



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“MANUFACTURA Y ENSAMBLAJE DEL
SISTEMA DE INSERCIÓN DE HILO DEL
PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
BORDADORA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

P R E S E N T A

HÉCTOR GONZÁLEZ GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

M.I. ROGELIO DARÍO GUTIÉRREZ CARRILLO



CIUDAD UNIVERSITARIA
2015



Este trabajo de tesis, “Manufactura y ensamblaje del mecanismo de Inserción de hilo de una máquina bordadora prototipo” fue desarrollado en los laboratorios de Ingeniería Mecánica del CDMIT – UNAM.

DEDICATORIAS

Con amor a Dios: única voluntad existente.

Con amor a mi padre: esencia del por qué este emprendimiento.

Con amor a mi madre: respaldo emocional magnífico e imprescindible.

Con amor a mi hermano: mi primer amigo y maestro de la Facultad de Ingeniería.
Somos uno allá arriba.

Con amor a mi mujer: motivadora excepcional y ejemplo de valentía.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme los conocimientos para desarrollarme profesional y humanamente, y haberme permitido vivir la mejor época de mi vida en sus aulas, laboratorios, bibliotecas, auditorios y bastos jardines confortables.

Al Mtro. Rogelio Darío Gutiérrez Carrillo, director de este trabajo de tesis, por su enseñanza, consejos, tiempo y sobre todo por su excelente paciencia hacia los desatinos cometidos sin intención en el desarrollo de este trabajo de tesis.

A mis compañeros, amigos y profesores de la Facultad de Ingeniería: Francisco Flores, Rogelio Calzada, Vladimir Juárez, Kukultzin Mendoza, Asunción Carranza, Teresa Rosas, con mucho agradecimiento hacia ustedes.

A mi amiga Claudina Pastrana, a la familia Ríos Carranza y a todos los que colaboraron en la evolución de mi persona, gracias, muchas gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

Presentación.....	i
Objetivo General.....	ii
Objetivos Particulares.....	ii
Justificación.....	iii

CAPÍTULO 1. MARCO REFERENCIAL

El traje de chiapaneca.....	2
Producto considerado artesanía.....	3
Prototipo de máquina bordadora sobre tela de tul.....	4
Sistemas que conforman el prototipo de máquina bordadora.....	4
Sistema de inserción de hilo del prototipo de máquina bordadora.....	6

CAPÍTULO 2. DISEÑO Y MANUFACTURA DE PIEZAS

Subensamble: Soporte de motor - Soporte de <i>Pin Vise</i> - Motor.....	9
Diseño original.....	9
Modificaciones al diseño.....	11
Manufactura de la modificación.....	13
Subensamble: Soporte de motor - Actuador.....	14
Diseño original.....	14
Modificaciones al diseño.....	15
Manufactura de la modificación.....	17
Engranajes del <i>Pin Vise</i> y Motor.....	18
Diseño.....	18
Manufactura y ensamblaje.....	25

CAPÍTULO 3. ENSAMBLAJE Y PRUEBAS

Ensamblaje del sistema de Inserción de hilo en el prototipo de máquina bordadora.....	29
Pruebas de funcionamiento.....	31

CONCLUSIONES.....	34
REFERENCIAS.....	35
CUADROS Y ESQUEMAS.....	36

INTRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN

Este escrito versa acerca de la colaboración que he ofrecido dentro del proyecto nombrado “Diseño y Construcción de una Máquina Bordadora sobre Tela de Tul” bajo la responsabilidad del Dr. Adrián Espinosa Bautista y del M.I. Rogelio Darío Gutiérrez Carrillo desarrollado en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México que tiene como objetivo actual construir un prototipo de máquina bordadora sobre tela de tul, útil para identificar cualquier tipo de problema en el funcionamiento de la misma y considerar mejoras en el diseño y la fabricación.

El proyecto se conforma por dos etapas consecutivas. La primera y actualmente en desarrollo aborda la investigación tanto del estado del arte como de las características de los insumos y del producto final, además en dicha etapa se realiza el diseño y se contempla la construcción del prototipo de la máquina bordadora sobre tela de tul.

La segunda etapa estará asignada a la construcción de la máquina bordadora final y a efectuar trabajos adyacentes como son: patentes, registros, manuales, capacitaciones, entre otros.

El **Capítulo 1** de esta tesis, nombrado “Marco Referencial”, pretende informar al lector, de manera breve, las características del traje típico de Chiapas y su bordado floral. A su vez se explica cómo está conformado el prototipo de máquina bordadora, en específico el sistema de Inserción de hilo, que será capaz de reproducir las bordaduras que componen al mencionado traje.

El **Capítulo 2** nombrado “Diseño y Manufactura de Piezas” presenta las modificaciones realizadas a las piezas y al diseño de ensamble del sistema de Inserción de hilo. Además explica la forma en que se diseñaron y manufacturaron los engranes incluidos en dicho sistema.

Finalmente en el **Capítulo 3**, que lleva por nombre “Ensamblaje y pruebas”, se explica la forma en que se ensambló el sistema de Inserción de hilo en el prototipo de máquina bordadora y se expone lo sucedido en las pruebas de funcionamiento del sistema.

OBJETIVO GENERAL

- Construir el sistema de Inserción de hilo del prototipo de Máquina Bordadora sobre Tela de Tul.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Revisar la información generada alrededor del prototipo de máquina bordadora; en específico del sistema de Inserción de hilo.
- Valorar el diseño original del sistema de Inserción de hilo para decidir modificaciones oportunas.
- Realizar correcciones a elementos y ensamblajes no coincidentes.
- Diseñar y manufacturar los elementos adicionales del sistema de Inserción de hilo.
- Ensamblar el sistema de Inserción de hilo.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

JUSTIFICACIÓN

Los motivos de este trabajo de tesis y de mi participación en el proyecto son múltiples. En el ámbito personal es por gusto e inclinación hacia el área de diseño mecánico. En el plano profesional la participación en el proyecto me permite adquirir habilidades adicionales a las que brinda el plan de estudios de licenciatura; incrementar mis capacidades en el área de diseño mecánico, adquirir conocimientos elementales acerca de la realización de un proyecto para el sector privado, por mencionar algunos.

A su vez el proyecto tiene un carácter social. La razón que expone el patrocinador al solicitar el proyecto es que ha disminuido el interés de los artesanos mexicanos por continuar dedicándose a la labor de bordar sobre tela de tul; poniéndose en riesgo la existencia en el mercado de un producto artesanal mexicano. La máquina bordadora auxiliará la permanencia en el mercado de este producto, atendiendo asimismo la función principal de la Universidad Nacional Autónoma de México que es fortalecer a México.

CAPÍTULO 1

MARCO REFERENCIAL

EL TRAJE DE CHIAPANECA

Conocido también como traje típico de Chiapas o traje de gala de Chiapa de Corzo es un producto artesanal mexicano conformado por diversos bordados floridos sobre tiras de tul (Fig. 1), los cuales a su vez se integran a un vestido negro, de manera minoritaria a un vestido blanco, de tela de satín.



Figura 1. Traje de Chiapaneca.

Fuente: véase en Referencias.

El tul es un tejido delgado con estructura abierta, generalmente en forma de octágonos [Cuadros y Esquemas 1. *Estructura del tul*] que permite realizar el bordado de las flores con hilo medianamente grueso. Para realizar el bordado generalmente se utiliza hilo rayón, el cual tiene propiedades similares a la vista y al tacto que el hilo de seda pero su costo es mucho menor.

Para elaborar el bordado los artesanos sujetan con las manos el tul y calcan de un papel las diferentes figuras florales que componen el traje. El tiempo de elaboración del traje es de dos semanas aproximadamente y el precio unitario oscila los seis mil pesos. Ambos factores, tiempo y precio, varían en base al tamaño del traje pues existen también en tamaños infantiles.

PRODUCTO CONSIDERADO ARTESANÍA

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) a través del Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART) es la dependencia encargada a nivel nacional de clasificar a través de una evaluación diversos productos como artesanías, productos híbridos o manualidades. La evaluación se lleva a cabo a través de un cuestionario del cual se obtiene un puntaje determinado. Las “artesanías” son los productos que obtienen el mayor puntaje de dicha evaluación por haber sido elaborados con artificio, habilidad y cautela, siendo así las de mayor valor agregado y por tanto las más costosas en el mercado. Seguido de estas, en cuanto a obtención de puntaje en la evaluación y valor agregado, están los productos “híbridos” que como su nombre manifiesta son artículos que se encuentran en una clasificación intermedia entre las artesanías y las manualidades. Por último en la clasificación, con menor puntaje, se encuentran las “manualidades” que son productos más discretos y con menor valor en el mercado pero no con menor valor cultural que los demás productos.

FONART hoy en día clasifica el traje típico de Chiapas como una artesanía debido al puntaje que obtiene al ser evaluado y esto a su vez debido a la forma en que se elabora la pieza, el tiempo empleado en su fabricación, el diseño del producto y por su cualidad de ser representativo de una región. Una de las dudas surgidas al desarrollar el proyecto de la construcción de una máquina bordadora es si el traje de chiapaneca se mantiene siendo una artesanía al ser elaborado parcialmente con una máquina bordadora automatizada. Al someter a evaluación el supuesto proceso y el producto que de este se generaría, el puntaje que se obtiene sí es menor en comparación a la forma convencional de producir el traje típico, pero continúa obteniendo el puntaje necesario para clasificar el traje como una artesanía [Cuadros y Esquemas 2. *Cuestionario FONART*].

PROTOTIPO DE MÁQUINA BORDADORA SOBRE TELA DE TUL

En una primera fase del proyecto “diseño y construcción de una máquina bordadora sobre tela de tul” se determinó que es inexistente en el mercado actual una máquina bordadora capaz de reproducir las bordaduras que componen al traje de gala de Chiapa de Corzo. Las máquinas bordadoras comerciales realizan puntadas continuas sobre la tela a bordar y el diámetro del hilo que utilizan, sin poder aumentarlo considerablemente, es menor que el empleado en la fabricación del traje de chiapaneca. Esto conlleva a la tarea de diseñar y construir por completo una máquina bordadora específica para emular las bordaduras realizadas por los artesanos al producir el traje de gala de Chiapa de corzo.

Actualmente se labora en la fabricación y ensamblaje del prototipo de máquina bordadora sobre tela de tul, el cual será beneficioso para realizar diferentes pruebas y corroborar el buen funcionamiento de la misma. En caso contrario, teniendo la oportunidad de efectuar modificaciones en el diseño, en la elección de materiales y en los métodos de fabricación, para llevar a cabo en una fase final del proyecto la construcción de una máquina bordadora eficaz y de mantenimiento y operación sencilla.

SISTEMAS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO DE MÁQUINA BORDADORA

Con fines de coordinación, el prototipo de máquina bordadora está dividido en cuatro sistemas (Fig. 2):

1. Marco.- Es una estructura en forma de prisma triangular, compuesta por travesaños y postes de perfil de aluminio de 40 x 40 mm, sujetos entre sí con tornillos y ángulos. Sirve de soporte de los diferentes elementos de los demás sistemas que integran al prototipo de máquina bordadora sobre tela de tul.
2. Mesa.- Este sistema sujeta la porción de tela de tul sobre la cual se va a plasmar la figura bordada. Tiene movilidad en dos ejes. En una primera etapa está integrada por una manivela que es girada manualmente por el operador de la máquina para seguir la ruta deseada y plasmar los bordados floridos sobre la tira de tul dispuesta

en la misma. Se pretende que en una etapa posterior siga una ruta programada previamente para asentar el dibujo sobre la tela de tul de forma automatizada.

3. Inserción de hilo.- En un primer movimiento introduce la aguja enhebrada con hilo rayón a la tira de tul dispuesta sobre la mesa. En un segundo movimiento, de forma opuesta al primero, recibe y jala la aguja enhebrada por la parte inferior de la mesa para continuar consecuentemente con el proceso de bordado.

Es el sistema motivo de esta tesis; su fabricación, ensamblaje y pruebas de funcionamiento. Una descripción más detallada de este sistema se expone más adelante (pág. 6).

4. Tensor de hilo.- Está conformado principalmente por un motor eléctrico y por una varilla que, como su nombre lo indica, se encarga de poner en tensión el hilo una vez que la aguja ha cubierto su trayectoria al atravesar la tela de tul. Esto da un tramo adicional de hilo que permite el desplazamiento libre de la mesa para ubicarla en la siguiente posición y continuar con el proceso de bordado.

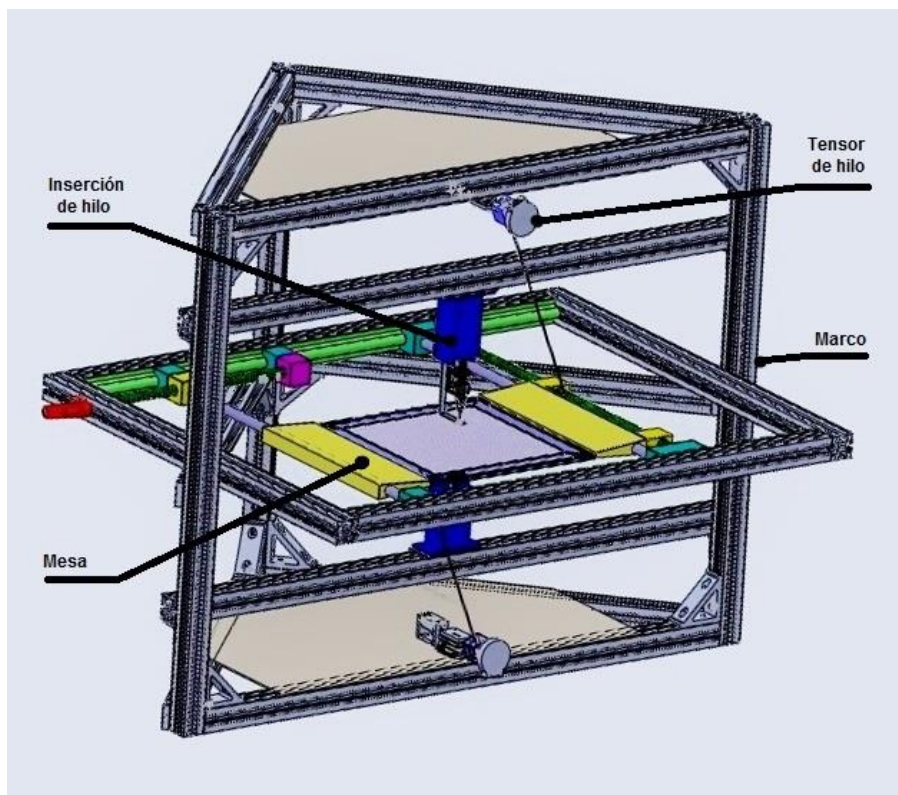


Figura 2. Diseño en CAD del prototipo de máquina y los sistemas que la componen.

SISTEMA DE INSERCIÓN DE HILO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA BORDADORA SOBRE TELA DE TUL

La labor que desempeña este sistema es insertar la aguja, enhebrada con hilo rayón, en la tira de tul dispuesta sobre la mesa de la máquina bordadora. Consiguientemente recibe y jala, por la parte contraria, la aguja insertada en el tul para después repetir este ciclo de acciones pero en una ubicación distinta de la tira de tul. Cabe resaltar que este sistema no se desplaza a lo largo de la máquina, lo que tiene movilidad dentro de la máquina bordadora para permitir la inserción de la aguja e hilo en un punto diferente de la tira de tul, es la mesa junto con la tira de tul dispuesta sobre de ella.

El sistema está compuesto a la vez por dos mecanismos que son iguales en composición y funcionamiento, pero la diferencia entre ellos es la ubicación que ocupan dentro de la máquina bordadora; uno se encuentra en la parte superior de la mesa y otro en la parte inferior de la misma (Fig. 3). Ambos mecanismos tienen la capacidad de insertar la aguja, enhebrada con hilo rayón, así como de recibirla y jalarla por la parte contraria al movimiento anterior [Cuadros y Esquemas 3. *Dibujo en CAD de uno de los mecanismos del sistema de Inserción de hilo*].

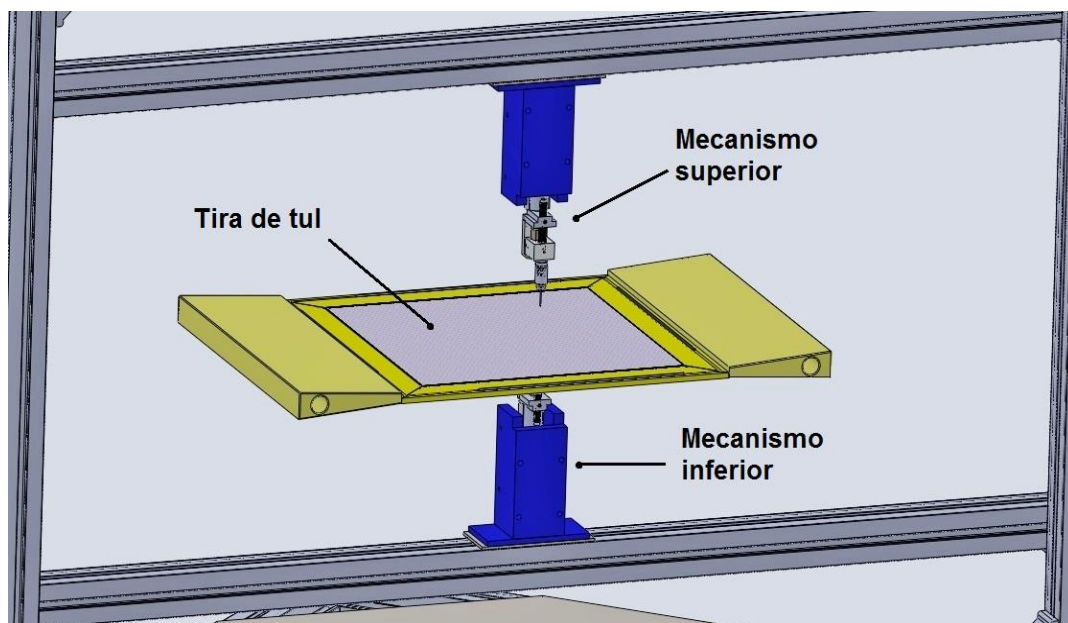


Figura 3. Sistema de Inserción de hilo y mesa con una tira de tul.

En la fase de diseño se le llamó “mimética” a la forma en que trabaja este sistema: insertar, recibir y jalar la aguja junto con el hilo. Esto debido a que imita las acciones realizadas por las manos de los artesanos al bordar las figuras en la tela de tul.

Cada uno de los dos mecanismos que integran al sistema de inserción de hilo está compuesto por:

- Actuador eléctrico 12 [v]
- Soporte del Actuador eléctrico
- *Pin Vise* (porta-agujas)
- Soporte del *Pin Vise*
- Motor eléctrico con reductor de velocidad
- Soporte del Motor eléctrico
- Engranajes
- Tornillos de 2.7 x 9.5 [mm], 4 x 8 [mm] y 4 x 15 [mm]

El *Pin Vise* o “porta-agujas” (Fig. 4) es un elemento peculiar integrado a ambos mecanismos del sistema de inserción de hilo, pues realiza la compleja labor de recibir y liberar la aguja al haber pasado por el tramo de tul en el proceso de bordado.



Figura 4. Dos *Pin Vise* de 75 mm de largo.

Fuente: véase en Referencias.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y MANUFACTURA DE PIEZAS

SUBENSAMBLE: SOPORTE DE MOTOR – SOPORTE DE *PIN VISE* - MOTOR

DISEÑO ORIGINAL

Los elementos que intervienen en este subensamble son:

- Motor eléctrico con reductor de velocidad
- Soporte de motor
- *Pin Vise*
- Soporte de *Pin Vise*
- Tornillo Prisionero de 4 x 8 [mm]
- Tornillos de 2.7 x 9.5 [mm] (dos)

El Motor eléctrico con reductor de velocidad es un elemento que se seleccionó y adquirió en el comercio de electrónicos de forma similar que el *Pin Vise*, pero este último adquirido en el comercio de herramientas. El Soporte de motor y el Soporte de *Pin Vise* son piezas diseñadas dentro del proyecto exclusivamente para realizar una labor dentro del sistema de Inserción de hilo de la máquina bordadora.

En el diseño para ensamble se definió el lugar y posición que ocuparía cada uno de los elementos involucrados y la forma de instalación de dicho subensamble, la cual en un inicio se estableció de la siguiente manera: primero se coloca el Motor dentro del Soporte de motor, haciendo salir la flecha por el barreno que se encuentra en la parte frontal del mencionado Soporte. Cabe resaltar que el reductor de velocidad que se encuentra integrado al Motor tiene una figura rectangular y una de sus caras de mayor longitud hace contacto con la superficie del Soporte de motor. Posteriormente se coloca el Soporte de *Pin Vise* en la parte superior del Soporte de motor y se sujeta con dos tornillos, uno en cada lado, de 2.7 x 9.5 milímetros de largo. Por último se inserta el *Pin Vise* en el barreno del Soporte de *Pin Vise* de forma que queda paralelo a la flecha del Motor y se fija con un tornillo de 4 x 8 milímetros que sirve como prisionero, impidiendo el movimiento del cuerpo del *Pin Vise* (Fig. 5).

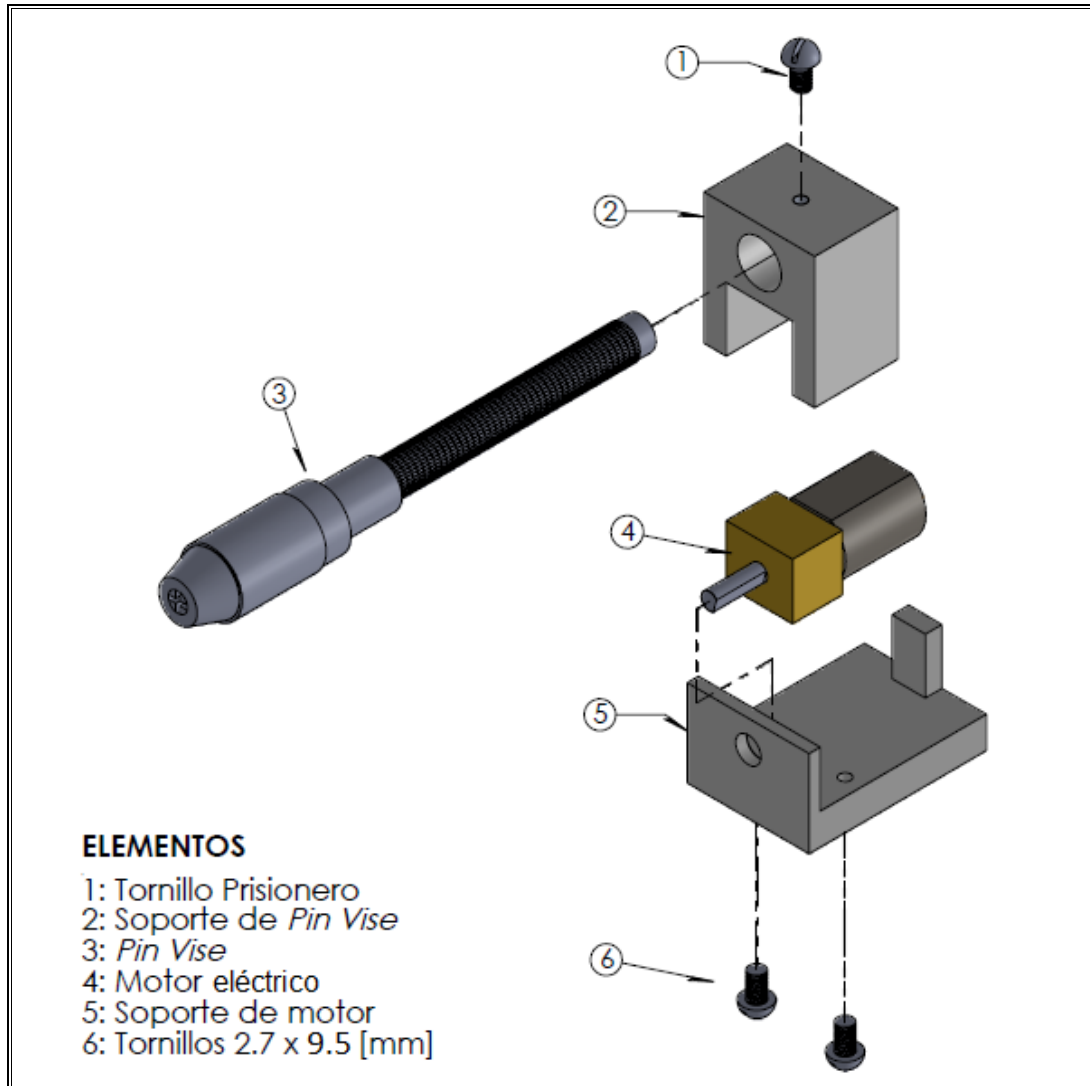


Figura 5. Dibujo del diseño original del subensamble: Soporte de motor – Soporte de *Pin Vise* – Motor. Se aprecia el Motor eléctrico con el Reductor de velocidad resaltado en color dorado.

Una vez manufacturados el Soporte de motor y el Soporte de *Pin Vise* con Nylamid® M, conforme al diseño y medidas establecidas, se prosiguió con el ensamblado de los elementos de la forma anteriormente expuesta; lo cual resultó irrealizable debido a que la cavidad en el Soporte de *Pin Vise* designada para alojar el Motor eléctrico no era concordante en medidas con el Reductor de velocidad del Motor eléctrico.

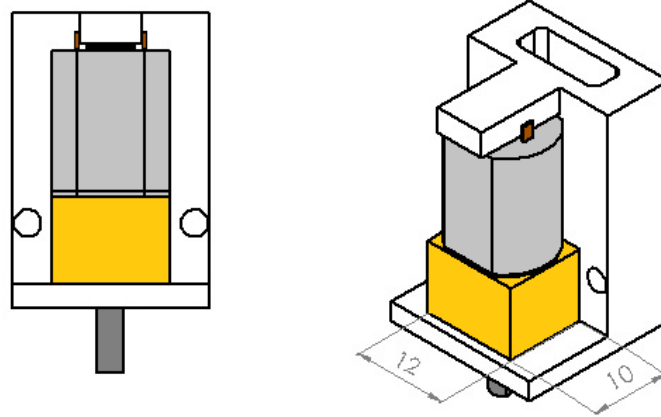
MODIFICACIONES AL DISEÑO

Con el impedimento para realizar el referido subensamble debido a la diferencia de medidas entre el Reductor de velocidad integrado al Motor eléctrico y la cavidad del Soporte de *Pin Vise* en donde se alojaría el primero, hubo que evaluar posibles modificaciones a las piezas implicadas o a la forma de ensamblar las mismas.

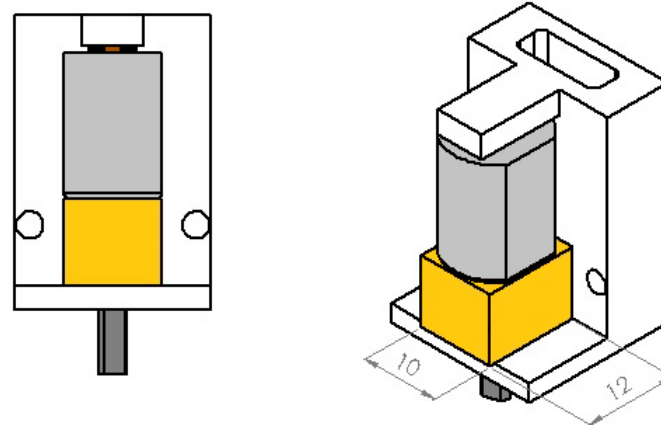
La solución que en un principio aparentaba ser la adecuada era desbastar las paredes internas del Soporte de *Pin Vise* para aumentar las medidas de la cavidad hasta hacerlas equiparables con las medidas del Reductor de velocidad integrado al Motor, de esta forma el ensamble entre ambas piezas se efectuaría de manera apropiada. Después de valorar esta posible modificación resultó inviable debido a que las paredes Soporte de *Pin Vise* son inicialmente muy angostas como para tolerar un desbaste adicional sin perder firmeza en la sujeción con el Soporte de motor. A saber, en dichas paredes se encuentran los barrenos que sirven para instalar los tornillos que sujetan al Soporte de motor con la pieza tratada; la ampliación de la cavidad por medio de un desbaste adicional irrumpiría en el espacio asignado para estos barrenos, lo cual conllevaría a una sujeción deficiente de los tornillos.

Se resolvió la discordancia de medidas de las piezas involucradas realizando una modificación al diseño de ensamblaje del Motor eléctrico: girándolo noventa grados de su posición original de ensamble, de tal forma que el lado de menor longitud del Reductor de velocidad integrado al Motor ahora hace contacto con la superficie del Soporte de motor. Esto provee espacio adicional para el ensamblaje adecuado entre el Soporte de motor y el Soporte de *Pin Vise* (Fig. 6).

Una vez realizada esta modificación fue necesario precisar de nuevo la distancia entre el centro de la flecha del Motor eléctrico, ahora girado noventa grados, y el centro del cabezal del *Pin Vise*. Esto para determinar las medidas de los engranes que se colocarán en cada uno de los dispositivos mencionados y que servirán para abrir y cerrar el cabezal del *Pin Vise*, lo que a su vez permitirá recibir y liberar la aguja a través de la tela de tul. Una explicación en detalle del funcionamiento de dichos engranes se menciona más adelante.



(a)



(b)

Figura 6. Vista frontal e isométrica de la posición del Motor dentro del Soporte de motor: (a) Posición conforme al diseño original, (b) Posición modificada. Nótese las dimensiones en milímetros del Reductor de velocidad integrado al motor.

Por otro lado, se cambió la ubicación del Tornillo prisionero situado originalmente en la parte superior del Soporte de *Pin Vise* a uno de los costados del mismo elemento. Esto con la finalidad de obtener mayor firmeza en la sujeción del *Pin Vise* puesto que el área de contacto entre el Tornillo prisionero y el Soporte de *Pin Vise* es mayor al colocarlo en uno de los costados que en la parte superior.

MANUFACTURA DE LA MODIFICACIÓN

Al girar el Motor eléctrico noventa grados de su posición original de ensamble resultó necesario ampliar el barreno del Soporte de motor a través del cual sale la flecha del mismo al ser ensamblados ambos elementos, ello se debe a que el Motor eléctrico tiene una figura similar a un prisma rectangular y no una figura cúbica, y al ensamblarlo de la forma antes mencionada se hace mayor la altura del centro de la flecha del Motor con respecto a la base del Soporte de motor.

El incremento a las medidas del barreno del Soporte de motor se realizó con una broca de acero rápido de 4.7 [mm] de diámetro utilizando uno de los taladros de banco de los laboratorios de Ingeniería Mecánica la Facultad de Ingeniería.

En cuanto a la reubicación y colocación del tornillo de 4 x 8 [mm] que sirve como prisionero del *Pin Vise*, fue necesario realizar un barreno en uno de los costados del Soporte de *Pin Vise* con una broca de acero rápido de 3.17 [mm] de diámetro. De igual forma que el barreno del Soporte de motor, este trabajo se realizó en uno de los taladros de banco de los laboratorios de Ingeniería Mecánica la Facultad de Ingeniería. Finalmente para instalar de forma adecuada dicho tornillo, se elaboró un roscado en el barreno antes mencionado con un machuelo de medidas M4 x 0.70.

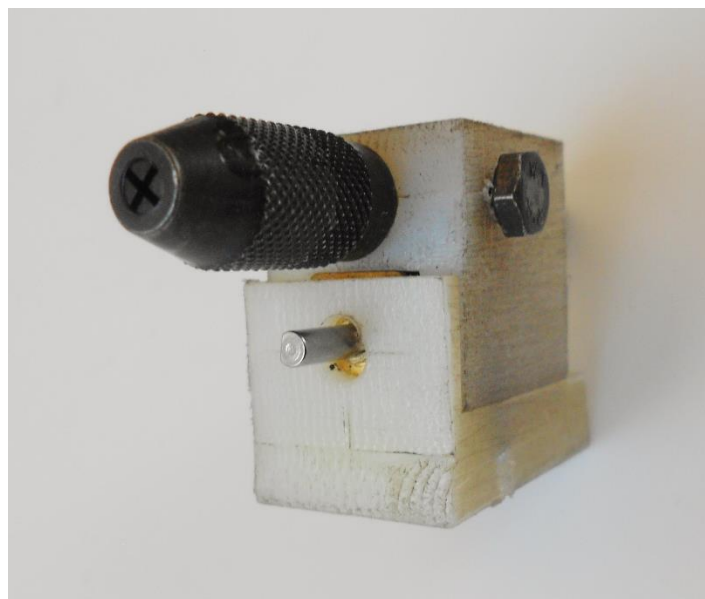


Figura 7. Apariencia final del subensamble.

SUBENSAMBLE: SOPORTE DE MOTOR - ACTUADOR

DISEÑO ORIGINAL

En el diseño original del sistema de Inserción de hilo [Cuadros y Esquemas 4. *Dibujo del diseño original del mecanismo del sistema de Inserción de hilo*] se tenía considerado manufacturar una pieza denominada Soporte Motor – Actuador, que serviría de conector entre el pistón del Actuador eléctrico y el Soporte de motor.

En la figura siguiente, tomada de los planos de subensamble, se muestra resaltada en color verde la pieza mencionada (Fig. 8). A su vez se aprecia la ubicación del Soporte de motor y del pistón del Actuador eléctrico.

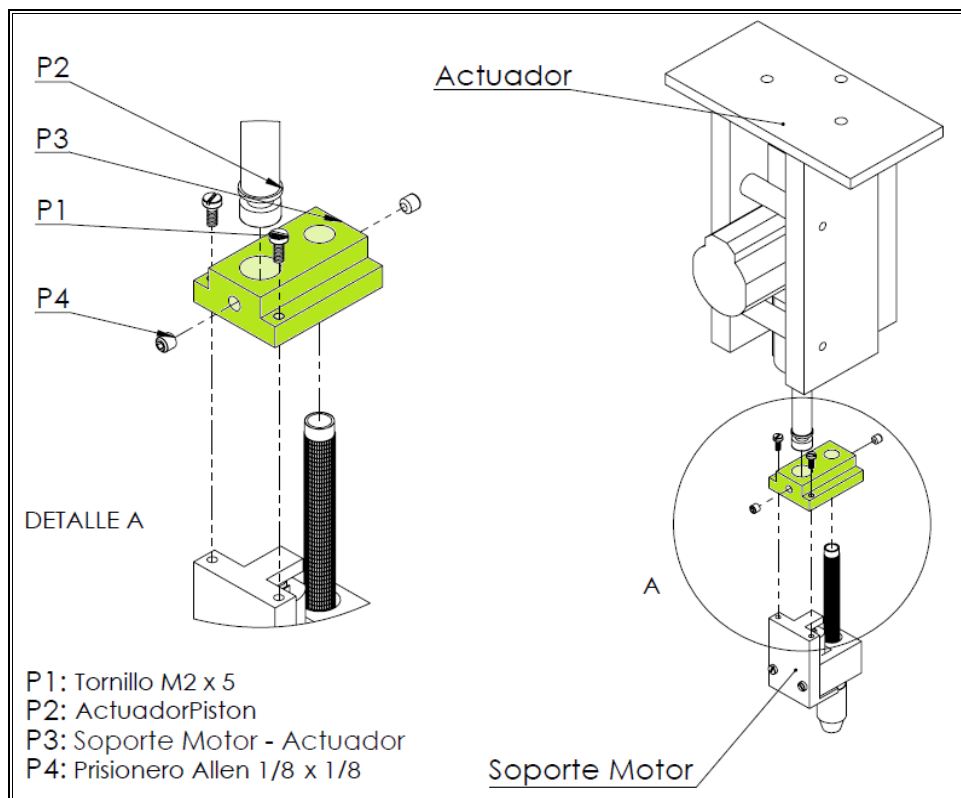


Figura 8. Dibujo de subensamble de uno de los mecanismos del sistema de Inserción de hilo, utilizando la pieza Soporte Motor – Actuador resaltada en verde. Se distingue a su vez el pistón del Actuador y el Soporte de motor.

MODIFICACIONES AL DISEÑO

Es necesario mencionar que el Actuador que se utiliza en el sistema de Inserción de hilo es un producto eléctrico que se adquirió en el comercio bajo el nombre de Actuador para seguros eléctricos, y como su nombre lo expresa esa es la función en que se emplea convencionalmente.

El Actuador es comercializado con piezas adicionales que son útiles para realizar su instalación en las puertas de los vehículos y acondicionar el sistema de seguros manuales para funcionar de forma eléctrica. Uno de esos elementos adicionales con los que se comercializa es una punta que se ensambla al pistón del Actuador (Fig. 9) y sirve para jalar o empujar una varilla que a su vez activa o desactiva el seguro de la puerta a la cual está asociada.

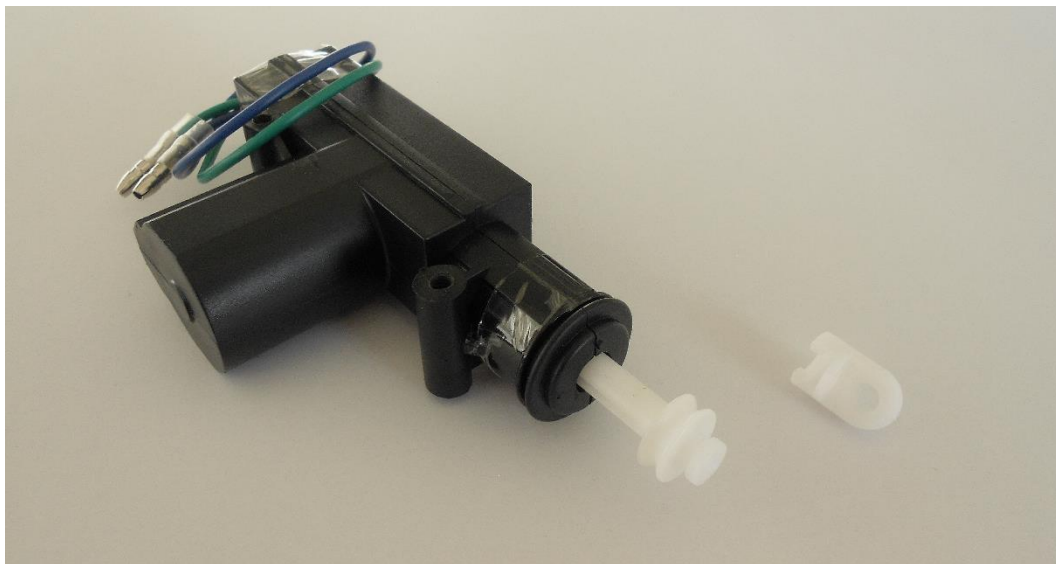


Figura 9. Actuador y Punta del pistón del Actuador desensamblada.

En este caso, con la intención de reducir costos y tiempo de fabricación, se rediseñó el Soporte de motor de tal forma que utilizando la Punta del pistón del Actuador fuera posible ensamblar el Actuador al Soporte de motor, prescindiendo así de la fabricación de la pieza denominada Soporte Motor – Actuador.

La modificación al diseño del Soporte de motor consta una cavidad en la parte anterior de éste, de medidas equiparables a las de la Punta del pistón del Actuador, de tal forma que el ensamblaje se realiza introduciendo la Punta del pistón del Actuador en la cavidad del Soporte de motor y posteriormente se asegura con un tornillo de 2.7 milímetros de diámetro que funge como prisionero, pues impide el desprendimiento de este nuevo subensamblaje (Fig. 10).

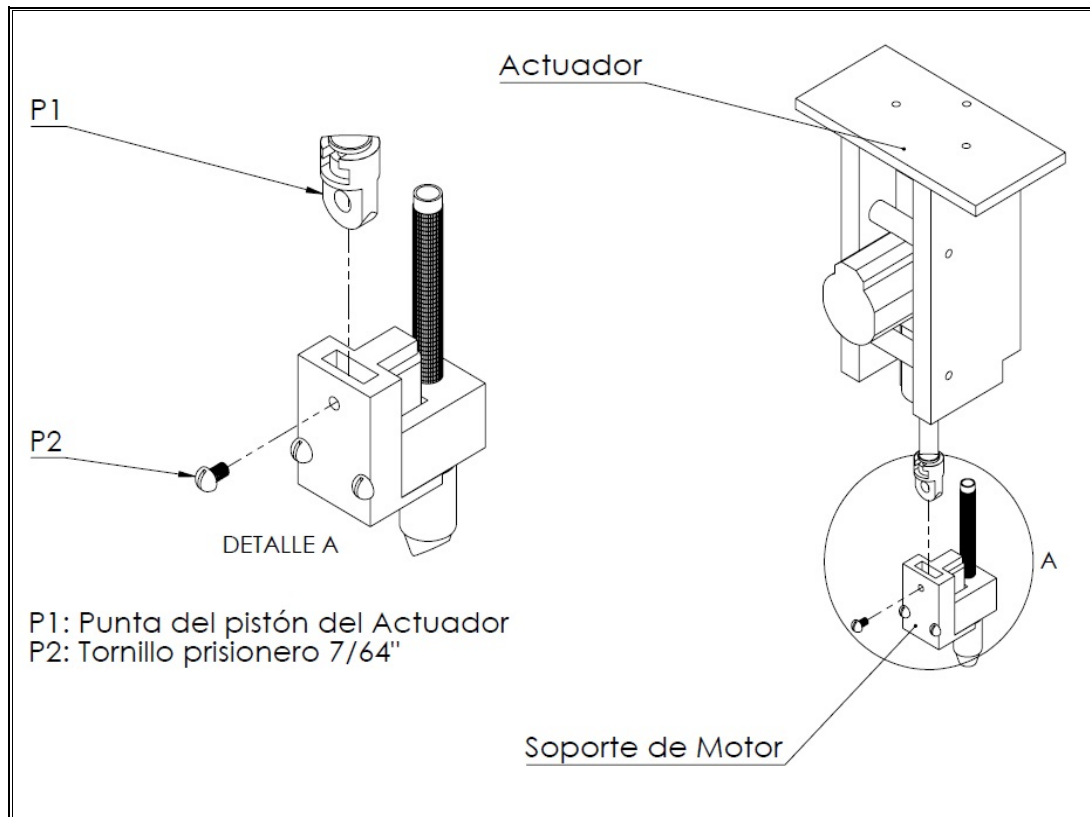


Figura 10. Dibujo de subensamblaje del sistema de Inserción de hilo con modificaciones realizadas al Soporte de motor y utilizando la Punta del pistón del Actuador para su ensamblaje.

MANUFACTURA DE LA MODIFICACIÓN

El maquinado de la cavidad del Soporte de motor se realizó en la fresadora vertical *INDUMA* de los laboratorios de Ingeniería Mecánica la Facultad de Ingeniería, utilizando un cortador vertical de 1/8" x 1/2" de carburo de tungsteno, es necesario señalar que la pieza Soporte de motor está fabricada con Nylamid® M, el cual es un polímero de buena maquinabilidad. En palabras de Serope Kalpakjian, “una buena maquinabilidad indica un buen acabado superficial y una buena integridad superficial, una larga vida útil de la herramienta y bajos requerimientos de fuerza y de potencia”.¹

El barrenado para instalar el tornillo prisionero se realizó con una broca de acero rápido de 1.6 milímetros de diámetro y posteriormente se le generó el roscado interior con un machuelo de 2.4 milímetros de diámetro.

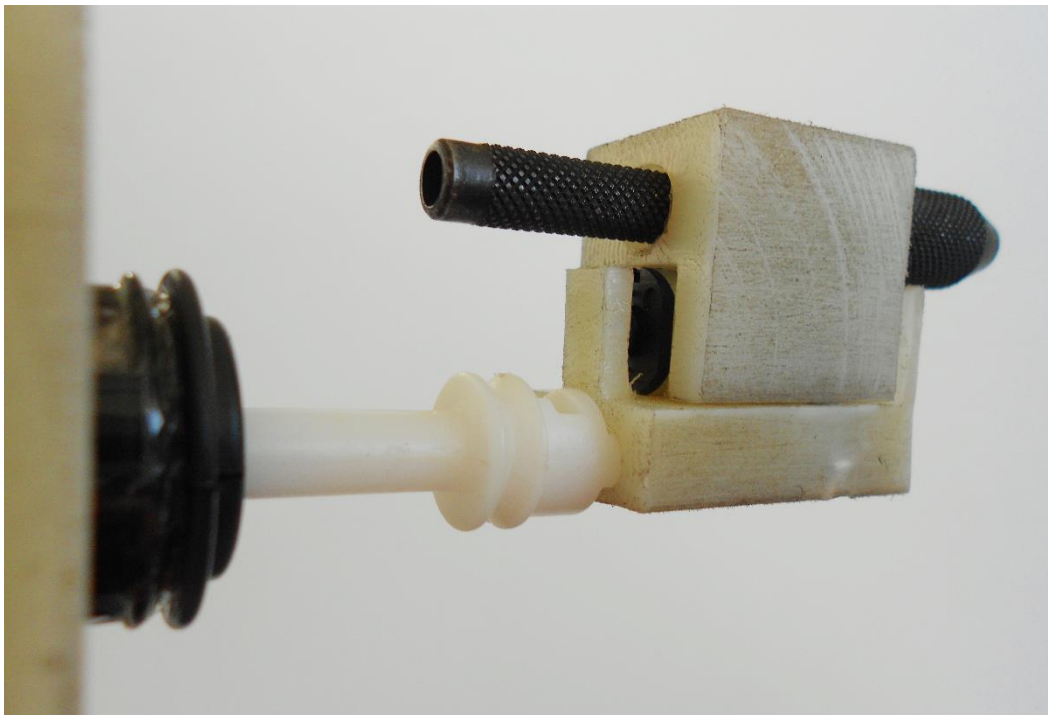


Figura 11. Apariencia final del subensamble de la Punta del pistón del Actuador con el Soporte de motor.

¹ Kalpakjian, Serope. *Manufactura, ingeniería y tecnología*. pág. 638.

ENGRANES DEL *PIN VISE* Y MOTOR

DISEÑO

Cada uno de los dos mecanismos que componen al sistema de Inserción de hilo requiere de dos engranes para su funcionamiento apropiado. Conforme al diseño del sistema, uno de los engranes se posiciona en la flecha del Motor eléctrico y el otro en el cabezal del *Pin Vise* (Fig. 12). La función de dicho par de engranes es hacer girar el cabezal del *Pin Vise* para que este libere o reciba la aguja enhebrada con la que se realiza el bordado.

Se decidió que los engranes a diseñar serían de dientes rectos debido a que su montaje es en flechas paralelas y su fabricación y mantenimiento es de bajo costo.

Al engrane posicionado en la flecha del Motor eléctrico en adelante se le nombrará piñón y al engrane colocado en el cabezal del *Pin Vise* en adelante se le nombrará simplemente engrane.

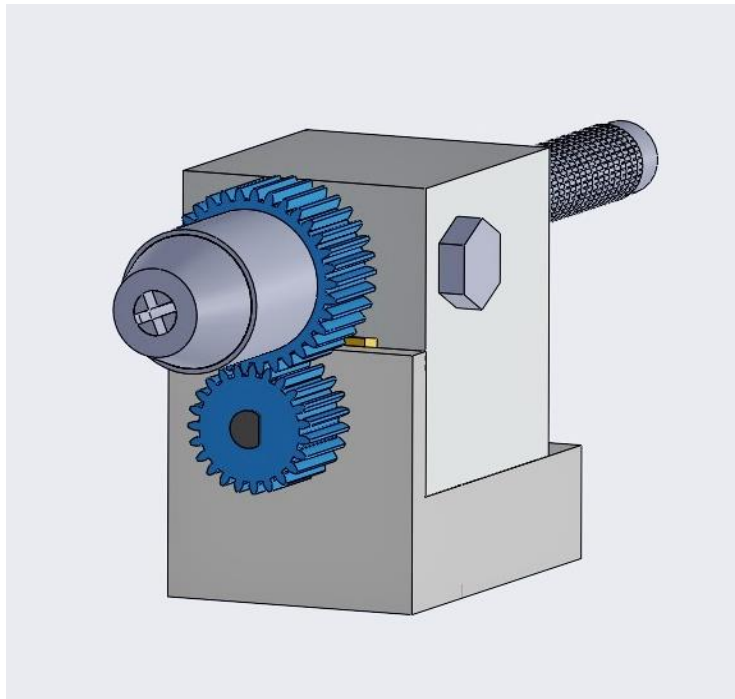


Figura 12. Dibujo en CAD del piñón y el engrane, resaltados en color azul, ensamblados en la flecha del Motor eléctrico y en el cabezal del *Pin Vise* respectivamente.

El diseño de ambos engranes se realizó en CAD con la finalidad de obtener dibujos de fabricación y montaje; es útil a su vez para visualizar y verificar la forma y ensamblaje de las piezas previo a su construcción, y en caso de ser necesario realizar modificaciones antes de su fabricación.

La distancia entre la superficie de la flecha del Motor eléctrico y la del cabezal del *Pin Vise*, en donde se colocarían el piñón y el engrane respectivamente, estaba determinada desde un principio por el diseño de ensamblaje. De la misma manera, la medida del diámetro exterior del cabezal del Pin Vise y el diámetro de la flecha del motor eléctrico eran valores iniciales fijos, por lo tanto el diseño de los engranes se inició en base a tales parámetros inamovibles.

En la figura siguiente se muestra el dibujo inicial en CAD de lo anteriormente descrito (Fig. 13). La circunferencia mayor corresponde a la superficie del *Pin Vise* y la de menor tamaño corresponde a la flecha del Motor, la cual, desde una vista frontal, no describe una circunferencia completa como la representada en el dibujo, pero por practicidad en un inicio se dibujó con tal forma.

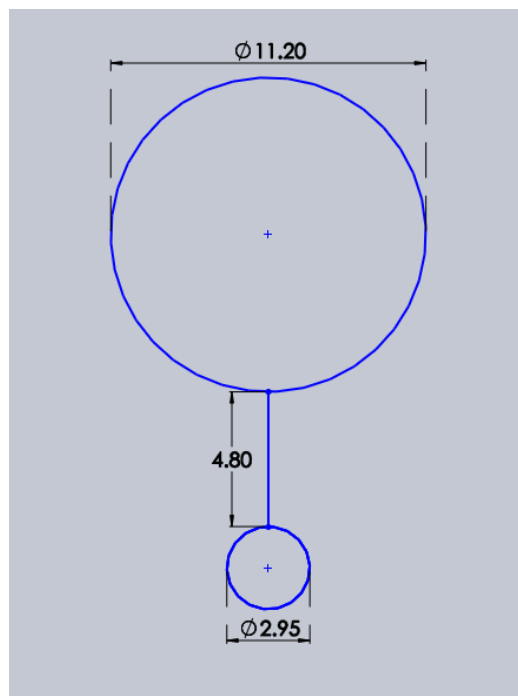


Figura 13. Dibujo en CAD de las circunferencias que describen la superficie del piñón y del engrane. Se muestran los valores en milímetros.

Con base en lo anterior se trazaron los círculos de base, los círculos de paso y la línea de acción (Fig. 14), la cual se determinó que tendría un ángulo de 20 grados medidos desde la perpendicular a la línea de centros; se estableció este valor porque las tablas auxiliares para el diseño de engranes así lo refieren comúnmente.

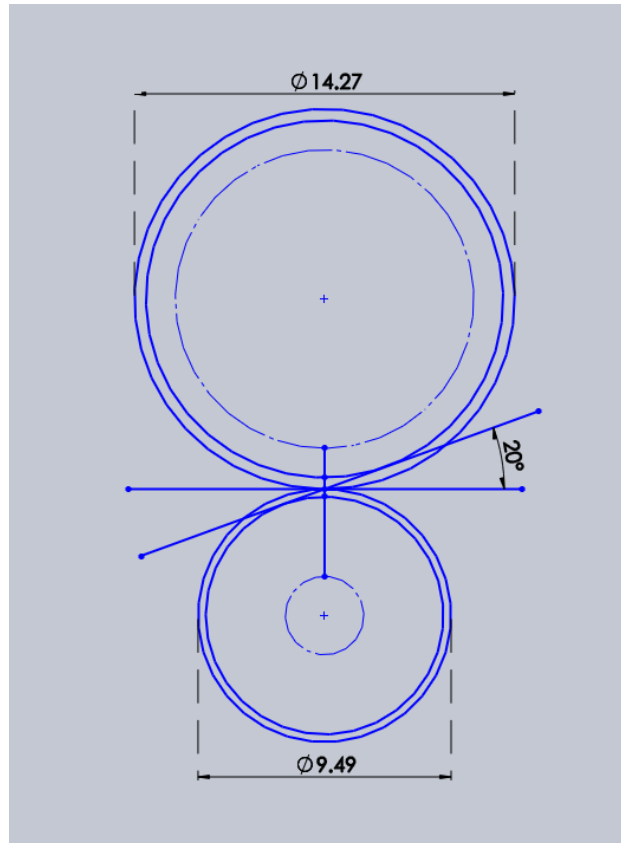


Figura 14. Dibujo en CAD de los círculos de base, los círculos de paso y la línea de acción. Se aprecia a su vez el valor de 20 grados del ángulo de presión o ángulo de acción.

Una vez trazadas y medidas las curvas anteriores se efectuaron los cálculos para conocer las proporciones de los dientes de ambos engranes. Su diseño se realizó en base al Sistema Internacional, en el cual las dimensiones de los dientes se dan en función del módulo (m).

El módulo es la relación entre el diámetro de paso (D), en milímetros, y el número de dientes del engrane (N):

$$m = \frac{D}{N}$$

El diámetro de paso, tanto del piñón como del engrane, se conoció a través del dibujo realizado en CAD (Fig. 14), sin embargo el número de dientes fue necesario determinarlo con cálculos para obtener un módulo equivalente en ambos engranes; con la finalidad de tener el mejor acoplamiento posible entre ambos elementos.

Se decidió inicialmente que el número de dientes del piñón fuese mayor a 18, en base a lo indicado en la última fila de la tabla siguiente (Tabla 1), consultada para el diseño de dichos engranes:

DIMENSIONES		EXPRESIÓN
Angulo de presión	ϕ	20°
Adendo	a	1.00 x m
Dedendo	b	1.250 x m
Altura de trabajo	h_K	2.00 x m
Altura total	h_T	2.250 x m
Espesor del diente	t	$m \pi/2$
Número mínimo de dientes del piñón N_p		18

Tabla 1. Dimensiones básicas de engranes métricos. *Fuente: Aguirre Esponda, Guillermo. Diseño de elementos de máquinas. Trillas. México. 1990. pág. 396.*

En definitiva, el número de dientes del piñón y del engrane con el que se obtuvo un valor del módulo equivalente entre ambos, resultó ser 22 y 33 respectivamente. Una vez determinados estos valores, se sustituyeron en la ecuación del módulo como se muestra a continuación:

Piñón

$$m = \frac{D}{N} = \frac{9.49}{22} = 0.43 \text{ [mm]}$$

Engrane

$$m = \frac{D}{N} = \frac{14.27}{33} = 0.43 \text{ [mm]}$$

El valor del módulo, como ya se vio en la Tabla 1, permite obtener las diferentes dimensiones básicas para el diseño de los engranes. En la tabla siguiente (Tabla 2) se muestran los valores obtenidos para el diseño de ambos engranes:

DIMENSIONES		EXPRESIÓN	SUSTITUCIÓN	RESULTADO
Adendo	a	1.00 x m	1.00 x 0.43	0.43 [mm]
Dedendo	b	1.25 x m	1.25 x 0.43	0.53 [mm]
Altura de trabajo	h_K	2.00 x m	2.00 x 0.43	0.86 [mm]
Altura total	h_T	2.250 x m	2.250 x 0.43	0.96 [mm]
Espesor del diente	t	m $\pi/2$	0.43 $\pi/2$	0.67 [mm]

Tabla 2. Resultados obtenidos en función del módulo de las dimensiones básicas.

Utilizando los valores anteriores se dibujó el perfil de los dientes de cada uno de los engranes partiendo desde el trazo de la curva evolvente (Fig. 15). En palabras de Guillermo Aguirre, “La evolvente es una curva espiral generada por un punto fijo a una línea recta que rueda sin deslizar sobre un círculo. Dos segmentos de evolventes trazadas en sentidos opuestos se usan para generar el perfil de un diente de engrane”.²

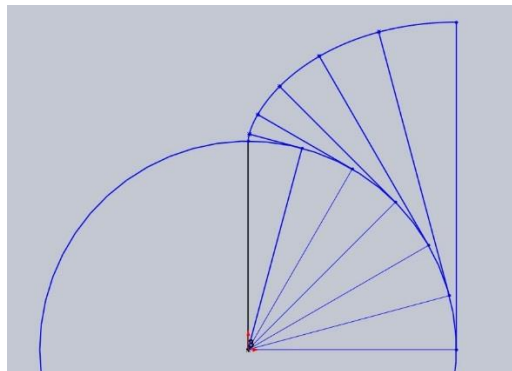


Figura 15. Trazo de la curva evolvente en el círculo de base del piñón

² Aguirre Esponda, Guillermo. *Diseño de elementos de máquinas*. Pág. 383.

Las medidas de las líneas tangentes que se utilizan para dibujar el perfil evolvente de los dientes responden a una ecuación matemática establecida de la manera siguiente:

$$\frac{D\pi}{\text{Total de líneas trazadas}} \times \text{número de línea}$$

Donde:

D = Diámetro del círculo de base.

Debajo de la curva evolvente, trazada a partir del círculo de base, y hasta llegar al círculo de dedendo, es necesario trazar líneas que complementen el faltante en el contorno del perfil del diente en construcción. Estas líneas son la base del diente y se les conoce también como radio de entalle. Dichas líneas deben permitir que el contacto entre los dientes, en este caso los del piñón con los del engrane, se realice dentro de la línea de acción, esto para operar de forma adecuada y sin interferencia. La figura siguiente, obtenida del dibujo en CAD (Fig. 16), exhibe el perfil del diente finalizado.

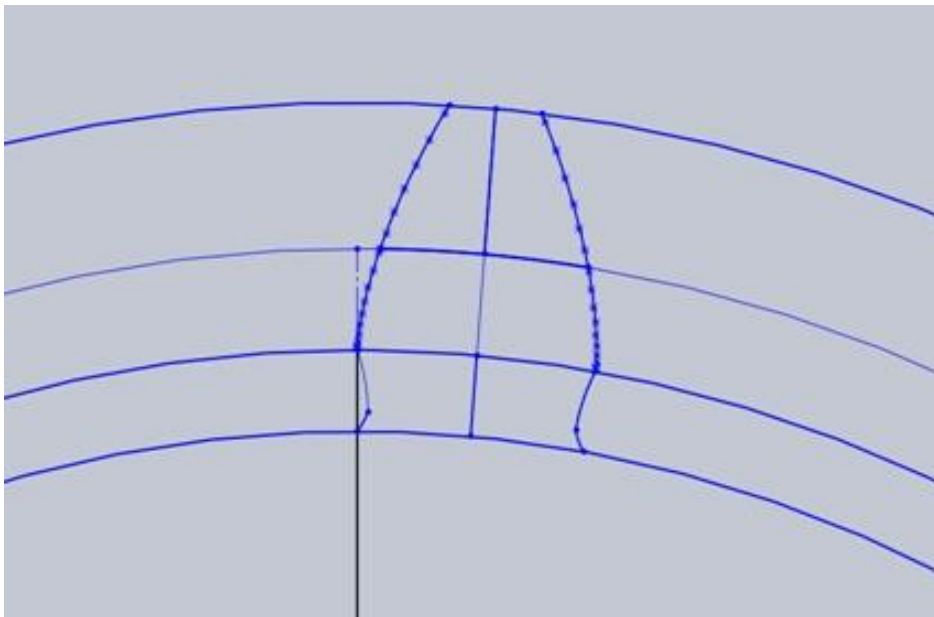


Figura 16. Dibujo del perfil de un solo diente. De arriba hacia abajo se aprecia una parte de: el círculo de adendo, el círculo de paso, el círculo de base, y el círculo de dedendo. Nótese las líneas trazadas por debajo de la curva evolvente, lo que se conoce como la raíz del diente.

Una vez realizado el dibujo del perfil de uno de los dientes se procedió con la reproducción del mismo a lo largo de la circunferencia de dedendo (Fig. 17). El mismo procedimiento se realizó para dibujar los dientes tanto del piñón como del engrane.

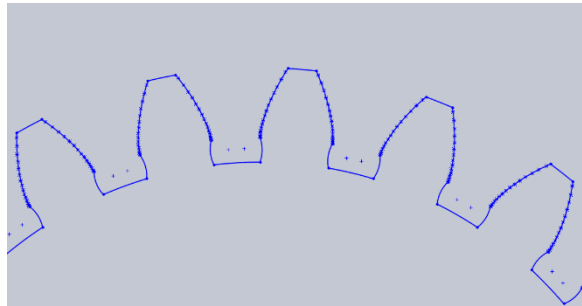


Figura 17. Dibujo en CAD; reproducción sobre la circunferencia de dedendo del perfil de un diente.

Finalmente se extruyó el dibujo realizado en CAD para obtener una representación gráfica en tres dimensiones de las piezas diseñadas; útil para visualizar y verificar su configuración externa final.

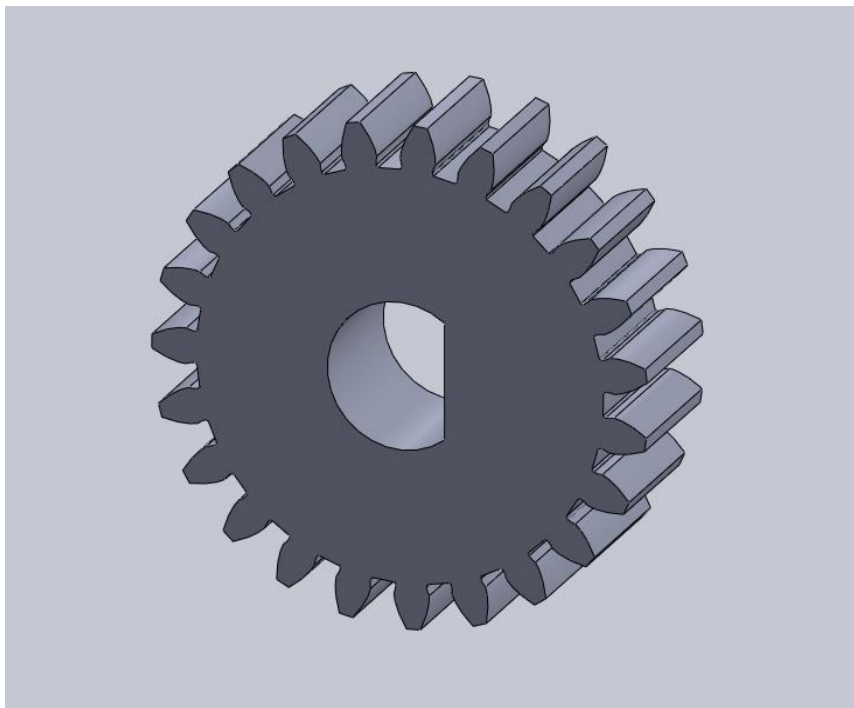


Figura 18. Aspecto final del piñón. Se aprecian los dientes rectos y al centro de la pieza el barreno semicircular debido a la forma de la flecha del motor eléctrico al cual será ensamblado.

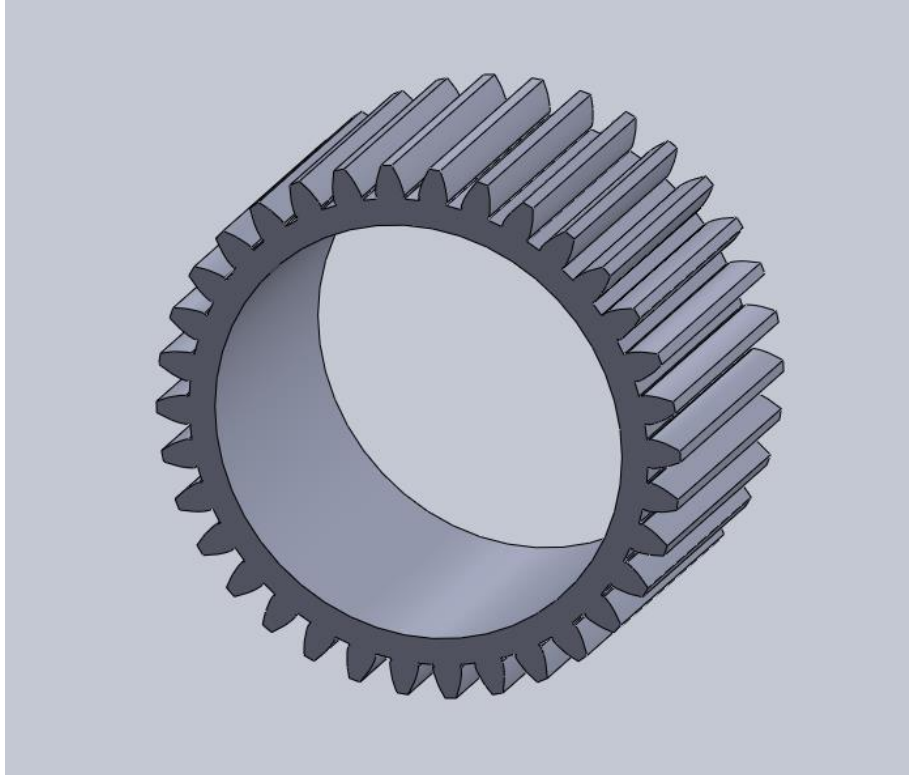


Figura 19. Apariencia final del engrane. Perspectiva dimétrica.

MANUFACTURA Y ENSAMBLAJE

Debido a las dimensiones especiales de los engranes diseñados para este sistema, resultó necesario considerar diferentes métodos de manufactura, pretendiendo obtener el mejor acabado de las piezas y la mayor precisión posible, además de bajo costo y poco tiempo para su fabricación. El bajo costo debido a que es el prototipo de la máquina bordadora lo que está en construcción, y se pretende, en este caso, que la vida útil de los engranes sea suficiente para realizar pruebas y observaciones en el funcionamiento de dicho prototipo de máquina.

Las opciones viables para manufacturar los engranes diseñados finalmente resultaron ser: corte con rayo láser e impresión en tercera dimensión. Después de estimar costos y características de ambos procesos de manufactura, se eligió realizar las piezas a través de corte con rayo láser en acrílico traslúcido de 8 milímetros de espesor.

Para realizar el corte con rayo láser se requirió del dibujo en dos dimensiones del piñón y del engrane realizado en CAD. La figura siguiente (Fig. 20) muestra los dos pares de engranes que componen al sistema de Inserción de hilo resultados del corte en acrílico con rayo láser.

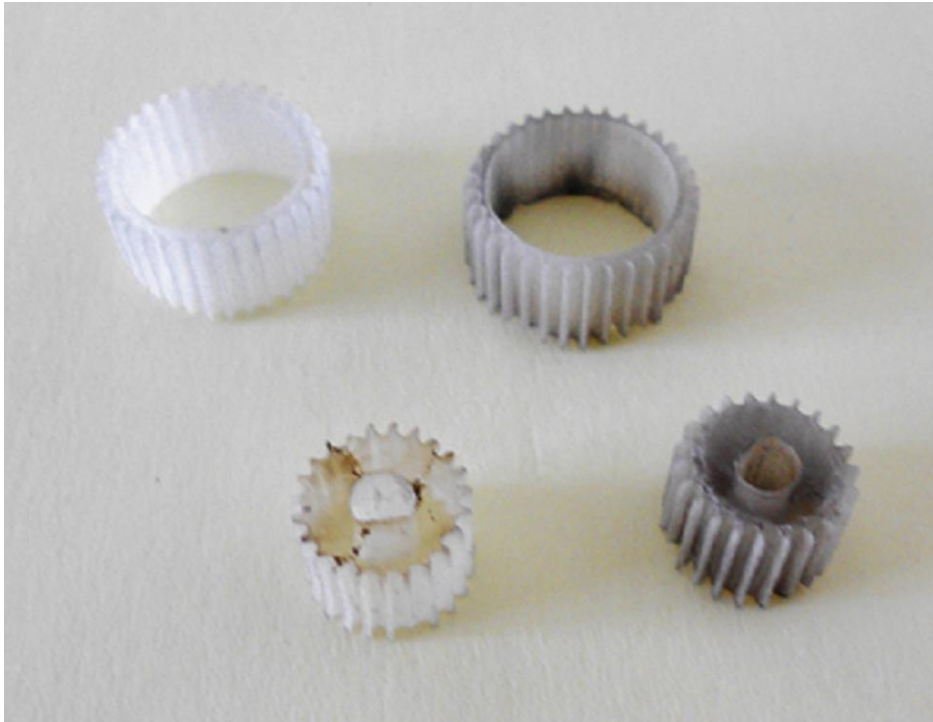


Figura 20. Engranés y piñones cortados con rayo láser; utilizando acrílico de 8 milímetros de espesor como materia prima.

Una vez manufacturados los engranes se ensamblaron en sus respectivas posiciones. Cabe mencionar que el diámetro interno de los engranes se manufacturó con las medidas justas de la superficie del cabezal del *Pin Vise*, con la intención de obtener un acoplamiento adecuado entre ambos elementos sin la necesidad de utilizar un elemento de sujeción adicional.

En cuanto al piñón, la figura semicircular de su centro impide un desplazamiento libre sobre la superficie de la flecha del motor eléctrico al realizar su trabajo, por tanto no resultó necesario agregar algún elemento de sujeción adicional.

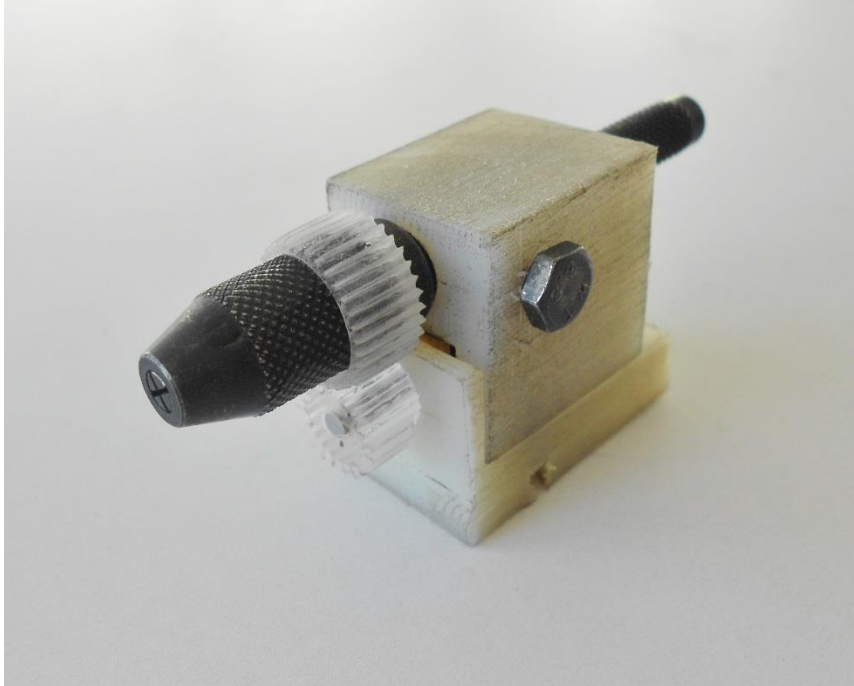


Figura 21. Apariencia final del engrane y el piñón manufacturados con acrílico y ensamblados en el cabezal del *Pin Vise* y en la flecha del motor respectivamente.

CAPÍTULO 3

ENSAMBLAJE Y PRUEBAS

ENSAMBLAJE DEL SISTEMA DE INSERCIÓN DE HILO EN EL PROTOTIPO DE MÁQUINA BORDADORA

El ensamblaje del sistema de Inserción de hilo en el prototipo de máquina bordadora se realizó utilizando ángulos de aluminio que se sujetaron, a través de tornillos de 6 milímetros de diámetro, a las paredes externas del Soporte del actuador y a su vez a los travesaños del sistema de Estructura de la máquina bordadora.

En la figura siguiente (Fig. 22) se aprecia el mecanismo superior del sistema de Inserción de hilo y los ángulos de aluminio utilizados para montar dicho mecanismo en el prototipo de máquina bordadora.

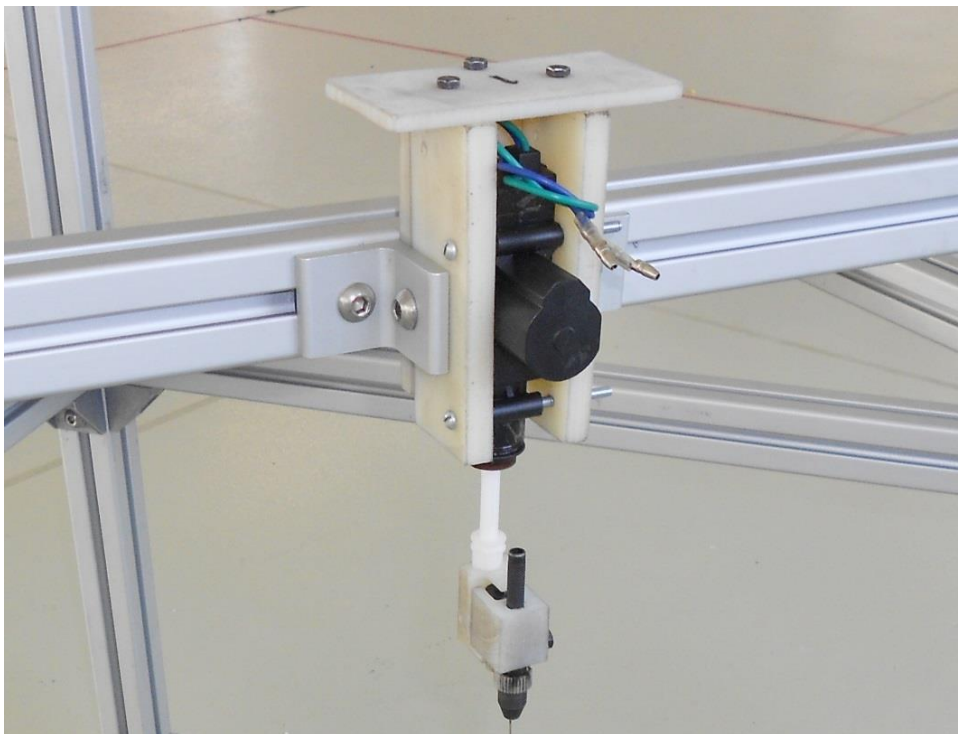


Figura 22. Mecanismo superior del sistema de Inserción de hilo ensamblado en el prototipo de máquina bordadora.

Se utilizó un nivel de mano en el ensamblaje de cada uno de los mecanismos sobre el prototipo de máquina bordadora; con la finalidad de obtener un posicionamiento adecuado de ambos mecanismos. Dicho nivel se colocó en la parte superior del Soporte del actuador durante el ensamblaje.

El procedimiento para ensamblar los ángulos en el Soporte del actuador, así como montar el mecanismo en el prototipo de máquina bordadora, se realizó de la misma manera tanto para el mecanismo superior como para el mecanismo inferior.

La figura siguiente (Fig. 23) muestra la apariencia final de los dos mecanismos del sistema de Inserción de hilo, ensamblados en la estructura del prototipo de máquina bordadora.



Figura 23. Imagen final del sistema de Inserción de hilo montado en el prototipo de máquina bordadora.

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Posterior al ensamblado de los diferentes elementos que constituyen al sistema de Inserción de hilo, se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar el desempeño adecuado de dicho sistema; con oportunidad aún de realizar modificaciones al diseño o ensamblaje y obtener mejoría en su desempeño.

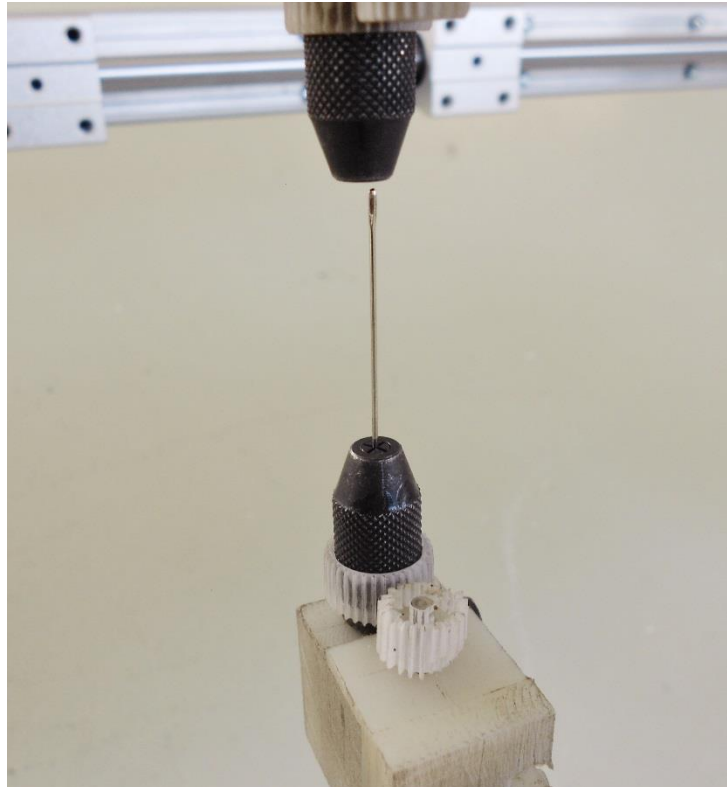


Figura 24. Imagen del sistema de Inserción de hilo realizando la labor de transferir la aguja para bordar, del mecanismo inferior al mecanismo superior.

Uno de los elementos que presentó problemas en su desempeño fue el engrane situado en el *Pin Vise* del mecanismo superior del sistema: al energizar el motor eléctrico del mecanismo superior e intentar completar la tarea de abrir el cabezal del *Pin Vise* para recibir la aguja entregada por el mecanismo inferior, dicho engrane realizó un giro libremente, desprendido del cabezal del *Pin Vise*. De esta forma no se abrió el cabezal del *Pin Vise* y por ende no se completó la función asignada al mecanismo superior del sistema.

Originalmente los engranes, colocados en cada uno de los mecanismos del sistema de Inserción de hilo, se diseñaron para ser ensamblados sin la necesidad de añadir un elemento de sujeción. El incidente o mal funcionamiento, expuesto anteriormente, mostró que era necesario utilizar adicionalmente un elemento de sujeción entre los engranes y las flechas o ejes sobre los cuales se ensamblaron.

Al valorar las diferentes posibilidades para corregir el mal funcionamiento mencionado se concluyó que la mejor opción era sujetar ambas piezas involucradas con un adhesivo; para lo cual se consideraron diferentes adhesivos líquidos o en pasta. Después de investigar acerca de cuál sería el adhesivo conveniente para ambos elementos, considerando la diferencia de materiales entre los engranes y las flechas, unos polímeros y otros metales, y con la intención de resolver el problema de una manera eficaz pero a la vez baja en costos, se optó por utilizar un adhesivo comercial marca Krazy®.

El adhesivo se aplicó en las superficies de los elementos en contacto: engranes y sus respectivos ejes. Esta unión con adhesivo permitió que las pruebas de funcionamiento se reanudaran hasta la aparición de una nueva falla en el funcionamiento del sistema: los dientes de los engranes en acrílico se rompían e imposibilitaban el funcionamiento normal del sistema.

Con la intención de corregir el evento anteriormente citado y obtener un mejor desempeño de los engranes, se decidió manufacturarlos con policarbonato *Makrolon*® de 3 milímetros de espesor a través de corte con rayo láser. A su vez se eligió hacer más grueso el cuerpo del engrane por 0.5 milímetros más que en el diseño original (Fig. 25).

Al manufacturar, ensamblar y probar el desempeño de los nuevos engranes, ahora fabricados con policarbonato *Makrolon*®, resultaron funcionar de forma adecuada y se resolvió el inconveniente presentado con los engranes manufacturados en acrílico translúcido de 8 milímetros de espesor.

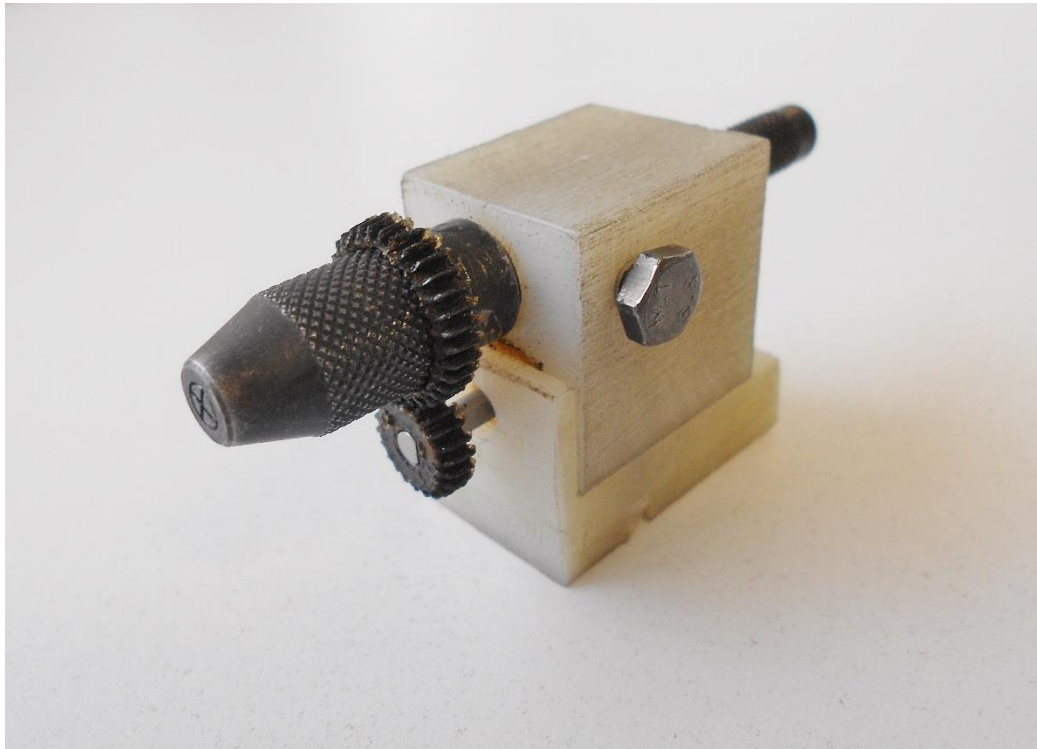


Figura 25. Apariencia final del engrane y el piñón manufacturados con policarbonato y ensamblados en el *Pin Vise* y la flecha del motor respectivamente.

CONCLUSIONES

Se realizó satisfactoriamente la construcción del sistema de Inserción de hilo perteneciente al prototipo de máquina bordadora sobre tela de Tul. Las modificaciones realizadas al diseño de ensamblaje y a las piezas manufacturadas favorecieron dicho logro.

La documentación de los procesos de diseño, manufactura y ensamblaje, realizados en esta participación dentro del proyecto, favorecerá al desarrollo de las siguientes fases del mismo; de igual forma que sucedió con esta fase.

El diseño de los engranes y su manufactura reveló la posibilidad de modificar el diseño del subsistema que los contiene. Está a consideración, en las fases futuras del proyecto, cambiar la ubicación del Motor eléctrico a la parte posterior del *Pin Vise*, pretendiendo que dicho motor mueva directamente el *Pin Vise* y evitándose así la manufactura de engranes que resultó costosa y poco eficaz. Las modificaciones al diseño, referentes a esta reubicación del motor, se encuentran documentadas como dibujos de anteproyecto y no se exhiben en este trabajo de tesis debido a que son documentos internos.

Finalmente se realizaron pruebas de funcionamiento al sistema de Inserción de hilo que resultaron útiles para observar el desempeño de las funciones propias del sistema, dando oportunidad de realizar futuras modificaciones al diseño de algunos elementos involucrados.

REFERENCIAS

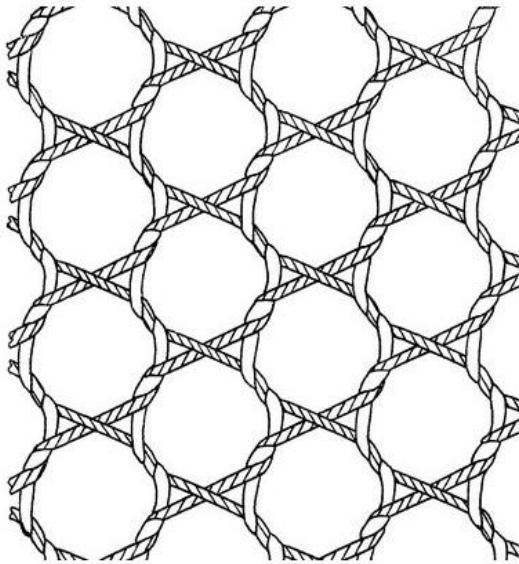
- KALPAKJIAN, SEROPE. R. SCHMID, STEVEN. Manufactura, ingeniería y tecnología. Quinta edición, Pearson Educación. México, 2008.
- BEER, FERDINAND P. JOHNSTON, E. RUSELL Mecánica vectorial para ingenieros. Estática. Sexta edición, McGraw-Hill. México, 1997.
- AYALA RUIZ, ALVARO. Normas para dibujo mecánico e industrial. Facultad de Ingeniería. Ciudad Universitaria. México, 2007.
- AGUIRRE ESPONDA, GUILLERMO. Diseño de elementos de máquinas. Trillas: UNAM, Facultad de Ingeniería. México, 1990.
- NORTON, ROBERT L. Diseño de máquinas. Un enfoque integrado. Cuarta edición. Pearson Educación. México, 2011.
- <http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/wp-content/uploads/2008/07/trajes.swf>
- http://www.profesorenlinea.cl/Paisesmundo/Mexico/Chiapas/Traje_Tipico/
- <http://www.trajestipicosolvera.com/catalogo.php>
- <http://guerrero.gob.mx/articulos/artesania/>
- <http://www.fonart.gob.mx/web/>
- http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english-spanish/vice_1
- <http://forum.wordreference.com/threads/pin-vice.660994/?hl=es>

FIGURAS

- Figura 1: <http://www.trajestipicosolvera.com/catalogo.php>
- Figura 4: <http://www.agarscientific.com/fr/pin-vice.htm>

CUADROS Y ESQUEMAS

1. Estructura del tul.






Del lado izquierdo: dibujo que describe la estructura con forma octagonal del tejido.

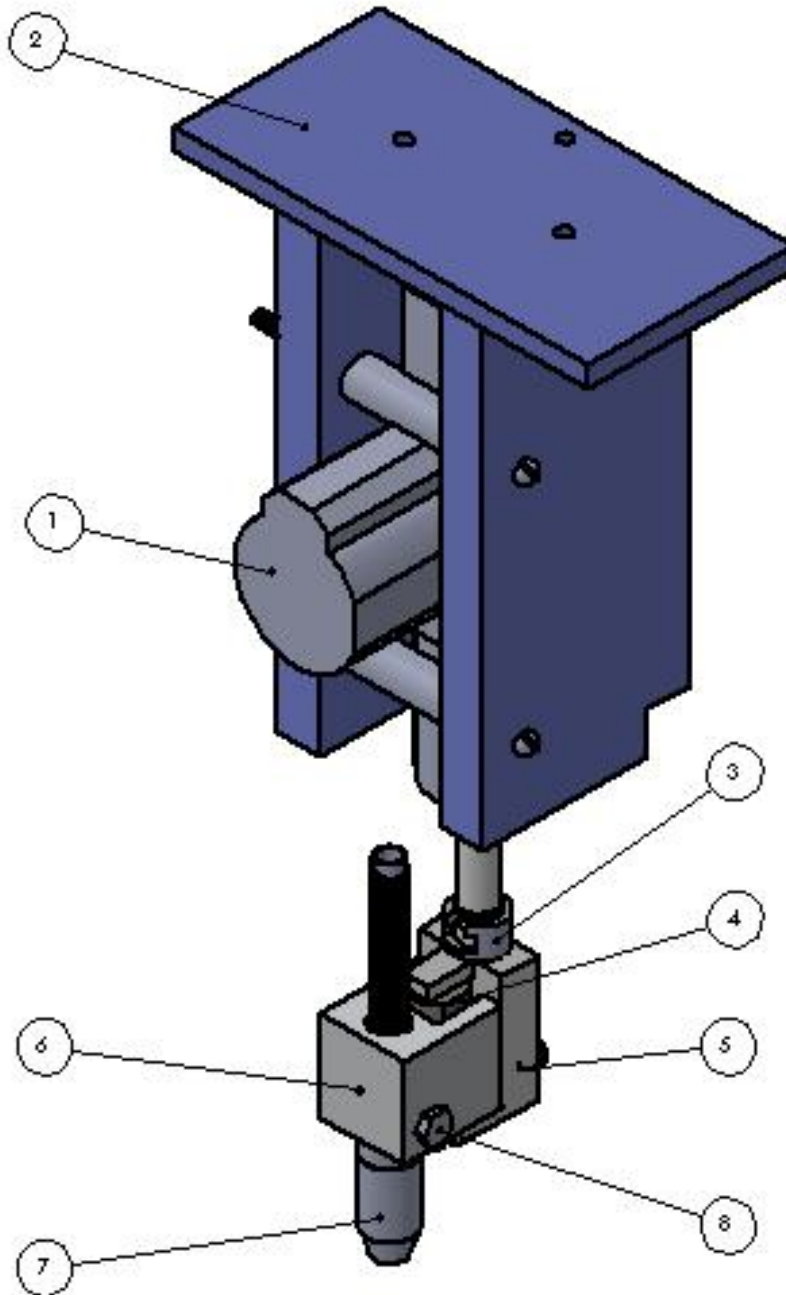
Fuente: (http://www.sewcurvy.com/corsetmakingquestions/read_105412/bobbinet-what-is-it-and-what-is-it-for.html)

Del lado derecho: fotografía tomada con acercamiento al tul utilizado comúnmente para la realización del vestido chiapaneco.

2. Cuestionario FONART; Matriz de Diferenciación entre Artesanía y Manualidad.

 Matriz de Diferenciación entre Artesanía y Manualidad			
Matriz DAM			
Nombre del productor : Mario Sandoval Murcia		Teléfono:	
Nombre Taller O Grupo: Artesanías en Tul		18 06 2013	
Estado: Chiapas		Días Mes Año	
Rama Artesanal: Textil		Municipio: Chiapa de Corzo	
Producto a evaluar: Lenzo bordado		Comunidad/Colonia: Chiapa de corzo	
Materia Prima Principal (M.P.I)		carton reciclado	
CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO		VALOR PRIORIZACION TOTAL GENERAL (A * B)	
PUNTUACION (marcar con una cruz la opción correspondiente)			
4	3	2	1
Origen de la M.P. (Principal o Inicial)	Natural	Natural (procesado industrialmente)	Artificial (procesado industrialmente)
Obtención de la Materia Prima (Principal o Inicial)	Siembra/tratamiento	Recolección/Extracción	Reciclaje
Forma de elaboración de la pieza	Creación total de la pieza	Engarzado ó cosido manualmente	Engarzado ó cosido con maquina (incluye vaído en moldes y sólo decorado)
Herramientas	Manualmente (incluye tornos, moldes tradicionales, fraguas, telares, urdidores de hamacas, maquina de pedal y herramientas hechas por el productor o un especial local)	Con herramientas adaptadas por el productor o alguien de la región	Maquinaria eléctrica
Tiempo de elaboración (Incluir las horas de los procesos)	Más de 24 horas	De 8 a 24 horas	De 5 a 8 horas
Diseño del producto	Tradicional (Respetando forma, color e iconografía de su grupo)	Tradicional con innovación	Nuevo/Neoartesania
Uso del producto	Localidad/Región	Estado	País
División del trabajo	Ceremonial	3	Decorativo/ Utilitario
Transmisión del conocimiento ¿Cómo aprendió a hacerlo?	Por género o por edad	Por especialidad	Individual (Todo el proceso lo realiza una sola persona)
	Herencia Familiar/ Legado cultural	Capacitación impartida por una institución o persona externa (diseñador, comercializador o desarrollador de productos)	Autoprendizaje (incluye cursos en escuelas con duración de hasta 1 año)
Si el productor pertenece a un grupo étnico que elabora un producto tradicional o tradicional con innovación, agregar 20 puntos más			
		Total	
		Resultado Artesanía	
Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos al desarrollo social			
De 100 a 220 puntos: Manualidad		De 221 a 275 puntos: Híbrido	
		De 280 a 420 puntos: Artesanía	
		Total	
		Resultado Artesanía	
		312	

3. Dibujo en CAD de uno de los mecanismos del sistema de Inserción de hilo; perspectiva isométrica.



- 1: Actuador eléctrico
- 2: Soportes del Actuador eléctrico
- 3: Punta del pistón del Actuador
- 4: Motor eléctrico
- 5: Soporte del Motor eléctrico
- 6: Soporte del *Pin Vise*
- 7: *Pin Vise*
- 8: Tornillo prisionero

4. Dibujo del diseño original del mecanismo del sistema de Inserción de hilo; subensamle en explosión.

