



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT TRAZADOR DE
PLANTILAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PARASOLES Y
TOLDOS.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

JUAN JOSÉ LÓPEZ ROMO

DIRECTOR: GUILLERMO MOSQUERA, MSC.

Quito, Febrero 2018

© Universidad Tecnológica Equinoccial 2018.
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1719568667
APELLIDO Y NOMBRES:	LÓPEZ ROMO JUAN JOSÉ
DIRECCIÓN:	Ramón Roca E6-09 y Reina Victoria
EMAIL:	J_jl92@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	022224804
TELÉFONO MOVIL:	0999780382

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diseño y Construcción de un robot trazador de plantillas para la construcción de parasoles y toldos.
AUTOR:	Juan José López Romo
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	26 de Febrero de 2018
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Guillermo Mosquera, Msc
PROGRAMA	PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/>
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
RESUMEN:	El presente trabajo describe el diseño y la construcción de un robot trazador de plantillas para la elaboración de parasoles y toldos en la empresa Toldos Malen. En la empresa Toldos Malen se confeccionan parasoles y toldos de forma manual lo cual genera retrasos al momento de elaborarlos puesto que sus diseños primero son impresos en plotter, a continuación, se corta este diseño y se lo plasma en cartón para después trazar la plantilla sobre la lona para

fabricar el parasol o el toldo. Para disminuir el tiempo y la utilización de materiales en la elaboración de los parasoles y toldos se ve como alternativa la implementación de un robot trazador de plantillas el cual plasma el diseño directamente sobre la lona, para posteriormente realizar el corté y confección del parasol. La reducción de los materiales se da debido a que se evita la impresión del diseño del material en papel plotter y en la elaboración del molde en cartón. Para la realización de este proyecto se utilizó la metodología mecatrónica basada en el modelo en V. Se planteó el problema, se determinó los requerimientos del proyecto con los cuales se dio un diseño conceptual, este diseño conceptual se lo desarrollo mediante la utilización de diagramas, y en base a este criterio de ingeniería se obtuvo un diseño específico del robot. Una vez que se obtuvo el diseño específico se presentó la solución validada con todos los componentes que tiene el robot y por último paso se realizó la construcción del robot. Realizada la calibración de los motores se procedió a llevar a cabo los primeros trazos con el robot del cual se obtuvo un error relativo promedio en el área de dibujo de 1.78% y una reducción en el tiempo de 6 horas laborables o un 75% de ahorro en tiempo de elaboración.

PALABRAS CLAVES:

Robot cartesiano, dibujo cnc, código g

ABSTRACT:

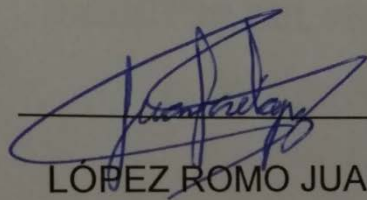
This document describes the design and construction of a tracer robot of templates for the elaboration of parasols and awnings in the company

Toldos Malen. In the company Toldos Malen, parasols and awnings are made manually which generates delays when preparing them since their designs are first printed on plotter, then these designs are cut, printed on cardboard and then draw the template on the canvas to fabricate the parasol or awning. To decrease the time and the use of materials in the elaboration of the parasols and awnings, it is seen as alternative the implementation of a robot plotter of templates, which reflected the design directly on the canvas, to later make the cut, and manufacture of the parasol. The reduction of the materials is due to the avoidance of the impression of the design of the material in plotter paper and in the elaboration of the mold in cardboard. For the realization of this project the Mechatronics methodology based on the V model was used. The problem arose, the requirements of the project were determined with which a conceptual design was given, this conceptual design was developed by means of the use of diagrams and based on this engineering criterion a specific design of the robot was obtained. Once the specific design was obtained, the validated solution was presented with all the components of the robot and finally the construction of the robot is done. The calibration of the motors was carried out. Then, the first strokes with the robot from which it was obtained an average relative error in the drawing area of 1.78% and a reduction in the time of 6 hours or a 75% savings in processing time.

KEYWORDS

Cartesian robot, cnc, code drawing g

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



LÓPEZ ROMO JUAN JOSÉ

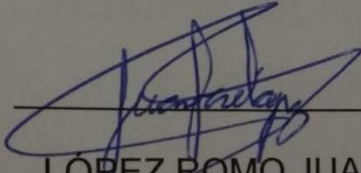
C.I. 1719568667

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **LÓPEZ ROMO JUAN JOSÉ**, CI 1719568667 autor del proyecto titulado: **diseño y construcción de un robot trazador de plantillas para la construcción de parasoles y toldos** previo a la obtención del título de **INGENIERO MECATRÓNICO** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, Febrero de 2018



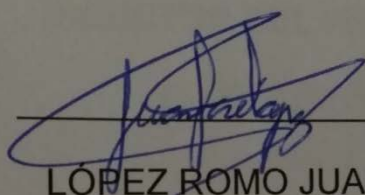
LÓPEZ ROMO JUAN JOSÉ

C.I. 1719568667

DECLARACIÓN

Yo **LÓPEZ ROMO JUAN JOSÉ**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

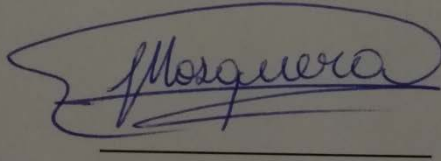


LÓPEZ ROMO JUAN JOSÉ

C.I. 1719568667

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Diseño y construcción de un robot trazador de plantillas para la construcción de parasoles y toldos**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero mecatrónico** fue desarrollado por **Juan José López Romo**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 Y 28.



Guillermo Mosquera Canchingre

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 0802613059

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza y la constancia para terminar una etapa más de mi vida. A mis padres que hicieron posible que estudie y siga adelante con lo que me gusta hacer. A mi hermano que, aunque ya no está me sigue cuidando y dando la fuerza para seguir. A Hugo que hizo que esta tesis sea realidad en su taller. A mis tíos que me ayudaron a realizar y revisar la tesis. A mis amigos que me motivaron a seguir adelante en cada paso y a los que me ayudaron a completar y arreglar la tesis.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme sabiduría, paciencia, amor y fuerza para llegar a cumplir todos mis objetivos en la universidad.

A mi madre quien hizo posible que yo siga lo que me gusta con su apoyo y comprensión.

A mi padre que me dio consejos para no rendirme y siempre seguir adelante.

A mi hermano que me enseñó lo bueno que tiene la vida y también lo duro que puede llegar a ser.

A mis tíos que me inspiraron y me ayudan a crecer y ser mejor persona siempre.

A mis amigos que estuvieron en las malas y en las buenas.

A mis profesores que me enseñaron la catedra, pero que también me enseñaron las cosas que tiene la vida y sus dificultades.

A mi perro que me da lecciones de vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA Y DISEÑO	5
2.1. Planteamiento del problema.....	6
2.2. Definición de Requerimientos.....	6
2.2.1. Requerimientos del robot	6
2.3. Diseño conceptual.....	7
2.4. Diseño específico.....	11
2.4.1. Diseño Mecánico.....	11
2.4.2. Diseño Eléctrico	18
2.5. Implementación física del sistema.....	21
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Pruebas de validación.....	24
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
CONCLUSIONES.....	31
RECOMENDACIONES.....	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
TABLA 1. CARACTERÍSTICAS TORNILLO SIN FIN.....	14
TABLA 2. REACCIONES	16
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS MOTORES A PASOS	18
TABLA 4. COMPARACIÓN DE MICROCONTROLADORES	19
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE DRIVERS DE LOS MOTORES	20
TABLA 6. DATOS CARA DEL PARASOL.....	24
TABLA 7. MEDIDAS DEL BOLSILLO INTERNO	25
TABLA 8. MEDIDAS DE FRANJA.....	26
TABLA 9. ÁREA DE CARA DEL PARASOL	26
TABLA 10. PROMEDIO CARA DEL PARASOL.....	27
TABLA 11. ÁREA DEL BOLSILLO INTERNO.....	27
TABLA 12. PROMEDIO ERROR Y TIEMPO BOLSILLO	28
TABLA 13. ÁREA DE FRANJA	28
TABLA 14. PROMEDIOS ERROR RELATIVO Y TIEMPOS DE FRANJA..	29

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 1. PCB DRAWING AND DRILLING.....	2
FIGURA 2. CNC CON DVD.....	3
FIGURA 3. DIAGRAMA DE REQUERIMIENTOS.....	6
FIGURA 4. FUNCIONAMIENTO DEL ROBOT TRAZADOR	7
FIGURA 5. CONCEPTO ESTRUCTURAL DEL SISTEMA	8
FIGURA 6. DIAGRAMA INTERNO DE BLOQUES.....	8
FIGURA 7. DIAGRAMA INTERNO MECÁNICO.....	9
FIGURA 8. DIAGRAMA INTERNO ELÉCTRICO.....	9
FIGURA 9. DIAGRAMA INTERNO DE CONTROL.....	9
FIGURA 10. BOSQUEJO DE IDEA DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	10
FIGURA 11. OPCIONES DE FORMA DE ESTRUCTURA	11
FIGURA 12. VIGA EN C Y COMPONENTES.....	12
FIGURA 13. DISEÑO DEL MECANISMO DE LA HERRAMIENTA	13
FIGURA 14. OPCIONES DE MECANISMOS DE DESPLAZAMIENTO.....	
EJE Y.....	13
FIGURA 15. RESULTADOS	14
FIGURA 16. DIAGRAMA DE FUERZAS	15
FIGURA 17. CIRCUITO ELÉCTRICO	20
FIGURA 18. ROBOT TRAZADOR.....	22
FIGURA 19. SISTEMA ELÉCTRICO	23
FIGURA 20. PARASOL OCTOGONAL	24
FIGURA 21. CARA DEL PARASOL (MEDIDAS EN MM).....	24
FIGURA 22. BOLSILLO INTERNO (MEDIDAS EN MM)	25
FIGURA 23. FRANJA (MEDIDAS EN MM).....	25
FIGURA 24. RESULTADO CARA DEL PARASOL.....	27
FIGURA 25. RESULTADOS BOLSILLO DEL PARASOL.....	28
FIGURA 26. RESULTADO FRANJA DEL PARASOL.....	29

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÀGINA
Anexo 1. Dimensiones robot trazador de plantillas y piezas que lo conforma.....	33

RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño y la construcción de un robot trazador de plantillas para la elaboración de parasoles y toldos en la empresa Toldos Malen. En la empresa Toldos Malen se confeccionan parasoles y toldos de forma manual lo cual genera retrasos al momento de elaborarlos puesto que sus diseños primero son impresos en plotter, a continuación, se corta este diseño y se lo plasma en cartón para después trazar la plantilla sobre la lona para fabricar el parasol o el toldo. Para disminuir el tiempo y la utilización de materiales en la elaboración de los parasoles y toldos se ve como alternativa la implementación de un robot trazador de plantillas el cual plasma el diseño directamente sobre la lona, para posteriormente realizar el corté y confección del parasol. La reducción de los materiales se da debido a que se evita la impresión del diseño del material en papel plotter y en la elaboración del molde en cartón. Para la realización de este proyecto se utilizó la metodología mecatrónica basada en el modelo en V. Se planteó el problema, se determinó los requerimientos del proyecto con los cuales se dio un diseño conceptual, este diseño conceptual se lo desarrollo mediante la utilización de diagramas, y en base a este criterio de ingeniería se obtuvo un diseño específico del robot. Una vez que se obtuvo el diseño específico se presentó la solución validada con todos los componentes que tiene el robot y por último paso se realizó la construcción del robot. Realizada la calibración de los motores se procedió a llevar a cabo los primeros trazos con el robot del cual se obtuvo un error relativo promedio en el área de dibujo de 1.78% y una reducción en el tiempo de 6 horas laborables o un 75% de ahorro en tiempo de elaboración.

Palabras clave:

Robot cartesiano, dibujo cnc, código g .

ABSTRACT

This document describes the design and construction of a tracer robot of templates for the elaboration of parasols and awnings in the company Toldos Malen. In the company Toldos Malen, parasols and awnings are made manually which generates delays when preparing them since their designs are first printed on plotter, then these designs are cut, printed on cardboard and then draw the template on the canvas to fabricate the parasol or awning. To decrease the time and the use of materials in the elaboration of the parasols and awnings, it is seen as alternative the implementation of a robot plotter of templates, which reflected the design directly on the canvas, to later make the cut, and manufacture of the parasol. The reduction of the materials is due to the avoidance of the impression of the design of the material in plotter paper and in the elaboration of the mold in cardboard. For the realization of this project the Mechatronics methodology based on the V model was used. The problem arose, the requirements of the project were determined with which a conceptual design was given, this conceptual design was developed by means of the use of diagrams and based on this engineering criterion a specific design of the robot was obtained. Once the specific design was obtained, the validated solution was presented with all the components of the robot and finally the construction of the robot is done. The calibration of the motors was carried out. Then, the first strokes with the robot from which it was obtained an average relative error in the drawing area of 1.78% and a reduction in the time of 6 hours or a 75% savings in processing time.

Keywords:

Cartesian Robot, cnc drawing, g code.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores retos en la actualidad es la automatización de los procesos en las diferentes fábricas a nivel mundial, puesto que esto ayuda a reducir el desperdicio de materiales y tiempos en el proceso y reproceso de producción.

En el caso de este proyecto, la reducción de uso de los materiales y de tiempo se da por implementación de un robot que realiza los trazos en menos tiempo del que haría una persona.

El principal objetivo de este trabajo de titulación, es la realización del diseño y la construcción de un robot que trace diferentes figuras geométricas sobre una superficie plana.

Este robot está implementado en la empresa Toldos Malen, que se dedica a la fabricación de diferentes tipos de parasoles y toldos. Estos parasoles y toldos son fabricados a medida de las necesidades del cliente y en tamaños predefinidos.

La empresa en mención, para la producción de parasoles y toldos, partiendo de las necesidades del cliente, actualmente realiza los siguientes pasos:

1. Diseño en computadora en 2d de los parasoles y toldos.
2. Impresión de los diseños de parasoles y toldos en papel utilizando un plotter.
3. Corte de la impresión de diseños para tener los moldes de los parasoles y toldos.
4. Creación de moldes de cartón en base a los moldes de papel.
5. Dibujo sobre la lona con los moldes de cartón.
6. Corte de la lona.
7. Ensamblaje de las piezas para formar el producto terminado.

Al implementar el robot se suprimen los pasos 2, 3 y 4 debido a que el robot entra directamente al paso 5 a dibujar sobre la lona.

Es por esto que el ahorro en tiempo que se pretende utilizando el robot es de un 50% y la precisión que se esperaría es de un 90% con un ahorro completo en la utilización de materiales en el trazo de parasoles y toldos.

Para lo cual el robot va a constar de partes mecánicas, eléctricas y de control.

La parte mecánica comprende todos los elementos y piezas que el robot necesita para su funcionamiento.

La parte eléctrica y de control, la forman todos los circuitos y programas que se van a encargar de realizar la interpretación y él envió de los datos hacia el robot y viceversa.

Los proyectos que sirvieron de referencia en el presente trabajo son los siguientes:

- Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling.
- Robotic 2D Plotter.
- Design and Development of XY Plotter Mechanical System Design.
- Design of CNC printing system for spherical objects.

Cabe recalcar que ninguno de los trabajos de referencia nombrados, tiene todas las características, funcionalidades y facilidades necesarias para el trazado sobre lona.

- Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling.

En la Figura 1, se ven los componentes eléctricos y mecánicos del proyecto “Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling”. Este proyecto sirve para la construcción de placas pcb (del inglés Printed circuit board) con la utilización de una mini cnc (Control numérico computarizado). En este proyecto tienen como objetivo dar a conocer que se puede llegar a construir una máquina cnc pequeña a bajo costo y utilizando programas con código g.

Esta máquina de bajo costo utiliza un microcontrolador atmega328, y drivers para los motores. Para la comunicación se realiza mediante la utilización de código g. (Kajal J. , Kranti, Pooja, & Vikas, 2016)

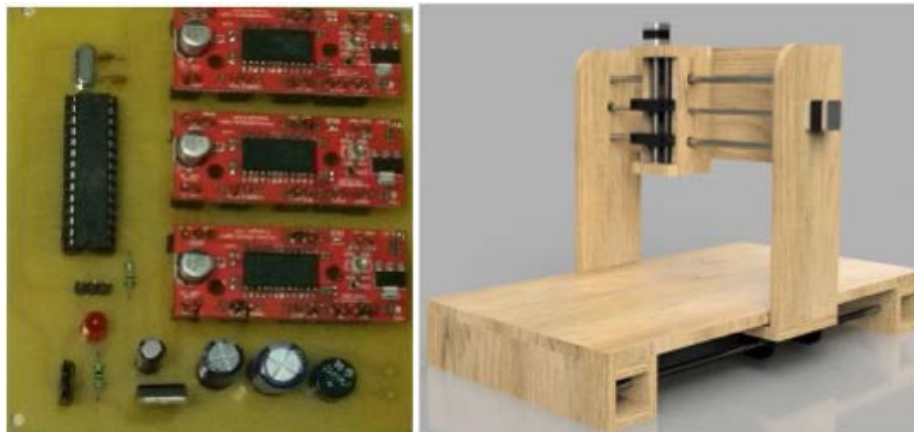


Figura 1. PCB Drawing and Drilling
(Kajal J. , Kranti, Pooja, & Vikas, 2016)

- Robotic 2D Plotter

Los plotters son dispositivos que realizan gráficos de forma vectorizada, que pueden llegar a realizar trazos complejos de una manera lenta debido a los elementos mecánicos que tienen. Puesto que también puede llegar a utilizarse como un esfero para reproducir letras sobre las superficies que se desee. (Shivakumar, M; Stafford, Michahail; Ankitha, Tantry; Bhawana, C K; Kavana, H; Kavya , V Rao, 2014)

El “Robotic 2D Plotter” es un brazo robótico que se encarga de realizar dibujos. Este robot es la combinación de varios servomotores los cuales se encargan de ejecutar la rotación necesaria para posicionar al lápiz, el cual se encuentra al final de tres eslabones. Los autores llegan a concluir que es un mecanismo que puede ser utilizado en muchas aplicaciones que tengan que ver con dibujo tanto de letras como de imágenes. (Shivakumar, M; Stafford, Michahail; Ankitha, Tantry; Bhawana, C K; Kavana, H; Kavya , V Rao, 2014)

- Design and Development of XY Plotter Mechanical System Design

Algunos sistemas similares que se encargan de realizar grabados sobre superficies esféricas o trazos sobre superficies planas por lo general optan por la utilización de motores a pasos debido a que tiene varias ventajas en comparación al motor de corriente directa. (WEI MING, NG; F H, LOO; HAMZAH, ROSSI; FARHANA, A, 2015)

En la Figura 2, se puede ver como se utilizan los mecanismos para diseñar una cnc que realiza trazos en papel. La máquina utiliza el software de arduino para controlar los movimientos de los ejes. Esta máquina tiene la integración de varias tecnologías las cuales son el pilar para desarrollar y mejorar la máquina en el futuro. (WEI MING, NG; F H, LOO; HAMZAH, ROSSI; FARHANA, A, 2015)

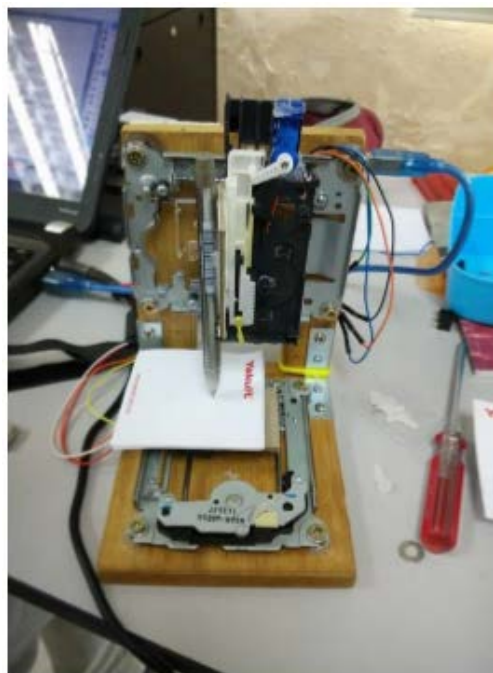


Figura 2. CNC con dvd

(WEI MING, NG; F H, LOO; HAMZAH, ROSSI; FARHANA, A, 2015)

- Design of CNC printing system for spherical objects

Los sistemas de trazado también utilizan una interfaz gráfica que permite realizar los bosquejos de los elementos que quieren conseguir en sus diseños.

Para poder continuar con el trazado del diseño primero se tiene que transformar a un lenguaje de programación los puntos. Una vez que se obtiene los puntos en un lenguaje adecuado es enviado al microcontrolador para que procese la información y este a su vez transmita la información a los motores para que se realice la impresión o el trazo sobre la superficie seleccionada. (KAMBLE, S.K.; MALI, GOVIND, 2014)

En base al alcance y la referencia consultada se plantea el siguiente objetivo general.

Construir un robot con un sistema capaz de realizar varios trazos de diferentes tamaños y diferentes formas geométricas que van desde 10cm de largo x 10cm de ancho hasta 18m de largo x 1.6m de ancho.

Por lo tanto, como objetivos específicos están los siguientes:

- Diseñar un sistema de trazado de figuras.
- Construir un robot con la finalidad de realizar el trazo de figuras geométricas en lona.
- Diseñar un sistema de control que permita al operario manipular el robot para que comience con los trazos en el área de trabajo.
- Verificar mediante pruebas el funcionamiento del robot.

2. METODOLOGÍA Y DISEÑO

Con base en la metodología mecatrónica basa en el modelo en V (Ingenierue, 2004), se va a desarrollar una serie de pasos que son:

- Planteamiento del problema: en esta etapa del proceso se analizó los inconvenientes que se presentaban en la empresa al momento de realizar los parasoles y toldos
- Definición de Requerimientos. En la segunda etapa definición de requerimientos primero se procedió a realizar las preguntas al cliente de ¿Qué es lo que quiere?, ¿Cuáles son las necesidades fundamentales que él tiene?, ¿Cuánto es el presupuesto que el cliente tiene para el proyecto?, ¿Cuál es el tiempo de entrega del proyecto? Cosas imprescindibles que el cliente quiere en el proyecto para después ver la factibilidad de cada una de las ideas y ver si son funcionales en el proyecto.

Se van a definir los requerimientos del sistema tomando en cuenta las dimensiones del sistema, el área de trabajo, velocidad de funcionamiento, precisión, costo. Así mismo, se considerará las necesidades tanto de la empresa como de los operadores del producto.

- Diseño conceptual. En esta etapa se planteó las posibles soluciones en torno al mecanismo de trazado y la estructura del robot. Estas se analizaron para determinar cuál es la que cumple con los requerimientos en su totalidad.
- Diseño específico. Una vez que se establece la posible solución, se realiza los cálculos y los análisis necesarios que sustenten la función y la operación de cada una de las piezas y dispositivos tanto mecánicas, eléctricas y de control; para llevar a cabo el proyecto minimizando cualquier error.
- Implementación de prototipo físico del sistema: en esta etapa del proceso se realizó el ensamblaje de todos los mecanismos y elementos seleccionados para tener el robot trazador de figuras de forma física.
- Pruebas de validación: en esta etapa se realizó pruebas con el fin de comprobar que se reduce el tiempo y ver la precisión que tiene la máquina para la confección de parasoles y toldos. La prueba se la realizo con el trazo de un parasol octogonal el cual consta de las caras del parasol, los bolsillos, las franjas y la tapa de octogonal.

Con estos pasos se garantiza que el producto cumpla con las necesidades y los requerimientos que el cliente postula para delimitar el trabajo. A continuación, se elabora cada uno de los pasos mencionados.

2.1. Planteamiento del problema

La empresa Toldos MALEN que se dedica a la fabricación de diferentes tipos de parasoles y toldos. Actualmente, para su producción realiza el diseño en computadora, el diseño se imprime en plotter, luego con la impresión se crea los moldes de cartón. Con los moldes en cartón se procede a dibujar en la lona para su corte y posterior ensamblaje con las piezas que conforman el producto terminado. Todo este proceso se realiza en aproximadamente 12 horas laborables, ocasionando que haya retraso en el proceso de producción. Puesto que el tiempo que conlleva desde la impresión en el plotter hasta el trazo en la lona se lo realiza en aproximadamente 8 horas laborables, por esto se ha visto la necesidad de optimizar el tiempo y la utilización de materiales, realizando un robot el cual se encarga del trazado en la lona. Lo que genera una disminución de los pasos lo que conlleva a un ahorro de tiempo y materiales.

2.2. Definición de Requerimientos

2.2.1. Requerimientos del robot

En la Figura 3, se observa cada uno de los requerimientos y como se ven influenciadas entre sí, para cumplir con el objetivo de llegar a realizar el proyecto en su totalidad y con las necesidades del cliente. Uno de los requerimientos más importantes es: el monto máximo a invertir en la máquina que contempla aspectos como el desarrollo del software y las dimensiones en el área de trabajo.

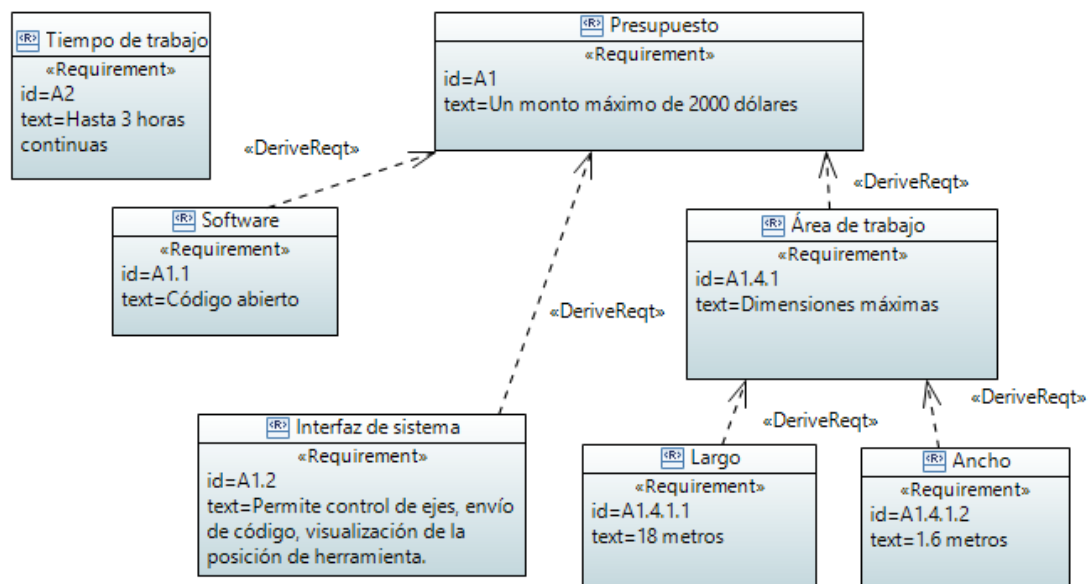


Figura 3. Diagrama de Requerimientos

2.3. Diseño conceptual

En la Figura 4, se puede observar cómo va a ser el funcionamiento completo del robot trazador. Como primer paso se va a realizar el diseño en 2D del parasol del cliente el cual genera un gráfico en 2D. Este gráfico en 2D se va a convertir en código g dándonos todos los puntos y trazos que el robot tiene que realizar. La interpretación del código g se da en el software que se encuentra en la computadora, este software también envía al microcontrolador la información necesaria para que se accionen los actuadores. Con la activación de los actuadores el robot comienza su funcionamiento lo que ocasiona que se realice el dibujo sobre el toldo.

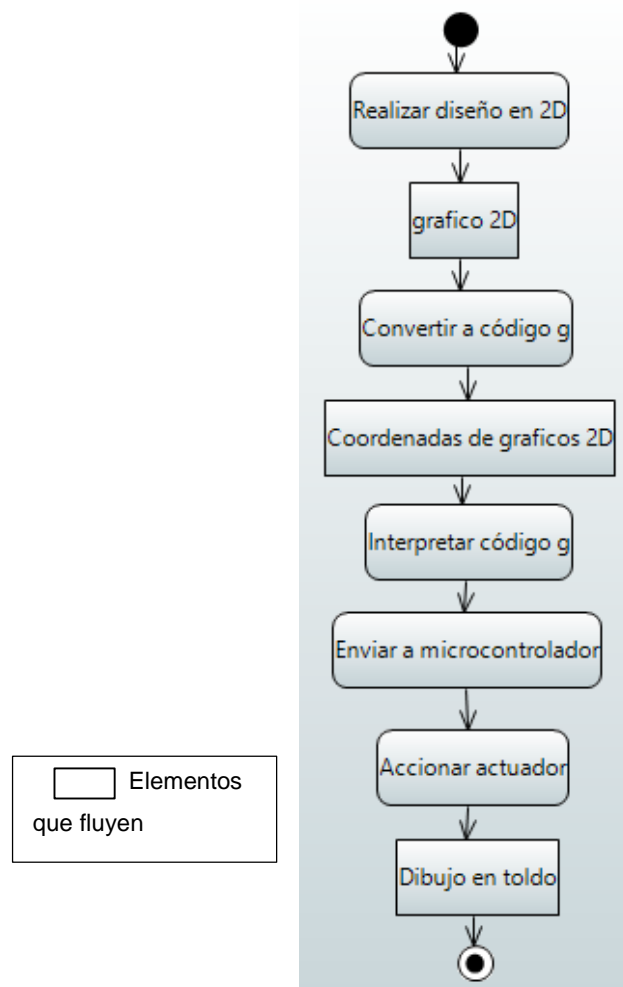


Figura 4. Funcionamiento del robot Trazador

La Figura 5, es la representación del sistema y de los sub-sistemas que intervienen en la elaboración del proyecto y como está estructurada su relación.

Se tiene tres subsistemas: el sistema eléctrico, el sistema mecánico y el sistema de control.

El sistema eléctrico consta de partes como la fuente de energía, controladores de motores, la placa de motores y los fines de carrera.

El sistema mecánico, tiene partes como: la estructura mecánica, mecanismo de movimiento o el mecanismo de dibujo.

El sistema de control tiene dos partes fundamentales para su funcionamiento una de ellas la interfaz de comunicación y la otra el microcontrolador.

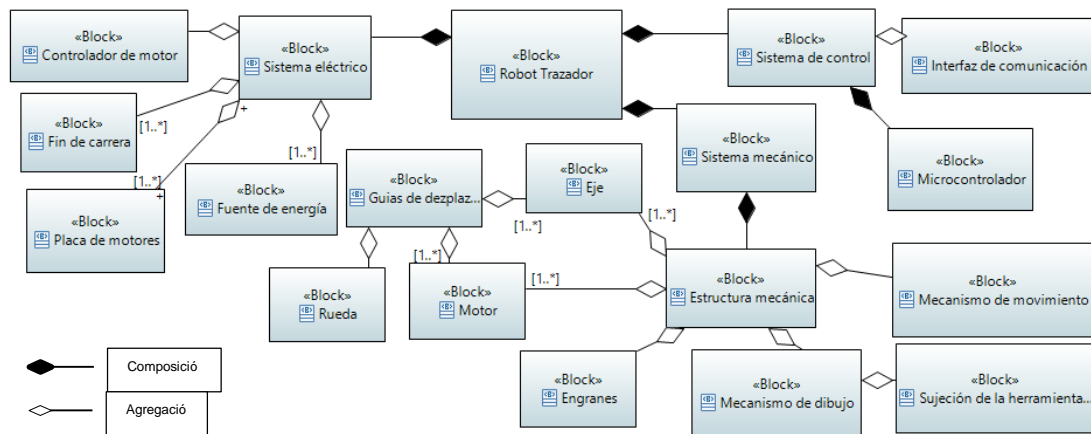


Figura 5. Concepto Estructural del Sistema

En la Figura 6, se puede ver como los componentes principales del sistema van a interactuar para poder realizar los trazos de las plantillas en lona. Como por ejemplo los motores o el microcontrolador que va a llevar la máquina.

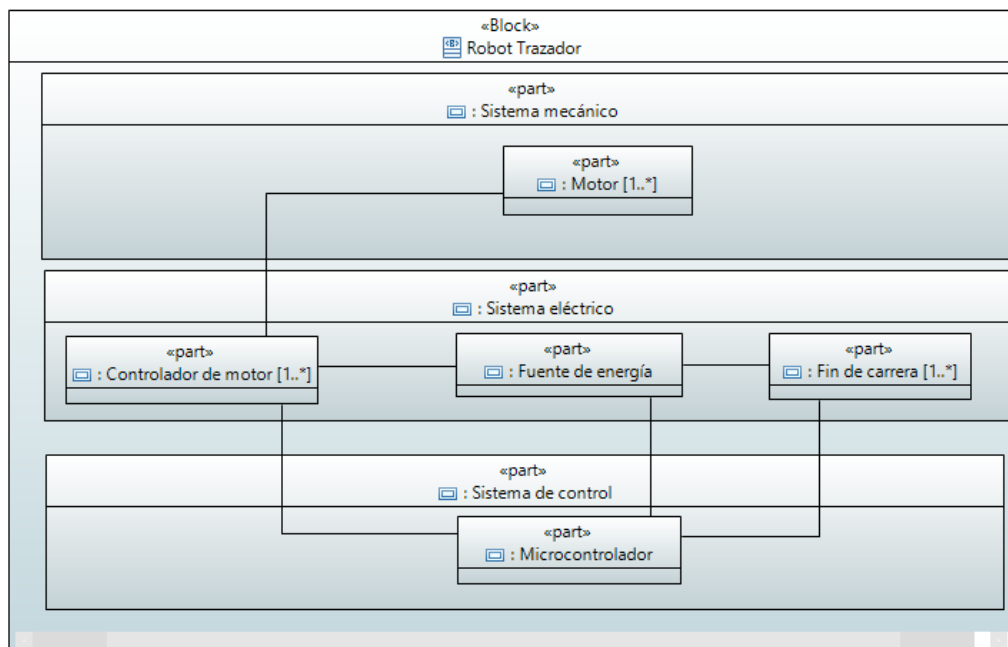


Figura 6. Diagrama Interno de Bloques

En la Figura 7, se puede observar las partes principales de la máquina como la estructura mecánica y los elementos que la conforman. Aquí también se

puede observar los mecanismos de movimiento, pieza fundamental que va a permitir un desplazamiento en los diferentes ejes de acción. Otra parte que se puede observar es la sujeción de la herramienta de trazado, la cual se encarga de tener el desplazamiento sobre uno de los ejes para posicionarse sobre el punto exacto de trazado.

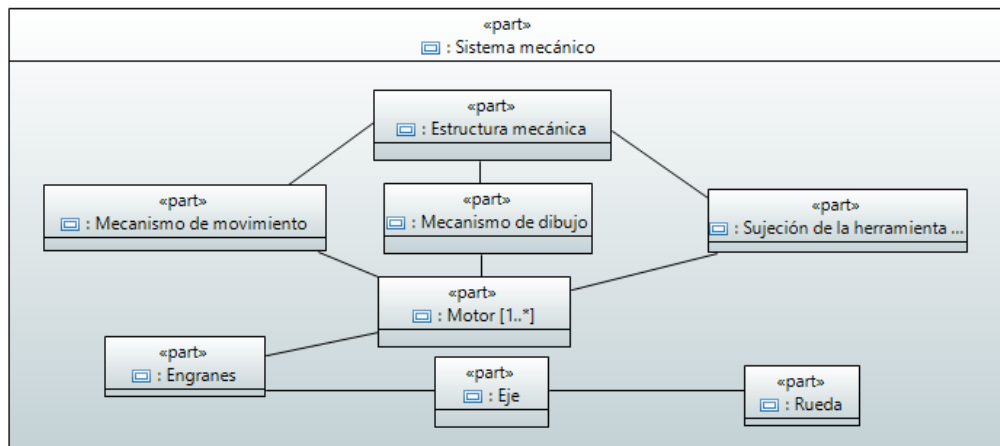


Figura 7. Diagrama Interno Mecánico

En la Figura 8, se muestran algunos de los dispositivos que va a tener la máquina al momento de ser construida. Como elemento principal de la máquina se tendrá la fuente de energía la cual energiza todos nuestros componentes, otro elemento es el controlador de motores el cual ayuda a que los motores funcionen.

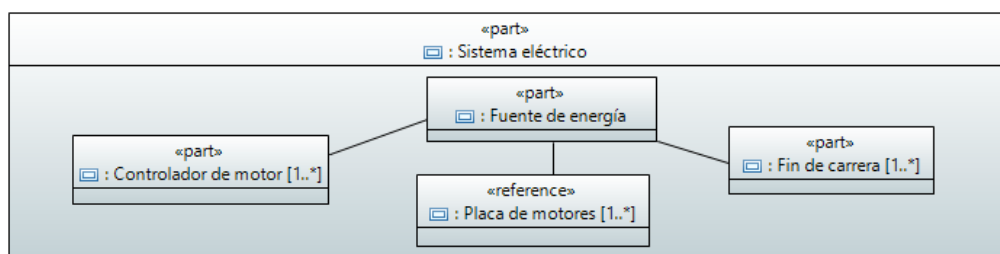


Figura 8. Diagrama Interno Eléctrico

En la Figura 9, se puede observar dos de los principales elementos que tiene el sistema de control: interfaz de comunicación y el microcontrolador.

La información que es enviada a través de la interfaz de comunicación llega al microcontrolador para que este ejecute las acciones. El microcontrolador se encarga del procesamiento de información.

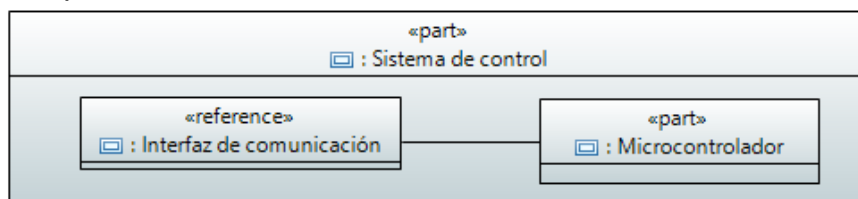


Figura 9. Diagrama Interno de Control

En las figuras anteriores se observan los componentes que son parte fundamental dentro de la atención en el desarrollo del “Robot trazador de plantillas para la construcción de parasoles y toldos” como: estructura mecánica, mecanismos de movimiento, motores, microcontrolador y la fuente de energía.

Otro de los componentes que se tiene que tomar en cuenta es el software debido a que este puede aumentar o disminuir el presupuesto del proyecto. El proyecto va a contar con software que sea de código abierto, puesto que esto permitirá reducir el costo de producción.

En la Figura 10, se aprecia una primera idea de diseño de estructura de la máquina, el cual es entregado por parte de la empresa Toldos Malen. Este diseño será analizado para ver si es conveniente utilizar. La estructura principal de la máquina tiene que ser de 2 metros de ancho por 60 centímetros de largo. En la barra de 60 cm. se coloca el dispositivo de desplazamiento y la parte de control del robot.



Figura 10. Bosquejo de Idea del Diseño Estructural

La parte que se encarga de realizar el movimiento sobre el eje y, será a través de la utilización de un tornillo sin fin para el desplazamiento de la herramienta, Debido a que proporciona una mayor precisión, a su vez para el movimiento en el eje x se va a utilizar banda dentada y polea puesto que este se tiene que mover a lo largo de un máximo de 18 metros.

Para la parte de motores, se utiliza un motor a pasos, debido a que estos motores están diseñados a entregar un torque necesario para realizar la operación, y a su vez ayuda a tener precisión al momento de realizar el trazado.

En el mecanismo de sujeción de la herramienta, que se encarga de realizar el trazado, se tiene un anillo el cual va a regular el diámetro con la utilización de un tornillo para sujetar el lápiz o marcador que se utilice sobre la lona.

La primera tarea que se realiza es la recepción de las plantillas en 2D, en un formato dxf, en el cual se facilita la entrega de toda la información necesaria para que el programa “Lazycam” o “Inkscape” convierta esa información en código g. Este código será cargado al microcontrolador desde una interfaz, para que el usuario controle todos los parámetros como: velocidad, aceleración, posición de cero de máquina y cero de pieza. Para después pasar a realizar el trazado de las plantillas.

La interfaz de comunicación en la computadora se realiza con el programa de código abierto “universalGcodesender” o “cncControl v2.4”, que es una aplicación que se encarga de conectarse y enviar los datos al microcontrolador. De igual forma cuenta con un espacio donde se podrá observar la posición actual de los motores y las coordenadas en las que se encuentra el esfero. En otra pestaña del programa está la configuración de todos los parámetros que son necesarios para el correcto funcionamiento del producto.

2.4. Diseño específico

2.4.1. Diseño Mecánico

Se realizó la estructura mecánica y los mecanismos de movimiento de los ejes tanto para el eje y como para el eje x, para que pueda realizar los trazos de las plantillas sobre la lona para la confección de parasoles y toldos.

En la Figura 11, se muestra las dos opciones de estructuras. La opción 1 es la estructura que la empresa toldos Malen facilita para el estudio y la opción 2 es la estructura que se propuso por parte del estudiante.

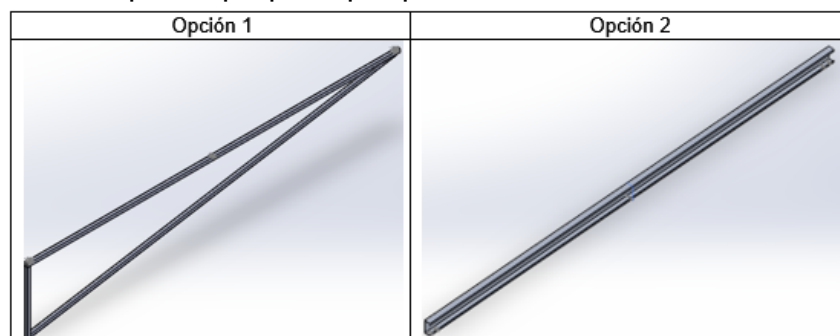


Figura 11. Opciones de forma de Estructura

En la Figura 10, se puede ver una estructura que planteó la empresa para la máquina. Cualquiera de las dos opciones va a ser de un largo de 2 metros. En uno de sus extremos tiene una guía de movimiento que tendrá la forma de

C con dimensiones de 51x58mm. En el extremo donde estará la guía se ubica el mecanismo de desplazamiento sobre el eje x.

Para escoger entre la primera y la segunda opción se utiliza la fórmula [1], (MOTT, 2006) la cual se utiliza para deflexión en vigas en voladizo. Esta fórmula facilitó que se encuentre el desplazamiento máximo que se tiene en el extremo de la viga en la opción 2. Se lo realiza en la opción 2 debido a que no tiene un elemento que haga rígida a la estructura en su desplazamiento.

$$y_{max} = \frac{-WL^3}{3*E*I} \quad [1]$$

Donde:

- W es la fuerza que se ejerce.
- L es la longitud de la viga.
- E es el módulo de elasticidad del material.
- I es la propiedad de sección transversal de la forma.

El desplazamiento máximo que se tiene en la opción1 es de 0.0001mm mientras que en la opción 2 es de 0.0042mm., lo que genera un ángulo de 0.000192°. por lo cual se escoge la opción 2 para ahorrar material debido a que no tiene diferencia alguna.

Se plantea un diseño estructural, que se muestra en la Figura 12, la cual va a constar de los mecanismos para desplazamiento sobre el eje x y sobre el eje y. También va a constar del porta herramienta. Otra parte es la viga en c la cual en su interior tendrá un tornillo sin fin de 1,55m de largo. En uno de sus extremos esta una rueda que va sujeta a la viga para facilitar el desplazamiento.

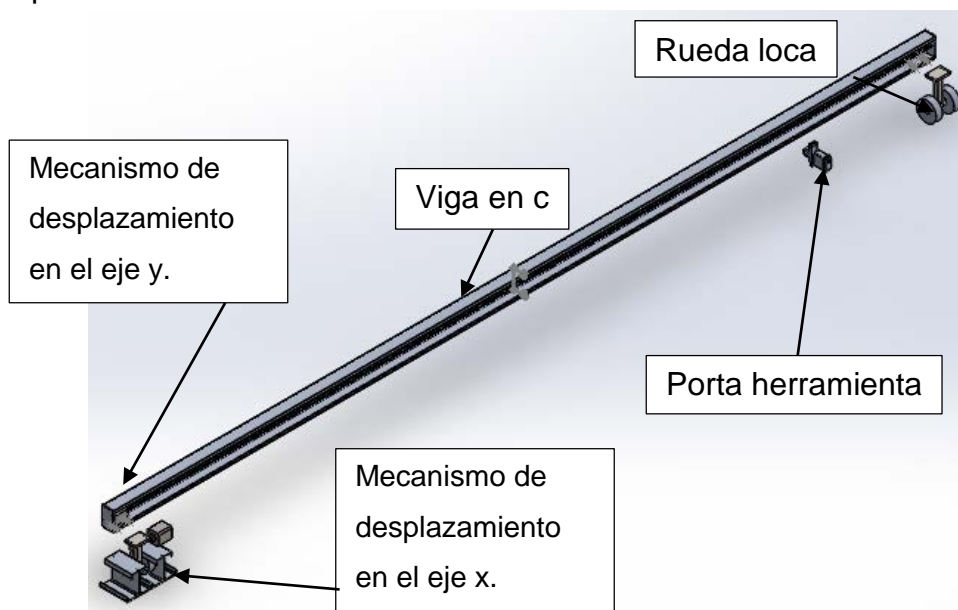


Figura 12. Viga en C y Componentes

En la Figura 13, se puede observar los elementos que conforman el porta herramienta: Uno de ellos es la estructura que va en la viga en c, que realiza el desplazamiento sobre uno de los ejes de movimiento; y, el otro elemento es el porta herramienta, el cual lleva el esfero que va a trazar en la lona la figura que se envía desde el ordenador. Todo el mecanismo de movimiento de la herramienta estará ubicado en la parte frontal de la viga en c.

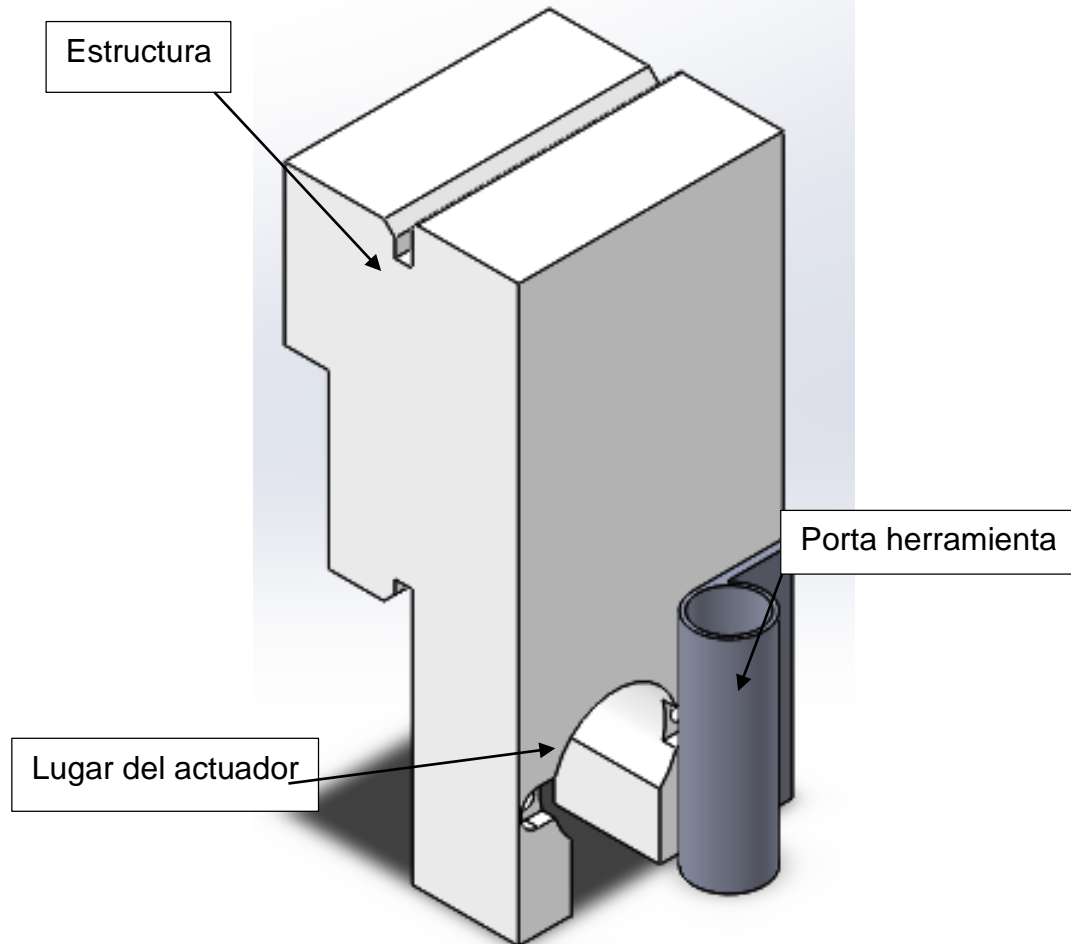


Figura 13. Diseño del mecanismo de la herramienta

Una vez que se diseñó el porta herramienta, se realiza el cálculo del mecanismo de desplazamiento para el eje y, en la Figura 14, se muestran las tres opciones que se planteó para este mecanismo.


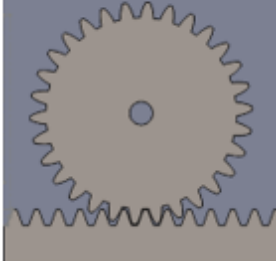

Opción 1	Opción 2	Opción 3
Tornillo sin fin	Piñón y cremallera	Banda dentada y polea
		

Figura 14. Opciones de mecanismos de desplazamiento eje y

(amazon, 2018)

Se procede a realizar el cálculo del tornillo sin fin para determinar las fuerzas que van a interactuar sobre él, para lo cual se realizó el análisis de carga del material a flexión y torsión.

Se modeló un tornillo sin fin con las características presentadas en la Tabla 1. Se utilizó este tornillo sin fin debido a que es el único tipo que se comercializa en el país.

Tabla 1. Características tornillo sin fin

Longitud	1.55 m
Diámetro	25.4 mm
Paso de rosca	4 mm por vuelta
Material	Acero galvanizado

Se realizó un estudio con el peso del material y con una carga de 2kg. Se utiliza 2 kg debido a que es un peso aproximado del mecanismo de desplazamiento con motor y herramienta, con lo que se analizó para ver si se pandea, y como se puede observar en la Figura 15, muestra que en la mitad del tornillo sin fin se pandea 1.72 milímetros. En base a los resultados obtenidos, es necesario otro mecanismo que ejecute el movimiento sobre el eje y para que la herramienta realice los trazos sobre la lona, debido a que se puede trabar cuando ejecute el movimiento.

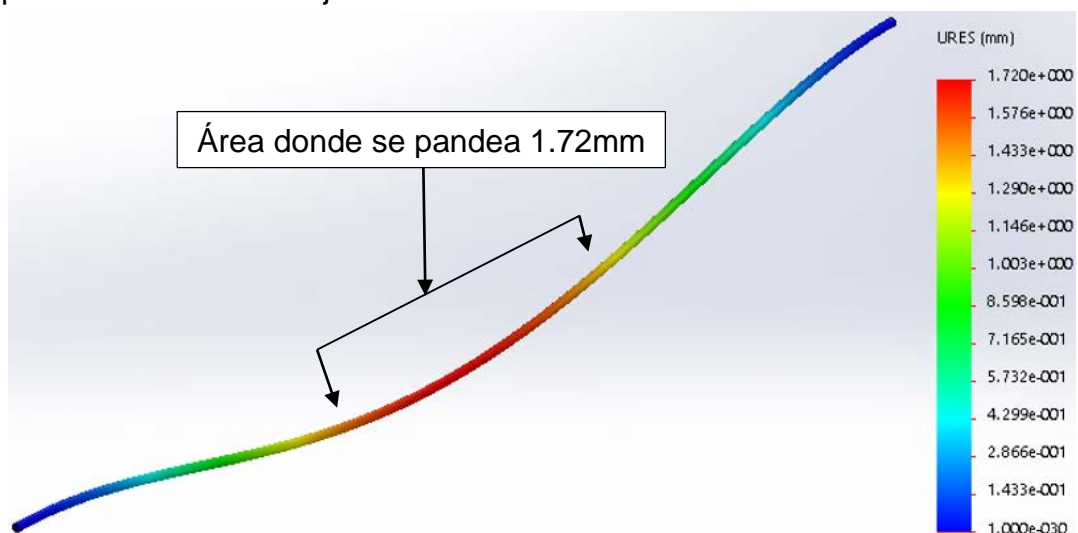


Figura 15. Resultados

Se analizó otro mecanismo que cumpla con realizar un desplazamiento lineal para el eje y, que consiste en un piñón y cremallera el cual contó con un módulo de 1.5. El piñón de 30 dientes y un ángulo de presión de 20°. El resultado es un piñón de: 47mm de diámetro total y 45mm de diámetro de paso. Al momento de realizar las pruebas de desplazamiento del mecanismo se ve que se atranca el desplazamiento y presenta saltos en el trazado debido

a fallas en la elaboración de las piezas. Por este motivo se cambia de mecanismo al de banda y polea dentada para ejecutar el movimiento. La banda dentada tiene una longitud de 3.80 metros puesto que va desde el porta herramienta por las poleas motrices y regresa al porta herramienta. La banda y las poleas motrices tendrán un paso de 2mm.

Una vez que se seleccionó la estructura y los mecanismos del movimiento se realizó la representación de las cargas en programas de diseño. Con los datos que se obtuvieron se verifico el tipo de material y componentes restantes del robot.

En la Figura 16, se representó cada una de las cargas que están interactuando en la viga en c, además se muestran las fuerzas cortantes y el momento flector que se está ejerciendo en la viga para posteriormente realizar el cálculo, análisis y la selección del material.

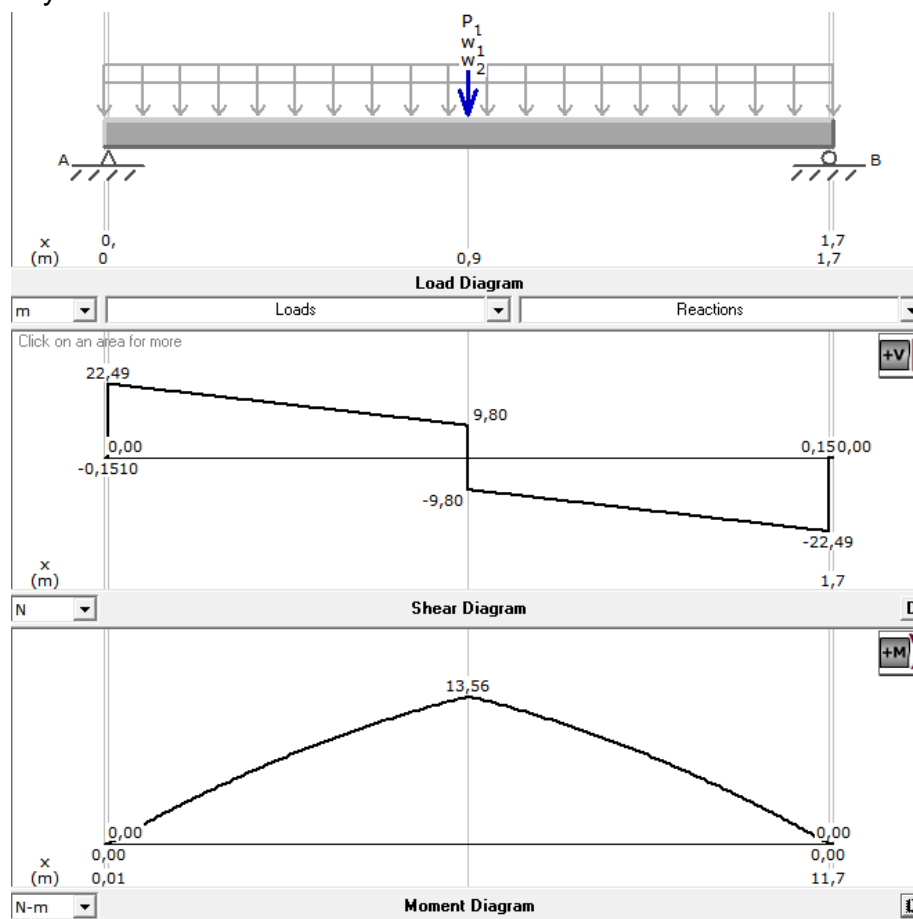


Figura 16. Diagrama de Fuerzas

Se efectuó una comprobación de la selección del material y de la forma de la viga utilizando la fórmula [2], (MOTT, 2006), del método de Goodman, la cual sirve para materiales dúctiles y con carga variable.

$$\frac{K_t \delta_a}{s'_n} + \frac{\delta_m}{s_u} = \frac{1}{N} \quad [2]$$

Donde:

- K_t es el factor de concentración de esfuerzos.
- δ_a es el esfuerzo alternativo.
- δ_m es el esfuerzo medio.
- s'_n es resistencia de fatiga del material bajo las condiciones reales.
- s_u es la resistencia última a la tensión.
- N es el factor de seguridad.

Considerando el peso de los materiales, una posible solución es la utilización de aleación de aluminio estructural T4 y sección en c. Teniendo en cuenta que el factor de seguridad va a ser de 2,5 y un esfuerzo último a la tensión de 124 MPa se determina el perfil de la viga. El factor de seguridad está determinado por el grado de incertidumbre de las cargas en nuestro diseño y se recomienda usar entre 2 y 3. Como resultado se obtiene una viga en sección c de 80x40x15 y un espesor de 2mm. (MOTT, 2006)

Para realizar los cálculos de las columnas se utiliza los datos de la Tabla 2, donde están las fuerzas que se obtuvieron en la Figura 16

Tabla 2. Reacciones

Reacción	Eje y
A	22.49 N
B	22.49 N

Primero se determinó si es columna larga o es columna corta, luego se definió el tipo de sección que se va a utilizar.

Para definir si la columna es larga o no se utilizó la formula [3]. (MOTT, 2006)

$$R_e > C_c \quad [3]$$

Donde:

- R_e es la relación de esbeltez.
- C_c es la constante de la columna.

Pero como la anterior condición no se cumplió en este caso, se determinó que es columna corta y para ello se utiliza la fórmula [4] (MOTT, 2006):

$$P_{crit} = A * s_y \left[1 - \frac{s_y * \left(\frac{K*L}{r_{min}} \right)^2}{4*\pi^2*E} \right] \quad [4]$$

Donde:

- P_{crit} es la carga crítica donde puede llegar a fallar el material.
- A es el área del elemento.
- S_y es la resistencia a la fluencia.
- K es un factor que indica cómo está conectada la columna.
- L es la longitud.
- r_{min} es el radio mínimo donde está trabajando el material.
- E es propiedad propia del material.

Para el robot se determinó que el área de la sección tiene que ser mayor a $97.17mm^2$ para lo cual un tubo de sección cuadrada de 15 por 1 mm de espesor cumple para soportar el peso de toda la estructura y componentes eléctricos.

El cálculo de los ejes donde van a ir las poleas para realizar el movimiento en el eje x se lo realiza con la siguiente fórmula [5]. (MOTT, 2006)

$$D = \left[\frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{k_t * M}{s'_n}\right)^2 + \left(\frac{3}{4} * \left(\frac{T}{S_y}\right)^2\right)} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [5]$$

Donde:

- D es el diámetro del eje a ser encontrado.
- N es el factor de seguridad.
- k_t es el factor de concentración de esfuerzos.
- M es el momento.
- s'_n es resistencia de fatiga del material bajo las condiciones reales.
- T es el torque.
- S_y es la resistencia a la fluencia.

Una vez realizados los cálculos del eje motriz se tiene como resultado 2.74mm de diámetro en un acero inoxidable, debido a que el diámetro calculado es

muy pequeño y difícil de conseguir en el mercado se va a utilizar un eje de 5mm.


Con los cálculos obtenidos del material de la viga, columnas necesarias para soportar el peso de la maquina y del eje motriz en x. Se procede a seleccionar el mecanismo de movimiento el cual será el de banda dentada y polea debido a que este mecanismo se moverá a lo largo de 18 metros. Las características de la banda dentada son un paso de 2mm con una longitud cerrada de 180mm. Las poleas contarán con un paso de 2mm al igual que la banda dentada.

Terminado los cálculos de toda la estructura mecánica se procede a realizar la selección de los motores tomando en cuenta los siguientes factores:

- Costo
- Disponibilidad en el mercado
- Voltaje utilizado
- Carga máxima para el eje y de 2kg y para el eje x de 4kg

En la Tabla 3, se observa las características principales de cada uno de los motores que se escogió para el proyecto. El motor a pasos nema 17 se utilizó para el movimiento en el eje y. El motor a pasos nema 23 se lo utilizó para el eje x

Tabla 3. Características Motores a pasos

		
Modelo	Motor a pasos nema 17	Motor a pasos nema 23
Carga máxima	3.2kg-cm	9kg-cm
Voltaje Utilizado	7 – 12 V	2 – 5.5 V
Disponibilidad mercado	Si	Si
Costo	30 dólares	45 dólares

(Bricogeek, 2018) (Bricogeek, 2018)

2.4.2. Diseño Eléctrico

En la Figura 4, se puede ver el proceso de la máquina. Destacándose tres aspectos: el envío del código g al microcontrolador la selección del software y los drivers para los actuadores. Primero se selecciona el microcontrolador,

luego el software con el que es compatible y por último los drivers de los motores.



El microcontrolador tendrá un firmware el cual realiza la función de interpretación del código g para así activar los motores.

Para seleccionar el microcontrolador en el presente proyecto se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- Módulos y accesorios
- Compatibilidad con programas mencionados en el diseño conceptual.
- Costo

En la Tabla 4, se muestra las características de cada microcontrolador

Tabla 4. Comparación de Microcontroladores

		
Modelo	ATMEGA328P	Pic 18f4550
Módulos	si	No
Programas compatibles	si	Si
Alimentación	7 – 12 V	2 – 5.5 V
Disponibilidad mercado	si	No muy frecuente
Costo	15-30 dólares	5-10 dólares

(Microchip, Microchip, 2017) (Microchip, Microchip, 2017)

El microcontrolador que se plantea para este proyecto es un ATMEGA 328P, instalado en un arduino uno, debido a que cuenta con un shield para cnc que permite controlar hasta un máximo de cuatro motores a pasos con sus drivers.

El firmware que se utilizó en el microcontrolador de arduino es el grbl en su versión 0.9j, puesto que es el que está actualizado con respecto a otros que existen.

Para el envío de datos desde la computadora se utiliza el programa ugsplatform debido a que permite visualizar la ubicación de la máquina. También ayuda con controles autónomos para probar la velocidad de los motores y su funcionamiento. Otra de las facilidades del programa es poder colocar el cero máquina.

Los drivers para los motores a paso son a4988 o el dvr8825.y en la Tabla 5, se pueden ver las principales características que posee cada uno. Las

fórmulas de corriente y de voltaje ayudan a encontrar el punto exacto donde los drivers y motores funcionan de manera adecuada.

Tabla 5. Características de drivers de los motores

Driver	A4988	Dvr8825
Corriente máxima	2 A	2.5 A
Voltaje máximo	35 V	45 V
Resistencia típica	0.05, 0.1 y 0.2 ohm	0.1 ohm
Resolución en micro pasos	16	32
Formula de corriente	$I_{max} = \frac{v_{ref}}{8 * r_s}$	$I_{max} = \frac{v_{ref}}{5 * r_s}$
Formula de voltaje de referencia	$v_{ref} = I_{max} * 8 * r_s$	$v_{ref} = I_{max} * 5 * r_s$

(Instruments, 2014) (Allegro, 2014)

En la Figura 17, se muestra esquemáticamente como se conectaron los elementos eléctricos y de control para poder realizar el robot trazador. Uno de los componentes que se puede ver es el microcontrolador atmega 328p el cual recibe las señales que se envían desde la computadora el mismo que manda las señales a los drivers de los motores los cuales se encargan de accionar los motores con la corriente y voltaje necesaria para que esto se lleve a cabo.

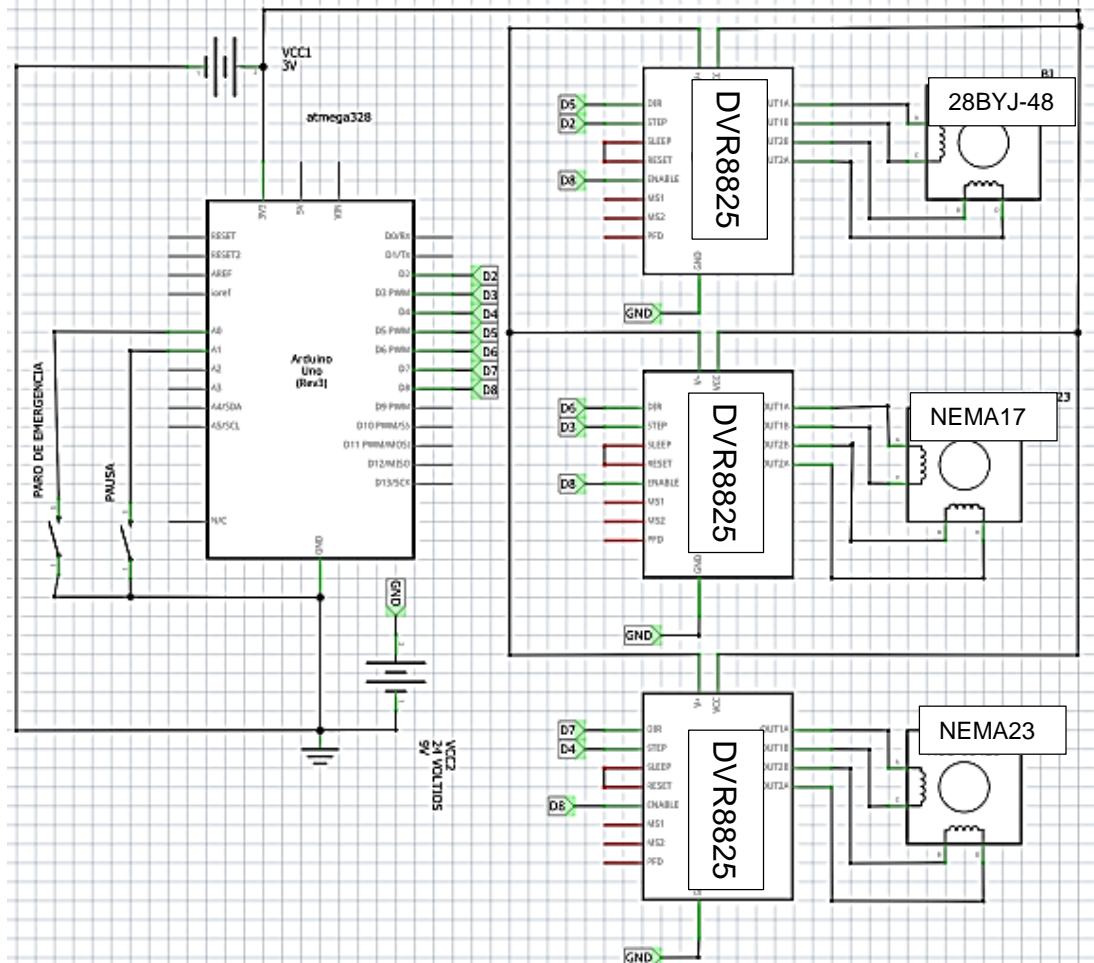


Figura 17. Circuito eléctrico

2.5. Implementación física del sistema

La solución validada consta de:

- Viga en c.

La viga en c tiene dimensiones de 80 mm x 40 mm con un espesor de 2mm, a su vez la viga será de un largo de 1.90 metros, el material es una aleación de aluminio t4.

- Un mecanismo de movimiento en el eje x.

El mecanismo de movimiento en el eje x se compone de un tren de movimiento en la parte izquierda y una rueda en la parte derecha.

El tren de movimiento tiene:

- Chasis: estructura que se encarga de mantener a todo su conjunto unido para que el movimiento se realice de forma adecuada.
- Ejes: los ejes están diseñados de un diámetro de 5 mm de acero inoxidable que tiene como función transmitir el movimiento a las ruedas para que se realice el movimiento.
- Polea: es la encargada de transmitir el movimiento del motor a los ejes por medio de piñones, la polea es de 2 mm de paso y una longitud cerrada de 280mm.
- Motor: es un motor a pasos nema 23.
- Ruedas: son dos tipos de ruedas, una de ellas se encuentra en los ejes y tienen un diámetro de 49 mm y la otra es una rueda con estructura que tiene 6 cm de alto que será colocada en el lado derecho de la viga.

- Un mecanismo de movimiento para el eje y.

El mecanismo que se utilizó para realizar el movimiento en el eje y es el de poleas y bandas. La banda dentada tiene un paso de 2mm y una longitud de 3.80 metros, la cual va a estar sujeta al porta herramienta.

- Porta herramienta.

El porta herramienta es una pieza sólida fabricada en duralon. El porta herramienta a su vez se desplazará sobre la viga en c y contiene al mecanismo que acciona al lápiz para que realice su movimiento en el eje z.

- Microcontrolador y sus componentes eléctricos.

En cuanto al microcontrolador es un atmega 328p el cual se encuentra dentro de una placa arduino. La placa arduino esta con una shield que le permitirá controlar los 3 motores a pasos mediante sus drivers. Los drivers que se escogieron son los a4988.

La energización de los motores es una fuente de computadora la cual nos genera los 12 voltios que son necesarios para que funcionen los motores.

- Software.

En la parte del software se utilizó: InKscape para transformar de dxf a código g y universalgcodesender el cual realiza la comunicación con el microcontrolador para el envío y recepción de información.

En la Figura 18, se puede ver al robot trazador con todos los elementos ya integrados en una sola estructura.



Figura 18. Robot Trazador

En la Figura 19, se puede ver los elementos eléctricos como: fuente de alimentación, microcontrolador, shield de motores y los drivers. Los drivers de

los motores, shield de motores y el microcontrolador se encuentran bajo el ventilador debido a que los drivers generan calor y se necesita un ventilador para que funcione. Todos estos elementos se encuentran sobre una estructura que permite que el robot se mueva sobre el riel.

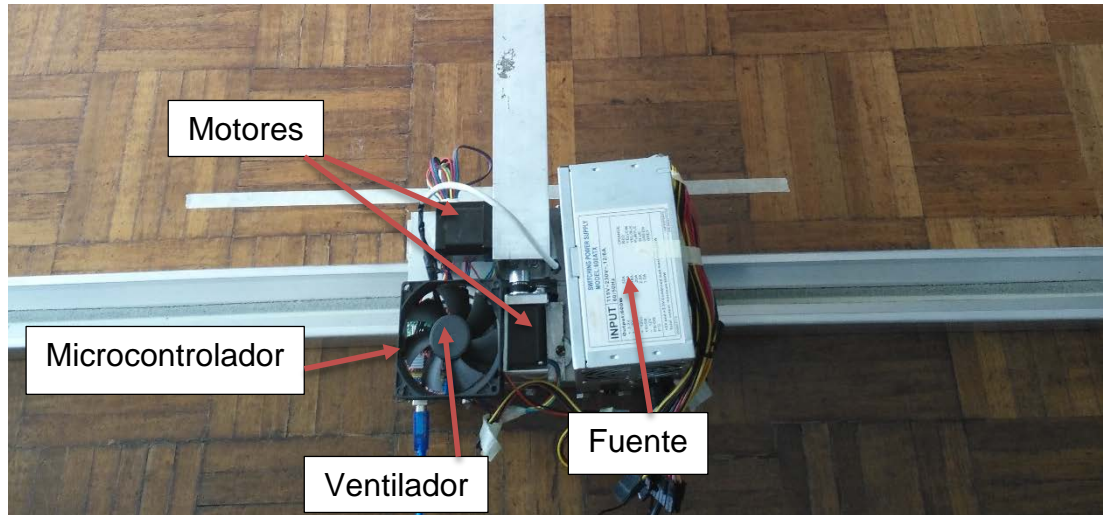


Figura 19. Sistema Eléctrico

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Pruebas de validación

En la Figura 20, se puede ver las piezas que conforman un parasol octogonal de 2,40 metros para el cual se utilizan 5 figuras diferentes para su elaboración.

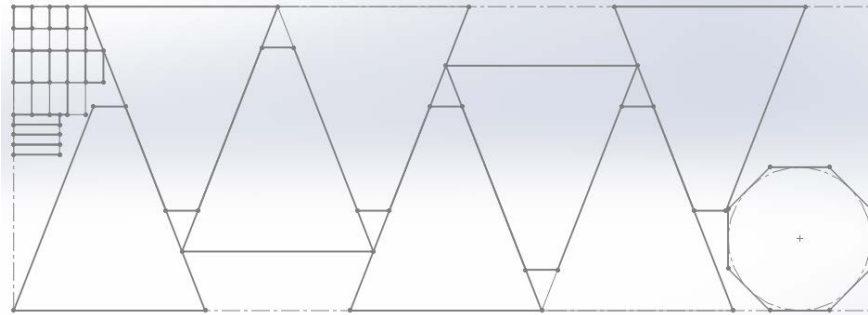


Figura 20. Parasol octogonal

En la Figura 21, se ve una pieza del parasol octogonal con las dimensiones definidas para la fabricación.

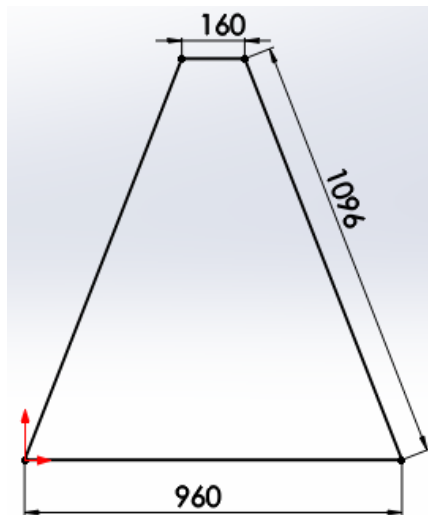


Figura 21. Cara del parasol (medidas en mm)

Para la cara del parasol se obtuvieron los datos que se muestran en la Tabla 6

Tabla 6. Datos cara del Parasol

Figura	Modelo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Base mayor(mm)	960	967	967	965	952	954	954	954	954	956	955
Base menor(mm)	160	161	162	162	160	160	160	159	160	159	159
Lado derecho(mm)	1096	1098	1097	1096	1095	1096	1095	1096	1095	1095	1095
Lado izquierdo(mm)	1096	1098	1097	1096	1095	1096	1095	1096	1095	1095	1095
Tiempo		7min 14seg g	7min 15seg g	7min 15seg g	7min 14seg g	7min 15seg g	7min 10seg g	7min 15seg g	7min 15seg g	7min 16seg g	7min 15seg g

En la Figura 22, se puede ver una pieza que forma un bolsillo para colocar la estructura para que se pueda desplegar el parasol.

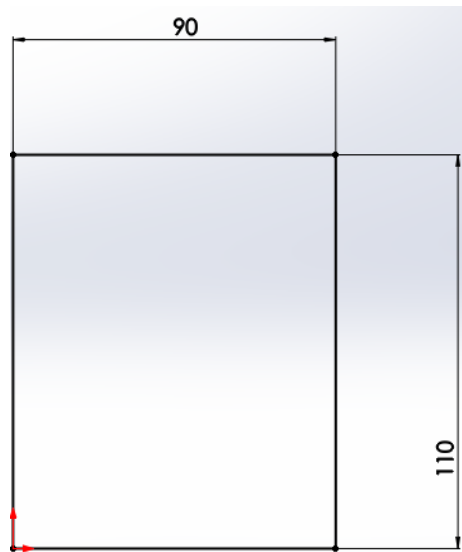


Figura 22. Bolsillo interno (medidas en mm)

Para el bolsillo interno se obtuvieron las medidas después de haber realizado el trazo sobre la lona con los tiempos que se demora los cuales se muestran en la Tabla 7

Tabla 7. Medidas del bolsillo interno

Figura	Modelo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Largo(mm)	90	87	90	93	90	90	89	89	89	90	89
Ancho(mm)	110	110	110	110	110	110	10	110	110	110	110
Tiempo(seg)		46	44	46	45	46	44	45	46	45	45

En la Figura 23, se puede ver una pieza que sirve para sujetar la tapa octogonal con cada una de las caras del parasol.

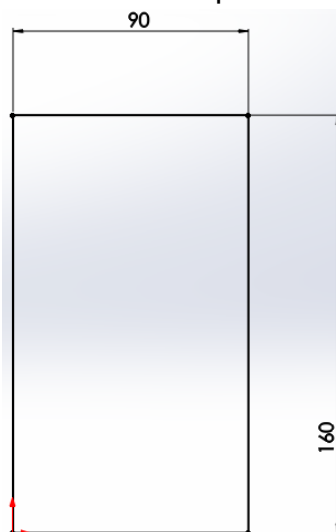


Figura 23. Franja (medidas en mm)

Para la franja se tomaron los datos que se muestran en la Tabla 8

Tabla 8. Medidas de Franja

Figura	Modelo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Largo(mm)	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Ancho(mm)	90	90	93	93	88	92	85	90	90	90	89
Tiempo(seg)		65	67	67	65	66	62	65	65	65	65

Después de obtener las diez medidas y los diez tiempos de cada una de las figuras de muestra se procede a sacar los valores de las áreas para poder determinar el porcentaje de exactitud y precisión que se obtiene con cada uno de los trazos realizados por el robot. Con las fórmulas 6 y 7 (POSADAS, 2008) permiten obtener el error absoluto y de error relativo de las muestras. El error absoluto es a diferencia del valor medido con el valor que se toma como exacto mientras que el error relativo es la división del error absoluto y el valor que se toma como exacto. Con la fórmula 8 (Sáes Castillo, 2017) se obtiene el promedio de un grupo de valores.

$$\varepsilon_a = \bar{X} - X_i \quad [6]$$

Dónde: \bar{X} = Valor real.
 X_i = Valor medido

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon_a}{\bar{X}} \quad [7]$$

Dónde: \bar{X} = Valor real.
 ε_a = Error absoluto.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad [8]$$

Dónde: \bar{X} = Valor Promedio.
 X_i = Valor medido
 n = número de muestra.

En la Tabla 9, se observa los valores de las áreas con sus errores absolutos y relativos obtenidas en cada uno de los trazos realizados con su número de muestra.

Tabla 9. Área de cara del parasol

Medida	Modelo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Área mm^2	57142 4	5760 52	5760 67	5746 63	5676 13	5690 15	5684 17	5683 95	5684 17	5686 01	5682 00
$\varepsilon_a mm^2$	0	4628	4643	3239	3811	2409	3006	3028	3006	2822	3223
$\varepsilon_r(\%)$		0.81 %	0.81 %	0.56 %	0.66 %	0.42 %	0.52 %	0.53 %	0.52 %	0.49 %	0.56 %

En la Figura 24, se puede observar la diferencia que se tiene en cada una de las áreas de los diferentes modelos, de la misma forma se puede ver el error relativo y el error absoluto como es su variación.



Figura 24. Resultado cara del parasol

En la Tabla 10, se encuentra el promedio tanto del error absoluto como del tiempo que se demora la maquina en realizar las 10 plantillas.

Tabla 10. Promedio cara del parasol

ϵ_r (%)	0.58%
Tiempo (seg)	434 seg = 7min 14 seg

Análisis: El error absoluto más significativo que se obtuvo en el área de los parasoles es el de la muestra dos y puede deberse a una traba o algún obstáculo que tuvo la máquina para circular sin embargo los otros valores son menores a 1% lo cual demuestra que la maquina se acerca mucho a los valores exactos que son diseñados en computadora. Los errores relativos vistos en porcentajes están entre 0.42% y 0.81% lo cual genera un error promedio de 0.58%.

En la Tabla 11, se observa los valores de las áreas con sus errores absolutos y relativos obtenidos en cada uno de los trazos realizados con su número de muestra.

Tabla 11. Área del bolsillo interno

Medida	Modelo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Área mm^2	9900	9570	9900	10230	9900	9900	9790	9790	9790	9900	9790
ϵ_a mm^2		330	0	330	0	0	110	110	110	0	110
ϵ_r (%)		3.3%	0%	3.3%	0%	0%	1.1%	1.1%	1.1%	0%	1.1%

En la Figura 25, se puede observar cómo está variando los errores absolutos y relativos.

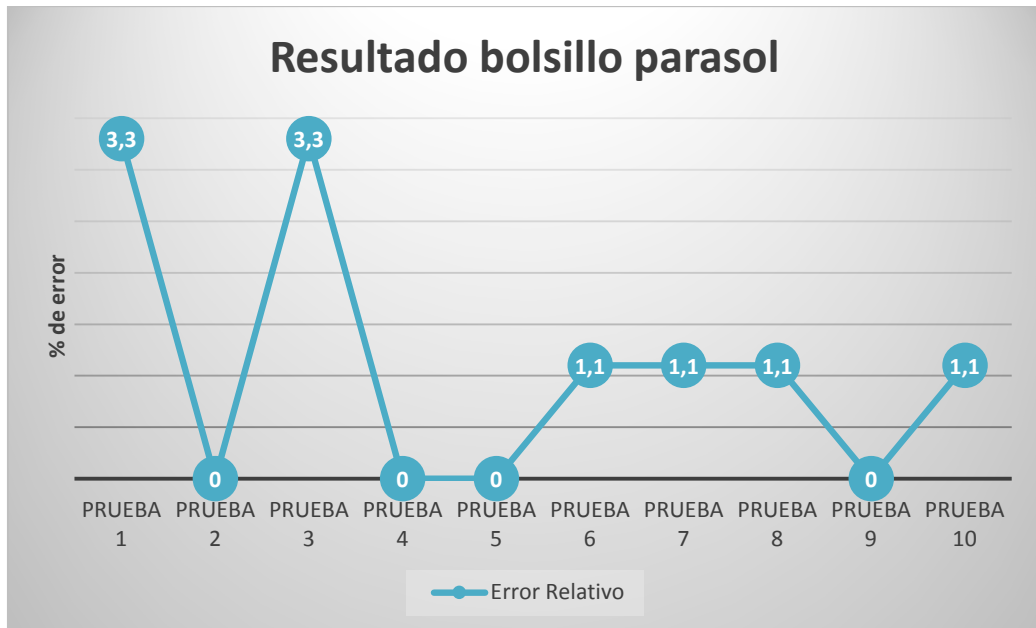


Figura 25. Resultados bolsillo del parasol

En la Tabla 12, se observa el promedio del error absoluto y del tiempo que tarda en realizar el bolsillo con las 10 muestras.

Tabla 12. Promedio error y tiempo bolsillo

ϵ_r (%)	1.1%
Tiempo (seg)	45

Análisis: Se tiene los errores absolutos con valores de 330 y 110 mm^2 los cuales se pueden dar por la utilización de motores diferentes al momento de realizar las pruebas o también puede ser por la mala calibración de los drivers de cada motor. Los errores relativos vistos en promedio están entre un 0% - 3.3% y sacando un promedio de estos errores tenemos un 1.1% de error. Estos errores se pueden dar por la ubicación y la cercanía que tiene el uno del otro. Y el error máximo que se permitiría es de 10%.

En la Tabla 13, se observa los valores de las áreas con sus errores absolutos y relativos obtenidos en cada uno de los trazos realizados con su respectivo número de muestra.

Tabla 13. Área de franja

Medida	Modelo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Área mm^2	14400	14400	14880	14880	14080	14720	13600	14400	14400	14400	14240
ϵ_a mm^2	0	0	480	480	320	320	800	0	0	0	160
ϵ_r (%)		0%	3.3%	3.3%	2.2%	2.2%	5.5%	0%	0%	0%	1.1%

En la Figura 26, se puede observar cómo está la desviación en el error relativo y absoluto.

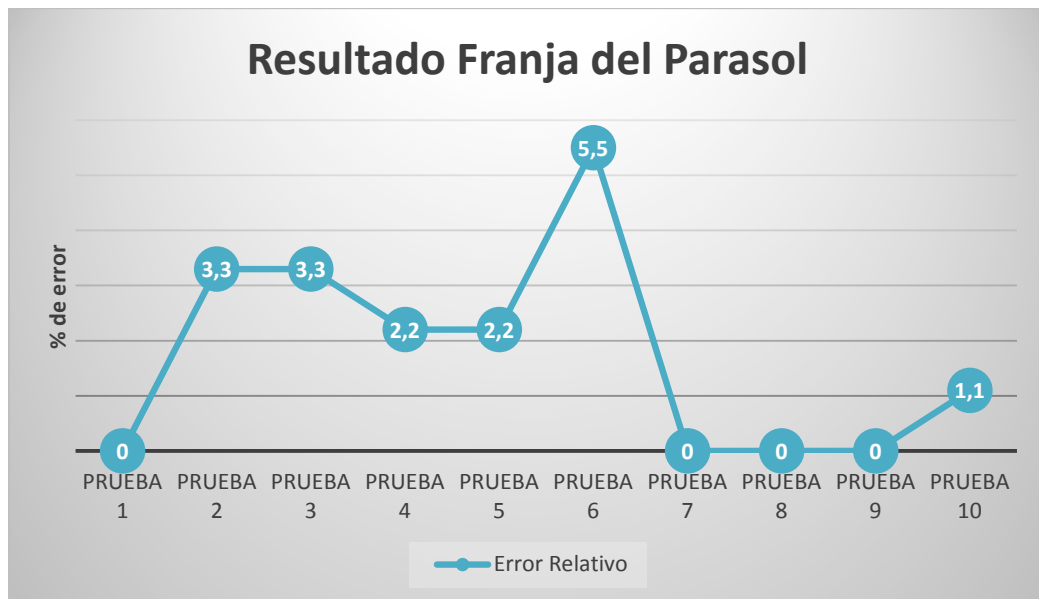


Figura 26. Resultado franja del parasol

En la Tabla 14, se ve el promedio obtenido tanto para el error absoluto como para el tiempo de realización de las franjas.

Tabla 14. Promedios error relativo y tiempos de franja

ϵ_r (%)	1.76%
Tiempo (seg)	65

Análisis: Se tiene los errores absolutos que están entre 0 – 800, y los errores relativos que están entre 0 – 0.055 lo que podemos atribuir a pequeñas trabas o deslizamientos que puede tener la maquina al momento de realizar su desplazamiento para llegar a la coordenada indicada. Con error relativos porcentuales oscilando entre 0% y 5.5% se obtiene el promedio de error relativo de 1.76%. Estos errores al igual que el del bolsillo del parasol se da por la cercanía de las franjas del parasol entre sí.

Análisis general: Uno de los puntos claves es saber el error máximo permitido en todo el proyecto que sería de un 10% ya que se esperarías tener una precisión de al menos un 90%. Sería favorable para la empresa que el error sea mayor al área del modelo debido a que se podría fabricar el parasol o el toldo de una manera correcta y sin fallos, mientras que si el error es menor al área del modelo ya se presentarían errores al momento de confeccionar el parasol en este caso. Al momento de referirnos a la máquina y sus análisis podemos notar aspectos importantes como que en trazos superiores a los 500000 mm² de tamaño tiene errores que no sobrepasan el 1% del área medida. En las áreas de 14000mm² de tamaño se puede ver que se eleva el error 5.5% del tamaño real. En las áreas menores a 10000mm² el error no sobrepasa el 3.3%. Estos errores de 3.3% y de 5.5% puede deberse a que se utiliza dos motores de diferente torque cada uno o bien puede ser por una mala calibración en los drivers. También los errores de 3.3% y de 5.5% se

puede dar por la cercanía de cada trazo que se tiene que realizar y la maquina no tiene la suficiente holgura para moverse con facilidad. Se tiene que entre las tres tablas se tiene errores promedio de: 0.58%, 1.1% y 1.76% respectivamente. En cuanto a un promedio general se tiene que es de 1.15%.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El robot trazador de plantillas para la construcción de parasoles y toldos es una máquina que a disminuir el tiempo de realización de los toldos y parasoles puesto que para realizar el trazo de un parasol octogonal completo se demora 2 horas mientras que de la anterior forma se demora un día (8 horas laborables) lo que quiere decir que se ahorra un 75%.
- El error relativo máximo en todo el proyecto es de 5.5% del área total de trazo el cual se da en plantillas de mediano tamaño y este error se puede dar debido a la unión de estos elementos puesto que de esta forma se ahorra espacio en la tela y evita la generación de desperdicios.
- Los errores que convienen al momento de realizar un parasol son que tiendan a más de su área debido a que se puede fabricar el parasol sin ningún problema, pero si las diferencias son a menos quedaría ajustado para la elaboración del parasol.
- El error relativo de todo el proyecto es de 1.78% lo cual permite afirmar que el proyecto disminuye desperdicios al momento de elaborar los parasoles y toldos.
- La mayor precisión de los trazos se la obtuvo cuando realiza líneas rectas mientras que al momento de realizar líneas diagonales se tiene fallas de 2-3 milímetros lo que genera errores en el área de corte.

RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar la calibración del robot se tiene que ver cómo va con líneas rectas y también con diagonales debido a que es aquí donde se puede presentar ligeros errores.
- Para mejorar el robot trazador se puede realizar mejoras en cuanto a su diseño y a su funcionalidad como puede ser el cambio de herramienta para que realice el corte con lo cual se generaría una reducción mayor en los tiempos de elaboración de parasoles y toldos.
- Agregar sensores para tener retroalimentación de la posición del efector para disminuir el error.
- Crear una carcasa que contenga el micro controlador con los drivers y que tenga lugar para atornillar el ventilador.

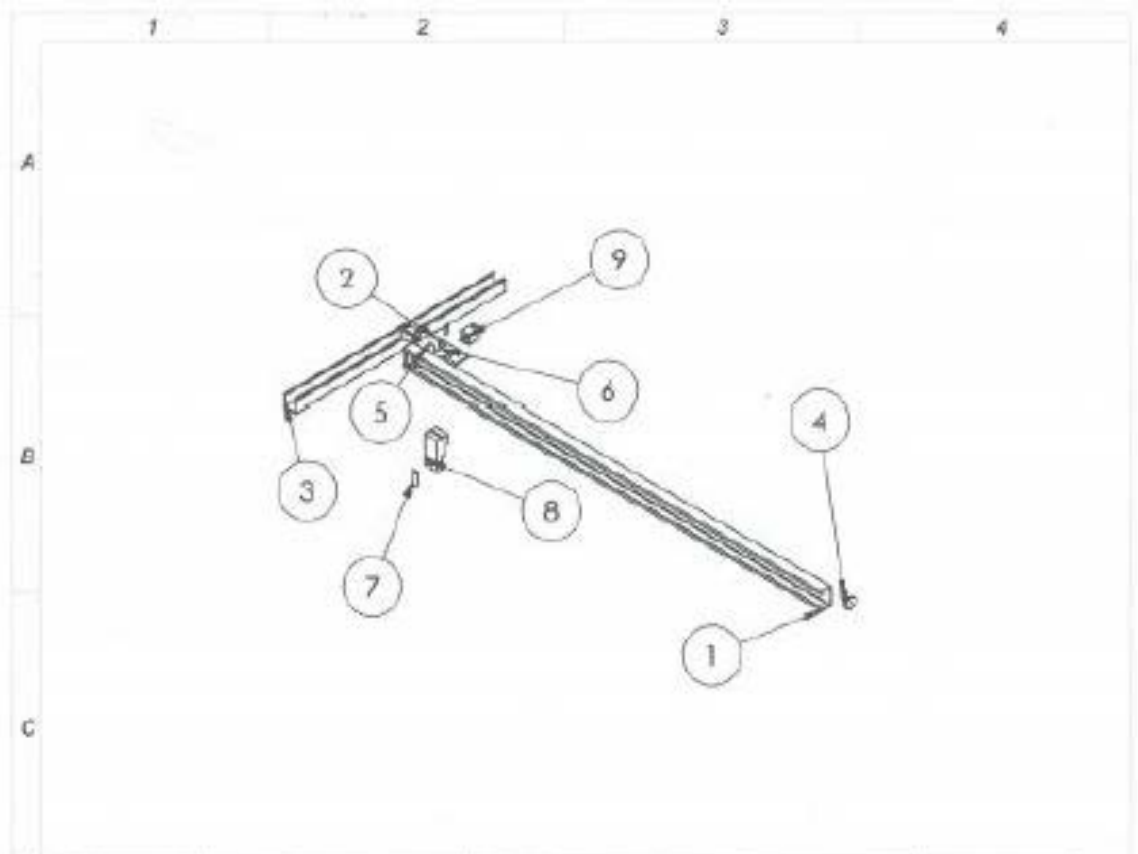
BIBLIOGRAFÍA

- Allegro. (2014). Pololu. Obtenido de https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf
- amazon. (15 de Enero de 2018). Obtenido de https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/411zp53ouEL._SL500_AC_SS350_.jpg
- Bricogeek. (12 de Enero de 2018). Obtenido de <http://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/546-motor-paso-a-paso-nema-17-32kg-cm.html>
- Bricogeek. (12 de Enero de 2018). Obtenido de <http://tienda.bricogeek.com/motores-paso-a-paso/639-motor-paso-a-paso-14-kg-cm.html>
- Ingenierue, V. D. (2004). Design methodology for mechatronic systems. Germany: Düsseldorf.
- Instruments, T. (july de 2014). Texas Instruments. Obtenido de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/drv8825.pdf>
- Kajal, J. M., Kranti, R. N., Pooja, R. P., & Vikas, S. M. (Febrero de 2016). Automatic mini CNC machine for PCB drawing and drilling. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).
- KAMBLE, S.K.; MALI, GOVIND. (2014). DESIGN OF CNC PRINTING SYSTEM FOR SPHERICAL OBJECTS. International Journal of Mechanical and Production Engineering, (pág. 4). Mumbai.
- Mendenhall, Beaver, Beaver. (2010). Introducción a la probabilidad y estadística. México D.F.: Cengage Learning.
- Microchip. (28 de septiembre de 2017). Microchip. Obtenido de <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328p>
- Microchip. (28 de Septiembre de 2017). Microchip. Obtenido de <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>
- MOTT, R. L. (2006). Diseño de elementos de máquinas. Mexico: Pearson Educación.
- POSADAS, A. (2008). DETERMINACIÓN DE ERRORES Y TRATAMIENTO DE DATOS. Almería: Facultad de Ciencias Experimentales – Universidad de Almería .
- Sáes Castillo, A. J. (18 de Diciembre de 2017). Apuntes de Estadística para Ingenieros. Obtenido de Universidad de Jaén: <http://www4.ujaen.es/~ajsaez/recursos/EstadisticaIngenieros.pdf>
- Shivakumar, M; Stafford, Michahail; Ankitha, Tantry; Bhawana, C K; Kavana, H; Kavya , V Rao. (2014). Robotic 2D Plotter. International Journal of Engineering and Innovative Technology, (pág. 4).
- WEI MING, NG; F H, LOO; HAMZAH, ROSSI; FARHANA, A. (2015). Design and Development of XY Plotter Mechanical System Design PART 2. 2nd Integrated Design Project Conference (IDPC) 2015, (pág. 10).

ANEXOS

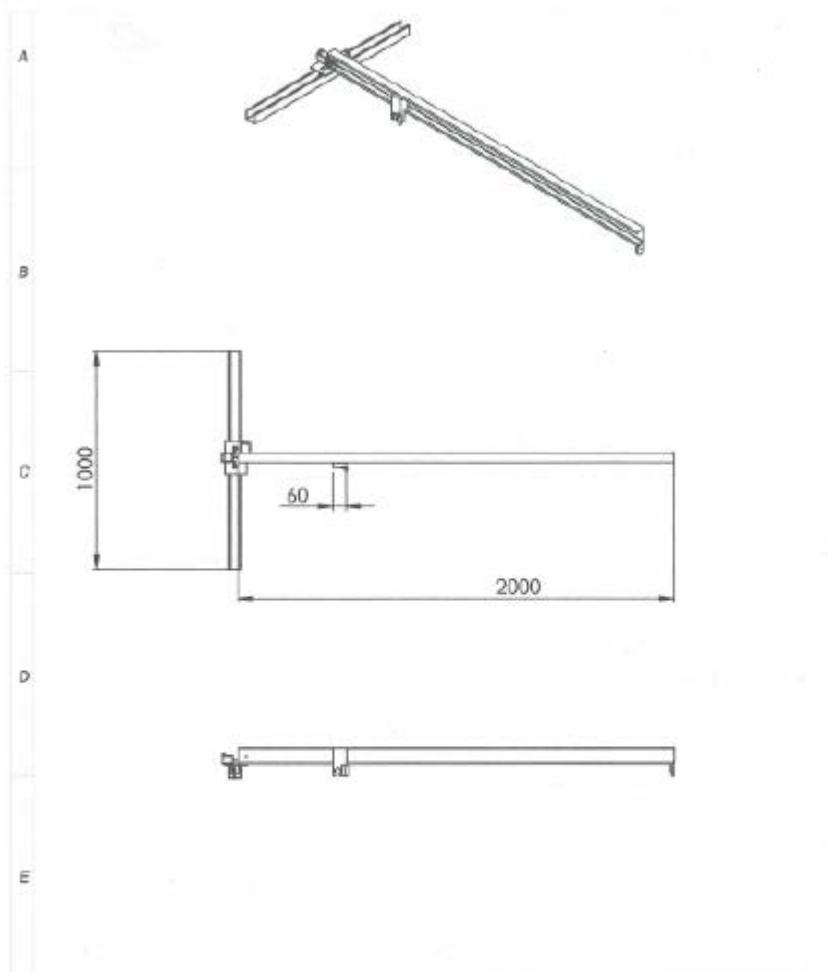
Anexo 1

Planos robot trazador de plantillas y piezas que lo conforma.



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	viga en c		1
2	eje		2
3	guias		1
4	creja		5
5	rueda		3
6	chasis		1
7	lapizok		1
8	mecanismo lapiz final		1
9	motor pasas		2

		TOLERANCIAS	PESO (kg)	MATERIAL:	
		±0.1			
		Fecha	Hoja	tesis	ESCALA
		Dibujó	18/01/2018		1:20
		Revisó			
		Aprobó			
		NOMBRE / INSTITUCIÓN UTE		DIBUJO N.º A4	
Auto:	Modificó:	Fecha:	Hoja:		



		TOLERANCIA		ACABADO		MATERIAL	
		± 0.1					
		Fecha		Nombre			
		Dibujado		Dibujado		<i>tesis1</i>	
		Revisado		Revisado			
		Aprobado		Aprobado			
		FORMA / EMPRESA		DELUCCIÓN		ESCALA	
		UTE 				1:20	
Fecha		Nombre				FOUR	
						A4	