



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TEZIUTLÁN

Tesis



“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE
BASTIDORES DE BORDADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL”

PRESENTA:

ALEX RAMIRO RAMOS

CON NÚMERO DE CONTROL
17TE0249

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECATRÓNICO

CLAVE DEL PROGRAMA ACADÉMICO
IMCT-2010-229

DIRECTOR DE TESIS:
MIM. LUIS MANUEL GARCÍA MARTÍNEZ

“La Juventud de hoy, Tecnología del Mañana”

TEZIUTLÁN, PUEBLA, ABRIL 2022



**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE
PREPARACIÓN DE BASTIDORES DE
BORDADO EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

PRELIMINARES

Agradecimientos

A Dios por darme la fortaleza y bendecir mi camino para poder culminar una nueva meta en mi vida.

A mis amigos que fueron una parte importante en mi vida y me enseñaron muchas cosas a lo largo de mi carrera.

A mis maestros que me guiaron e inculcaron el deseo de aprender y querer ser mejor persona todos los días.

Al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán por ser como una segunda casa para mí y brindarme tantas herramientas para ser un buen profesionalista.

Dedicatorias

A mis padres ya que han sido mi inspiración para poder salir adelante y culminar una nueva meta más en mi vida, por estar a mi lado en las buenas y las malas, por enseñarme el camino del bien y que con un poco de esfuerzo todas las metas son posibles de lograr, gracias Alejandro y Lourdes por ser los mejores padres, es para mí un orgullo regalarles este título como profesionalista.

De igual manera a mis hermanas que creyeron en mí alentándome para seguir adelante, finalmente a todas esas personas que me enseñaron cosas de la vida y ayudaron a formar el carácter de la persona que soy.

¡A todos ustedes muchas gracias!

Resumen

Esta investigación abordó el tema en la estandarización del proceso de preparación de bastidores de bordado en la industria textil efectuados por dispositivos cartesianos, para ello se realizó un análisis, comparación y evaluación de distintos dispositivos con la finalidad de adaptar las mejores características en uno nuevo, esto debido a la necesidad de incrementar la productividad en la elaboración de materiales bordados ya que de manera tradicional el ajuste de bastidores se hace en mayor porcentaje de manera manual provocando errores, retrasos y accidentes en el proceso a comparación de los dispositivos automatizados para el ajuste de los cuales solo una minoría puede acceder debido a los cuantiosos gastos de adquisición. El objetivo principal de la investigación fue estandarizar un dispositivo cartesiano que automatice el proceso de preparación de bastidores adaptando como características principales un mecanismo simplificado y elaborado con materiales accesibles a comparación de los dispositivos que se encuentran en el mercado. Se planteó una propuesta metodológica que basa su flexibilidad en la posibilidad del uso de cualquiera de los métodos de diseño tradicionales, el desarrollo para la selección de las características del dispositivo se realizó mediante matrices de evaluación QFD basadas en los requerimientos del cliente. De acuerdo con el estudio realizado se concluye que un dispositivo cartesiano elaborado en base a un mecanismo simplificado y con materiales de bajo costo es equivalente en producción con un dispositivo de mejor calidad siendo así un producto accesible para diferentes niveles productivos de la industria textil.

Abstract

This research addressed the issue in the standardization of the process of preparation of embroidery frames in the textile industry carried out by Cartesian devices, for this an analysis, comparison and evaluation of different devices was made in order to adapt the best features in a new one, This is due to the need to increase productivity in the elaboration of embroidered materials, since in a traditional way the adjustment of frames is done in a higher percentage manually, causing errors, delays and accidents in the process compared to the automated devices for the adjustment of which only a minority can access due to the high acquisition costs. The main objective of the research was to standardize a Cartesian device that automates the process of frame preparation adapting as main characteristics a simplified mechanism and elaborated with accessible materials compared to the devices available in the market. A methodological proposal was proposed that bases its flexibility on the possibility of using any of the traditional design methods, the development for the selection of the characteristics of the device was carried out by means of QFD evaluation matrices based on the customer's requirements. According to the study carried out, it is concluded that a Cartesian device elaborated based on a simplified mechanism and with low-cost materials is equivalent in production to a better quality device, thus being an accessible product for different production levels of the textile industry.

Introducción

El proceso de preparación de bastidores es sumamente importante ya que es la base para generar un buen bordado, este se compone de múltiples pasos que se realizan de manera manual siendo la causa de diversos errores y retardos los cuales repercuten en la producción total por lo cual es necesario ajustar el proceso de preparación incluyendo modernos mecanismos automatizados con el fin de reducir la interacción humana. Actualmente los dispositivos cartesianos son utilizados para realizar trabajos repetitivos debido a su gran facilidad de operación y su extensa variedad de aplicaciones, en el ámbito textil estos dispositivos comienzan a ser tendencia debido a su versatilidad realizando tareas como el bordado computarizado siendo el área de mayor interés, además previamente se necesita de la preparación de bastidores de los cuales muy pocos dispositivos han sido empleados por ello se plantea como objetivo estandarizar un dispositivo cartesiano para la preparación de bastidores de bordado que adapte en su estructura un mecanismo simplificado y de materiales adecuados según al uso sometido. Pero ¿Es necesario simplificar un dispositivo cartesiano? ¿Quiénes pueden preferir un dispositivo simple a comparación de uno complejo? Estas incógnitas se abordarán durante la investigación adentrándose en temas como: el proceso de bordado realizado actualmente de una manera semi-autonmatizada, las etapas del proceso de bordado, los tipos de dispositivos cartesianos empleados en la industria de la automatización, los requerimientos de diseño para estandarizar un nuevo dispositivo cartesiano preparador de bastidores, entre otros temas. Por consiguiente, para el cumplimiento de los objetivos se utilizó una propuesta metodológica flexible que tiene como posibilidad el uso en cualquiera de los métodos de diseño tradicionales logrando seccionar el tema en pequeñas partes y afrontarlo de una manera sencilla dando como resultado una conclusión general. Dicho esto, comenzaremos a introducirnos en el ámbito de la automatización textil y el proceso para lograrlo.

Índice General

PRELIMINARES.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatorias.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	vii
Índice General.....	viii
Índice Figuras.....	xi
Índice Tablas.....	xiii
Glosario.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Descripción de la empresa.....	2
1.1.1 Antecedentes.....	2
1.1.2 Datos generales de la empresa.....	3
1.1.3 Misión y visión.....	3
1.1.4 Macrolocalización y Microlocalización.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Preguntas de investigación.....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
1.5 Justificación.....	8
CAPÍTULO II.....	9
2.1 Antecedentes del bordado.....	10
2.1.1 El bordado en la historia.....	10
2.1.2 Primeras máquinas bordadoras.....	12
2.2 Máquinas bordadoras actuales.....	13
2.2.1 Tipos de bordadoras.....	15
2.3 Bastidor.....	17
2.3.1 Tipos de Bastidores.....	17
2.3.2 Preparación de bastidor.....	19
2.4 Proceso de bordado.....	20
2.5 Dispositivos cartesianos.....	23

2.5.1 Tipos de dispositivos cartesianos	24
2.5.2 Componentes de dispositivos cartesianos	26
CAPÍTULO III	31
3.1 Análisis de la situación.....	32
3.2 Dispositivos Cartesianos	33
3.2.1 Robot cartesiano Sobremesa.....	33
3.2.2 Robot cartesiano tipo pórtico	35
3.3 Diseño anterior de prototipo ajustador de bastidores.....	36
3.3.1 Observaciones del prototipo.....	38
CAPÍTULO IV.....	40
4.1 Alcance y enfoque de la investigación	41
4.2 Hipótesis	41
4.3 Diseño de la metodología.....	41
4.4 Procedimiento.....	43
4.4.1 Iteraciones para rediseño	43
Iteración 1	44
Iteración 2.....	45
Iteración 3.....	46
4.4.2 Evaluación de los modelos	47
4.4.3 Diseño mecánico.....	49
Modelo del conjunto Z	50
Modelo del conjunto Y	54
Modelo del conjunto X	56
Estructura.....	59
Sistema de almacenamiento de bolsa.....	63
CAPÍTULO V	65
5.1 Validación de los elementos mecánicos	66
5.2 Materiales	78
5.3 Modelo en CAD.....	81
CAPÍTULO VI.....	86
6.1 Conclusiones del proyecto.....	87
6.2 Recomendaciones	88
6.3 Trabajo a futuro.....	89
CAPÍTULO VII.....	90
CAPÍTULO VIII	92

8.1 Fuentes de información.....	93
CAPÍTULO IX.....	96
Anexo 1: Matriz (QFD)	97
Anexo 2: Cálculo del conjunto Z.....	99
Anexo 3: Cálculos de fricción	103
Anexo 4: Cálculos de viga eje X	106
Anexo 5: Técnicas de unión en madera	109
Anexo 6: Cálculos del resorte en el conjunto de bolsas	112
Anexo 7: Diagramas Ashby para selección de materiales.....	115
Anexo 8: Puntos esenciales para colocación de clavos.....	118
Anexo 9: Planos de la máquina	119

Índice Figuras

FIGURA 1	Macrolocalización Tec de Teziutlán	4
FIGURA 2	Microlocalización Tec de Teziutlán	5
FIGURA 3	Bordado del siglo XIX china	10
FIGURA 4	Detalles del tapiz Bayeux de 70 metros.....	11
FIGURA 5	Bordado artesanal Oaxaqueño	12
FIGURA 6	Máquina con mecanismo de puntada en cadena (1790)	13
FIGURA 7	Máquina de bordar múltiples cabezales.....	14
FIGURA 8	Tipos de bordadoras	16
FIGURA 9	Bastidor para bordado manual	17
FIGURA 10	Bastidor ovalado de madera para bordado manual.....	18
FIGURA 11	Bastidor para máquina bordadora con coordenadas	19
FIGURA 12	Bastidor preparado colocado en bordadora.....	20
FIGURA 13	“Picaje” o diseño de imagen a bordar	20
FIGURA 14	Selección de materiales (hilos, tela).....	21
FIGURA 15	Muelles sujetadores de bastidores	21
FIGURA 16	Calibración de colores de bordado y geometría	22
FIGURA 17	Esquema cinemático de un robot cartesiano	23
FIGURA 18	Robots cartesianos de sobremesa.....	25
FIGURA 19	Robot de pórtico paletizador	26
FIGURA 20	Base de un dispositivo cartesiano	27
FIGURA 21	Guía lineal tipo carro	27
FIGURA 22	Transmisor de movimiento lineal	28
FIGURA 23	Accionador lineal piñón cremallera.....	29
FIGURA 24	Transmisor correa dentada	29
FIGURA 25	Motores paso a paso y motor con enconder	30
FIGURA 26	Estructura robot cartesiano canilever y puente	34
FIGURA 27	Estructura robot cartesiano tipo pórtico.....	35
FIGURA 28	Dispositivo cartesiano para el ajuste de bastidores industriales	37
FIGURA 29	Diagrama para la metodología a seguir	42
FIGURA 30	Tareas específicas.....	43
FIGURA 31	Estructura de dispositivo cartesiano tipo puente	44
FIGURA 32	Estructura de dispositivo cartesiano tipo cantilever.....	45
FIGURA 33	Estructura de dispositivo cartesiano tipo pórtico.....	46

FIGURA 34	Iteración ganadora, tabla y grafico	49
FIGURA 35	Pieza CAD, cilindro neumático	50
FIGURA 36	Pieza CAD, base de ventosas	51
FIGURA 37	Pieza CAD, ensamble del conjunto Z.....	51
FIGURA 38	Pieza CAD, riel eje Y.....	54
FIGURA 39	Pieza CAD, carro móvil eje Y-Z	55
FIGURA 40	Pieza CAD, corredera lineal eje X.....	56
FIGURA 41	Pieza CAD, base para corredera lineal eje X.....	57
FIGURA 42	Conjunto CAD, sección de descanso para bastidor	59
FIGURA 43	Conjunto CAD, parte superior de la estructura	60
FIGURA 44	Conjunto CAD, unión de piezas técnica asiática	61
FIGURA 45	Conjunto CAD, depósito de bolsas	63
FIGURA 46	Diagrama de viga eje X	67
FIGURA 47	Gráfico Ashby (Elasticidad-Densidad).	68
FIGURA 48	Diagrama de Ashby para materiales candidatos.	69
FIGURA 49	Gráfico Ashby (Fuerza-Costo por volumen).....	71
FIGURA 50	Diagrama de cortantes en la viga del eje X.....	74
FIGURA 51	Diagrama de momentos en la viga eje X	75
FIGURA 52	Análisis de tensión en base de ventosas.....	76
FIGURA 53	Análisis de desplazamiento en base de ventosas.....	76
FIGURA 54	Diseño final en CAD, preparador de bastidores	81
FIGURA 55	Descripción partes del prototipo	84
FIGURA 56	Matriz de requerimientos ¿Qué? y Cómo	97
FIGURA 57	Gráfico de la iteración ganadora	98
FIGURA 58	Pirámide de relación (Cómo).	98
FIGURA 59	Datos técnicos en la ventosa.....	102
FIGURA 60	Diagrama de fuerzas en carro móvil.....	103
FIGURA 61	Coefficiente de fricción en Aluminio - Aluminio.....	105
FIGURA 62	Diagrama de viga eje X	106
FIGURA 63	Diagrama de esfuerzos de la viga eje x.....	108
FIGURA 64	Conjunto CAD, unión tipo cruz para la base.....	109
FIGURA 65	Conjunto CAD, placa base para bastidor.....	110
FIGURA 66	Conjunto CAD, base superior del prototipo.	110
FIGURA 67	Conjunto CAD, base superior y viga soporte eje X.....	111
FIGURA 68	Aditivo para madera (Resistol 950).	111

FIGURA 69	Diagrama de Ashby (Elasticidad-Densidad) para este prototipo	115
FIGURA 70	Diagrama de (Fuerza-Costo)	116
FIGURA 71	Diagrama de (Expansión térmica-Conductividad eléctrica)	117
FIGURA 72	Ubicación de clavos para fijación extra.....	118
FIGURA 73	Diseño CAD final, dispositivo preparador de bastidores.....	128

Índice Tablas

TABLA 1.	Requerimientos del cliente tabla (Qué)	47
TABLA 2.	Parámetros de selección cilindro neumático	52
TABLA 3.	Requerimientos de las ventosas	53
TABLA 4.	Detalles del eje Y-Z para cálculo de fricción	56
TABLA 5.	Resultados del análisis de esfuerzos en viga.....	58
TABLA 6.	Secciones de estructura con empalme asiático	62
TABLA 7.	Requerimientos de resorte.....	64
TABLA 8.	Propiedades de las maderas más utilizadas.....	72
TABLA 9.	Materiales para el prototipo según análisis Ashby	79
TABLA 10.	Coefficientes de agarre.....	101
TABLA 11.	Espiras muertas (Q) por el tratamiento en los extremos	114
TABLA 12.	Datos del resorte	114

Glosario

Bastidor: Armazón que sirve para fijar, encajar o soportar algo como un lienzo, una tela, un cristal de una ventana.

Cabezal: Dispositivo, generalmente móvil, situado en el extremo de algunos aparatos que sirve para poner en él la pieza que realiza la función principal.

Cremallera: Dispositivo mecánico que, junto con un piñón, transforma el movimiento circular de rotación en un movimiento rectilíneo, o a la inversa.

Cartesiano: Dispositivo con tres ejes de control primarios que son todos lineales (lo que significa que viajan a lo largo de una línea recta en lugar de girar) y mutuamente perpendiculares entre sí.

Iteración: Iteración significa repetir varias veces un proceso con la intención de alcanzar una meta deseada.

Maquinabilidad: Es la facilidad que posee un material de permitir el proceso de mecanizado por arranque de viruta.

Ornamental: Pertenece o relativo a la ornamentación o adorno.

Pellon: Tela del tipo no tejida semidireccional de formación uniforme y tacto rígido compuesta de fibra de poliéster.

Picaje: en el bordado es el proceso mediante el cual se transforma un diseño hasta convertirlo en una imagen apta para la máquina de bordar.

Piñón: Rueda pequeña y dentada que engrana con otra mayor en una máquina.

Ventosa: Pieza cóncava de material elástico que se adhiere fuertemente a una superficie lisa por presión, al producirse el vacío en su interior.

Viga: Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Descripción de la empresa

1.1.1 Antecedentes

Teziutlán es históricamente un polo de desarrollo económico en la región Nororiental del Estado de Puebla, cuyos fundamentos se fincan, primero, en la industria minera y metalúrgica, posteriormente en la fruticultura y la ganadería, y más recientemente en la industria de la confección de ropa. Como es natural la actividad industrial siempre ha traído aparejado el crecimiento de otras actividades económicas, como son el comercio, el transporte, los servicios financieros y de manera muy especial, la educación.

En 1993, el Gobernador del Estado, Manuel Bartlett Díaz, escuchando la petición popular y la intervención de funcionarios públicos y empresarios interesados, gestionó ante la Secretaría de Educación Pública, dirigida por Ernesto Zedillo Ponce de León, la creación de una Institución de Educación Superior Tecnológica, acción que se vería concretada el 8 de noviembre de 1994 con la publicación del Decreto del Congreso del Estado que expide la ley que crea "Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán", como Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

El primer día del mes de septiembre de 1993 inició actividades el Instituto ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial y Licenciatura en Administración, siendo el primer Tecnológico Descentralizado del Estado de Puebla, junto con su similar de la Sierra Norte, designándose como primer director general a José Emilio Guillermo Ortega Balbuena. Debido a la gran aceptación por la población y al repentino crecimiento estudiantil las instalaciones en ese entonces fueron insuficientes tiempo después como resultado de la donación de Jorge Barrón Levet, en ese momento Diputado Local, y de las gestiones de éste y de su hermano Samuel Barrón Levet, se formalizó la compra de 12 hectáreas de terreno a la Compañía Minera Autlán para poder crear las nuevas instalaciones del instituto. El día 22 de abril de 1998 fue

nombrado oficialmente el Ing. Alberto Sánchez Serrano como nuevo director del Instituto tecnológico Superior de Teziutlán, iniciando una nueva etapa en la vida de esta institución trayendo consigo cambios sustanciales.

Para el 30 de agosto de 2018 hasta la actualidad, toma el cargo de la Dirección General la Mtra. Arminda Juárez Arroyo, como consecuencia de lo anterior, y con la finalidad de hacer congruente el desarrollo, integral del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán dentro del proceso educativo, se generó su estructura orgánica que condujo a la expedición de su reglamento interior.

1.1.2 Datos generales de la empresa

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, atento a las demandas de la sociedad, y a los principios de la Ley de Educación del Estado de Puebla, se consolida como una Institución cuyo objetivo es lograr una educación de calidad, moderna y eficaz, orientada al servicio, acercándola a las necesidades e intereses de la población, que promueva el uso transparente y eficiente de los recursos humanos, materiales y financieros de que disponga, y que cumpla puntualmente con sus programas de trabajo. Las carreras que se ofrecen actualmente en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán son: (Ingeniería en Gestión Empresarial, Ingeniería en Industrias Alimentarias, Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática, Ingeniería Mecatrónica).

1.1.3 Misión y visión

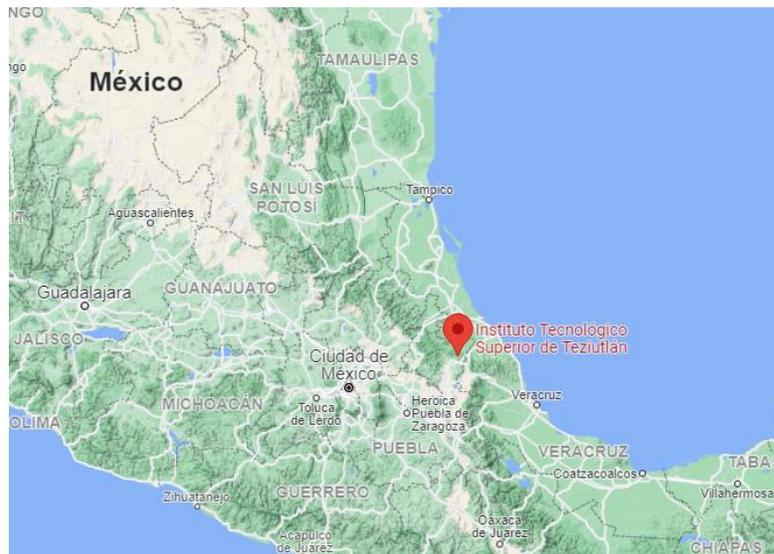
-Misión: El instituto Tecnológico Superior de Teziutlán tienen como Misión, formar Profesionales que se constituyan en agentes de cambio y promuevan el desarrollo integral de la sociedad, mediante la implementación de procesos académicos de calidad.

-Visión: Llegar a ser la Institución de Educación Superior Tecnológica más reconocida en el Estado de Puebla, que ofrezca un proceso de enseñanza-aprendizaje certificado, comprometido con la excelencia académica.

1.1.4 Macrolocalización y Microlocalización

El Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán se encuentra ubicado en el municipio 174 del estado de Puebla el cual se ubica al centro del país colindando con los estados vecinos (Veracruz, Tlaxcala, Hidalgo, Guerrero, Oaxaca) entre otros.

FIGURA 1 Macrolocalización Tec de Teziutlán



Fuente: (Google, 2020)

La dirección del Tec de Teziutlán se encuentra en Fracción I y II SN, 73960 Teziutlán, Pue.

FIGURA 2 Microlocalización Tec de Teziutlán



Fuente: (Google, 2020)

1.2 Planteamiento del problema

La preparación de bastidores es el inicio de las varias etapas que se deben seguir para conformar el proceso de bordado siendo esta una de las más importantes, en ella se encuentran acciones que se realizan de manera manual como la selección del material a bordar, el ajuste e indicación de marcas dentro de los bastidores y la colocación del bastidor sobre las máquinas de bordado, por ende, es la etapa que requiere de mayor atención y cuidado. Sin embargo, estas acciones ralentizan el proceso total siendo de los problemas más comunes: El error humano al colocar de manera incorrecta el material sobre el bastidor, Accidentes infligidos por piezas mecánicas echas en partes del cuerpo como dedos, manos y brazos, Y finalmente un gasto innecesario de tiempo al realizar la preparación del bastidor. Ha habido algunos intentos efectivos de involucrar dispositivos cartesianos para la automatización en el proceso de preparación de bastidores, pero estos están enfocados para un nivel de bordado industrial debido a sus costos de adquisición principalmente por la calidad de materiales de construcción y la complejidad en sus mecanismos lo cual deja fuera a industrias textiles de niveles Semi-industrial y talleres comunes, siendo estos dos últimos una de las principales fuentes de ingresos para la región.

1.3 Preguntas de investigación

- ¿Estandarizar un dispositivo cartesiano preparador de bastidores debe estar basado en la información de prototipos existentes y los requerimientos del cliente?
- ¿Existen dispositivos similares utilizados para la preparación de bastidores en bordadoras automáticas?
- ¿Cuáles son las características esenciales que debe contener el prototipo para ser introducido en los principales niveles del sector textil?
- ¿El diseño del prototipo y los materiales de construcción son factor clave para la aceptación del dispositivo?
- ¿Un diseño simplificado del prototipo conservara la calidad de producción, así como su ritmo a comparación de uno complejo?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar la estandarización de un dispositivo cartesiano para la preparación de bastidores de bordado, con el fin de obtener un prototipo simplificado para los principales niveles productivos en el ámbito textil, a través del análisis de dispositivos similares y tomando como base los requerimientos de diseño solicitados.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar el proceso de bordado automatizado, para conocer con claridad las etapas que lo componen.
- Analizar la etapa de preparación de bastidores para bordadoras automáticas, con el fin de conocer las acciones que se realizan durante el proceso.
- Investigar los diferentes tipos de dispositivos cartesianos, para identificar las características en sus mecanismos y materiales.
- Interpretar los requerimientos de diseño solicitados, con el fin de determinar las principales carencias en el dispositivo.
- Sintetizar los resultado del diseño y las investigaciones sobre los dispositivos, para estandarizar el nuevo prototipo preparador de bastidores.

1.5 Justificación

Desde que el arte del bordado comenzó a realizarse por motivos económicos para los artesanos en la antigüedad surgió la idea de generar con mayor precisión y rapidez estos productos debido a la creciente demanda que se presentaba, por ello surgieron los primeros mecanismos de bordado capaces de simplificar algunas etapas del proceso así con el paso de los años se sumaron nuevos avances tecnológicos logrando modernos y sofisticados dispositivos como lo son las máquinas de bordado computarizadas las cuales automatizan la etapa de bordado, sin embargo la preparación de bastidores es un proceso poco explorado debido al bajo interés para una automatización.

A pesar de eso existen estudios sobre dispositivos automatizados aplicados en este proceso, en cambio el presente proyecto a diferencia de los antecesores se abordará el tema referente a la estandarización de un dispositivo cartesiano tomando como base la estructura y el funcionamiento de los prototipos existentes.

Esto con el fin de tener un dispositivo simplificado y accesible para las industrias textiles de nivel medio y bajo ya que son las que se encuentran activas en mayor cantidad y poder costear un sofisticado dispositivo autónomo para la preparación de bastidores es algo poco posible.

Para llevarlo a cabo se debe seccionar la información iniciando por un proceso explorativo analizando los prototipos existentes y dispositivos automatizados en busca de ventajas y desventajas, después se obtendrán datos cualitativos que nos expresaran las necesidades y requerimientos del prototipo lo cual fungirá como base para crear el modelo, por último se aplicarán en conjunto los resultados de las dos etapas anteriores con la finalidad de crear un dispositivo en base de los requerimientos y aplicando las características de los dispositivos estudiados.

De esta manera se espera obtener el dispositivo estandarizado sin dejar de lado los requerimientos solicitados ya que la finalidad de esto fue realizar un dispositivo accesible para los sectores textiles básicos que desean automatizar su proceso de bordado sin realizar una cuantiosa inversión.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del bordado

2.1.1 El bordado en la historia

El arte del bordado más que ser considerado como un pasatiempo a forjado papeles muy importantes para la historia del mundo el origen de esta técnica es impreciso ya que se han encontrado rastros de materiales bordados en todo el mundo, en diferentes civilizaciones y culturas, sus técnicas y puntadas han perdurado a lo largo de los siglos. Es un arte meramente humano que ha logrado resurgir con gran fuerza los últimos años. Tradicionalmente se podría decir que el bordado está basado en el mundo "femenino" pero a decir verdad esto no es del todo cierto, esto a que las principales personas en crear o enfocarse al arte del bordado en su mayoría fueron mujeres, pero esto no tiene veracidad simplemente es cuestión de estereotipos. Algunos de los hallazgos históricos más importantes en el arte del bordado mencionan a la dinastía China Han, la cual expandió sus rutas de comercio por Asia Central y creó la ruta de seda, el comercio de tan codiciado material creó un intercambio cultural el cual quedaría grabado en los bordados de la época: los patrones chinos fueron mezclados con el arte persa y árabe, generando un lenguaje universal que se identificaba con motivos florales y patrones geométricos encontrados mayormente en vestidos y mantos.

FIGURA 3 Bordado del siglo XIX china



Fuente: (Galla, 2021)

Por otra parte, en el continente Europeo Francia la técnica del bordado se utilizaba para darle un decorado a los bordes de las prendas, pero no solo esto si no que se utilizaba también como un medio para inmortalizar la historia, por ejemplo, el caso del tapiz bordado más antiguo que aún se conserva, el tapiz Bayeux de 70 metros bordado que conmemora la batalla de Hastings.

FIGURA 4 Detalles del tapiz Bayeux de 70 metros



Fuente: (Galla, 2021)

Pero no solo en los continentes asiáticos y europeos existen vestigios de bordados en la antigüedad, sino que también en América se han encontrado hallazgos tal es el caso de nuestro país México, durante las épocas prehispánicas y anteriores a ella, los bordados significaban el estatus de la persona que los portaba. Por tal motivo algunos de los primeros vestigios que se tiene son antiguas túnicas y mantos en los que se envolvía a los difuntos pertenecientes a la nobleza indígena, estos bordados datan de un pasado de hace más de 2,500 años. No obstante, según sea la región los diseños en los bordados suelen tener cambios en los colores, técnicas de bordado y telas todo según la cultura tradicional, los diseños en los bordados suelen tener cambios en los colores, técnicas de bordado y telas todo según la cultura tradicional, algunas de las regiones pioneras en este arte son (Oaxaca, Yucatán, Michoacán, San Luis Potosí, Veracruz, Guerrero, Chiapas, Chihuahua). Siendo el arte de bordado Oaxaqueño el más reconocido, esto debido a que originalmente se utilizaban como

herramientas la punta de una espina de maguey o agave, además por sus coloridos diseños en las prendas elaboradas adornando con flores, figuras y patrones de dibujos que hacen a la prenda más llamativa e incrementan su valor.

FIGURA 5 Bordado artesanal Oaxaqueño



Fuente: (Editor ideas, 2021)

2.1.2 Primeras máquinas bordadoras

Como todo trabajo manual la mejor manera de incrementar la producción es con los procesos automatizados y el bordado no fue la excepción, las primeras máquinas bordadoras o lo que surgía como una idea a futuro fue en el año 1755 por el alemán Charles Fredrick Wiesenthal con adopción inglesa siendo este la primera persona en patentar la máquina de coser mecánica, tiempo después en Inglaterra 1790, Thomas Saint desarrollo una máquina con un mecanismo tipo puntada en cadena, la cual sería la base para futuros prototipos debido a que el mecanismo era accionado por medio de un pedal y transmitía el movimiento por una cadena que hacía girar un eje el cual contenía las agujas y realizaba la acción de bordado de manera automática.

FIGURA 6 Máquina con mecanismo de puntada en cadena (1790)



Fuente: (Marta, 2016)

Fue hasta 1832 cuando el estadounidense Walter Hunt desarrollo la máquina de coser con el funcionamiento típico que se utiliza hoy en día de las máquinas modernas, desafortunadamente su patente no fue concluida por abandono ya que la invento mucho antes de que este intentara patentarla.

2.2 Máquinas bordadoras actuales

En la actualidad las máquinas bordadoras están compuestas de diferentes componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos controlados por un computador interno, todo este conjunto de elementos interactúa entre sí para llevar a cabo el proceso de bordado reduciendo únicamente la interacción humana al preparado de bastidores y la toma del material elaborado.

La bordadora basa su estructura en una mesa de trabajo en la cual se posicionan múltiples cabezales, soportes para bastidores, porta hilos etc. Todo ello funciona de acuerdo al programa cargado previamente en la memoria del computador y ejecutan el proceso de bordado simultáneamente, la cantidad de componentes y costo de la máquina variara de acuerdo al número de cabezales y los materiales que pueda bordar.

FIGURA 7 Máquina de bordar múltiples cabezales



Fuente: (Cajima, 2021)

En otras palabras, una máquina bordadora se puede decir que es un conjunto de elementos móviles y fijos mediante los cuales se pueden elaborar dibujos para ser bordados en cadeneta, hacer diferentes matrices y adornos para telas, algunos de los elementos más destacables del dispositivo son:

Pantógrafo: Este elemento trabaja a altas velocidades en esta parte se coloca el material a bordar y este sigue una trayectoria, rutina, la cual es programada por el usuario esto genera el diseño bordado que fue ingresado en la máquina.

Cabezales: En este elemento se colocan las agujas que realizan el bordado en la tela, estas están conectadas al hilo.

Bastidores: Un bastidor tiene el objetivo de tensar la tela para evitar que esta se arrugue o se mueva durante el proceso de bordado ya que si esto sucede el patrón del diseño puede quedar movido y este no ser como el diseño original.

Interfaz del computador: Aquí se ingresan los parámetros de bordado como el diseño de la imagen, el tipo de hilo, cantidad de material, tamaño de bastidor etc. en la mayoría de los casos el diseño se realiza desde una computadora y posteriormente se ingresa mediante USB a la máquina para simplemente tener una previsualización y así ejecutar la orden de bordado.

2.2.1 Tipos de bordadoras

En el mercado existen diferentes modelos y tamaños de bordadoras desde el tipo caseras, semi industriales e industriales, cada una de ellas cuenta con ventajas con respecto a sus semejantes, también suele variar la arquitectura de su diseño y el fabricante, pero esto está a decisión de las necesidades del comprador.

Bordadora casera: Si las necesidades de bordado no son demasiado exigentes la bordadora casera es adecuada para la tarea, este tipo de máquina es adecuada para las personas que requieren hacer bordados por hobby, diversión o necesidades para el hogar. Figura 8 (a).

Algunas de las características de esta bordadora son:

- Puntadas máximas por minuto (650ppm)
- Logo de 9mil puntadas 1pza/h
- Rendimiento 6hrs con 3 de descanso
- Número de agujas 1
- Área de bordado 12x17 cm

Bordadora Semi industrial: Cuando las necesidades de bordado requieren un nivel más exigente las bordadoras semi industriales cumplen con el trabajo adecuadamente ya que cuentan con una versatilidad mayor, este tipo de máquinas cuenta con un control computarizado el cual dirige el bordado hacia las prendas sin necesidad de la interacción del usuario como en las bordadoras caseras. Figura 8 (b).

Algunas de las características de esta bordadora son:

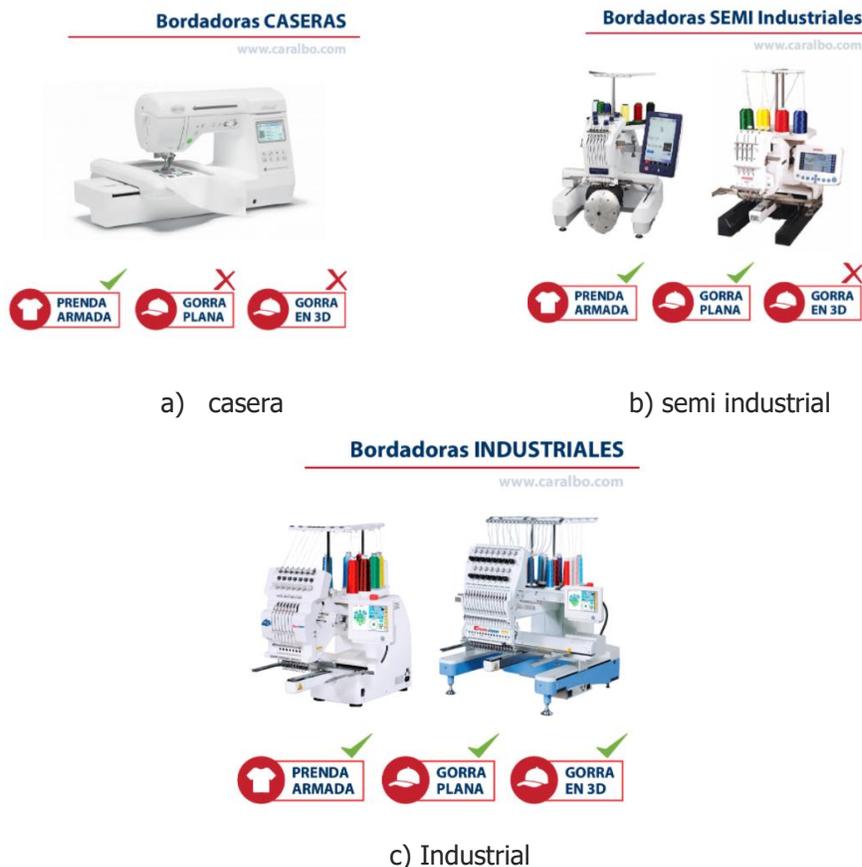
- Puntadas máximas por minuto (650-1000ppm)
- Logo de 9mil puntadas 4pza/h
- Rendimiento 6hrs con 2 de descanso
- Número de agujas 4-10
- Área de bordado 20x35 cm

Bordadora industrial: Para el nivel más alto en bordado donde la producción requiere un trabajo constante, preciso, y automatizado las bordadoras industriales cuentan con la capacidad tecnológica y materiales adecuada ya que su capacidad de trabajo es superior a sus similares. Figura 8 (c).

Algunas de las características de esta bordadora son:

- Puntadas máximas por minuto (1000-1500ppm)
- Logo de 9mil puntadas 6pza/h
- Rendimiento 24/7 uso rudo
- Número de agujas 7-15
- Área de bordado 32x32cm – 120x120cm

FIGURA 8 Tipos de bordadoras



Fuente: (Alejandra, 2020)

2.3 Bastidor

Según la definición de bastidor este es un elemento que hace referencia a un armazón el cual sostiene algo, el termino alude a distintas clases de estructura desde automotrices, gabinete de computadora o soporte para tela o lienzo.

En el ámbito de la costura un bastidor se encarga de tensar la tela para que esta no tienda a moverse mientras se está decorando, por lo general los bastidores están contruidos de madera, los bastidores tradicionales tienen una forma cuadrada o circular, aunque esta puede tener diferentes figuras según sea la tela o el material que se necesite bordar.

FIGURA 9 Bastidor para bordado manual



Fuente: (Pérez, 2021)

2.3.1 Tipos de Bastidores

Según sea el bordado el bastidor debe ser adecuado para la tela y el método que se utilice para bordar, debe mencionarse que los métodos de bordado pueden clasificarse en: (bordado a mano, bordado con máquina, bordado semi-industrial y bordado industrial).

Bastidor bordado a mano: Para este bordado los bastidores suelen tener medidas pequeñas y estar elaborados principalmente de madera y plástico, la forma que estos pueden tener va desde rectangular, cuadrado, circular, ovalado. El mecanismo para ajustar la tela consiste en dos piezas de la misma forma una mayor que otra colocando la tela entre estos dos y así creando la tensión.

FIGURA 10 Bastidor ovalado de madera para bordado manual



Fuente: (EL BORDADO ONLINE, 2020)

Bastidor bordado semi e industrial: En estos bastidores se anexan dos partes metálicas llamadas muelles estos sirven como apoyo cuando el bastidor necesita estar fijo, de esta manera se disminuye el movimiento innecesario que el bastidor pueda generar siendo sujetadas por mordazas o pequeños tornillos en la máquina bordadora, además de este aditamento los bastidores tienen la característica de incorporar en su modelo una especie de bandeja transparente la cual contiene líneas y cuadrículas que pueden ser utilizadas como referencia para el patrón de dibujo a bordar esto con el fin de visualizar el tamaño del bordado y poder así marcar el centro de la figura que se desea trazar, la forma de estos bastidores puede ser ovalada, cuadrada, rectangular o un todo en uno variando entre tamaños ya que para algunos modelos industriales el área de trabajo en el bordado puede ser más grande.

FIGURA 11 Bastidor para máquina bordadora con coordenadas



Fuente: (EL BORDADO ONLINE, 2020)

2.3.2 Preparación de bastidor

El proceso para preparar un bastidor es diferente según el modelo y el tamaño ya que por ejemplo los bastidores caseros tienen medidas pequeñas mientras los bastidores para bordadoras industriales pueden ser de un tamaño considerable o compartidos con los demás cabezales aun así el proceso de preparación sigue un orden para que estos estén listos antes de comenzar con el bordado.

- 1.-Como primer paso se debe elegir el bastidor correcto para el tamaño de la tela que se desea bordar esto evitara que se genere arrugas en la tela o una tensión no adecuada.
- 2.-Separe las dos piezas del bastidor y coloque la tela entre ambas piezas ajustando los tornillos del estabilizador para generar la tensión correcta en la tela.
- 3.-Ajustar el soporte del bastidor a la medida adecuada y asegúrese de que los tornillos queden firmes, esto evitara movimientos innecesarios durante el proceso de bordado.
- 4.-Deslice el bastidor dentro del soporte verificando que las líneas guías estén centradas, así como los tornillos que sostienen el soporte.

FIGURA 12 Bastidor preparado colocado en bordadora



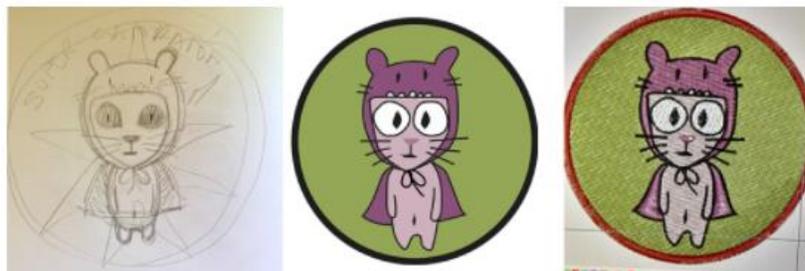
Fuente: (CAMFive México, 2020)

2.4 Proceso de bordado

El proceso de bordado requiere de la previa preparación de cada uno de los componentes básicos esto para evitar contratiempos en la elaboración, prevenir errores y accidentes esto se va haciendo con una serie de etapas y así comenzar el proceso de bordado.

1.-Como objetivo principal del trabajo se realiza el diseño del bordado en una computadora externa ya que esta requiere de ajustes en colores, tamaño, digitalización, que en la interfaz de la máquina no se puede realizar, el diseño es fundamental debido a que proporciona datos como el tamaño de la tela necesario, el tipo de material y los colores a utilizar.

FIGURA 13 "Picaje" o diseño de imagen a bordar



Fuente: (Xutchill bordados y estampación textil, 2020)

2.-Posteriormente se hace la selección del material: hilos, tela, estos deben adecuarse al tipo de bordado que se necesite realizar. En el caso del hilo este se ajusta en las bases porta hilo y se conectan a las agujas del **cabezal**, la tela es preparada en el bastidor.

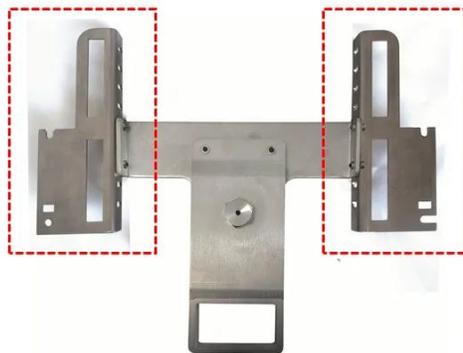
FIGURA 14 Selección de materiales (hilos, tela)



Fuente: (Xutchill bordados y estampación textil, 2020)

3.-Se coloca el bastidor previamente preparado con el tipo de tela que se seleccionó anteriormente, este se ajusta a la base porta bastidores asegurándose que este encaje adecuadamente en la sección metálica asegurando con sus tornillos con el fin de no tener movimientos innecesarios.

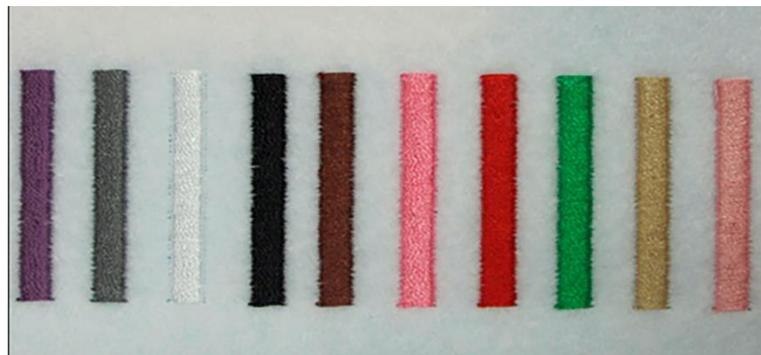
FIGURA 15 Muelles sujetadores de bastidores



Fuente: (El BORDADO ONLINE, 2022)

4.-Una vez realizado los pasos anteriores se realiza un marcado de prueba para verificar que las medidas que se bordarán están correctas, también se verifica el bordado de cada uno de los colores de los hilos verificando que este no contenga espacios vacíos. Por lo general esta prueba se realiza al inicio de un diseño en producción en una tela de prueba ya que solo se marcarán puntadas de centro y extremos de bordado.

FIGURA 16 Calibración de colores de bordado y geometría



Fuente: (CAMFive México, 2020)

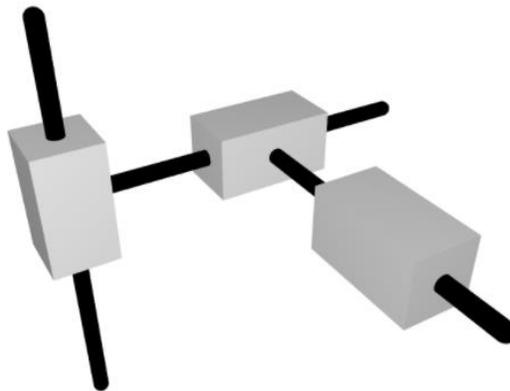
5.-Después de haber verificado todo y habiendo ajustado el material se procede a comenzar la producción demorando una cierta cantidad de tiempo hasta que el diseño haya finalizado y así posteriormente repetir desde el paso 1 al 5 excluyendo el paso 4 si es que el diseño que se bordará sigue siendo el mismo.

2.5 Dispositivos cartesianos

Un robot cartesiano o dispositivo de coordenadas cartesianas (también conocido como robot lineal) es un robot industrial con tres ejes de control primarios que son todos lineales (lo que significa que viajan a lo largo de una línea recta en lugar de girar) y mutuamente perpendiculares entre sí (Chakraborty, 2021).

En los mecanismos de un robot cartesiano algo que debe entenderse es el concepto de topología conjunta en el cual un objetivo puesto en movimiento esta enlazado a una determinada base de manipuladores puestos en serie por medio de una cadena continua de eslabones y articulaciones. El objeto en movimiento esta unido a la parte inferior en los manipuladores paralelos a través de cadenas "extremidades". Sea el modelo del robot de coordenadas cartesianas este estará totalmente conectado en forma paralela.

FIGURA 17 Esquema cinemático de un robot cartesiano



Fuente: (Smolenski, 2007)

Otro aspecto en los robots cartesianos son los grados de libertad ya que comúnmente este tipo de robots se manipulan únicamente en estructuras de traslación lineal (T) grados de libertad debido a que sus uniones P prismáticas en trabajo lineal las operan, existen algunos casos donde robots de coordenadas cartesianas también tienen grados de libertad rotacionales.

2.5.1 Tipos de dispositivos cartesianos

En la actualidad existen diferentes modelos de dispositivos cartesianos variando entre cada uno de estos sus materiales, medidas, diseño, programación, pero cada uno de ellos sigue un objetivo y están estandarizados en su funcionalidad la cual es moverse en los ejes del plano cartesiano (X, Y, Z) algunos de los tipos más comunes son los siguientes.

Robots cartesianos de sobremesa

Los dispositivos cartesianos son los equipos multi-eje más populares en la industria diseñados para una multitud de aplicaciones, uno de estos y con un indiferente número de aplicaciones a nivel industrial y semi-industrial son los robots de sobremesa o robots tabletop. Estos robots están pensados para ser montados simplemente sobre una mesa ya que el prototipo incorpora en una sola estructura todos sus componentes, algunas de las características en este tipo de robots se encuentran en sus 2, 3, 4 ejes cada uno con referencia a los ejes (X, Y, Z) y uno R rotacional también en su libertad de recorrido estos mismos ejes.

Robots Cantilever y Puente

De estos robots se pueden mencionar dos muy particulares cantilever y puente estos tienen el mismo funcionamiento en sus ejes, pero el diseño es diferente ya que el robot cantiléver consta de una plataforma completamente libre donde se coloca la pieza de trabajo y este se encuentra estática en todo momento los ejes que realizan el trabajo son (X, Y, Z) desplazándose en sus respectivas áreas de trabajo. Figura 18 a). Mientras que en el robot tipo puente la plataforma incorpora al eje X desplazando la pieza de trabajo a lo largo de este, de manera que los ejes Y, Z se mueven de manera normal como el robot cantiléver, también llega a existir el movimiento en el eje R, pero esto es solo para los dispositivos que cuentan con ese cuarto movimiento adicional. Figura 18 b)

FIGURA 18 Robots cartesianos de sobremesa



a) Robot Cantilever



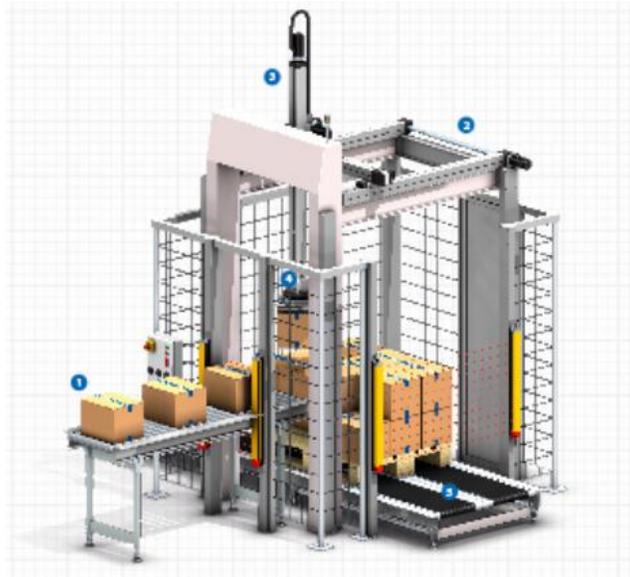
b) Robot tipo puente

Fuente: (Larraioz elektronika, 2021)

Robots cartesianos de pórtico

El diseño de los robots tipo pórtico tiene una estructura peculiar ya que en la mayoría de las aplicaciones automatizadas en la industria se puede encontrar este tipo de robots cartesianos gracias a su fiabilidad, sus características de carga de mediano y gran peso, su movimiento, y su tamaño, por lo regular este tipo de robots tiene un funcionamiento similar a los demás dispositivos cartesianos moviéndose en los ejes (X, Y, Z) la característica sobresaliente de estos y lo que lo convirtió en ser uno de los diseños más utilizados en la industria es su diseño, ya que esta consiste en una estructura tipo cubo donde en la base superior se encuentran los ejes acoplados y de manera aérea permiten manipular el material que se está manipulando, este diseño permite que puedan utilizarse en aplicaciones como apilado de cajas, movimiento de materiales, selección de elementos todo esto gracias a que la parte inferior se encuentra totalmente libre para colocar el material y manipularlo desde la base superior. Este diseño le permite distribuir de mejor manera las cargas acopladas permitiendo un trabajo menos forzado a los dispositivos cartesianos similares a él, es por ello que de manera industrial se requiere de un proceso de carga repetitivo un robot de pórtico es perfecto para este trabajo.

FIGURA 19 Robot de pórtico paletizador



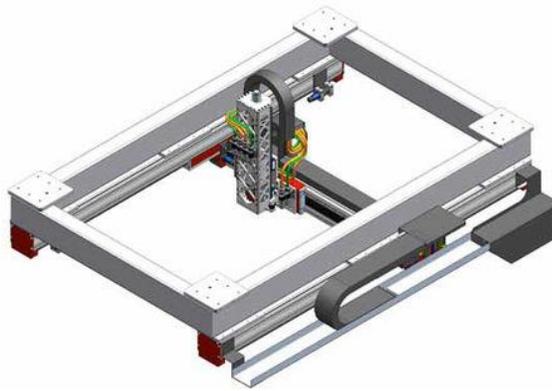
Fuente: (OMRON, 2021)

2.5.2 Componentes de dispositivos cartesianos

La mayor parte de los componentes en los dispositivos cartesianos son electrónicos ya que requieren de una precisión controlada para que estos puedan llevar a cabo el proceso que se esté realizando, elementos como motores con encoder, correderas dentadas, lizas, actuadores, base, y circuitos electrónicos son los principales que se pueden encontrar en estos dispositivos.

Base: Este componente es el encargado de sostener a todos los elementos integrados dentro de él, debe tener un diseño bien elaborado ya que su intención es aprovechar la mayor cantidad de espacio posible en una figura compacta, este se compone comúnmente por vigas que sostienen a cada uno de los ejes cartesianos, por lo regular el material de elaboración de este componente debe ser ligero y resistente.

FIGURA 20 Base de un dispositivo cartesiano



Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2022)

Guías: Para que el dispositivo pueda generar movimiento y este sea preciso es necesario de una referencia o apoyo para que estos puedan trasladarse, las guías pueden ser de diferentes tipos y formas, pero todas cumplen con el mismo objetivo, dar soporte a los objetos en movimiento y proporcionar un movimiento de referencia, las más comunes son las guías lineales tipo carro el cual consiste en un riel lineal al cual esta acoplado un carro deslizante, en este carro se acoplan los elementos que se desean desplazar.

FIGURA 21 Guía lineal tipo carro



Fuente: (XYZ control de movimiento lienal CNC, 2018)

Transmisores: Los elementos transmisores son los encargados de transformar el movimiento rotatorio de los motores en un movimiento lineal para el accionamiento de los ejes X,Y, los transmisores pueden ser de diferentes tipos y para aplicaciones específicas ya que algunos son más precisos que otros pero trabajan en un área muy reducida, por lo general estos se encuentran acoplados a un motor el cual les proporciona el movimiento para accionar los ejes, algunos de los tipos de transmisores que existen son:

Transmisor por huesillo de bolas: Este actuador lineal mecánico convierte el movimiento rotacional a lineal por medio de su mecanismo barra dentada y balines internos que se desplazan alrededor de la varilla dentada y crean un movimiento lineal, este es el transmisor más preciso de los que existen, pero también sus costos son mayores, una de sus desventajas es que a una larga distancia este mecanismo tiende a pandearse perdiendo así su precisión.

FIGURA 22 Transmisor de movimiento lineal



Fuente: (Lugo, 2020)

Accionamientos **piñón cremallera**: Los dispositivos de piñón cremallera son utilizados en aplicaciones de movimiento a larga distancia ya que a pesar que esta es considerable las cremalleras tienden a ser más precisas que otro tipo de transmisores, además la velocidad de transmisión puede ser mayor a la que se tiene con el transmisor por huesillo.

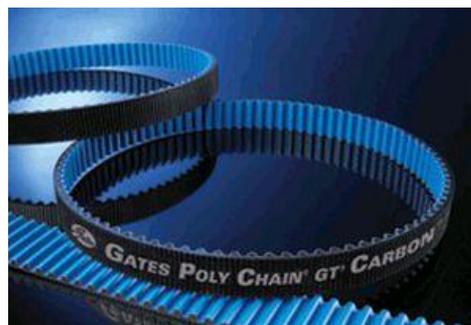
FIGURA 23 Accionador lineal piñón cremallera



Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2022)

Bandas dentadas: Las bandas dentadas se han convertido en una nueva manera de transmitir el movimiento de los motores a movimiento lineal este método se puede encontrar en impresoras y otros dispositivos cartesianos, esta manera de transmitir el movimiento es más dinámico ya que por la flexibilidad la transmisión puede llegar a diferentes sitios, aunque este se encuentre en lugares irregulares.

FIGURA 24 Transmisor correa dentada



Fuente: (DIRECT INDUSTRY, 2022)

Motores: El dispositivo encargado de suministrar la energía eléctrica a mecánica es el motor, para los dispositivos cartesianos los motores deben ser precisos al ejecutar las indicaciones del ordenador. Un motor puede trabajar de manera individual enviando el movimiento rotatorio a los transmisores, pero para una precisión mayor estos se encuentran acoplados a engranajes o bandas los cuales incrementan la precisión con los que estos se posicionan.

Algunos de los motores utilizados en los dispositivos cartesianos son:

Motores paso a paso: Estos motores trabajan con corriente continua y no contienen escobillas, la rotación total es dividida en un cierto número de pasos, normalmente una revolución completa de 360° se divide en 200 pasos esto permite que su posicionamiento sea más exacto. Figura 25 a).

Motores con encoder: En este motor del tipo corriente continua se le añade un encoder el cual es capaz de convertir el movimiento mecánico en pulsos digitales lo cual permite que puedan ser interpretados por un sistema de control aumentando la exactitud con la que se mueve el motor. Figura 25 b).

FIGURA 25 Motores paso a paso y motor con encoder



a)



b)

Fuente: (Posadas, 2015)

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Análisis de la situación

Para dar inicio al proceso de la estandarización del dispositivo preparador de bastidores es necesario analizar la situación actual con el fin de crear una base teórica de partida con la cual se obtendrán los principales parámetros del diseño del dispositivo, el objetivo principal de esta sección es obtener la información más relevante a cerca de las características de diseño en dispositivos cartesianos, y dispositivos preparadores de bastidores, con el fin de seleccionar las más relevantes y considerarlas para la estandarización del nuevo dispositivo.

El proceso de bordado automatizado se conforma de diferentes etapas siendo el bordado la única automatizada hasta el momento en la industria textil, esto mediante a la implementación de modernos dispositivos automáticos como lo son las bordadoras computarizadas de Happy Japan, SWF, que realiza el bordado de manera automática (Caralbo, 2021). Sin embargo, la etapa previa en donde se preparan los bastidores es un tema de automatización que hasta el momento no se le ha dado mucha importancia, pero debe decirse que existen diseños de dispositivos su automatización además se cuenta con los dispositivos cartesianos los cuales son una herramienta fácil de acoplar a cualquier proceso repetitivo, por ende, abordar el tema en la automatización del proceso de preparación de bastidores es un campo conocido.

3.2 Dispositivos Cartesianos

Como vimos en el capítulo anterior en la sección 2.5 Dispositivos cartesianos, existen diferentes diseños de dispositivos como son del tipo (Sobre mesa, Cantilever, Puente, Pórtico) entre otros, teniendo como base el funcionamiento tipo cartesiano y compartiendo características en su diseño, pero a pesar de eso su estructura suelen tener cambios que hacen a un dispositivo más adecuado según la aplicación de automatización que se les encomiende. Por tal motivo se tomarán en cuenta algunas de las características de diseño más útiles de los dispositivos cartesianos con el fin de analizar su función y considerar su modelo para la estandarización y acople en el nuevo dispositivo.

3.2.1 Robot cartesiano Sobremesa

Este dispositivo cartesiano cuenta con la particularidad de ser un prototipo diseñado de manera portable es decir que su estructura es fácil de transportar y montar sobre cualquier superficie plana, esto es de gran ayuda cuando se requiere de un dispositivo ligero, de fácil transporte y de poco espacio para su trabajo ya que no cuenta con una estructura de soporte propia desde el suelo, de estos dispositivos podemos encontrar dos diferentes tipos, los tipo cantilever y puente, ambos son del tipo mesa pero cuentan con diferentes características en su diseño.

Estructura: Comenzando por el robot cantiléver este cuenta con un diseño basado en el soporte de los ejes de movimiento en el eje Y el cual sostiene a los ejes móviles (Y, Z) siendo así un prototipo enfocado en el movimiento de los ejes (X, Z) y manteniendo un punto fijo eje (X), Figura 26. Por otro lado, el robot tipo puente se basa en su diseño por la estructura de un arco el cual mantiene un eje fijo (Y) un eje en movimiento (Z) y un eje deslizante independiente (X). Estas estructuras son útiles en el caso de realizar tareas no pesadas y de un área de trabajo pequeña, pero en este caso se requiere un área de trabajo mayor, por lo cual el diseño no es adecuado ya que puede causar desalineaciones debido a ejes demasiado largos.

Distribución: En el tema de la distribución ambos modelos cuentan con un diseño compacto y útiles para manipular el material que se realice en el proceso, además su base alberga a los ejes de una manera fija, pero al replicar este diseño a una escala mayor provocaría inconvenientes debido a que mayor tamaño requiere componentes mayores y además se necesita de un espacio de almacenamiento por lo cual requiere un área inferior para ocultarlos, por lo tanto este diseño no es adecuado para una réplica a mayor escala.

Materiales: Los materiales de construcción en estos dispositivos son acero y aluminio ya que por sus propiedades físicas agregan rigidez, durabilidad, tenacidad, que el dispositivo requiere, sin embargo, estos materiales son considerados para aplicaciones intensivas o de una precisión extraordinaria además debe mencionarse que en el sentido económico el costo suele ser alto por lo cual aplicar estos materiales para el dispositivo a una escala mayor incrementara el costo significativamente.

FIGURA 26 Estructura robot cartesiano canilever y puente



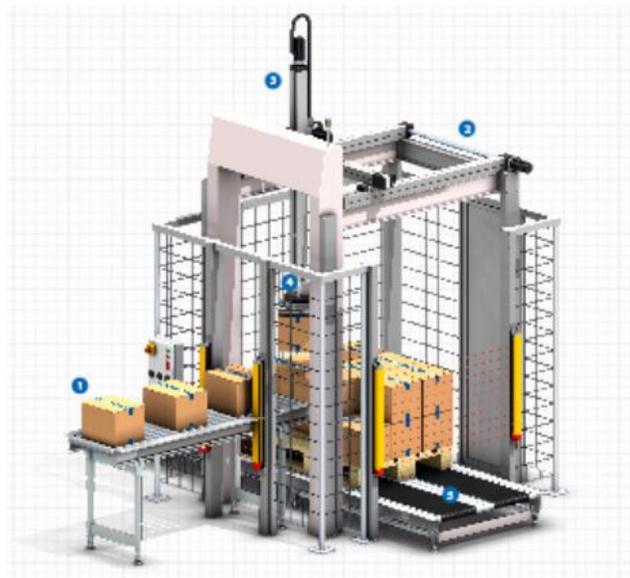
Fuente: (Larraioz elektronika, 2021)

3.2.2 Robot cartesiano tipo pórtico

Estructura: El diseño de esta estructura está basada en los marcos de los pórticos o puertas que soportan y distribuyen las cargas a lo largo de sus vigas, cuenta con una base superior que soporta los ejes cartesianos para realizar el trabajo de manera aérea, estos a su vez están sostenidos por pilares que distribuyen el peso equitativamente lo cual es un punto positivo ya que pueden trabajar sometidos a cargas considerables y además reproducirlo a una escala mayor sigue siendo viable gracias a la estructura. Figura 27.

Distribución: La distribución del área cubica en el dispositivo aprovecha la mayor cantidad posible, ya que el espacio en la parte inferior se encuentra libre para el material manipulado debido a que los ejes del dispositivo se encuentran en la parte superior, así como la mayor cantidad de componentes, por ende, este tipo de diseño permite ajustar el área de trabajo de múltiples maneras.

FIGURA 27 Estructura robot cartesiano tipo pórtico



Fuente: (Larraioz elektronika, 2021)

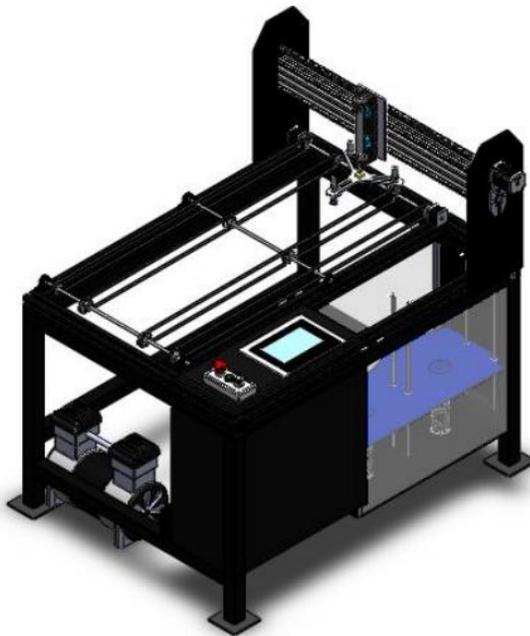
3.3 Diseño anterior de prototipo ajustador de bastidores

Con base a las necesidades de poder maximizar la producción y minimizar los accidentes laborales el diseño de un prototipo capaz de ajustar los bastidores de manera automática para poder ser colocados en las bordadoras automáticas fue creado con anterioridad, dicho diseño tiene la funcionalidad de poder ajustar un bastidor del tipo completo para 4 cabezales con medidas 150x100cm, debe mencionarse que el bastidor es compartido para los 4 cabezales de manera que es una sola pieza rectangular no individual como en otras bordadoras automáticas, el dispositivo por medio del movimiento cartesiano en los ejes (X,Y,Z) logra distribuirse a lo largo del área en el bastidor permitiéndole colocar el material a bordar con un cilindro neumático en el eje Z que es accionado con aire a succión para manipular la mezclilla y el pellon en el punto indicado.

- El dispositivo se encuentra de manera externa a la bordadora, es decir la ubicación del dispositivo no se encuentra montado sobre la máquina si no que está en otro lugar, el ajuste del bastidor se realiza mediante la extracción del bastidor completo y colocándolo sobre la máquina ajustadora de bastidores.
- El material se almacena en dos depósitos al costado de la máquina que son elevados por resortes los cuales evitan que el material se aleje del punto de extracción y se generen movimientos innecesarios.
- El eje X actúa de manera individual a los demás ejes ya que en este se coloca el bastidor y por medio de bandas y transmisores de movimiento desplazan al bastidor en sentido positivo y negativo haciéndolo llegar al eje Y para que el cilindro ubicado en el eje Z pueda tomar y depositar el material en el punto indicado.

- Para el control este se encuentra previamente cargado en la máquina por lo cual el proceso de extracción de material y colocación en el bastidor se encuentra establecido, estos datos se encuentran en un microcontrolador el cual ordena a los actuadores y demás periféricos accionarse en el momento correcto, también cuenta con una pantalla LCD en la cual se pueden visualizar una cantidad esenciales de datos.

FIGURA 28 Dispositivo cartesiano para el ajuste de bastidores industriales



Fuente: (Zacarias Garcia , 2020)

3.3.1 Observaciones del prototipo

El diseño del dispositivo cumple con el propósito de su elaboración ya que logra automatizar un proceso que anteriormente se realizaba únicamente de manera manual, debido a que el proceso es repetitivo se puede programar una secuencia que se ejecute una y otra vez dentro de su interfaz permitiendo así disminuir la tasa de accidentes del operador y aumentando la producción un determinado porcentaje. En aspectos mecánicos el tamaño del prototipo es adecuado ya que no requiere de un tamaño considerable para su ubicación y permite que su estructura aproveche de manera justa del espacio disponible, para los movimientos cartesianos se logra por medio de bandas elásticas y transmisores de movimiento del tipo roscado lo cual incrementa la precisión de la máquina para la colocación de material en el bastidor. En términos generales el dispositivo es adecuado para el trabajo, pero si se analiza el proceso para el cual está destinado se puede notar que algunos mecanismos pueden ser simplificados sin sacrificar la eficiencia de la máquina, disminuyendo así la complejidad del prototipo, manteniendo su eficiencia y reduciendo el costo para una futura creación de la máquina si así se desea, para ello a continuación se mencionara algunos elementos del diseño de (Zacarias Garcia , 2020) que pueden ser ajustados.

Estructura: La estructura del prototipo asemeja a un rectángulo tridimensional la cual es utilizada como base para los demás componentes, el material de elaboración es hierro dúctil, el perfil de trabajo de la estructura se encuentra aprovechado en la cara superior de la estructura y un mínimo de elementos en la parte interna, esta estructura puede ser aprovechada de manera más eficiente en cargas ya que el material permite soportar un peso mayor, es por ello que la estructura puede ser modificada en su material, o bases de apoyo para así reducir el peso y el costo de material en caso de su elaboración, esto debido a que el prototipo no está enfocado para cargar demasiado peso.

Distribución: Como en toda estructura la distribución es un punto muy importante ya que permite aprovechar la mayor cantidad de espacio disponible para contemplar

la mayor cantidad de componentes, en el diseño del prototipo la distribución es adecuada pero no aprovecha el espacio disponible, la estructura del tipo rectangular está cargada en la parte superior ya que contempla componentes como el panel de control, base de eje X para sujetar el bastidor, contenedor de material. Esta distribución superior desaprovecha el área en $[(Cm)]^2$ totales que podría ser utilizada para un bastidor de mayor tamaño, o simplemente una estructura más angosta, en la parte interna solo se encuentran algunos componentes lo cual podría albergar algunos más.

Eje X: Este eje se encuentra ubicado en la parte superior de la estructura en él se coloca el bastidor y por medio de bandas y transmisores de movimiento el bastidor se mueve hacia adelante y hacia atrás para poder situarse en el origen del eje Y, el movimiento genera que el área de trabajo de la máquina sea mayor al del dispositivo completo, además necesita que este sea asegurado ya que al realizar el movimiento el bastidor puede desestabilizarse y generar un posicionamiento incorrecto del eje Y,Z, además es necesario realizar un esfuerzo mayor para mover el peso del bastidor completo lo cual puede generar una carga excesiva y requerir motores con mayor torque, por lo cual los componentes son de materiales más efectivos.

Materiales: Los materiales propuestos en el dispositivo y elementos electrónicos con los que trabaja son de un tipo duradero y enfocado con la resistencia tal es el caso de la base, al estar pensado con un material "Acero dúctil" el cual soporta una cantidad considerable de peso como el dispositivo de transmisión de movimiento que se logra mediante varillas y huesillos de acero inoxidable los cuales evitan que el material se deforme y arriesgue la eficiencia de la máquina, estos materiales en comparación de otros son más duraderos para trabajo pesado, pero el funcionamiento de la máquina no requiere un esfuerzo demasiado grande por lo cual los materiales pueden ser reemplazados con alternativas más económicas pero de igual manera duraderas.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO Y METODOLOGÍA

4.1 Alcance y enfoque de la investigación

El alcance de esta investigación consiste en presentar un diseño estandarizado de un sistema cartesiano para ser aplicado en el sector industrial del ámbito textil en el área de bordado para la preparación de bastidores de máquinas automáticas, el prototipo emplea cambios en su estructura simplificando la complejidad mecánica y de materiales, manteniendo un enfoque cualitativo y cuantitativo para la selección correcta de ajustes en la estructura.

4.2 Hipótesis

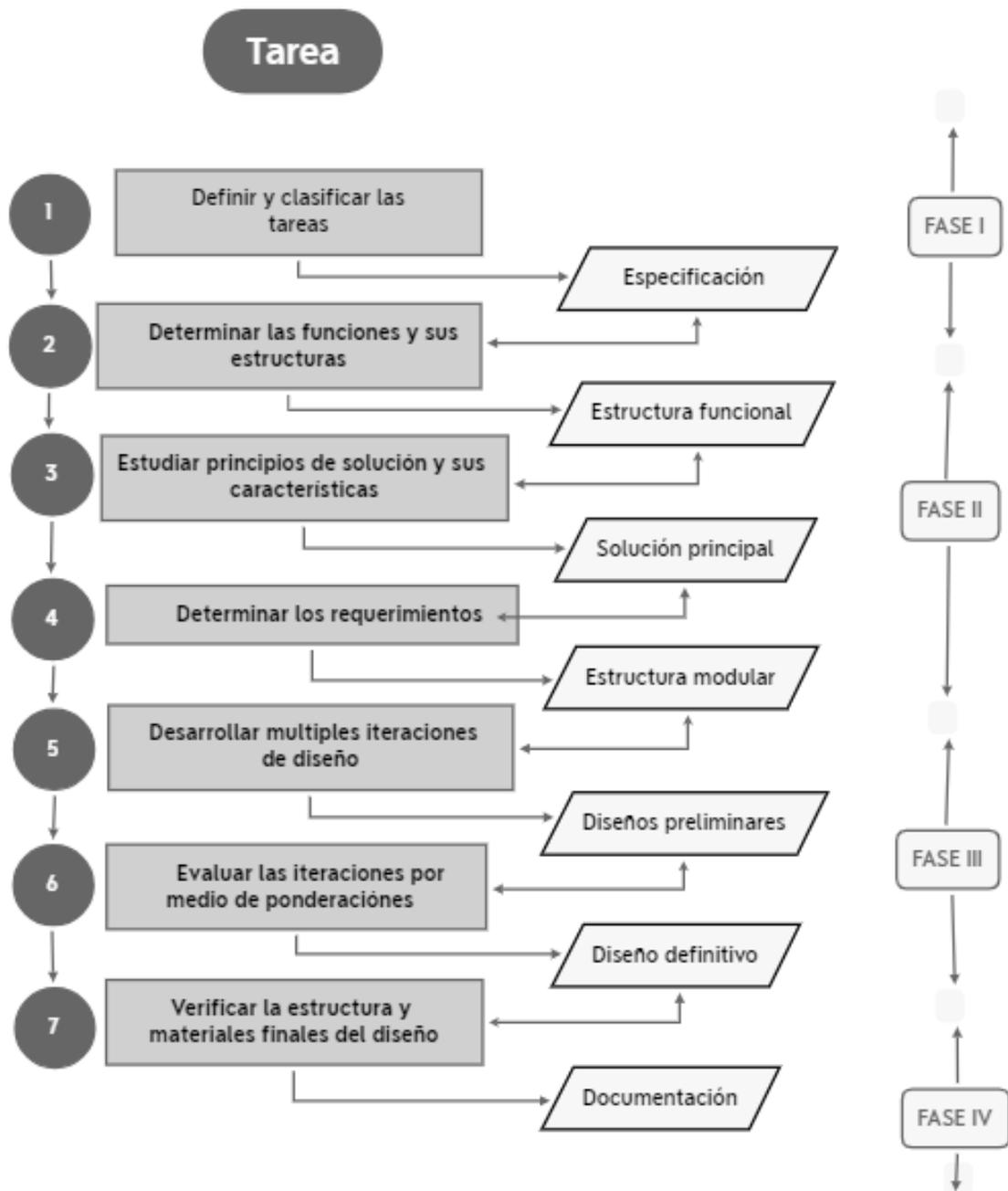
Estandarizar un dispositivo preparador de bastidores no depende del estudio de dispositivos similares y de los requerimientos de diseño solicitados por el cliente.

4.3 Diseño de la metodología

El tipo de metodología utilizada fue por medio de una propuesta metodológica que tiene como base la flexibilidad en la posibilidad de uso en cualquiera de los métodos de diseño tradicionales. Para ello se sigue un procedimiento de manera general en el cual como primera instancia se analiza y comprende el problema de manera general y detalladamente, posteriormente este es descompuesto en problemas específicos o secundarios que sean más sencillos de atacar, después se encuentran soluciones secundarias apropiadas y estas son combinadas para obtener una solución general.

Puesto así el desarrollo de la metodología se centra en 4 fases principales dentro de las cuales son desarrollados 7 objetivos principales, Figura 29, que a su vez contienen tareas específicas como desarrollo. Figura 30.

FIGURA 29 Diagrama para la metodología a seguir



Fuente: (Fuente propia, 2021)

FIGURA 30 Tareas específicas



Fuente: (Fuente propia, 2021)

4.4 Procedimiento

Con el estudio de métodos realizado se generaron los parámetros para el diseño, en particular esta investigación se centrará en realizar la formulación para un ajuste en el diseño mecánico de su antecesor que mantenga la eficiencia, pero con un mecanismo simplificado y materiales alternativos, pero igual duraderos, por ello se estudiaron diferentes dispositivos cartesianos y se sintetizaron los requerimientos del cliente para un adecuado rediseño del dispositivo.

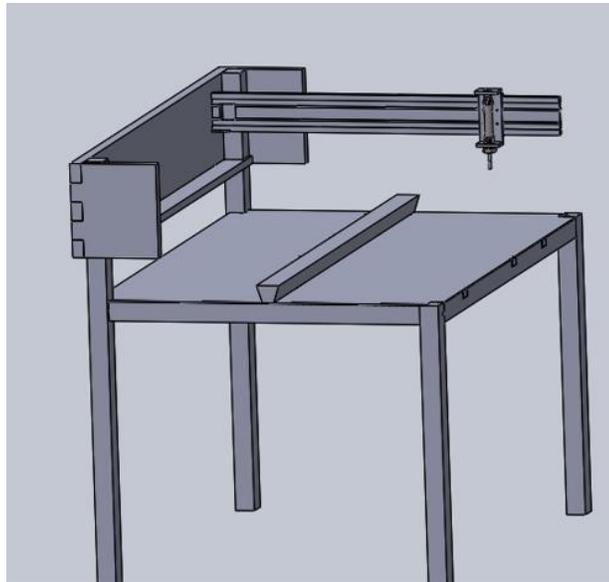
4.4.1 Iteraciones para rediseño

Con el fin de seleccionar el ajuste correcto que pueda simplificar el diseño del preparador de bastidores para bordadoras automáticas se realizaron tres distintas alternativas para el nuevo diseño lo cual permite tener un rango de elección mayor ya que entre estas se puede comparar tanto estructura, como funcionamiento, con la finalidad de seleccionar el más apto para ser el nuevo modelo.

Iteración 1

Como primera iteración se realizó el diseño del dispositivo cartesiano inspirado en el robot de sobremesa tipo puente, este diseño al igual que los diferentes dispositivos cartesianos trabaja en los 3 ejes principales (X, Y, Z) pero su diseño peculiar está inspirado en un puente ya que para su eje Y se encuentra establecido de manera fija en un punto de la mesa de trabajo y únicamente el eje Z contiene un desplazamiento en ese sentido, para el eje X se encuentra posicionada un mecanismo el cual hace desplazar la pieza a maquinar por debajo del eje Y de esta manera se realiza el trabajo del dispositivo cartesiano.

FIGURA 31 Estructura de dispositivo cartesiano tipo puente



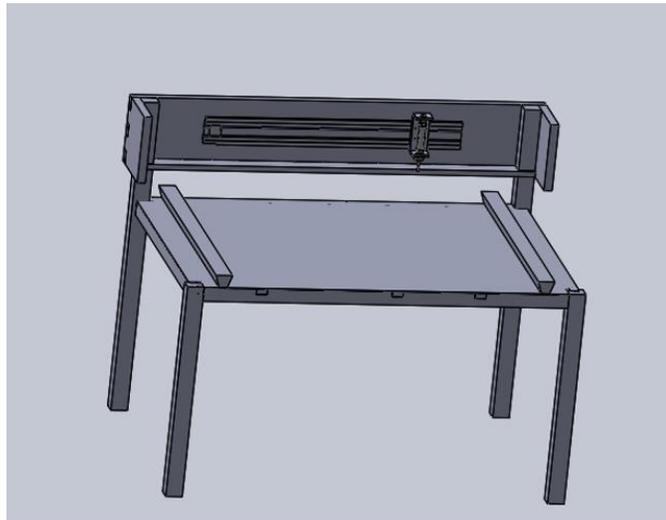
Fuente: (Fuente propia, 2021)

En el diseño está contemplado colocar el bastidor de un máximo de 4 cabezales ya que aproximadamente su área de trabajo es de 1 x 1 mts y el área del dispositivo 1 x 1.5 mts lo cual permite realizar la operación de manera eficaz, el bastidor será ajustado en el eje X en las guías lineales que lo llevaran hasta el punto de trabajo en el eje Y, de esta manera se ejecutara la acción de ajuste en el bastidor.

Iteración 2

En la segunda iteración se realizó un diseño inspirado en el robot de sobremesa tipo cantilever el cual cuenta con una estructura reducida en la parte superior ya que la mayor cantidad de trabajo en los ejes se realiza en el eje X, en este es incorporado el eje Z, este tipo diseños cantilever por lo regular trabajan únicamente en 2 ejes (X, Y) ya que sus aplicaciones son para trabajos no pesados por ejemplo el dibujo y organización de materiales, pero también pueden ser encontrados para 3 ejes, en este caso el diseño se basa en tres ejes para poder cumplir la función de ajuste en el bastidor, para ello se colocan rieles deslizantes en el eje (Y) el cual contendrá al bastidor, posteriormente el movimiento lo guiará hasta el eje (X) donde se encuentra la herramienta de trabajo eje (Z).

FIGURA 32 Estructura de dispositivo cartesiano tipo cantilever



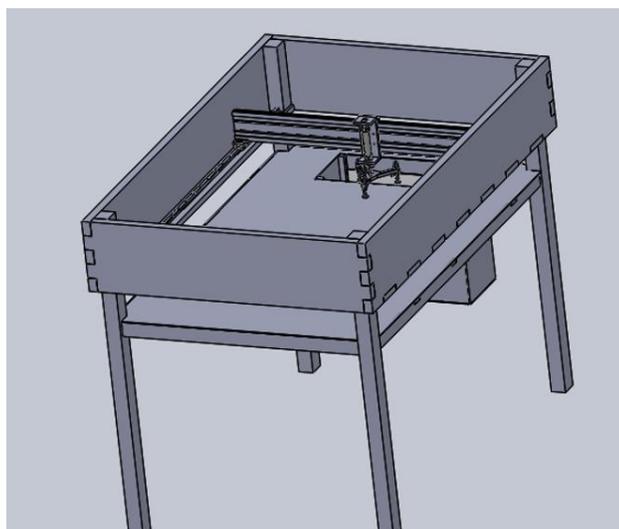
Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para el soporte de la estructura se realizó con la finalidad de ser una mesa en su totalidad de manera que tenga una mayor estabilidad al momento de realizar el movimiento del bastidor, esta estructura también puede ser considerada como una plancha y simplemente montarla en una mesa ya existente, pero esto generaría tener que ajustar su posición repetidamente.

Iteración 3

Para la última iteración y después de haber analizado los dispositivos cartesianos existentes en la industria se eligió el robot cartesiano tipo pórtico ya que este es el que más se encuentra en aplicaciones de apilado y acomodo de material, su principal característica en el diseño consiste en una área de trabajo cartesiana tipo aérea en la cual son montados los ejes (X, Y, Z) y de manera vertical organiza el material, este diseño cuenta con la ventaja de tener un área de trabajo extensa y puede distribuir las cargas del eje Z de manera más proporcionada en su base, en el diseño se modificó la base donde se coloca el bastidor para que esta sea ingresada a una altura de 80cm y los ejes de trabajo se mantienen en la parte superior, de esta manera la herramienta de trabajo no recorrerá una larga distancia hasta el área de trabajo.

FIGURA 33 Estructura de dispositivo cartesiano tipo pórtico



Fuente: (Fuente propia, 2021)

El mecanismo de trabajo consiste en posicionar el bastidor en la mesa de trabajo en las líneas que indican el área en la que se debe posicionar el bastidor, este quedará fijo mientras que los ejes (X, Y, Z) se moverán según sea la secuencia programada esto permite aprovechar la mayor cantidad de área de trabajo posible.

4.4.2 Evaluación de los modelos

Para seleccionar el diseño correcto de las 3 iteraciones existentes se utilizó el despliegue de la función calidad o también llamado QFD (Quality Function Deployment) el cual, por medio de matrices de evaluación, confrontación de competencia, selección de necesidades, determina los datos necesarios para una correcta selección según lo que el cliente necesita y las mejores herramientas para llegar a ello.

Para evaluar las iteraciones en este proyecto se siguió el método tradicional iniciando con el apartado de los requerimientos para ello se deben obtener con base a un dialogo previo con el cliente los requerimientos para el dispositivo, este primer apartado se suele iniciar con la interrogante ¿Qué? en la cual se pregunta que es lo que necesita el cliente, algunas de los puntos que se encuentran en este primer análisis pueden ser: (Qué sea sencillo, Qué sea barato, Qué sea resistente) estas preguntas nos dan la base para saber lo que se necesita en el dispositivo.

TABLA 1. Requerimientos del cliente tabla (Qué)

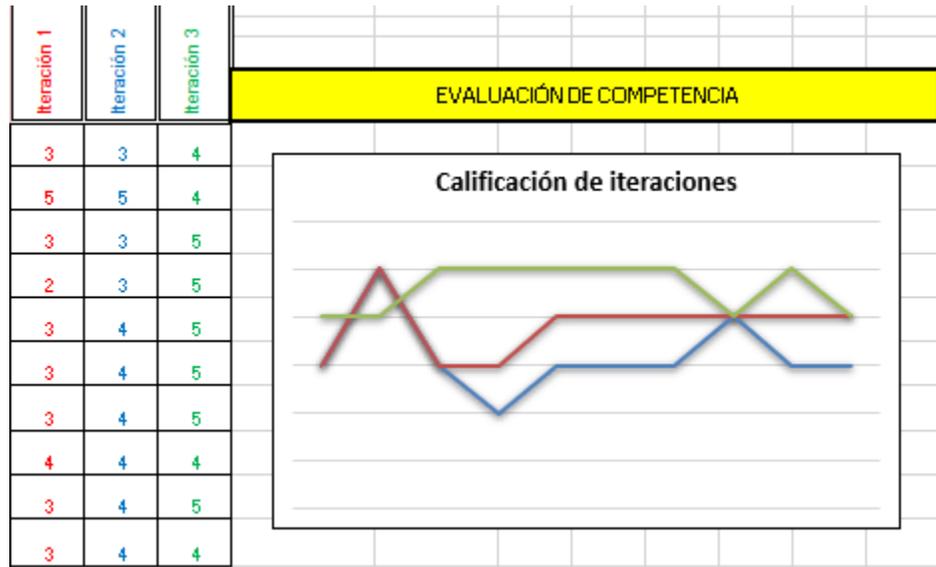
1. REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES	
1	Estructura sencilla
2	Peso ligero
3	Facilidad de uso
4	Preciso
5	Dimensiones adecuadas
6	Costo accesible
7	Seguro
8	Resistente
9	Buen estado de arte
10	Duradero

Fuente: (Fuente propia, 2021)

Después de haber plasmado los requerimientos del cliente en la tabla QFD es necesario responderlos desde la postura del fabricante por medio de la herramienta "Cómo", por ejemplo, un requerimiento del cliente es "Qué el dispositivo sea resistente" este requerimiento se soluciona respondiendo ¿cómo? "por medio de materiales de calidad bien ensamblados", esto ayuda a confrontar los requerimientos con una solución por el cliente posterior a ello se le da un grado de prioridad a cada requerimiento siendo el número 5 el nivel más alto y el número 1 el más bajo de esta manera se comienza a priorizar lo que el cliente necesita. Como siguiente paso se procede a confrontar los requerimientos con todas las soluciones y analizar cuales puntos son factor para cumplir los requerimientos esto por medio de la simbología (Doble circulo=Fuerte, Circulo=Medio, Triangulo=Débil) esto nos permitirá saber cuál es el requerimiento más importante que debe tener la máquina de todos los expuestos por el cliente. Anexo 1, Figura 56.

Para poder saber cuál es la iteración más adecuada para su desarrollo estas son comparadas entre cada una para saber cuáles son sus ventajas y desventajas asignándole un valor numérico el cual se representa en una gráfica y permite saber cuál es el ganador con lo cual se determinó que la mejor iteración para ser desarrollada es la número 3 ya que cuenta con un mayor número de puntuación en resistencia, durabilidad, precisión y estado del arte, que las demás iteraciones, esto se determinó al ver el grafico obtenido, también se llegó a la conclusión que el requerimiento más esencial para el diseño del dispositivo es que este tenga medidas exactas y su ensamble sea preciso y bien elaborado obteniendo un porcentaje del 14% de prioridad seguido por un área de trabajo bien definida sin mecanismos sobresalientes 12%, una vez con estos datos obtenidos se procede a realizar el desarrollo de la iteración 3 que consta de un robot cartesiano tipo pórtico.

FIGURA 34 Iteración ganadora, tabla y grafico



Fuente: (Fuente propia, 2021)

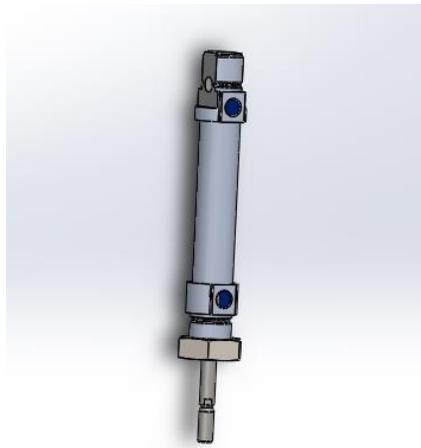
4.4.3 Diseño mecánico

Con la iteración seleccionada y haciendo frente a los requerimientos del cliente se procede a detallar el diseño de la iteración ganadora para ello se abordará de manera individual las partes del dispositivo detallando su función y cuál es su funcionamiento, posteriormente se agruparan todos los componentes para dar un resultado del dispositivo completo, cuál es su funcionamiento, y las características que este contiene, también se respaldaran estos elementos con una serie de cálculos y/o graficas para explicar el porqué de esa selección, estos datos se podrán encontrar de manera conjunta con la explicación o en el apartado de anexo para una vista más detallada.

Modelo del conjunto Z

Como parte de un dispositivo cartesiano este debe tener movimiento en los ejes (X, Y, Z) y esto se logra a través de diferentes dispositivos y/o mecanismos para este caso en particular se utilizará un cilindro neumático el cual será el encargado de mover el material de trabajo en 2 direcciones (Arriba, Abajo) esto se logra con el movimiento del vástago accionado hidráulicamente cuando este se requiera.

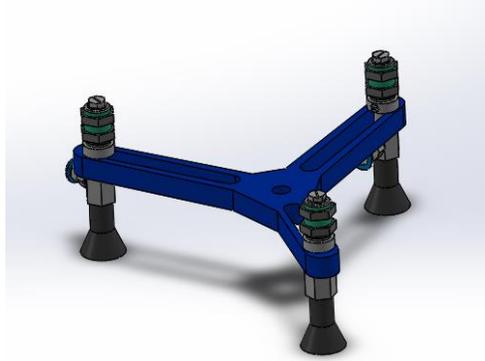
FIGURA 35 Pieza CAD, cilindro neumático



Fuente: (Festo, 2021)

A su vez la punta del vástago sostendrá una estructura que asemeja un triángulo el cual puede ser ajustado a diferentes medidas para distintos tamaños de bolsas de pantalón esta estructura contendrá a las ventosas que sujetan la bolsa de pantalón, estas están construidas con un dispositivo adaptador el cual crea una fuerza de succión que viaja desde una bomba de vacío hasta las ventosas para poder sujetar la bolsa del pantalón únicamente con aire, la base de estas ventosas tiene la capacidad de sujetar 3 elementos lo cual permite un agarre mayor en el material a tomar cabe mencionarse que esta base se sujetara a la punta del vástago por medio de una rosca para evitar movimientos innecesarios.

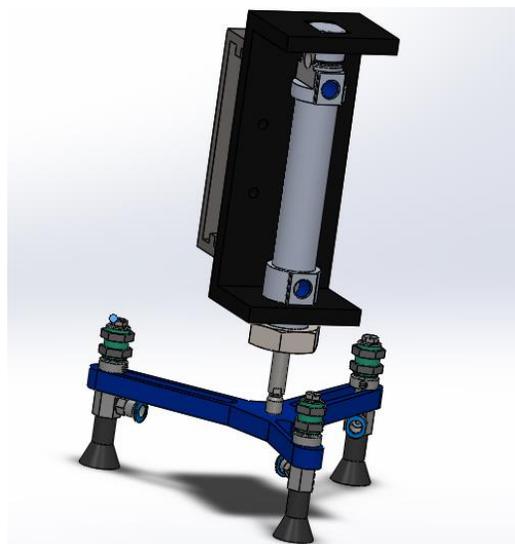
FIGURA 36 Pieza CAD, base de ventosas



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Una vez ensamblados ambas piezas estas deben estar sujetas en el eje Y para poder moverse en el área de trabajo para que estas se encuentren fijas son acopladas a una base que sostiene el cilindro neumático, la sujeción se lleva a cabo por la parte superior e inferior del cilindro, posteriormente esta base será acoplada al carro deslizante del eje por medio de 4 tornillos y de esta manera el eje Z quedará ensamblado y funcional para los movimientos en el respectivo eje.

FIGURA 37 Pieza CAD, ensamble del conjunto Z



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para este conjunto se toma en consideración el cálculo para saber la fuerza ejercida en su vástago y así seleccionar el más adecuado para esta tarea teniendo como datos:

- Carrera= 50mm
- Diámetro del embolo= 16mm
- Presión= 7bar

Estos datos son sustituidos en la ecuación 1 para obtener la fuerza ideal.

(1)

$$F_{ideal} = P * \frac{(\pi * D^2)}{4}$$

Donde:

Fideal=Fuerza ideal

P=Presión

D=Diámetro del embolo

Donde obteneos que fuerza ideal es igual a:

$$F_{ideal} = 140.74 \text{ N}$$

Posteriormente se calculará la fuerza real del vástago con una eficiencia del 90%, todos estos datos se encuentran detallados en el anexo 2.

TABLA 2. Parámetros de selección cilindro neumático

Parámetro	Requerimiento del cilindro
Fuerza real	140.74 N
Fuerza teórica	126.66 N
Consumo de aire (q)	13.88
Velocidad	0.9092 m/s

Fuente: (Fuente propia, 2021)

De igual manera se contemplan cálculos para seleccionar la **ventosa** adecuada ya que esta será la encargada de sujetar la mezclilla y el pellon por ello se tiene la siguiente tabla.

TABLA 3. Requerimientos de las ventosas

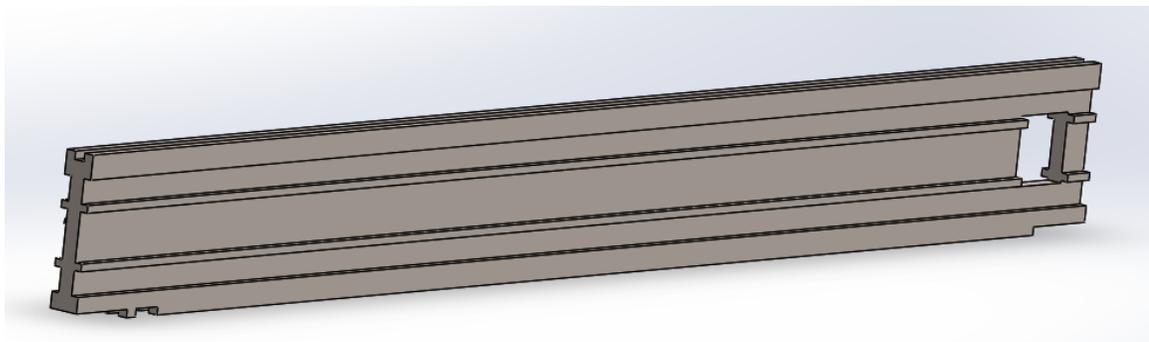
Parámetro	Requerimiento de ventosa
Fuerza de retención teórica	1.5398 N
Fuerza de aspiración	0.5113 N
Diámetro	6 mm

Fuente: (Fuente propia, 2021)

Modelo del conjunto Y

Para el conjunto Y debe considerarse que es el encargado de sostener al conjunto Z para que este pueda recorrer todo este eje según sea su programación, para ello se diseñó una base/soporte que se encarga de guiar al conjunto Z, el eje Y cuenta con una medida de aproximadamente 1mt y su forma fue inspirada en las vigas I por su capacidad de soporte y la exactitud que tendría al distribuir la carga del conjunto ya ensamblado Z, el material de elaboración con la que se plantea el diseño para este eje es aluminio por sus propiedades de resistencia, peso, **maquinabilidad** ya que hace posible realizar diferentes ajustes ya que el material no es muy duro. La figura como ya fue mencionada es del tipo I, además cuenta con una base en la parte derecha para sostener el motor encargado de mover al eje Z, en el aspecto de relación con el eje X la viga de aluminio del eje Y cuenta con 2 bases las cuales son encajadas en los rieles del eje x.

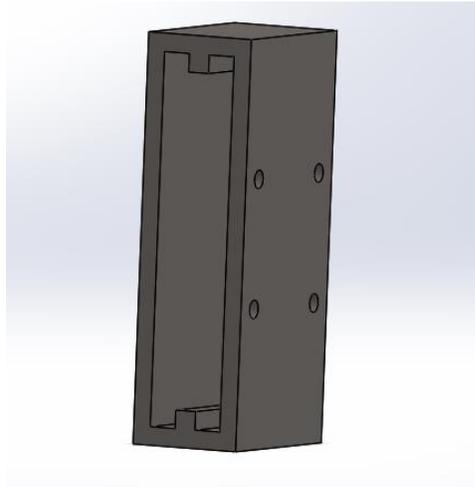
FIGURA 38 Pieza CAD, riel eje Y



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para poder adaptar el riel al conjunto Z se diseñó un carro móvil que se coloca en la parte externa de la viga y es sujeta por la misma forma de esta, el carro móvil descansa en la parte superior e inferior de ella y evita movimientos innecesarios y a su vez distribuye el peso del conjunto Z de manera vertical en la estructura, debe decirse que a este ensamble se le agregara un lubricante para poder evitar fricción y desgaste prematuro en ambas piezas.

FIGURA 39 Pieza CAD, carro móvil eje Y-Z



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para poder aprovechar la mayor precisión posible y evitando el desgaste se analizó el coeficiente de fricción en ambas piezas para poder seleccionar el lubricante que alargue la vida de ambos conjuntos, para ello siguiendo la ecuación 2 se calculó el coeficiente de fricción teniendo los siguientes datos:

- Masa conjunto Z=612.02gr
- Torque arrastre motor= 4.2Kg*cm

(2)

$$\mu = \frac{f}{n}$$

Donde:

μ = Coeficiente de fricción

f= Fuerza de fricción

n=Fuerza normal

y al aplicar la ecuación se obtienen los datos de la siguiente tabla tanto para el coeficiente de fricción, fuerza normal, torque del motor etc. Cálculos resueltos en el anexo 3.

TABLA 4. Detalles del eje Y-Z para cálculo de fricción

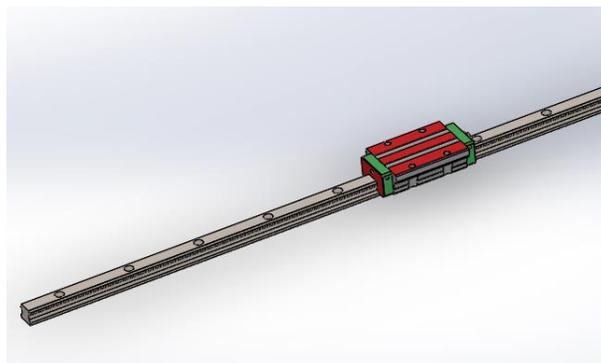
Parámetro	Resultado
Masa del conjunto Z	612.02gr
Fuerza normal	6.003N
Torque del motor	4.2Kg*Cm
Coefficiente de fricción calculada	0.068
Coefficiente de fricción aluminio/aluminio	1.35

Fuente: (Fuente propia, 2021)

Modelo del conjunto X

En el conjunto X se encuentran sostenido los conjuntos Y, Z de manera que con el movimiento de este se pueden desplazar al área de trabajo deseada, para ello el conjunto y al ser inspirado en los robots cartesianos tipo pórtico se cuenta con dos guías lineales en los dos extremos de la estructura de 1.5mt cumpliendo así la estructura con movimiento libre en (X, Y) y el eje Z para tomar el material y acomodarlo. El eje X descansa sobre la parte superior de la estructura en dos tablas de madera para distribuir el peso, la manera que se realiza el movimiento como ya se mencionó antes se hace por medio de guías lineales las cuales se desplazan por un riel de acero inoxidable con forma de trapecio que aumenta la precisión del desplazamiento y disminuye movimientos innecesarios.

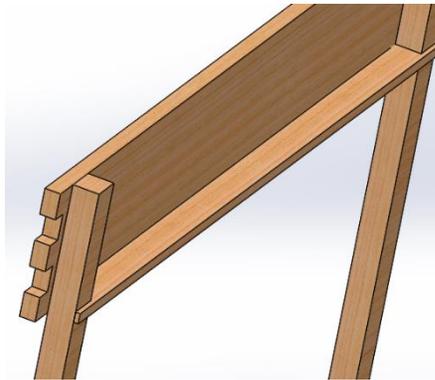
FIGURA 40 Pieza CAD, corredera lineal eje X



Fuente: (Festo, 2021)

La base para sostener la guía lineal esta ensamblada a la estructura superior acoplada de manera paralela a la tabla superior, el tipo de empalme de esta base es del tipo L lo cual incrementa el área para distribuir el peso de todos los ejes móviles, el material implementado es madera de cedro por sus propiedades físicas y además su ensamble no está echo por clavos, tornillos, o soldadura si no que se aplicaron técnicas asiáticas para unir madera lo cual crea un empalme más natural y distribuye las cargas de manera más eficiente.

FIGURA 41 Pieza CAD, base para corredera lineal eje X



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Aplicando los cálculos para esfuerzo en vigas comerciales se puede obtener los datos para comprender el esfuerzo máximo en la viga base aproximadamente en la mitad de la distancia y así saber si esta soporta dicha carga sin romperse o el material es adecuado para el trabajo, esto es importante ya que debe considerarse en el diseño ya que la distancia es considerable y al ser un dispositivo que trabaja a precisión tener desniveles puede provocar desalineaciones en el trabajo efectuado, a continuación se presenta una tabla en la cual se expresa los valores de diagrama de cortantes y diagrama de momento así como las cargas presentadas en dicha viga por cada uno de los modelos X, Y, Z. Análisis de viga completo en el anexo 4. Para la transmisión de movimiento del motor al eje Y se utilizaron correas dentadas basándose en su funcionamiento según (Baesa González & Valero Chuliá, 2016).

TABLA 5. Resultados del análisis de esfuerzos en viga

Parámetro	Resultados del análisis
Peso conjunto Z	El conjunto Z cuenta con 6 elementos los cuales suman una masa aproximada de 612.02gr
Peso conjunto Y	El conjunto Y cuenta con 2 elementos los cuales suman una masa aproximada de 3592gr
Peso conjunto X	El conjunto X cuenta con 2 elementos los cuales se dividen en una carga uniformemente distribuida y una carga puntual sumando una masa aproximada de 1850gr
Sumatoria de momentos (RB)	La sumatoria de momentos con los datos analizados es: $RB=29.69N$
Sumatoria de fuerzas (RA)	La sumatoria de fuerzas en Y con los datos analizados es: $RA=29.69N$
Cortante en 0	La distancia en la cual el diagrama de cortantes es igual a cero es 0.75m
Momento máximo	El momento máximo identificado en el análisis de la viga es 29.69N

Fuente: (Fuente propia, 2021)

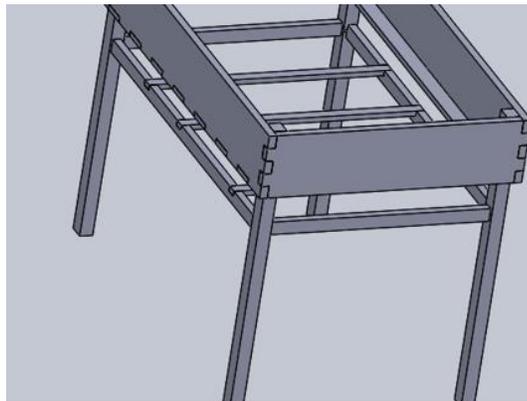
El anterior análisis fue aplicado para la viga de longitud 1.5m la cual soportara el peso de los ejes X, Y, Z debe mencionarse que el cálculo fue aplicado para una carga ubicada en el centro de la viga es decir a 0.75m de distancia ya que el peso simplemente se efectuara en el punto donde este ubicado el mecanismo de trabajo, esto se planteó así ya que el punto medio es la distancia más lejana entre ambas patas de la estructura y es el lugar donde la carga uniformemente distribuida de la corredera recae, otro punto a considerar es que la base cuenta con 2 vigas de soporte lo cual infiere que los datos obtenidos serán distribuidos entre estas dos.

Estructura

Para el diseño de la estructura se analizaron distintos modelos de dispositivos cartesianos en busca de una estructura sencilla pero eficiente, algunos de los modelos que se analizaron fueron los modelos tipo (Pórtico, Cantilever, Puente) de los cuales el primero cuenta con la estructura más sólida y sencilla que se puede encontrar y de ella se partió para realizar el diseño propio.

Principalmente se pensó en la base que sostendrá a toda la estructura por lo cual se optó por utilizar 4 patas como soporte las cuales parten desde la parte inferior hasta la parte superior de manera continua a una altura de aproximadamente 1.15mts, la siguiente sección se encuentra a una altura de .80mts en la cual se creó una estructura para sostener el bastidor al igual que los depósitos de bolsa que son utilizados para almacenar la materia prima. Para que el bastidor pueda ingresarse en esta sección se dejó una abertura por la cual este se puede desplazar hasta llegar al área de trabajo.

FIGURA 42 Conjunto CAD, sección de descanso para bastidor

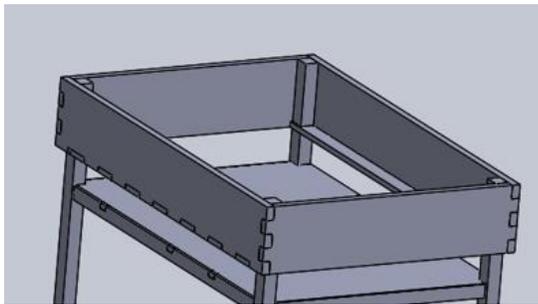


Fuente: (Fuente propia, 2021)

Esta sección es la encargada de proporcionar la rigidez de la estructura al igual que la parte superior, esto se logra tras la conexión de las 4 patas por medio de secciones perpendiculares a estas lo cual logra unir cada una de ellas y evita que se generen movimientos al colocar peso sobre ella.

Para la parte superior se consideró secciones de material anchas para soportar las bases que sostendrán a los ejes de trabajo, el motivo de este tamaño en el material es para agregar y distribuir de mejor manera el peso soportado, añadiendo rigidez a la estructura general y sobre todo protegiendo los elementos mecánicos y electrónicos que contiene el dispositivo ya que son los más importantes del prototipo.

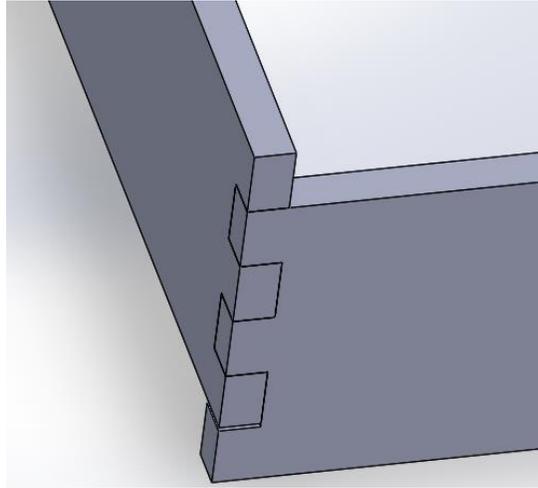
FIGURA 43 Conjunto CAD, parte superior de la estructura



Fuente: (Fuente propia, 2021)

El método de unión en la estructura fue basado en las técnicas asiáticas para unir madera (debe mencionarse que el material con el que se está trabajando es madera pero en esta fase el modelo se está refiriendo a un material X), esta técnica de unión se encuentra principalmente en la cultura japonesa en donde se talla la madera con formas, cortes, uniones peculiares las cuales embonan entre ellas simulando una unión natural por lo cual el método de agarre es mayor que la unión convencional, otro punto muy importante en esta técnica es debido al mínimo uso de clavos y tornillos ya que por lo regular en las uniones de madera son utilizados pero esto provoca que se concentren fuerzas de torsión y corte en estas secciones provocando inestabilidad en los ensambles. La figura de unión es del tipo rectangular la cual restringe el movimiento en 2 ejes esta unión es muy útil ya que distribuirá las fuerzas generadas en el dispositivo generando una base más sólida, también se utilizó un aditivo para fijar las uniones además de la misma fuerza del ensamble entre estas el aditivo utilizado fue pegamento para madera.

FIGURA 44 Conjunto CAD, unión de piezas técnica asiática



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Además, este conjunto de uniones fue aplicado en diferentes secciones de la estructura utilizando diferentes formas de empalme según la necesidad del área, para una vista más detallada de los empalmes, consultar Anexo 5.

TABLA 6. Secciones de estructura con empalme asiático

Sección de estructura	Empalme y descripción
Patas de la base	Empalme tipo cruz, este tipo de empalme agrega un agarre con mayor eficiencia ya que restringe el movimiento en 3 ejes y distribuye la carga de mayor manera.
Base de bastidor	Empalme rectangular paralelo, en este empalme se realiza una muesca rectangular donde se coloca paralelamente una viga de madera esto evita el movimiento en 2 ejes de libertad.
Base superior	Empalme multi rectangular, este empalme es parecido al anterior la única diferencia es que en su sección horizontal cuenta con múltiples muescas lo cual aportan un agarre superior.
Viga soporte eje X	Empalme multi rectangular, en esta sección se utilizó el empalme anterior ya que de esta manera se distribuye el peso del eje X a lo largo de la base superior y se disminuye las fuerzas de torción.

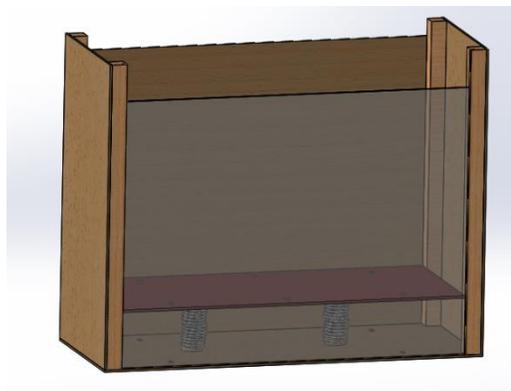
Fuente: (Fuente propia, 2021)

Sistema de almacenamiento de bolsa

Este sistema es uno de los más importantes en todo el prototipo ya que su función es almacenar y proveer el material con el que se estará trabajando es por ello que su diseño debe ser adecuado para no crear cuellos de botella en el ajuste del bastidor, el sistema consta principalmente de un contenedor rectangular en el cual se almacenaran las bolsas ya cortadas del pantalón de mezclilla y también el pellon con el cual serán emparejadas, para que el sistema de almacenamiento pueda distribuir el material en el contenedor se coloca una base con resortes y guías metálicas las cuales provocaran que el material siempre se encuentre en la parte superior es decir en el punto de toma del material, esta idea fue inspirada en los dispensadores de servilletas los cuales por medio de resortes empujan las servilletas a la parte superior para ser tomadas y así la persona no debe ingresar su mano dentro del contenedor, para una idea más clara se puede encontrar en el anexo 6.

De esta manera basándose en este mecanismo dispensador se diseñó el sistema de almacenamiento para bolsas el cual se encuentra acoplado en la plancha donde se coloca el bastidor provocando que el conjunto de trabajo Z pueda acceder de manera sencilla al material sin necesidad de realizar movimientos innecesarios.

FIGURA 45 Conjunto CAD, depósito de bolsas



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para este conjunto una de las piezas más importantes es el resorte ya que se encarga de desplazar al material según a la tensión y peso que se encuentre ejercida en él es por ello que realizo el cálculo para poder determinar que resorte sería el más adecuado para el trabajo.

$$K = \frac{Fi}{Yi} = \frac{F}{Y} \quad (3)$$

TABLA 7. Requerimientos de resorte

Datos del resorte	
DE = 55.005mm	
DI = 50.005mm	
D = 2.5mm	
Na = 14.5 vueltas	
Lo = 591.5992	

Fuente: (Fuente propia)

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Validación de los elementos mecánicos

En este apartado se mostrarán los resultados de la eficiencia del material propuesto para el prototipo de la máquina ya que entre la gran variedad de materiales algunos tienen una mejor eficiencia, pero son relativamente caros y algunos otros son de mala calidad, pero económicos, por lo cual se busca encontrar un punto medio entre precio y calidad, también se mostrarán análisis en algunas secciones de la estructura para comprobar que son eficientes para ser empleados en el prototipo.

Algunos de los materiales considerados para la estructura son de los más utilizados comúnmente para la construcción de dispositivos tal es el caso de: (acero, aluminio, madera, plástico) pero cada uno de ellos cuenta con propiedades diferentes es por ello que se deben considerar sus características físicas frente a las necesidades del dispositivo por ello a continuación se mencionan algunas de ellas:

- El dispositivo debe ser liviano, esto se debe tomar en cuenta ya que en algunas ocasiones se tendrá que cambiar de posición en el lugar de trabajo o si se desea transportar a otra planta por ello el material debe ser ligero fácil de levantar por los operarios e incluso por uno solo en caso de hacer mantenimiento.
- Debe ser firme, el material debe contener una dureza adecuada para no deformarse con alguna fuerza aplicada pequeña o algún golpe accidental, este debe permitir distribuir el peso aplicado en toda la estructura sin generar deformaciones dentro de ella.
- Maleable, este punto es importante ya que al crear una estructura se deben realizar diferentes cortes, perforaciones, añadiduras de esta manera un material que pueda ser trabajado con herramienta sencilla y poco esfuerzo sería adecuado.
- Ser duradero, esta característica es una de las cuales los consumidores suelen buscar más ya que al ser una inversión para el trabajo debe funcionar por un determinado tiempo sin tener que estar reemplazando continuamente, un material duradero se define en aquel que pueda resistir el uso continuamente,

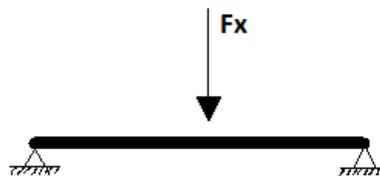
soportar cargas, los componentes climatológicos al medio ambiente, resistencia a golpes, cargas, movimientos etc.

- Admitir mantenimiento, este aspecto es importante ya que como todos los materiales estos necesitan de mantenimiento periódico para alargar su tiempo de vida, el material debe admitir tratamientos químicos y aditivos que mejoren sus propiedades físicas.
- Debe ser adecuado para el trabajo, con este aspecto nos referimos a que el material debe ser correcto para el objetivo, por ejemplo si se elige un material con características superiores el dispositivo desaprovechara el material ya que no estará haciendo uso de sus propiedades físicas y en el aspecto económico el material de construcción será demasiado caro, ahora bien si el material es ineficiente para el trabajo el dispositivo desgastara en poco tiempo el material generando deformaciones y requiriendo mantenimiento en cortos periodos de tiempo algo que se verá reflejado económicamente de manera negativa.

Con los puntos anteriores expuestos se procede a seleccionar el material adecuado para el prototipo haciendo el uso de diagramas Ashby para tener un parámetro de materiales más amplio (Leal, 2011).

Todo esto inicia con el análisis de viga de la sección a interés, para ello se dibuja la sección para ver de manera visual como se encuentran distribuidas las cargas y las distancias entre cada uno de los nodos, de esta manera se determinará el índice dato de interés para el diagrama Ashby.

FIGURA 46 Diagrama de viga eje X



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para obtener los índices se debe analizar la viga de la sección X sea izquierda o derecha considerando que se cuenta con dos de ellas, el análisis se hace principalmente en esta sección ya que será la que estará en contacto en todo momento con el peso de los ejes por lo tanto es la de mayor interés, esta viga es de una sección rectangular de 2cm x 9cm y se le aplicara una fuerza (para evaluar) en la parte media la cual se encuentra a una distancia de 0.7mts entre cada extremo, la viga se encuentra sujeta por dos apoyos fijos.

Obteniendo así los índices a partir de la ecuación 4:

(4)

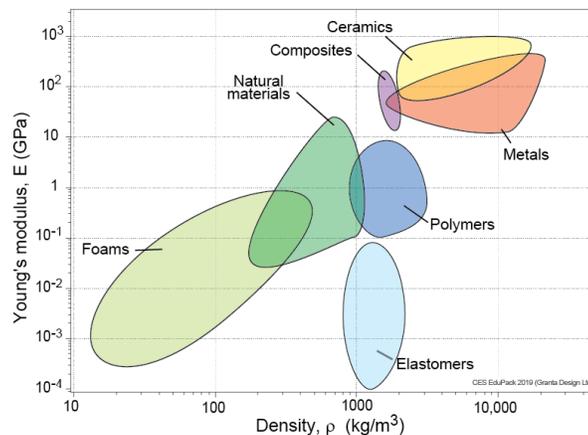
$$M1 = \frac{\rho}{E^{1/2}}$$

Para poder ser aplicado se obtiene el inverso de la ecuación anterior quedando de la siguiente manera:

$$M2 = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

Ahora se seleccionará un diagrama que confronte el módulo de elasticidad/densidad del material teniendo así:

FIGURA 47 Gráfico Ashby (Elasticidad-Densidad).



Fuente: (Ansys GRANTA, 2021)

Ahora se debe linealizar la expresión matemática que define el índice con base a:

$$M2 = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

Aplicando las propiedades de los logaritmos se tiene:

$$\text{Log}M2 = \frac{1}{2}\text{Log}E - \text{Log}\rho$$

Desarrollando los logaritmos:

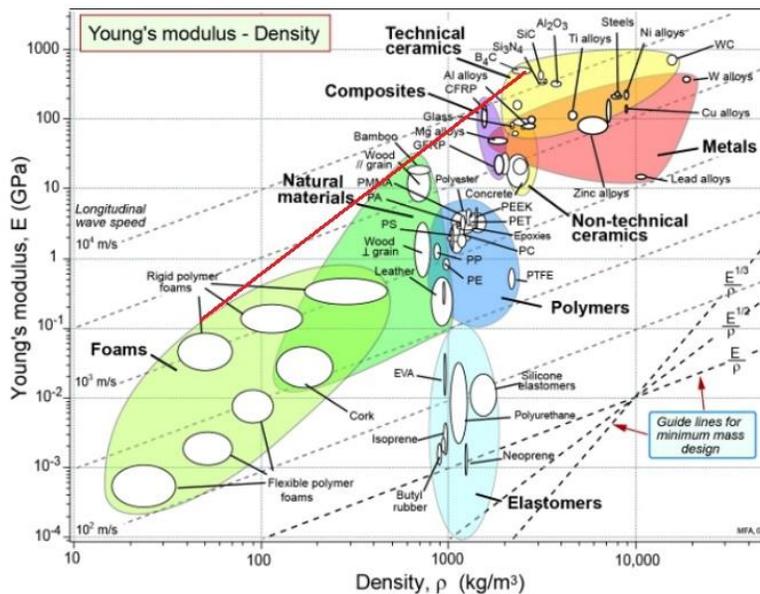
$$\text{Log}E = 2\text{Log}\rho + 2\text{Log}M2$$

Obteniendo como base la ecuación de una recta de la forma:

$$Y = mx + n$$

Ahora se trazará la recta en color rojo en el diagrama de Ashby para conocer los materiales que son candidatos para la aplicación en el prototipo.

FIGURA 48 Diagrama de Ashby para materiales candidatos.



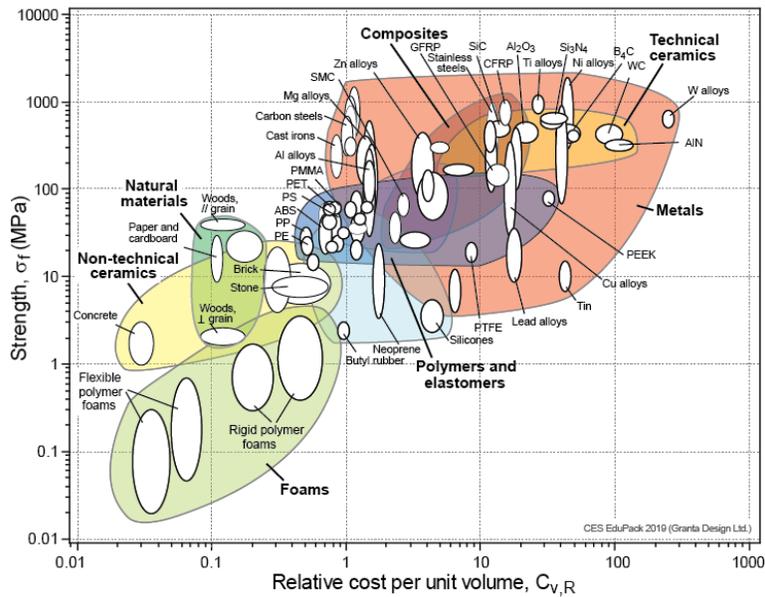
Fuente: (Ansys GRANTA, 2021)

Las clasificaciones de materiales que se encuentran en el gráfico y los que se encuentran dentro del parámetro para la posible selección van desde el menos adecuado, un conjunto de materiales para posible aplicación y materiales con propiedades mayores a las requeridas, entre los materiales menos adecuados encontramos a las espumas y elastómeros, estos materiales son inadecuados por sus características en módulo de elasticidad y densidad, mientras que en un aspecto estos materiales son buenos en la otra carecen de esta característica por lo cual no se consideran para el material del prototipo.

Ahora para los materiales con propiedades mayores a las requeridas se encuentran los metales y cerámicos, en el aspecto buscado estos materiales sobrepasan o no son enfocados a este tipo de aplicaciones ya que por ejemplo mientras los metales se aplican en la mayoría de las estructuras estos se emplean para necesidades de trabajo mayores es decir para soportar cargas extremas, temperaturas altas, tracción y compresiones a gran escala y al aplicar este material en un dispositivo que no será sometido a dichos esfuerzos el material será poco aprovechado además de agregar peso a la estructura y aumentar el costo en el prototipo final, ahora en el caso de los cerámicos estos se emplean mayormente para aspectos térmicos y eléctricos por lo cual queda descartado.

Finalmente los materiales más adecuados para considerar en nuestro dispositivo son (Materiales naturales, Polímeros, Compuestos) estos 3 materiales pueden ser empleados para el dispositivo por encontrarse en el sector medio entre sus cualidades físicas y versatilidad, pero para poder elegir cual será el empleado en el diseño se evaluará en el aspecto económico y así obtener el que mejor se adapte en las características físicas y económicas ya que aunque estos 3 se encuentren en el sector de nuestro interés algunos tienen un costo mayor por el tipo de obtención y en cuestiones de reciclaje y medio ambiente, para elegir el material entre los anteriores 3 considerados se analizará la siguiente gráfica.

FIGURA 49 Gráfico Ashby (Fuerza-Costo por volumen)



Fuente: (Ansys GRANTA, 2021)

Según el análisis de los 3 materiales de nuestro interés al evaluarlos en el aspecto fuerza-costo por volumen el material compuesto cuenta con una fuerza relativamente alta lo cual lo hace útil para aplicaciones donde se requiere la distribución de fuerzas logrando este objetivo sin dificultad en el aspecto económico este material se encuentra entre uno de los más caros incluso superior a algunos metales por lo cual este material queda descartado.

Como segundo material se encuentran los polímeros estos cuentan con un balance entre costo y fuerza situándose en el centro de todos los materiales lo cual lo hace un material adecuado para ser aplicado en el dispositivo ya que es relativamente económico a comparación de los metales, otro aspecto que se debe considerar es en el tema de la contaminación ya que al ser un polímero este al ser desechado tarda un largo periodo de tiempo en degradarse por lo cual este material puede ser considerado para algunas partes del dispositivo más no para la estructura completa. Y como tercer material de interés se encuentran los materiales naturales hablando más específicamente (madera), al analizar este material podemos encontrar que cuenta con propiedades de fuerza similares a los polímeros lo cual lo hace ideal para

la aplicación y en el aspecto económico es uno de los más baratos que se pueden encontrar con las propiedades físicas que se buscan por lo tanto el material elegido para el prototipo es (Materiales naturales, Madera) ahora solo se elegirá el tipo de madera para la aplicación. Todos estos gráficos Ashby se pueden encontrar en el anexo 7 para más detalle.

Ahora se seleccionará la madera adecuada según sus aplicaciones y propiedades de acabado, durabilidad, y maquinado estos datos se encontrarán en la siguiente tabla.

TABLA 8. Propiedades de las maderas más utilizadas

Tipo de madera	Propiedades
Pino	Esta madera cuenta con una textura uniforme, su costo es más bajo en comparación a otras maderas y trabajar con ella es bastante sencillo. Por esa razón, es una de las maderas más utilizadas en la carpintería, en la construcción de paneles, muebles y molduras.
Cedro	El cedro es una madera duradera, ligera y bastante resistente a la putrefacción, hongos e insectos, cuando esta es laminada es un 70% más fuerte que otras maderas lo cual la hacen un perfecto material para la construcción de casas, tejas y cubiertas, junto con el revestimiento de muebles.
Abeto	Es una madera ligera similar al pino. Cuenta con gran elasticidad, propiedad que la hace fácil de trabajar y así darle variados usos, por ejemplo, en la carpintería, en la fabricación de

	instrumentos musicales o en envases y embalajes. Por ser mucho más resistente que otras maderas, también sirve para revestir paredes y techos en el interior de las construcciones.
Caoba	Su característico color rojizo y su alta resistencia la convierten en un material óptimo para la construcción de muebles más elaborados, revestimientos y chapas. Al tener alta densidad y durabilidad se recomienda su uso en zonas con alta humedad.
Roble	Tiene grandes cualidades de flexión y durabilidad. Por esa razón con ella es posible construir pisos, muebles y revestimientos interiores.
Nogal	Es una de las maderas más duras y junto con su característico color café oscuro y una mediana densidad lo hacen perfecto para muebles, gabinetes, puertas, adornos y elementos torneados.

Fuente: (Madera 21, 2019)

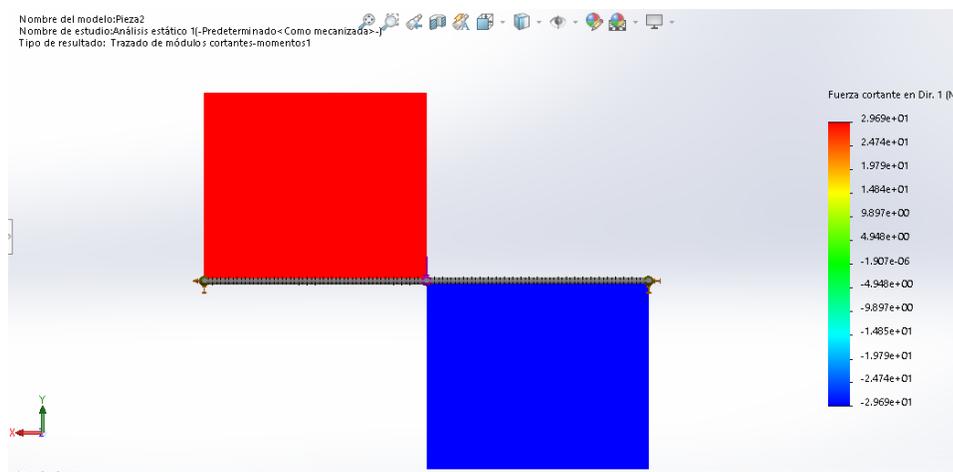
Con las características anteriores y de acuerdo a las necesidades que se requieren para la estructura se considera que el cedro es la mejor opción de madera para el prototipo ya que sus cualidades en durabilidad, peso, resistencia, y maquinabilidad la hacen la más adecuada, ya que entre otros aspectos trabajar con este tipo de madera y al ser tratada con aditivos como el barniz incrementaran sus propiedades cumpliendo con nuestras necesidades de economía y construcción.

Para evaluar la sección que soportara la mayor cantidad de peso durante el funcionamiento del prototipo se analizó la base del eje X por medio del Software Solid Works en búsqueda de los momentos y cortantes máximos con el fin de determinar los valores que resistirá la viga y el punto aproximado en donde se centraran las fuerzas de corte y deformación.

Por ende, los datos implementados en una de las vigas teniendo como longitud una distancia de 1.5m entre cada uno de sus nodos y teorizando una fuerza X en el centro de la sección aproximadamente a 0.75m entre cada nodo ya que es el punto más alejado, se obtiene como resultado un esfuerzo de cortante máximo de 29.69 y un esfuerzo mínimo de -29.69 siendo el centro el punto donde se concentran estos esfuerzos.

El color rojo representa el esfuerzo positivo en el análisis y el color azul el esfuerzo negativo, en los extremos se encuentran los nodos de soporte fijo para la viga y en el centro de esta se presenta la fuerza total aplicada.

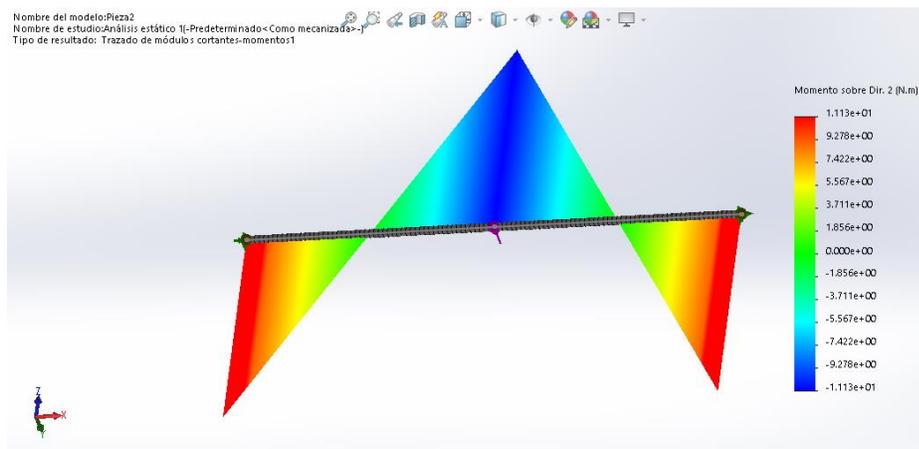
FIGURA 50 Diagrama de cortantes en la viga del eje X



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para determinar el momento máximo que se presenta en la viga se utilizaron los mismos datos anteriores determinando que el momento máximo que se presenta es de 29.69 ubicado en el centro de la sección, esto corrobora de manera grafica que el centro es el punto donde se presentara la mayor cantidad de fuerzas de cortante y momento por lo tanto es el punto más débil del dispositivo, sin embargo los datos obtenidos son lo suficiente mente pequeños para poder ser soportados por la viga y el material seleccionado por lo cual el dispositivo puede trabajar de manera óptima sin la presencia de cargas superiores a las que este pueda soportar. Anexo 4.

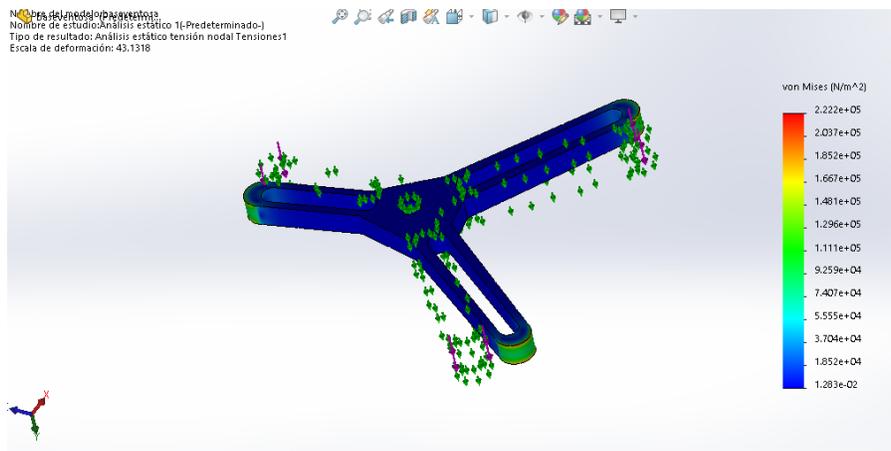
FIGURA 51 Diagrama de momentos en la viga eje X



Fuente: (Fuente propia, 2021)

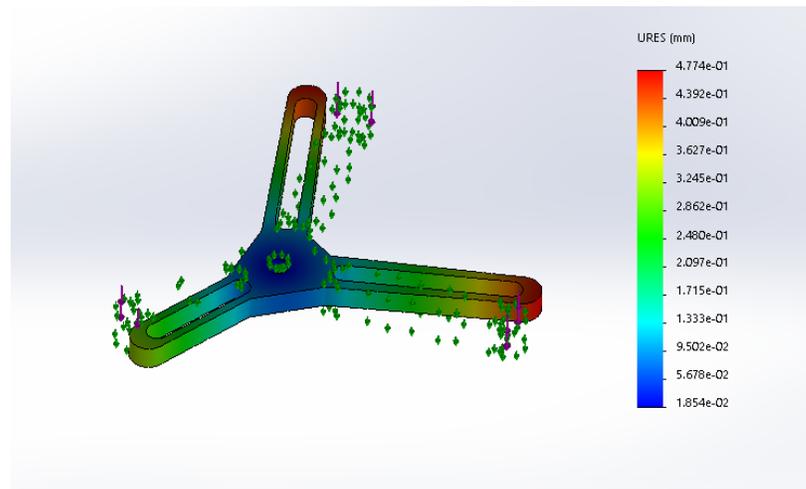
Además, fue necesario realizar el análisis de tensión y desplazamiento en la base de ventosas ya que esta pieza en específico se encarga de sostener el material de trabajo junto a las ventosas de succión, por ello se debe conocer las fuerzas ejercidas que están actuando sobre ella para verificar si el peso sostenido o el material de carga es adecuado para el eje Z, además esta información podrá ser utilizada futuramente en caso de emplear una herramienta de trabajo diferente.

FIGURA 52 Análisis de tensión en base de ventosas



Fuente: (Fuente propia, 2021)

FIGURA 53 Análisis de desplazamiento en base de ventosas



Fuente: (Fuente propia)

Estos análisis fueron seleccionados con la intención de conocer el comportamiento de deformación en la pieza cuando es sometida a una fuerza dejando al descubierto las áreas específicas que serán sometidas a una deformación mayor y poder determinar si el material empleado será capaz de resistir tal deformación. En este caso la fuerza aplicada es la que se encuentra por el peso de las ventosas y el material de trabajo una vez en funcionamiento.

Dándonos como resultados en el análisis de tensión que los principales puntos en donde se someterá la mayor cantidad de esfuerzo en la pieza son en los extremos, ubicados en la parte más alejada del eje, esto debido a que la fuerza aplicada se distribuirá en esa sección y además la forma de la pieza tiene un área de distribución pequeña lo cual será un punto crítico en las fuerzas de tensión. Figura 52.

Por otro lado, el análisis de desplazamiento muestra las áreas de la pieza donde se concentra el desplazamiento, es decir la sección donde el material cederá una deformación del área según sea la fuerza aplicada, en este caso las secciones teñidas de un color rojo serán las partes donde el desplazamiento será mayor y las áreas teñidas de color amarillo serán las que tendrán menor desplazamiento, por lo tanto, la base de ventosas mostrara una mayor deformación en las áreas más alejadas al eje. Figura 53.

En conclusión, se puede decir que el material elegido para la construcción de la base para ventosas de acuerdo a los análisis anteriores es un material adecuado para el trabajo ya que muestra resultados que están dentro de los estándares y cumplirá correctamente el trabajo encomendado.

5.2 Materiales

Para la selección de los materiales empleados en el diseño del dispositivo se tomaron como criterios esenciales:

- El costo de los materiales
- La disponibilidad del material
- Las propiedades físicas y mecánicas
- Las condiciones de trabajo
- El Estado del arte

Costo de los materiales: Este fue uno de los criterios primordiales debido a que el objetivo central del proyecto se enfoca en simplificar el diseño del dispositivo para hacer que este sea más accesible para los principales sectores textiles y un dispositivo echo a base de materiales económicos sería una razón por la cual tendría una mayor aceptación para su compra en los sectores más básicos de la industria.

Disponibilidad del material: Cuando se realiza la propuesta de un material para ser empleado en la construcción de un dispositivo es necesario considerar si el material se encuentra disponible o se puede adquirir de una manera sencilla ya que algunos de estos son difíciles de conseguir debido a su escasez o el poco comercio que se tenga de este mismo.

Propiedades Físicas y Mecánicas: Para seleccionar un material se debe considerar las propiedades que este contiene ya que se verá reflejado directamente en el tiempo de vida útil que este tendrá, esencialmente se busca que las propiedades del material cumplan con los esfuerzos a los que son sometidos.

Condiciones de trabajo: Este punto está relacionado directamente con las propiedades físicas y mecánicas tal como se explicó en el punto anterior, los materiales tienen cualidades particulares diferentes y estos son empleados según las fuerzas a los que son sometidos, pero es importante verificar las condiciones de trabajo ya que el material seleccionado puede ser sobrevalorado o infravalorado según a la tarea que fue destinado.

Estado del arte: Por último, pero no menos importante se considera el estado del arte para la selección del material ya que esta será la primera imagen que se tendrá a simple vista y un material visualmente atractivo creará interés por el dispositivo. A continuación, se muestra una tabla en donde se especifica el elemento del dispositivo, el material empleado y una vista del material.

TABLA 9. Materiales para el prototipo según análisis Ashby

Elemento	Imagen	Material
Patas de la estructura		Cedro
Eje X de la estructura		Cedro
Plancha base bastidor		Triplay de pino
Guías lineales HIWIN		Acero endurecido
Eje Y		Aluminio 2080
Base ventosas		Plástico ABS
Soporte motor X		Acero revestido

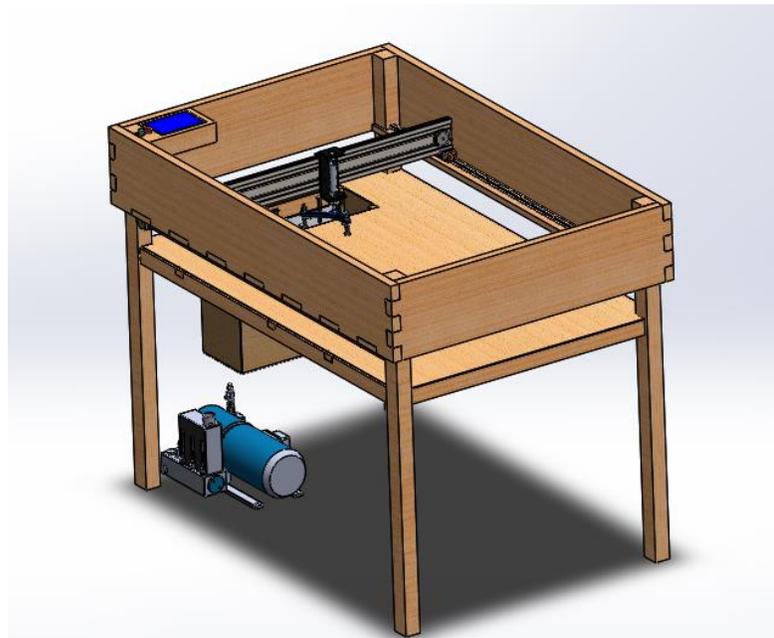
Poleas dentadas		Aluminio 60
Banda de transmisión		Poliuretano
Calzas motores		Caucho
Resortes		Acero al carbono
Aditivo de fijación		Polímero Poliacetato de vinilo
Clavos		Acero al carbón

Fuente: (Fuente propia)

5.3 Modelo en CAD

Con base en el prototipo diseñado por Zacarias García Moisés además de los requerimientos del cliente y el estudio de dispositivos cartesianos se partió para rediseñar el prototipo, este debía realizar el mismo trabajo el cual es la preparación de bastidores para bordadoras automáticas pero con una estructura simplificada, estos datos fueron analizados y sintetizados en una matriz QFD para determinar las principales características, de esta manera se obtuvieron 3 diferentes diseños los cuales fueron presentados en las 3 iteraciones en el capítulo IV y por medio de la matriz de ponderación QFD se obtuvo que el diseño más adecuado a las necesidades del cliente fue la iteración 3 por lo cual se desarrolló y explico algunos de sus componentes así como el material propuesto para el diseño final, además se agregaron algunos cálculos para validar algunos datos de importancia, con todo esto se obtiene como resultado el siguiente diseño mostrado en CAD.

FIGURA 54 Diseño final en CAD, preparador de bastidores



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Por mencionar algunos de los cambios principales hechos en el diseño anterior al actual se pueden destacar los siguientes:

- **Estructura:** El cambio realizado en este aspecto es una estructura inspirada en los dispositivos cartesianos tipo pórtico implementando los ejes de trabajo en la parte superior de todo el diseño esto permite desplazar la herramienta de trabajo en los 3 ejes y poder así distribuir el peso de los elementos en el eje X disminuyendo el esfuerzo de momento y cortante, también se cuenta con una base fija para sostener el bastidor y poder colocar de distintos tamaños, la estructura también proporciona un área de seguridad para los elementos electrónicos y mecánicos en la parte de control y en los ejes superiores gracias a las tablas en la parte más alta.
- **Ingeniería de diseño:** Esta sección contempla la parte de razonamiento lógico y estructural de prototipo en donde se decide como será la proporción de área en el diseño y el método de implementar los elementos, una de las partes más sobresalientes en el rediseño fue el eje X mientras que en el prototipo anterior este eje tenía el objetivo de soportar el bastidor y moverlo en el sentido negativo y positivo para llegar la herramienta de trabajo esto fue omitido ya que representaba mayor número de desventajas que ventajas principalmente por el gasto de energía para mover tal cantidad de peso en el bastidor seleccionado, además el área de trabajo que este necesitaba era superior al área inicial ya que al momento de estar en funcionamiento el bastidor al llegar al punto de material sobresaldría una parte de este y podría provocar desalineaciones y accidentes es por ello que en este rediseño se implementó una base fija lo cual tiene como ventaja la selección de motores más pequeños y poder implementar diferentes tamaños de bastidores en el área de trabajo y en el aspecto de seguridad el área de trabajo hábil siempre sería la misma.
- **Material de la estructura:** Anteriormente el material propuesto en el dispositivo era Acero, esto era útil por sus propiedades físicas y gran

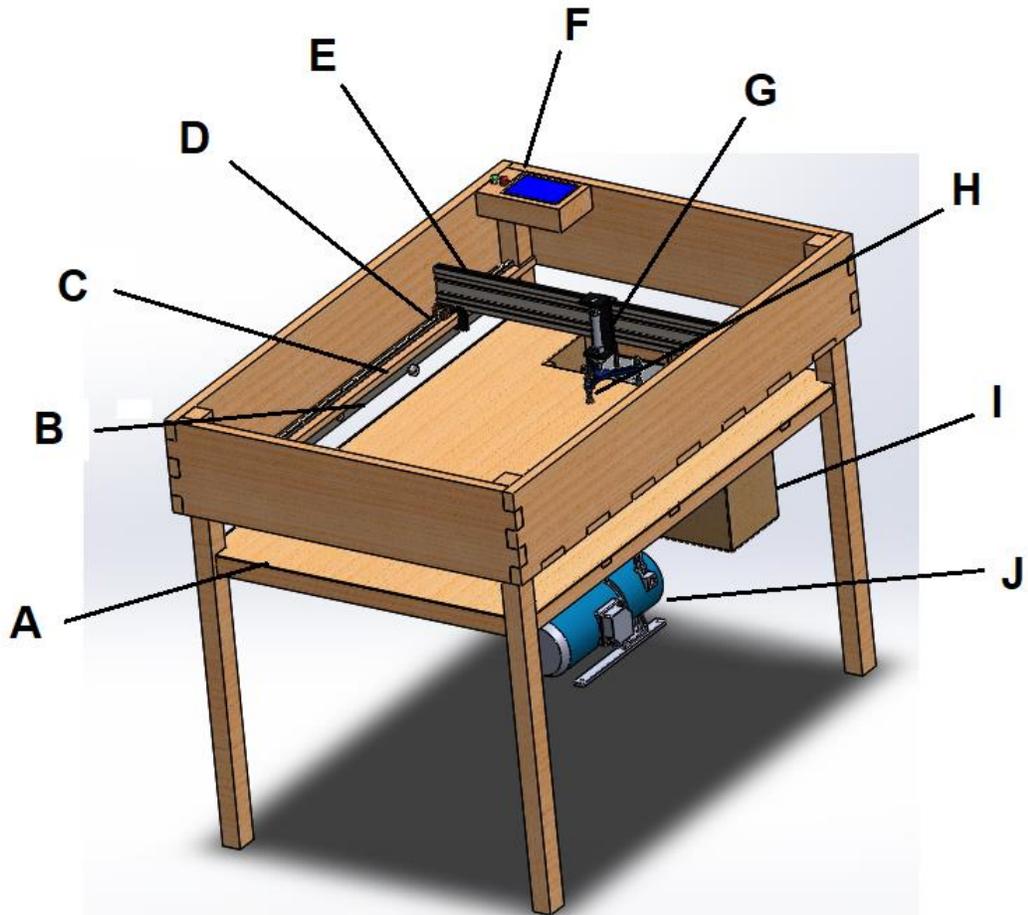
resistencia y durabilidad pero realizando un análisis se llegó a la conclusión de que este material no era el único para la propuesta y a decir verdad este material estaba sobrepasado ya que las características que requería el prototipo no eran demasiado exigentes y un material diferente podría cumplir este papel, principalmente y con el objetivo de reducir la complejidad del diseño anterior, conservando la eficacia y disminuyendo el aspecto económico se utilizaron diagramas de Ashby y como resultado se encontró que la madera era excelente candidato para esta aplicación teniendo como madera principal el cedro, con estas características se cumplió en el aspecto físico y económico lo necesario.

A continuación, se muestra el listado de las principales partes del dispositivo.

Figura 55.

- | | |
|---------------------------------|--|
| A) Plancha base bastidor | G) Eje Z |
| B) Riel soporte de motor | H) Base ventosas |
| C) Viga eje X | I) Depósito de bolsas |
| D) Correderas lineales | J) Compresor para sistemas neumáticos |
| E) Eje Y | |
| F) Panel de control | |

FIGURA 55 Descripción partes del prototipo



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Con respecto al funcionamiento del sistema, cada conjunto lineal realiza su movimiento de manera cronológica según la programación que esta tenga, los movimientos son sencillos con la finalidad de preparar el bastidor, a continuación, se enumeran las acciones para realizar el trabajo de manera cronológica.

- 1.-**Como primer paso se debe colocar el material en el depósito de bolsas este contiene un resorte el cual siempre mantendrá el pellon y la mezclilla a la altura de la plancha del bastidor.
- 2.-**La pieza de trabajo en el conjunto Z inicialmente se encontrará en el área ($X=0$, $Y=0$, $Z=10$) esta se definirá como el punto 0 de trabajo.
- 3.-**El bastidor se debe ajustar al punto 0 de trabajo para que el conjunto Z se pueda desplazar según la programación, el bastidor debe ser ajustado a las líneas guía según el tamaño.
- 4.-**Una vez ajustado el bastidor en la posición 0 el conjunto Z se desplazará a la zona de toma de material la cual se encuentra unos centímetros detrás del punto 0.
- 5.-**Después de estar posicionado en la zona del material el cilindro bajara las ventosas y estas se activarán para tomar el material.
- 6.-**Con el material tomado el cilindro regresará a la posición $Z=5$ y se dirigirá a la primera marca para colocar el material.
- 7.-**Ubicado en la marca del material el cilindro bajara a la posición $Z=0$ y desactivara las ventosas lo cual provocara que el material se quede en este punto.
- 8.-**Después de soltar el material el cilindro nuevamente subirá a $Z=5$ y se dirigirá nuevamente a la zona del material donde tomará el segundo elemento ya sea pellon o mezclilla, debe mencionarse que por marca se debe colocar pellon y mezclilla por cada marca.
- 9.-**Para la segunda marca se repetirán los pasos 5 a 8 y este ciclo será repetido según el número de marcas designadas.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones del proyecto

La investigación realizada llevo a determinar que la estandarización de un dispositivo cartesiano para la preparación de bastidores de bordado está sujeta al análisis de prototipos similares y los requerimientos del cliente ya que estos datos proporcionan la información necesaria para el diseño requerido, lo cual genera un dispositivo accesible para los principales niveles de trabajo del sector textil que buscan automatizar el proceso de bordado en su totalidad, a cambio de los dispositivos que no consideran estas características y están enfocados para los niveles industriales. No obstante, el estudio bibliográfico sobre el proceso de bordado y los dispositivos cartesianos existentes abrió el panorama sobre las múltiples opciones de diseño que existen generando la idea para realizar las iteraciones del dispositivo estandarizado que contemplan un rango mayor de características mecánicas y de materiales.

Por lo cual el uso de la herramienta para la interpretación de datos (Matriz QFD) fue clave para sintetizar la información ingresada sobre los requerimientos del dispositivo y la comparación de las iteraciones, ya que de manera efectiva destaco los principales requerimientos del diseño como (La estructura, Las dimensiones, El material, Estado de arte) y por medio de una ponderación matemática se seleccionó la iteración adecuada para el desarrollo.

Todo esto culminando en la obtención de un dispositivo estandarizado, creado con una estructura a base de madera, rieles y soportes para motores hechos de acero y aluminio, siendo estos los principales materiales de construcción, seleccionados por medio de diagramas Ashby que avalan sus propiedades mecánicas para el trabajo presentado, con lo cual se presenta un dispositivo accesible para los niveles básico y medio del sector productivo textil lo cual permite automatizar el proceso de bordado en su totalidad.

6.2 Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones presentadas son en base a los puntos de vista metodológico y académico ya que surgió en el proceso de la elaboración de cada apartado, pero no fueron incluidas debido a la ramificación que provocaría en la metodología planteada.

Desde el punto metodológico surgió la idea de abordar el tema con un análisis centrado en el método cualitativo aplicando las herramientas de recolección de datos como: El estudio de campo, Investigación etnográfica y grupos focales, esto con la finalidad de comprender el tema desde la experiencia del investigador y la retroalimentación de la información que es proporcionada por un grupo focal lo cual sería una base teórica sólida para proyectos de automatización en el ámbito textil. Ahora desde el sentido académico, la industria textil es un tema poco abordado en el aspecto de la automatización ya que hasta el momento hablando a nivel regional las maquiladoras textiles cuentan con áreas de trabajo como: Bordado, Corte, Cosido, Planchado, que se realizan de manera manual por lo cual se recomienda e invita al Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán y a la facultad de Ingeniería en mecatrónica realizar proyectos de automatización en el ámbito textil enfocados en un área diferente, esto para adaptar las nuevas tecnologías de automatización ayudando de esta manera al sector económico de nuestra región.

6.3 Trabajo a futuro

La conclusión de este proyecto no marca el final del trabajo propuesto debido a que se plantea como trabajo a futuro un seguimiento de la presente base teórica para la implementación del dispositivo ya que el área de aplicación y el objetivo son dos aspectos importantes para seguir su continuidad, debido a que la implementación de manera física nos permitirá conocer aspectos en el funcionamiento en temas relacionados a: errores en el diseño, la durabilidad en los materiales, la manipulación por los operarios, la aceptación de los consumidores, cuestiones que solo se pueden verificar de manera física para posteriormente corregirlos, emprender mejoras o incluir nuevos elementos de interés ya sea aumentando las acciones que pueda realizar el dispositivo o eliminando elementos del diseño para hacerlo más portátil y fácil de manipular.

Además, se debe emplear una investigación etnográfica, herramienta cualitativa, para analizar el funcionamiento del dispositivo desde un nuevo punto de vista y así generar una conclusión completa del proyecto. No obstante, debe decirse que realizar la implementación del dispositivo de manera física propondrá nuevas incógnitas y objetivos a alcanzar por lo cual es necesario una actualización de la información con el fin de aportar nuevos datos para la estandarización hasta ahora planteada.

Finalmente se debe enfatizar que es importante realizar el prototipo de manera física ya que concluirá con el trabajo propuesto y arrojará nuevos datos para futuros proyectos enfocados en esta área.

CAPÍTULO VII
COMPETENCIAS
DESARROLLADAS

- Desarrolla, analiza y crea dibujos en tres dimensiones mediante ensambles y conjunto de figuras.
- Desarrolla, interpreta, evalúa dibujos en dos y tres dimensiones de un proyecto ejecutivo en específico.
- Determina ventajas y desventajas de prototipo actual para un rediseño eficiente conservando la eficiencia.
- Aplica técnicas de ingeniería de diseño para una distribución adecuada del área de trabajo proporcionada.
- Diseña prototipo con base en las necesidades del cliente y la situación actual de trabajo.
- Integra diseños diferentes para selección del más adecuado mediante matrices QFD para evaluación.
- Analiza relación costo beneficio para determinar materiales en el diseño final del prototipo.
- Selecciona materiales adecuados para la situación de trabajo actual sin desperdicio de materiales.
- Determina por medio de gráficas y cálculos la veracidad de los materiales, así como su aplicación durante el trabajo.
- Utiliza conceptos de ergonomía y seguridad para el diseño del área de trabajo dentro del prototipo.
- Aplica técnicas asiáticas para la unión de madera y disminuir la aplicación de clavos en ensambles.

CAPÍTULO VIII

FUENTES DE INFORMACIÓN

8.1 Fuentes de información

1. Alejandra. (2020). *¿Cómo elegir una máquina bordadora?* Recuperado el 11 de Octubre de 2021, de CARALBO:
<https://maquinasbordadoras.com/blog/como-elegir-una-maquina-bordadora>
2. Ansys GRANTA. (2021). *Material property charts*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de Ansys GRANTA:
<https://www.grantadesign.com/education/students/charts/>
3. AUTODESK. (2014). *Coeficiente de fricción*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2021, de Inventor | Autodesk Knowledge Network:
<https://knowledge.autodesk.com/es/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/ESP/Inventor/files/GUID-42FECEEA-1F24-4470-AA60-5C358AA88A86-htm.html>
4. Baesa González, A. J., & Valero Chuliá, F. (2016). Transmisión por correa de fricción. En *Diseño de máquinas* (págs. 113-114). Valencia : Universitat Politècnica de Valencia.
5. BEST CONCEPT GROUP. (2021). *Tipos de clavos*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2021, de Todo ferreteria: <http://todoferreteria.com.mx/tipos-de-clavos/>
6. Cajima. (2021). *Bordadoras industriales*. Recuperado el 11 de Octubre de 2021, de Cajima: <https://cajima.com/team-members/bordadoras-industriales/>
7. CAMFive México. (2020). *Mantenimiento preventivo diario para tu bordadora*. Recuperado el 14 de Octubre de 2021, de CAMFive:
<https://camfive.com/mexico/tienda/tag/bordado/>
8. Caralbo. (2021). *Multicabezales Serie-K*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2021, de Caralbo México: <https://maquinasbordadoras.com/multicabezal-swf.html>
9. Chakraborty, E. (2021). *What is a Cartesian Robot? | 5 Important Applications / Advantages and Disadvantages*. Recuperado el 15 de Octubre de 2021, de Lambda Geeks: <https://es.lambdageeks.com/cartesian-robot-applications/>
10. DIRECT INDUSTRY. (2022). *ROBOT CARTESIANO*. Recuperado el 27 de Marzo de 2022, de VIRTUALEXPO GROUP:
<https://www.directindustry.es/prod/motor-power-company/product-19978-663551.html>

11. Editor ideas. (2021). *Origen bordados*. Recuperado el 08 de Octubre de 2021, de Mercaideas: <https://mercaideas.mx/2020/10/30/origenes-bordados/>
12. EL BORDADO ONLINE. (2020). *Bastidor para bordar*. Recuperado el 12 de Octubre de 2021, de EL BORDADOOnline: <https://elbordado.online/bastidor/>
13. EL BORDADO ONLINE. (2022). *Bastidor para bordar*. Recuperado el 27 de Marzo de 2022, de El bordado online: <https://elbordado.online/bastidor/>
14. Festo. (2021). *Productos Festo*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2021, de Festo: <https://www.festo.com/mx/es/>
15. Galla, C. (2021). *Historia del bordado de tutankamón al siglo XXI*. Recuperado el 08 de Octubre de 2021, de Domestika: <https://www.domestika.org/es/blog/4525-historia-del-bordado-de-tutankamon-al-siglo-xxi>
16. Google. (2020). *Google Maps*. Recuperado el 07 de Octubre de 2021, de Google: <https://www.google.com.mx/maps/preview>
17. Henkel. (2021). *Pegamentos liquidos para madera*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2021, de Resistol: <https://www.resistol.com.mx/es/profesionales/pegamentos-madera.html>
18. INEGI. (2020). *CONOCIENDO LA INDUSTRIA TEXTIL Y DE LA CONFECCIÓN*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2021, de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825195649>
19. Larraioz elektronika. (2021). *Robots cartesianos de sobremesa*. Recuperado el 16 de Octubre de 2021, de Larraioz elektronika: <https://larraioz.com/iai/productos/robots-cartesianos-sobremesa>
20. Leal, H. (2011). Proceso de selección de materiales. En *SELECCION DE MATERIALES* (pág. 29). Puerto Cabello: Universidad Politecnica de Puerto Cabello.
21. Lugae. (2020). *Diagrama de Ashby*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2021, de Lugae: <https://www.lugae.cl/diagrama-de-ashby/>
22. Lugo, M. (2020). *¿Que es el movimiento lineal?* Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de Lugo Hermanos: <https://www.lugohermanos.com/blog-industrial/que-es-el-movimiento-lineal/>

23. Madera 21. (2019). *¿Qué tipo de madera sirve para qué cosa?* Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de Madera 21 de CORMA:
<https://www.madera21.cl/blog/2019/05/04/que-tipo-de-madera-sirve-para-que-cosa/>

24. Maderea. (2016). *Técnicas japonesas de unión de madera sin clavos ni tornillos.* Recuperado el 08 de Diciembre de 2021, de Maderea:
<https://www.maderea.es/tecnicas-union-madera-japonesas/>

25. Marta. (2016). *Historia de la máquina bordadora.* Recuperado el 11 de Octubre de 2021, de Bordados-Gratis.com: <https://www.bordados-gratis.com/historia-la-maquina-bordadora/>

26. OMRON. (2021). *Robot de pórtico de paletizador.* Recuperado el 18 de Octubre de 2021, de OMRON Automatización:
<https://automation.omron.com/es/mx/industrias/envasado-de-alimentos-y-bebidas/soluciones-de-automatizacion-de-maquinas-de-ensado/robot-paletizador-de-grua-portico>

27. Pérez, A. (2021). *Como preparar el bastidor para bordar.* Recuperado el 12 de Octubre de 2021, de Montatela:
<https://montatela.es/blog/2020/04/08/como-preparar-el-bastidor-para-bordar-a-mano/>

28. Posadas, S. U. (2015). *Motores paso a paso en impresion 3D criterios de selección de motores y drivers.* Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de dima3d printers: <http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-ii-criterios-de-seleccion-de-motores-y-drivers/>

29. Smolenski, N. (2007). *Descartes configuration.* Recuperado el 15 de Octubre de 2021, de Wikimedia:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Descartes_configuration.png

30. Xutchill bordados y estampación textil. (2020). *Bordados.* Recuperado el 14 de Octubre de 2021, de Xutchill bordados y estampación textil en Madrid:
<https://www.xutchill.com/bordados/>

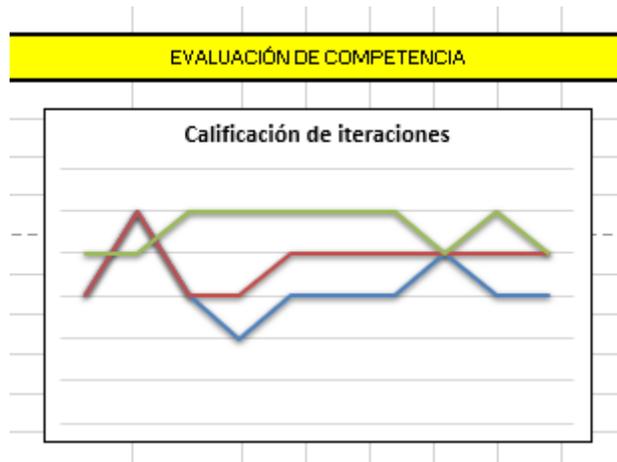
31. XYZ control de movimiento lienal CNC. (2018). *Guía lineal rail y chumacera cuadrada.* Recuperado el 20 de Octubre de 2021, de XYZcnc:
<http://www.xyzcnc.com.mx/componentes-cnc/gu%C3%ADas-lineales/>

32. Zacarias Garcia , M. (2020). Dispositivo cartesiano para el forrado y delimitación geométrica de bastidores para bordadoras industriales. (*Tesis de licenciatura*). Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, Teziutlán.

CAPÍTULO IX

ANEXOS

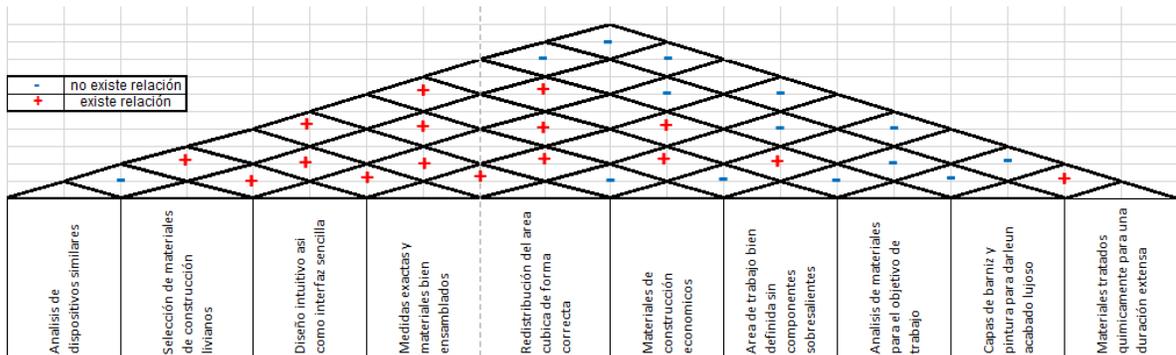
FIGURA 57 Gráfico de la iteración ganadora



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Con base a los datos ingresados en la matriz QFD se contabiliza y grafica numéricamente las fortalezas y debilidades de cada iteración comparando estas 3 frente a frente, los colores para cada iteración corresponden (Verde = Iteración 3, Azul = Iteración 2, Roja = Iteración 1) de esta manera podemos visualizar que la iteración 3 contiene más ventajas que las demás iteraciones por lo tanto es la ganadora.

FIGURA 58 Pirámide de relación (Cómo).



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Anexo 2: Cálculo del conjunto Z

Para calcular la fuerza del vástago es necesario saber determinados datos para poder aplicar las fórmulas y/o ecuaciones los datos son:

- Carrera= 50mm
- Diámetro del embolo= 16mm
- Presión= 7bar

Con dichos datos se puede calcular la fuerza teórica máxima de carga a la que está sometido el cilindro para ello se utiliza la ecuación 1.

$$F_{ideal} = P * \frac{(\pi * D^2)}{4}$$

Sustituyendo valores:

$$F_{ideal} = (7 * 10^5) * \frac{(\pi * 0.016^2)}{4}$$

$$F_{ideal} = 140.743N$$

Con el resultado de la fuerza ideal se procede a calcular la fuerza real para ello se toma el resultado anterior multiplicándolo por una eficiencia de trabajo requerida del 90% lo cual nos da como resultado:

$$F_{ideal} = (140.743 * 0.90)N$$

$$F_{real} = 126.668N$$

Como siguiente aspecto se procede a calcular el consumo de aire del cilindro partiendo de la siguiente ecuación.

$$Q = \frac{2 * 0.987 + P_{aire}}{0.987} * \frac{\pi * D^2 * L}{4 * 10^6} * n$$

(A)

$$Q = \frac{2 * 0.987 + 7}{0.987} * \frac{\pi * 16^2 * 50}{4 * 10^6} * 30$$

$$Q = 2.74$$

Posteriormente se calcula la velocidad partiendo de (A) y multiplicando por la siguiente ecuación.

$$V = \frac{2 * 0.987 + \text{Paire}}{0.987} * \frac{\pi * D^2 * L}{4 * 10^6} * n * \frac{40000}{\pi * D^2}$$

Simplificando la ecuación:

$$V = \frac{0.987 + \text{Paire}}{0.987} * \frac{l * n}{100}$$

$$V = \frac{0.987 + 7}{0.987} * \frac{50 * 30}{100}$$

$$V = 121.38 \text{ dm/min}$$

$$V = 0.2023 \text{ m/s}$$

Como siguiente punto se debe calcular el conjunto de la ventosa para una adecuada selección de las distintas que existen en el mercado.

- Longitud = 0.28m
- Anchura = 0.001m
- Altura = 0.28m
- Densidad = 0.905g/cm³
- Densidad según (ISO1183) = 905Kg/m³

Con dichos parámetros se debe aplicar la ecuación (B) y posteriores para poder determinar la fuerza de retención en la ventosa.

$$m = L \times B \times H \times P$$

(B)

Sustituyendo valores en la ecuación se tiene:

$$m = 0.28 * 0.001 * 0.28 * (905)$$

$$m = 0.070952Kg$$

Ahora se debe determinar por medio de los cálculos de la fuerza de retención teórica a partir de la masa obtenida, haciendo referencia a las propiedades de la superficie de la pieza a tomar, se debe considerar un factor de seguridad S para este caso se tomará el valor mínimo de 1,5 para piezas lisas y no porosas, en el caso de piezas críticas, no homogéneas, porosas, rugosas o aceitadas es necesario tomar un factor de seguridad de 2,0 o superior. A continuación, se muestran algunos valores orientativos.

TABLA 10. Coeficientes de agarre

Superficie	Coeficiente de agarre
Superficies húmedas	0.2 ... 0.3
Madera, Metal, Vidrio, Piedra	0.5
Superficies rugosas	0.6

Fuente: (Fuente propia, 2021)

Con los datos anteriores mencionados se seleccionó un factor de seguridad de 2 y un coeficiente de fricción de 0.6.

$$FTH = m * (g + a) * S$$

$$FTH = 0.070952 * (9.81 + 1) * 2$$

$$FTH = 1.5398N$$

El siguiente paso es calcular la fuerza de aspiración:

$$F_s = \frac{F_{th}}{n}$$

Donde la variable n es el número de ventosas, para este diseño se utilizan 3.

$$F_s = \frac{1.5398}{3}$$

$$F_s = 0.51132N$$

Dando, así como resultado la fuerza necesaria por ventosa para levantar el trozo de mezclilla, así como el pellon.

FIGURA 59 Datos técnicos en la ventosa

Ventosas de sujeción por vacío ESG, ventosa de \varnothing 6/8 mm

FESTO

Ficha técnica tamaños de soporte 2

Tamaño 2 del soporte

para diámetro de ventosa de 6/8 mm

Forma de la ventosa:

- Redonda, plana



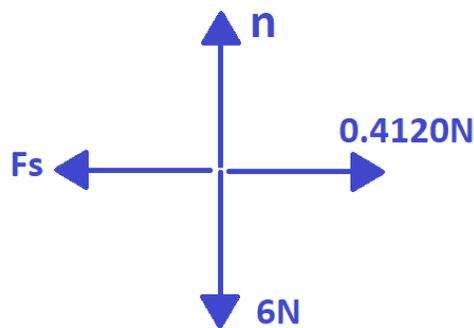
Datos técnicos generales – Ventosa con rosca de fijación S		Hojas de datos → Internet: ess	
Forma de la ventosa		Diámetro de la ventosa [mm]	
		6	8
S – redonda, plana: material FPM, NBR, BR, VMQ (silicona), PUR			
	Conexión soporte para ventosas con rosca de fijación	$\varnothing 4 \text{ mm}^{(1)}$ interior	$\varnothing 4 \text{ mm}^{(1)}$ interior
	Diámetro nominal [mm]	2	2
	Fuerza de retención con presión de servicio nominal de -0,7 bar [N]	1,1	2,3
	Volumen de las ventosas [cm ³]	0,015	0,030
	Radio mínimo de las piezas [mm]	15	20
	Peso [g]	0,2	0,2

Fuente: (Festo, 2021)

Anexo 3: Cálculos de fricción

Para conocer la fricción presentada en el carro móvil cuando este se encuentra en movimiento en el eje Y se aplicó un análisis para determinar el coeficiente de fricción presentado al igual se comparó con un coeficiente ya establecido para el material. Para esto se aplicó un diagrama de fuerzas para comprender que datos estaban interactuando.

FIGURA 60 Diagrama de fuerzas en carro móvil



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para poder obtener el valor de fuerza del motor se transforma su valor de medida (torque) a **Newton** metro.

$$Torque = 4.2Kgcm * \left(\frac{1m}{100cm}\right)$$

$$Torque = 0.042Kgm$$

$$Fuerza = 0.042Kgm * 9.81m/s^2$$

$$Fuerza = 0.4120Nm$$

Posteriormente se transforma el valor de la masa del eje Z total a fuerza en Newton para poder evaluarlo en la ecuación de fuerza.

$$Masa = 612.02gr$$

$$Masa = 612.02gr * \left(\frac{1Kg}{1000gr}\right)$$

$$Masa = 0.6120Kg$$

$$Fuerza = 0.6120Kg * 9.81m/s^2$$

$$Fuerza = 6.0039N$$

Ahora se aplicarán los datos del diagrama de fuerzas para poder determinar el coeficiente de fricción entre los materiales al moverse.

$$\sum fx = 0$$

$$-fs + 0.4120Nm = 0$$

$$fs = 0.4120Nm$$

$$\sum fy = 0$$

$$n - 6.0039N = 0$$

$$n = 6.0039N$$

Sustituyendo en la ecuación 2:

$$\mu = \frac{f}{n}$$

Donde:

μ = Coeficiente de fricción

f= Fuerza de fricción

n=Fuerza normal

$$\mu = \frac{0.4120N}{6.0039N}$$

$$\mu = 0.068$$

Por lo tanto, tenemos que el coeficiente de fricción en el eje Y en conjunto con el eje Z es de 0.068, este dato fue obtenido considerando el peso del eje Z, también se consideró el coeficiente de fricción del material (Aluminio – Aluminio) con un peso X.

FIGURA 61 Coeficiente de fricción en Aluminio - Aluminio

bronce - bronce	0,25	0,10
aluminio - aluminio	1,35	0,30
cobre - cobre	2	0,08
acero - plexiglás	0,4 - 0,5	0,4 - 0,5
plexiglás - plexiglás	0,8	0,8

Fuente: (AUTODESK, 2014)

Anexo 4: Cálculos de viga eje X

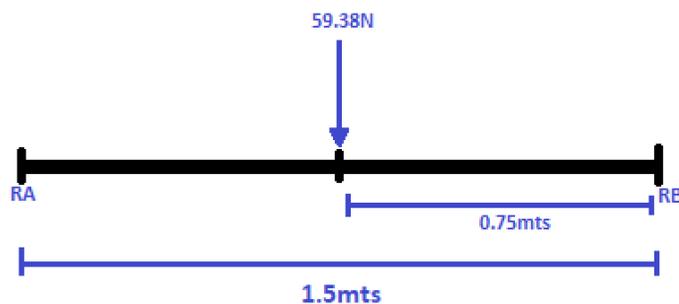
Como parte de seguridad y tener un panorama del material que se utiliza en la construcción del dispositivo se realizó un análisis de esfuerzos en la viga que sostiene el conjunto de los ejes (X, Y, Z) para saber si el material es adecuado, a continuación, se muestran los datos.

Datos:

- Masa del conjunto Z = 612.02gr
- Motor = 350gr
- Base Y = 3242gr
- Riel eje X = 1850gr
- Longitud total = 1.50mts
- Longitud carga aplicada = 0.75mts

Posteriormente se debe aplicar un diagrama de esfuerzo en viga para obtener los resultados en diagrama de cortantes y diagrama de momento.

FIGURA 62 Diagrama de viga eje X



Fuentes: (Fuente propia, 2021)

Ahora se aplicarán los cálculos para encontrar las fuerzas de momento y cortantes para saber la fuerza presentada máxima en la viga, debe mencionarse que en los extremos (RA, RB) son conjuntos empotrados.

$$\sum mA = 0$$

$$RB(1.5) - 59.38N(0.75) = 0$$

$$RB(1.5) - 44.53N = 0$$

$$RB = \frac{44.53N}{1.5}$$

$$RB = 29.69N$$

Después de haber obtenido el momento en el punto RB por medio de sumatoria de momentos se procede a calcular RA con sumatoria de fuerzas.

$$\sum fy = 0$$

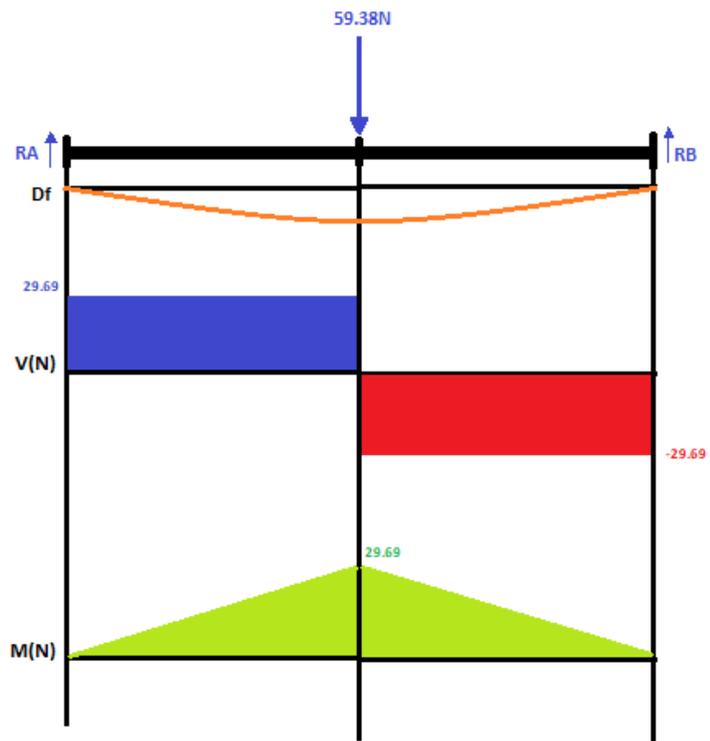
$$RA - 59.38N + 29.69N = 0$$

$$RA - 29.69N = 0$$

$$RA = 29.69N$$

Una vez encontrado las fuerzas en los puntos necesarios se procede a graficar los datos para obtener de manera visual los resultados anteriores.

FIGURA 63 Diagrama de esfuerzos de la viga eje x

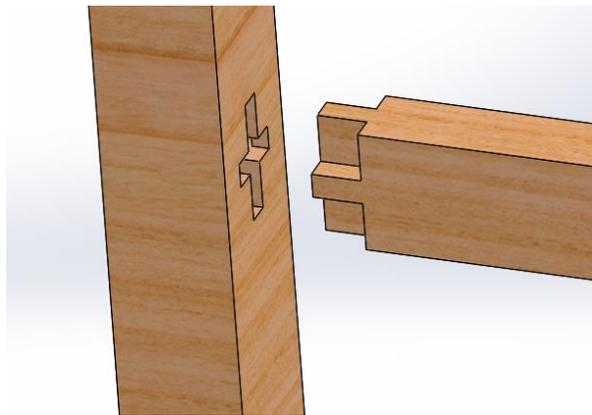


Fuente: (Fuente propia, 2021)

Anexo 5: Técnicas de unión en madera

Para realizar la unión de manera con la técnica asiática fue necesario analizarla geometría y el espacio disponible para poder aplicarla ya que si esto no era considerado simplemente los cortes en la madera debilitarían la estructura provocando rupturas o un ensamble desigual. Como primer unión de madera se ensamblaron las 4 patas de la estructura con una unión transversal de madera, la figura empleada en esta parte fue del tipo cruz (Maderea, 2016).

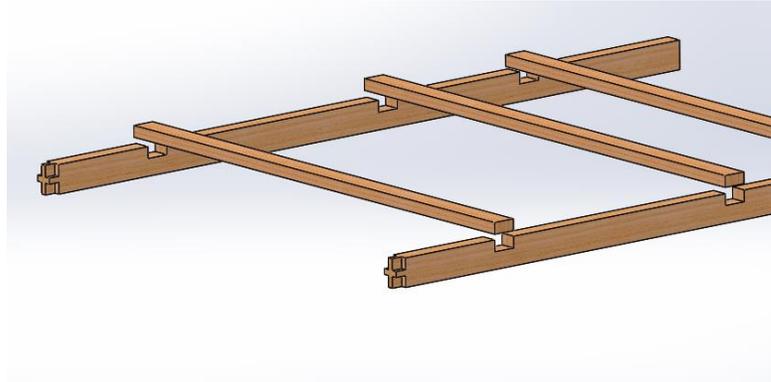
FIGURA 64 Conjunto CAD, unión tipo cruz para la base.



Fuente: (Fuente propia, 2021)

La unión para la placa base donde se colocará el bastidor es del tipo multi-rectangular esto quiere decir que se realizaron múltiples muescas en la sección transversal en las cuales se acoplan las vigas que sujetan el bastidor, esto reduce el movimiento innecesario en el eje X además el uso de un aditivo para la unión incrementa la fijación y evita el uso excesivo de clavos o tornillos utilizándolos únicamente para puntos de fijación clave en el soporte de la estructura.

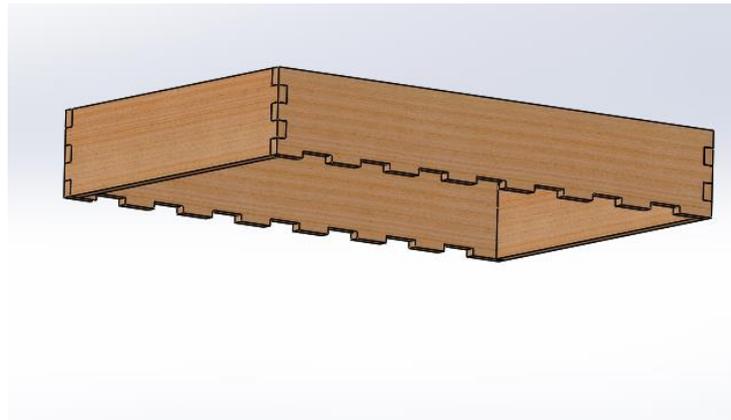
FIGURA 65 Conjunto CAD, placa base para bastidor.



Fuente: (Fuente propia, 2021)

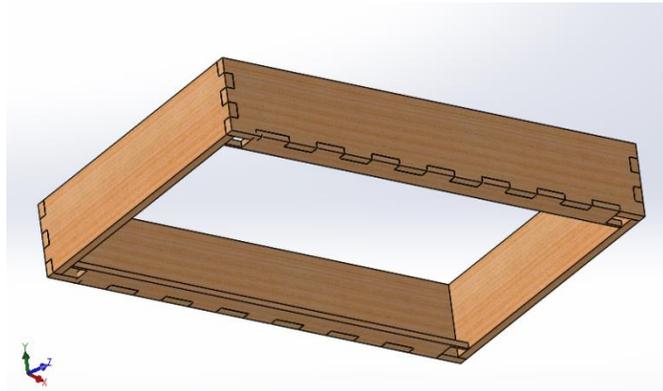
En la unión superior la forma de fijación es rectangular múltiple y se acopla en dos secciones distintas, la primera se acopla de manera perpendicular con las cuatro maderas superiores esto genera una sujeción fuerte desde la parte superior ahora bien esta base esta acoplada a las vigas del eje X con una unión rectangular múltiple.

FIGURA 66 Conjunto CAD, base superior del prototipo.



Fuentes: (Fuente propia, 2021)

FIGURA 67 Conjunto CAD, base superior y viga soporte eje X



Fuente: (Fuente propia, 2021)

Para la unión de la manera se contempló el Resistol como aditivo de fijación extra, el Resistol es un producto presentado en forma de imulsión y está constituido por el polímero Poliacetato de vinilo y agua o también conocidos como adhesivos vinílicos, colas, colas frías. Algunas de sus características es que estos aditivos son en formato liquido con un color blanco o amarillento, el líquido penetra entre las fibras de madera lo cual incrementa su adherencia y lo hace muy efectivo a tal punto que ha no es necesario utilizar clavos, algunos de los modelos más comunes para esta tarea son: (Resistol 850, Resistol 950).

FIGURA 68 Aditivo para madera (Resistol 950).



Fuente: (Henkel, 2021)

Anexo 6: Cálculos del resorte en el conjunto de bolsas

Para la selección del resorte se toman en cuenta los siguientes datos:

- Desplazamiento del resorte = 400mm
- Masa soportada = 1.251g = 12.7231N

A partir de la ecuación 3:

$$K = \frac{F_i}{Y_i} = \frac{F}{Y}$$

Y se considera que Y:

$$Y = Y_i + C$$

Sustituyendo de tal modo que:

$$\frac{F_i}{Y_i} = \frac{F}{Y_i + C} \rightarrow Y_i = \frac{C}{\frac{F}{F_i} - 1}$$

Sabiendo que la carga de trabajo es $F=76.518\text{N}$ se encuentran los parámetros de operación e instalación del resorte comenzando por la deformación Y_i .

$$Y_i = \frac{400}{\frac{76.518}{12.27231} - 1} = 76.408\text{mm}$$

Por lo tanto, se plantea en la siguiente ecuación:

$$K = \frac{12.27231}{76.408} = 0.1606\text{N/m}$$

Con esto se encuentra la deformación en la operación Y:

$$Y = \frac{F}{K} = Y_i + C = \frac{76.518}{0.1606} = 476.408\text{mm}$$

Ahora se selecciona un diámetro de 2.5mm tomando como consideración que uno de los requerimientos de fabricación es acero inoxidable, por lo tanto, se calcula la residencia ultima a la tensión del material lo cual depende del diámetro del alambre.

$$S_{ut} = \frac{A}{d^2}$$

Entonces para un alambre de acero inoxidable de 2.5mm:

$$S_{ut} = \frac{1867}{2.5^{0.146}}$$

$$S_{ut} = 1633.2214 \text{ Mpa}$$

Con ello se calculará el siguiente parámetro que es la resistencia por cortante S_{sy} usando un factor K_{ss} proveniente de la energía de torsión TED. Para acero igual $K_{ss}=0.035$:

$$S_{sy} = S_{ut} * K_{ss}$$

$$S_{sy} = 1633.2214 \text{ Mpa} * 0.35 = 571.62749 \text{ Mpa}$$

Debe mencionarse que el resorte se apoyara sobre una base por lo tanto se tiene:

$$D = d_{base} + d + \text{holguera}$$

$$D = 50 \text{ mm} + 2.5 \text{ mm} + 0.005 \text{ mm} = 52.505 \text{ mm}$$

Los diámetros interior y exterior del resorte para el alojamiento serán:

$$DE = D + d = 52.505 \text{ mm} + 2.5 \text{ mm} = 55.005 \text{ mm}$$

$$DE = D - d = 52.505 \text{ mm} - 2.5 \text{ mm} = 50.005 \text{ mm}$$

Seguidamente se buscó el índice del resorte C :

$$C = \frac{D}{d} = \frac{52.505 \text{ mm}}{2.5 \text{ mm}} = 21.002$$

Calculando el número de espiras activas se obtiene:

$$N_a = \frac{G d^4 Y_i}{8 D^3 F_i}$$

$$N_a = \frac{(69 * 10^9) * 0.0025^4 * 0.076408}{8 * 0.52505^3 * 12.27231 \text{ N}} = 14.4920 \text{ vueltas}$$

Puesto así las espiras totales serian de las espiras activas y las espiras muertas (Q) ocasionadas por el tratamiento en los extremos del resorte. Para el caso se tiene extremos a escuadra o cerrados, por lo que se utilizó Q=2.

TABLA 11. Espiras muertas (Q) por el tratamiento en los extremos

Extremos sencillos	0	1
Extremos sencillos, esmerilados	1	1
Extremos a escuadra o cerrados	2	3
Extremos a escuadra y esmerilados	2	1

Fuente: (Fuente propia, 2021)

Obteniendo así:

$$Nt = Na + Q$$

$$Nt = 14.4920 + 2 = 16.4920$$

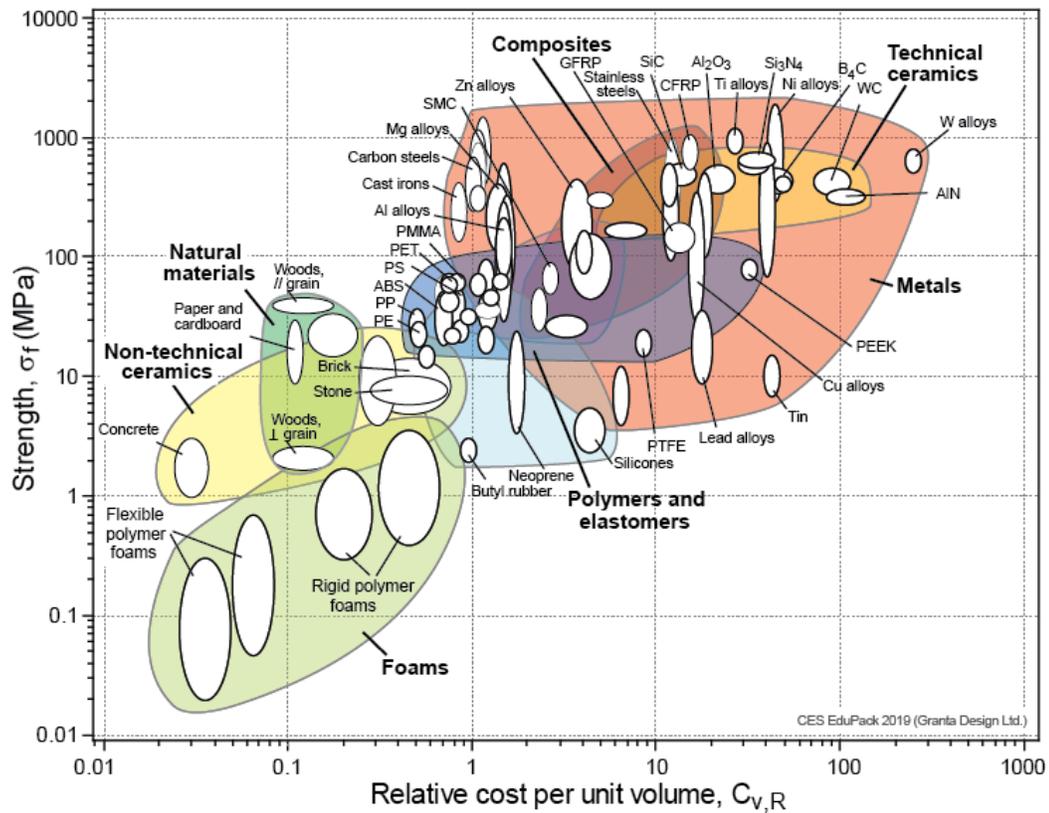
Finalmente teniendo:

TABLA 12. Datos del resorte

Datos del resorte	
DE = 55.005mm	
DI = 50.005mm	
D = 2.5mm	
Na = 14.5 vueltas	
Lo = 591.5992	

Fuente: (Fuente propia, 2021)

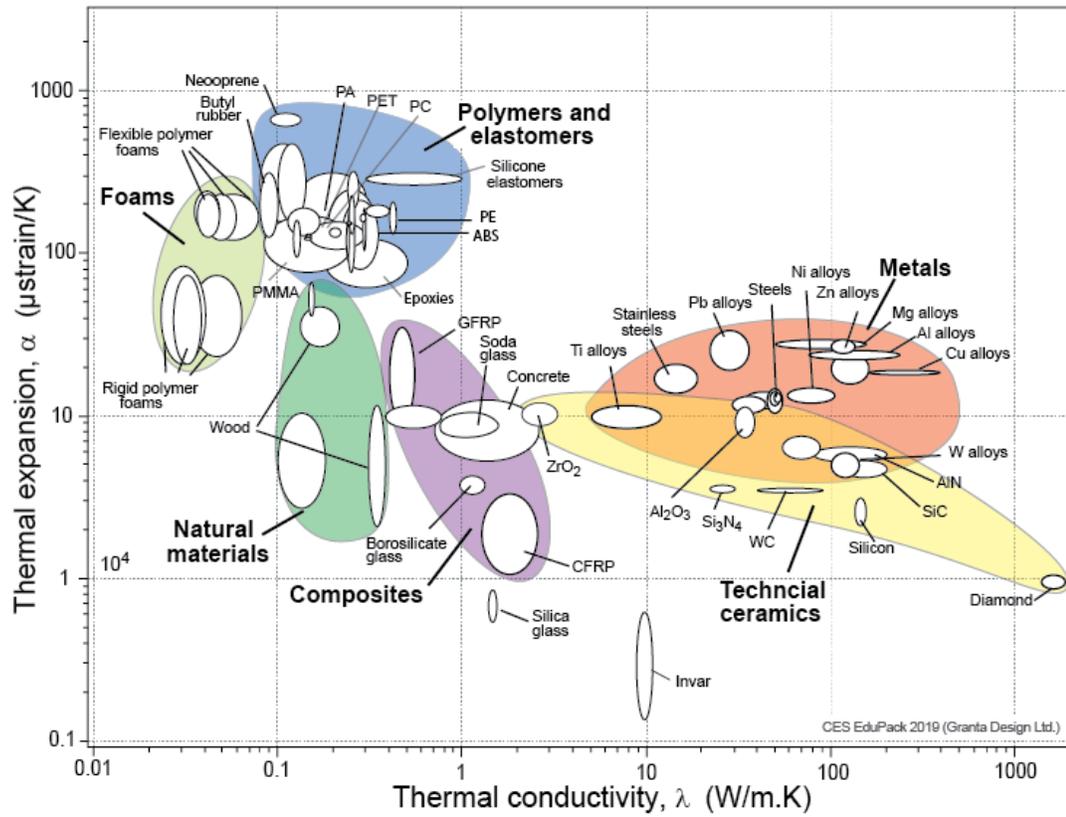
FIGURA 70 Diagrama de (Fuerza-Costo)



Fuente: (Ansys GRANTA, 2021)

Además de comparar las propiedades en el aspecto de densidad y elasticidad también existen gráficos que nos permiten conocer la capacidad de expansión térmica y la habilidad de su conducción térmica esto es importante ya que si se desea además de las propiedades en densidad y fuerza saber si el material se comporta como un aislante o su capacidad para interactuar con el calor.

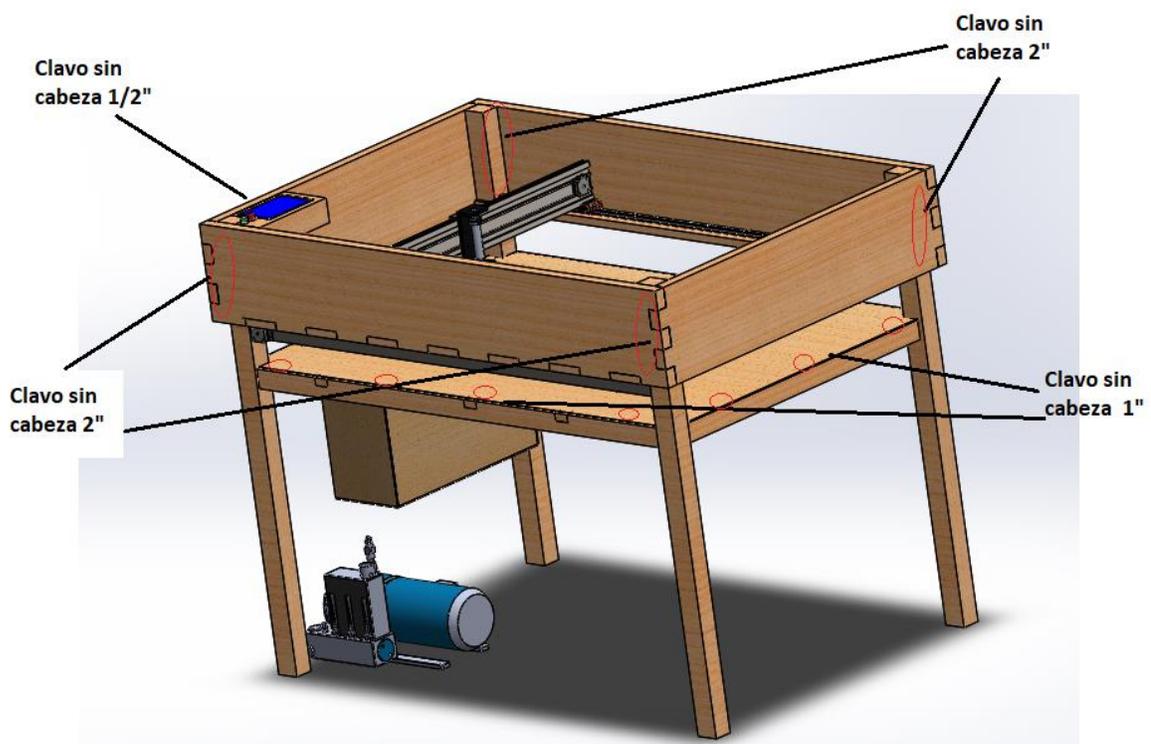
FIGURA 71 Diagrama de (Expansión térmica-Conductividad eléctrica)



Anexo 8: Puntos esenciales para colocación de clavos

En esta sección se encuentran los puntos críticos para aplicar clavos y así obtener una fijación superior, se debe mencionar que el diseño de la estructura está basado en técnicas asiáticas para la unión de madera lo cual minimiza la utilización de clavos y tornillos además de un aditivo de fijación extra en la estructura, aun así, el saber el tipo de clavo a utilizar es necesario (BEST CONCEPT GROUP, 2021).

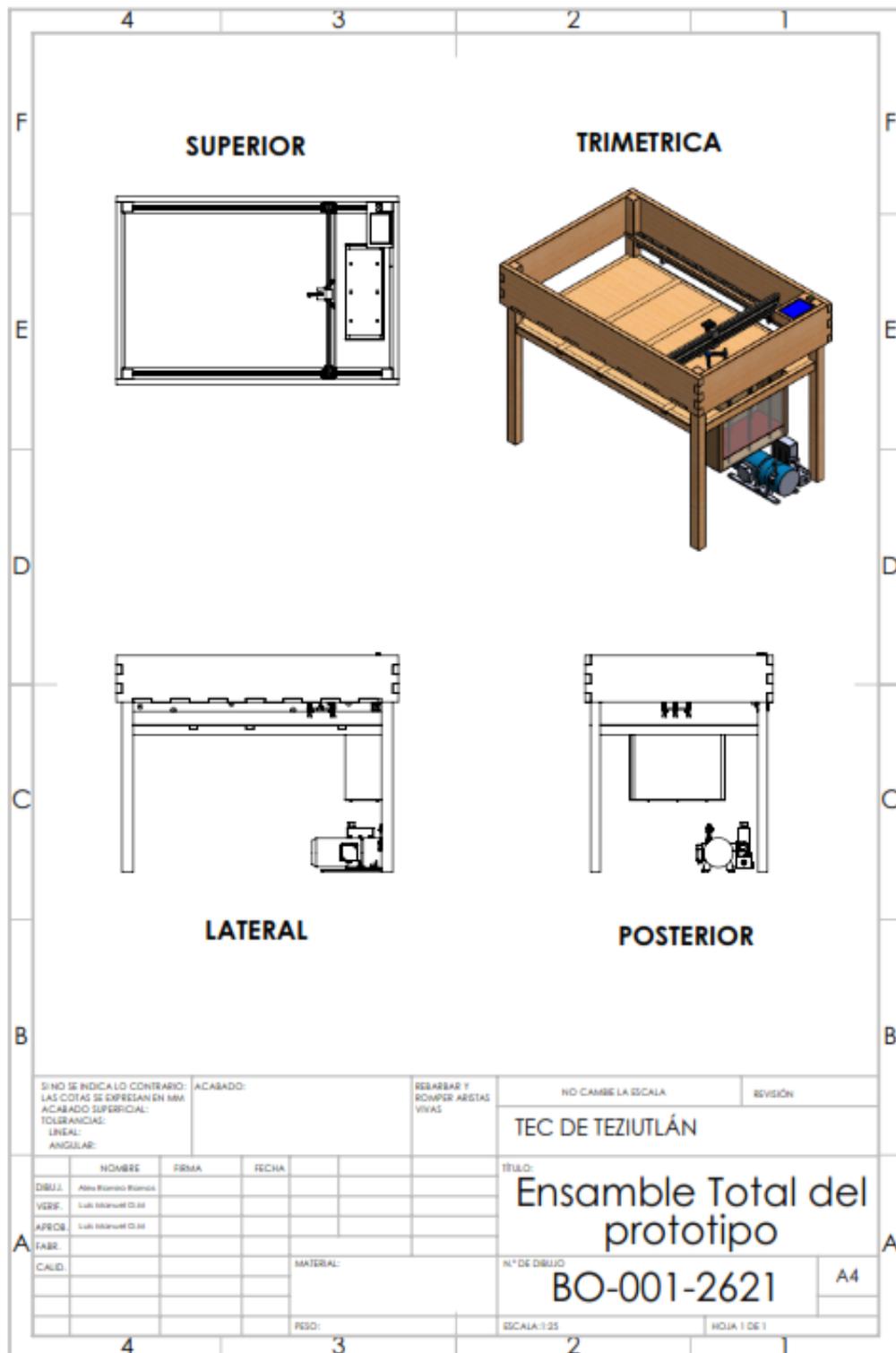
FIGURA 72 Ubicación de clavos para fijación extra



Fuente: (Fuente propia, 2021)

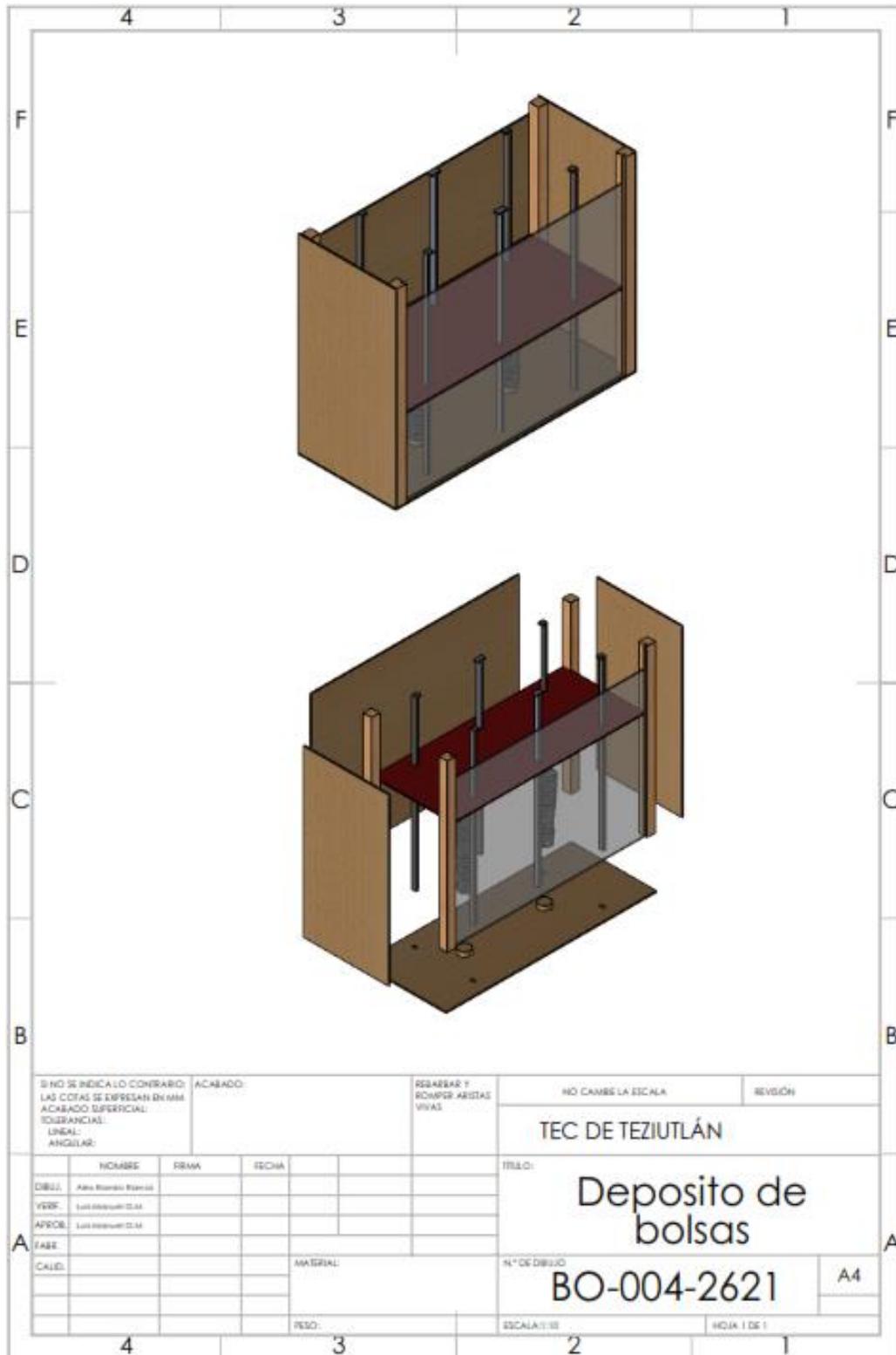
En la interior imagen se muestra la ubicación de los clavos a colocar, así como la medida y tipo de estos, a pesar de que la estructura contiene una fijación sólida de manera natural por el tipo de empalme y aditivo de fijación los clavos le sirven como soporte extra para una estructura más firme.

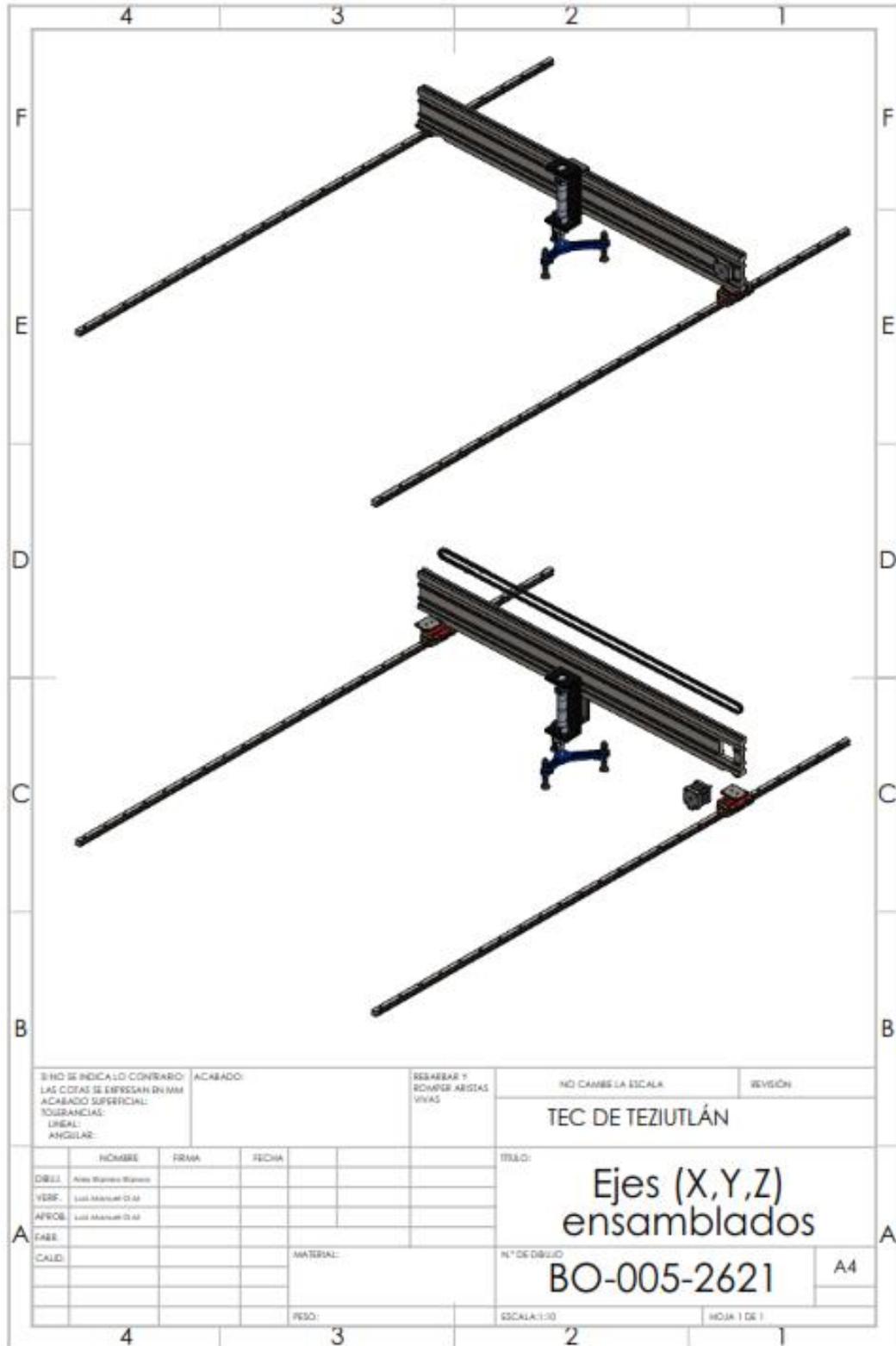
Anexo 9: Planos de la máquina

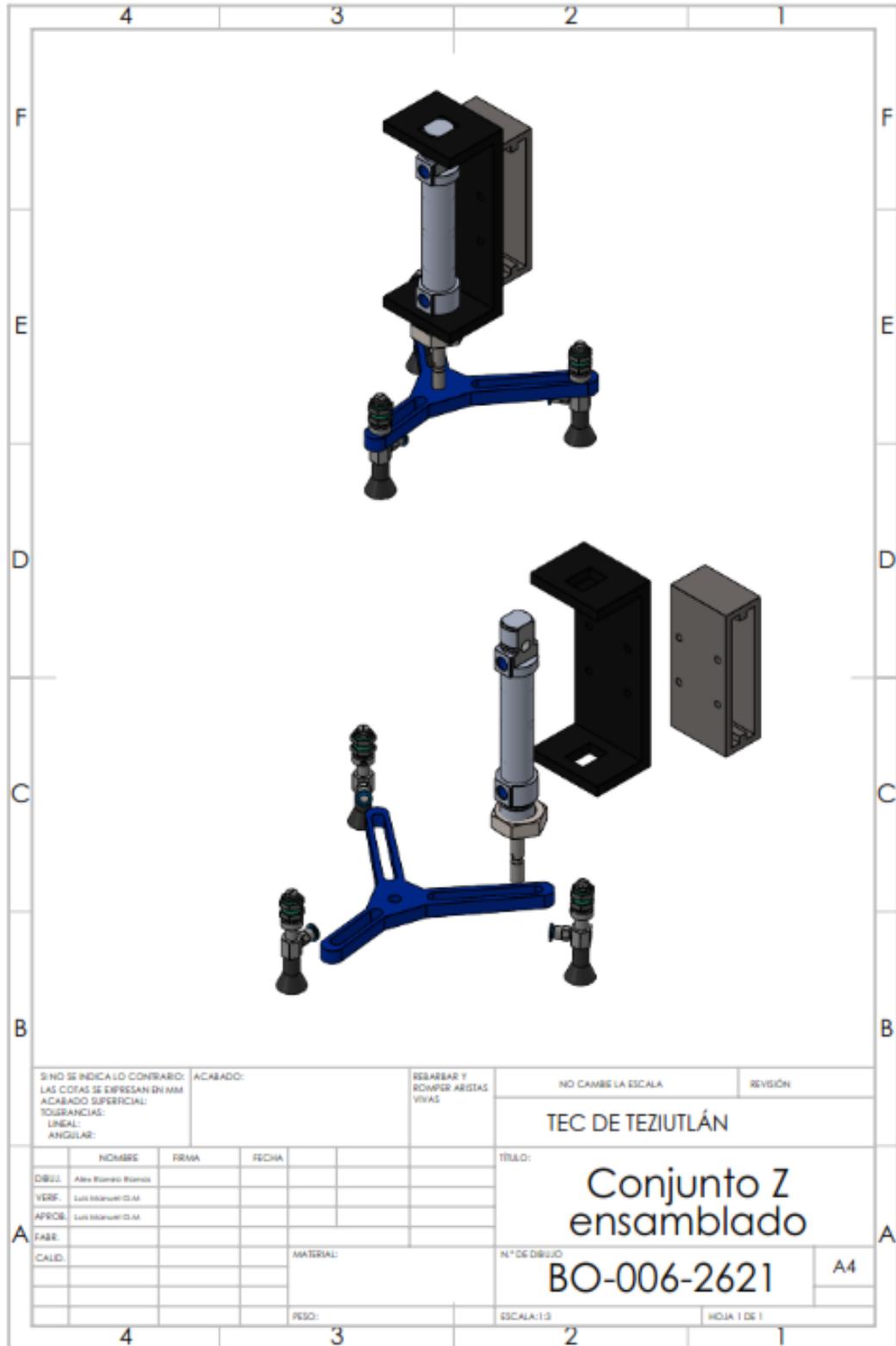


Material: Madera Cedro
Acabado: Tipo Rustico

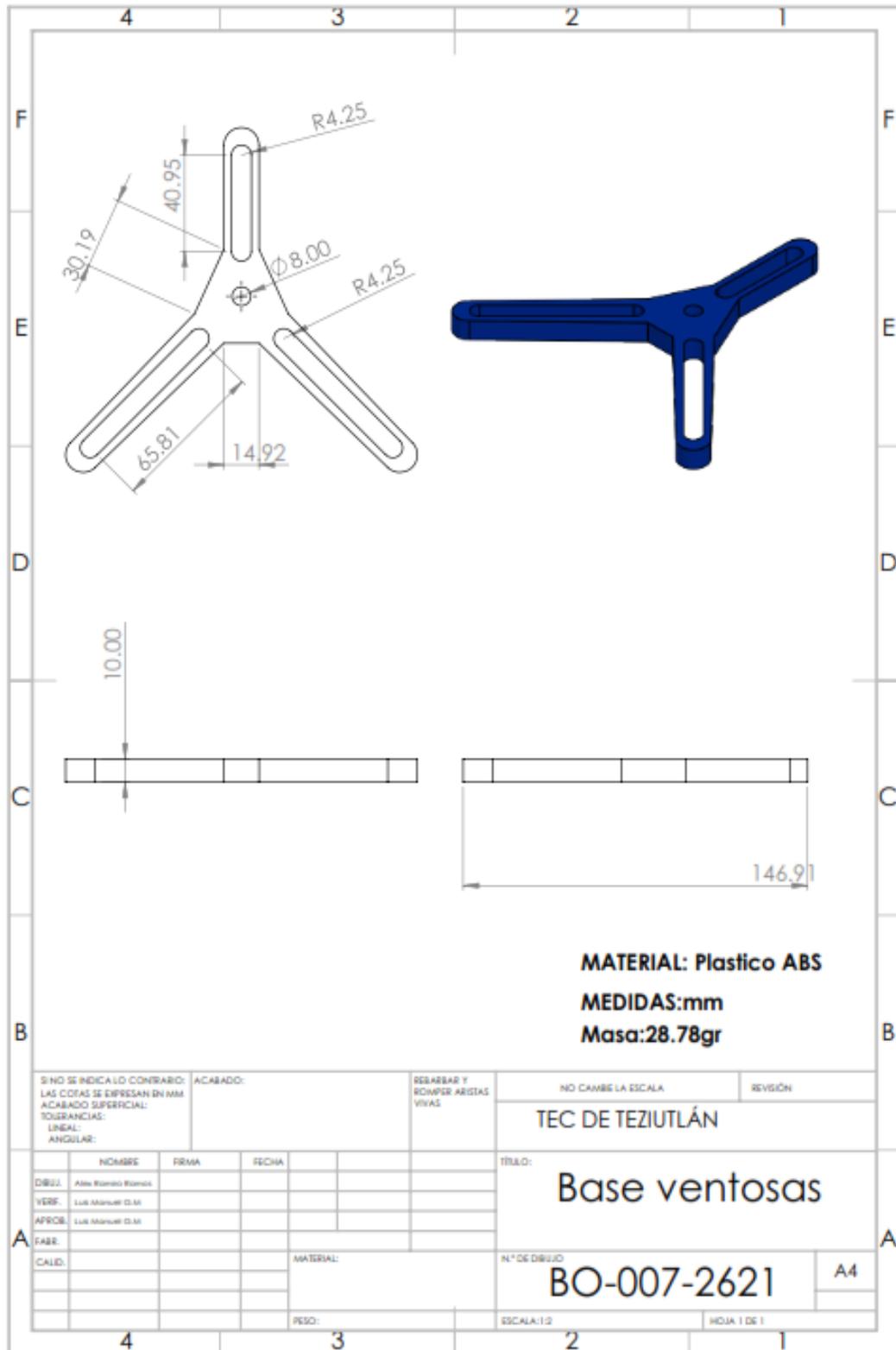
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIA ESCALA		REVISIÓN		
						TEC DE TEZIUTLÁN				
						Base superior				
						N.º DE DIBUJO		BO-003-2621		A4
						ESCALA: 1:50		HOJA 1 DE 1		

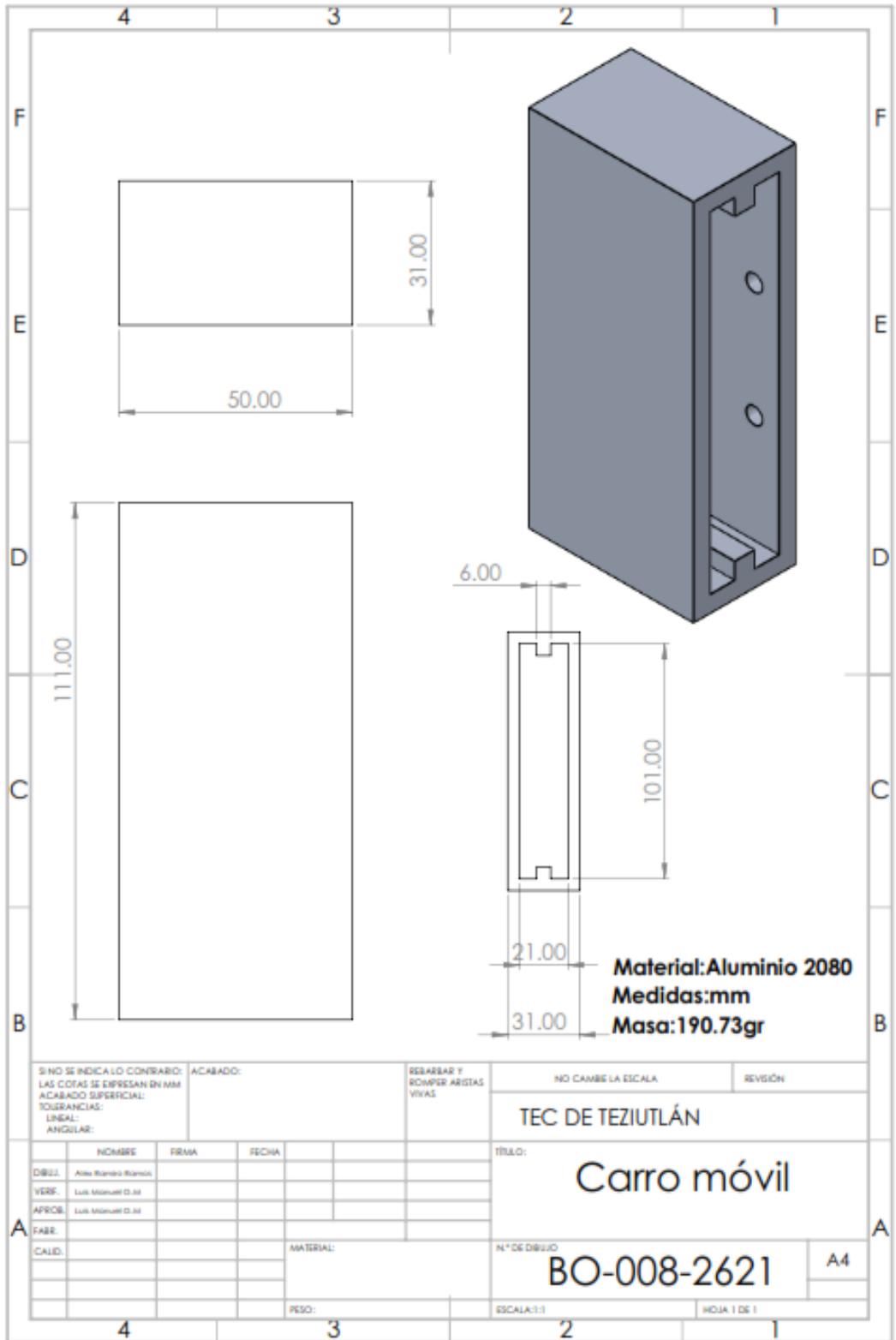




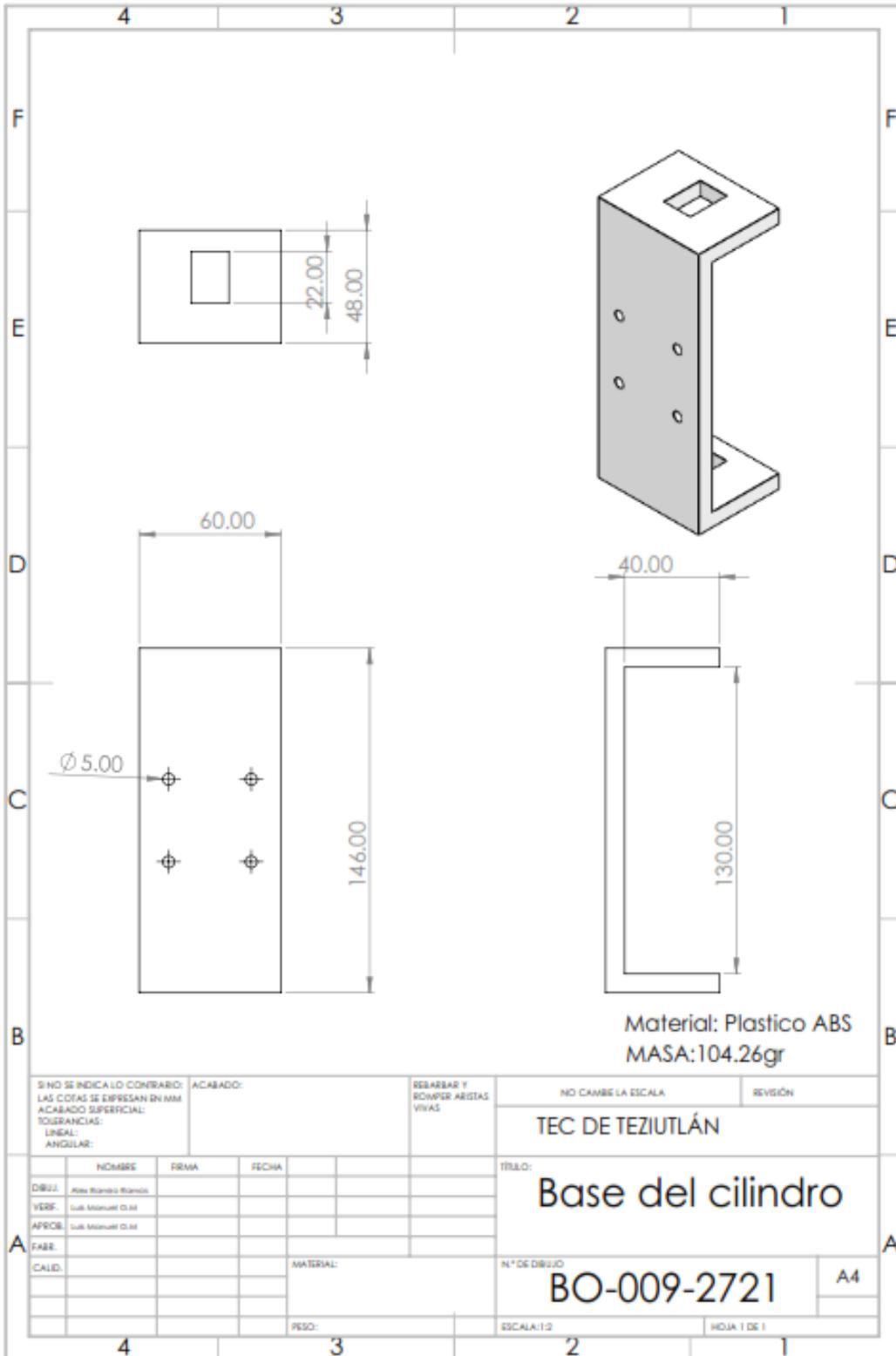


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
TEC DE TEZIUTLÁN					
NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DBUJ.	Alex Roberto Ramos			Conjunto Z ensamblado	
VERF.	Luis Manuel OLM				
APROB.	Luis Manuel OLM				
FABR.					
CALED.			MATERIAL:	N° DE DIBUJO	A4
				BO-006-2621	
			PESO:	ESCALA: 1:3	HOJA 1 DE 1



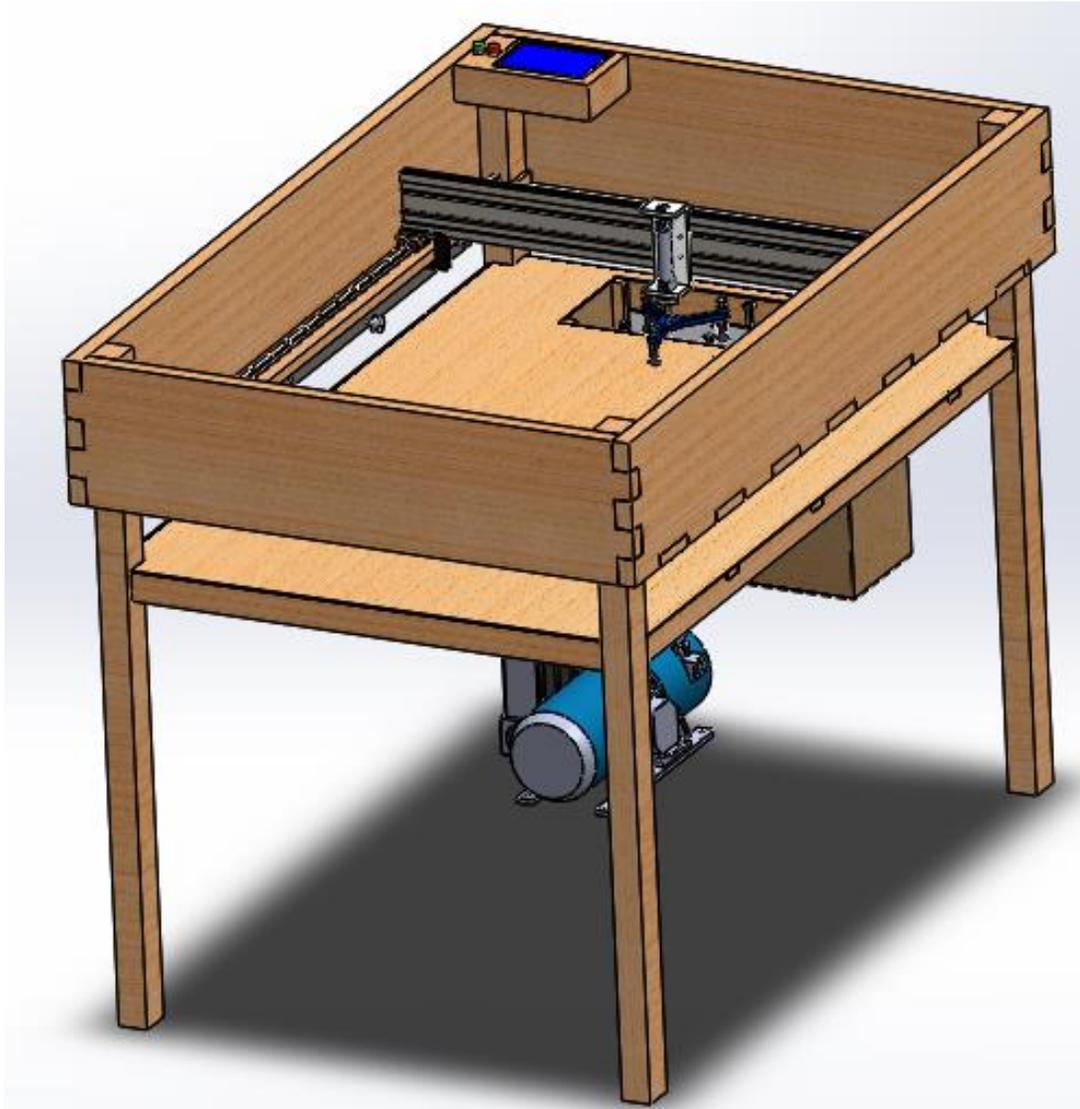


S/NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBE LA ESCALA	REVISIÓN
				TEC DE TEZIUTLÁN	
				TÍTULO: Carro móvil	
NOMBRE		FIRMA	FECHA	N° DE DIBUJO BO-008-2621	
DIBUJ.	Alfonso Ramos			A4	
VERIF.	Luis Manuel D.M			ESCALA: 1:1	
APROB.	Luis Manuel D.M			HOJA 1 DE 1	
TABL.					
CALID.		MATERIAL:			
		PESO:			



Diseño CAD de dispositivo cartesiano para la preparación de bastidores para bordadoras industriales. Rediseño y análisis mecánico.

FIGURA 73 Diseño CAD final, dispositivo preparador de bastidores



Fuente: (Fuente propia, 2021)

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL(LA) AUTOR(A) PARA LA CONSULTA Y
PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El que suscribe:

ALEX

RAMIRO

RAMOS

Con Número de
Control **17TE0249**

Perteneciente al
Programa **INGENIERÍA MECATRÓNICA**
Educativo

Por este conducto me permito informar que he dado mi autorización para la consulta y publicación electrónica del trabajo de investigación en los repositorios académicos.

Registrado con el
producto: **TESIS**

Cuyo Tema es:

**ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DE BASTIDORES DE BORDADO EN LA
INDUSTRIA TEXTIL**

Correspondiente al periodo:

AGOSTO 2021-ABRIL 2022

Y cuyo(a) director(a) de tesis es:

MIM. LUIS MANUEL GARCÍA MARTÍNEZ

ATENTAMENTE



ALEX RAMIRO RAMOS

Nombre y firma

Fecha de emisión: **02/04/2022**
c.c.p. Subdirección Académica