.
- [15] K. R. P. S. K. C. B. C. Lakshmikhandan, "Real time exploited BLDC motor drive BLDC motor drive in lab view virtual instrumentation environment.," 2021}. [En línea]. Available: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.155>.