

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

"DESARROLLO DE UNA IMPRESORA 3D
MODELO PRUSA MENDEL"

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

CARRERA:
INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

CÁTEDRA:
ALGORITMOS GRÁFICOS

CATEDRÁTICO:
ING. LUDWIN ALDUVI HERNÁNDEZ

PROYECTO DE FIN DE CICLO DENOMINADO:
**"DESARROLLO DE UNA IMPRESORA 3D
MODELO PRUSA MENDEL"**

GRUPO N° 3

INTEGRANTES:
KEVIN EDUARDO CLAROS ZELAYA
ALEXIS ANTONIO RAMÍREZ GUERRERO
VICTOR ADALBERTO SALAVERRÍA CRUZ
NELSON ORLANDO BENAVIDES CUADRA
HÉCTOR ARMANDO CONTRERAS PORTILLO

FECHA DE ENTREGA:
SÁBADO 02 DE JULIO DE 2016

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este proyecto es conseguir las habilidades necesarias para fabricar una impresora 3D del tipo Rep Rap, una tipología de impresoras Open source.

Una vez conseguido este objetivo se rediseñan piezas de la propia impresora con el objetivo de mejorar el diseño actual.

Se plantea el proyecto como iniciación al mundo de la impresión 3D y de los materiales plásticos con los que se puede trabajar, PLA, HDPE, ABS o NYLON.

Se instruye al lector para que también sea capaz de montar su propia impresora 3D y se le aconseja de posibles errores y se le ayuda con consejos de montaje.

Se explica el proceso de impresión y todos los parámetros que intervienen. También cómo conseguir una calibración perfecta de la máquina obteniendo así piezas de plástico con una precisión de 0,1mm.

Finalmente se consigue una impresora capaz de modelar piezas 3D que uno mismo haya diseñado en un software CAD o simplemente capaz de imprimir diseños que se pueden descargar de la red.

Índice de contenido

1. EL PROBLEMA.....	5
1.1 TÍTULO DESCRIPTIVO DEL PROYECTO.....	5
1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	6
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.4 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	8
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	9
1.6 DELIMITACIONES.....	10
1.6.1 LUGAR O ESPACIO.....	10
1.6.2 TIEMPO.....	10
1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
1.7.1 GENERAL.....	11
1.7.2 ESPECÍFICOS.....	11
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	12
3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	19
3.1 RECURSO HUMANO.....	19
3.2 PRESUPUESTO.....	19
3.3 CRONOGRAMA.....	21
4. REFERENCIAS.....	22
5. ANEXOS.....	23
GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D MODELO PRUSA MENDEL.....	24

1. EL PROBLEMA

1.1 TÍTULO DESCRIPTIVO DEL PROYECTO

"Desarrollo de una impresora 3D modelo Prusa Mendel"

1.2 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la actualidad existe una comunidad de personas involucradas en redes de intercambio solidario de conocimientos tendientes a difundir la innovación en el ámbito de tecnologías libres. Como estudiantes de Ingeniería de Sistemas Informáticos poco a poco nos vamos integrando a esta red, con la ayuda del Ing. Ludwin Alduvi Hernández actuando como facilitador y catalizador de las múltiples relaciones entre técnicos, instituciones, empresas, proveedores, alumnos, emprendedores, científicos y tecnólogos involucrados en la temática. Este movimiento tiene como objetivo la democratización de las innovaciones, la libertad en el uso y distribución del conocimiento aplicado a las tecnologías libres y a su vez potenciar su desarrollo universal. En ese sentido, se pretende, con la ejecución de este proyecto, impulsar el desarrollo de la exploración del mundo de las tecnologías libres mediante la elaboración de una impresora 3D funcional.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Nuestro proyecto, "Desarrollo de una impresora 3D modelo Prusa Mendel", trata sobre la construcción de una impresora 3D que nos servirá para la construcción de objetos en tercera dimensión. Nos interesa la realización de este proyecto ya que queremos adquirir conocimientos sobre el mundo de la impresión en tercera dimensión y servir como ejemplo para la comunidad educativa en cuanto a proyectos de desarrollo basados en Open Source.

1.4 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

Con los fundamentos establecidos en la sección anterior, establecemos la pregunta de investigación:

¿Qué beneficios brinda la impresora 3D en nuestra comunidad educativa?

Facilita el acceso a piezas modeladas por computadora, debido a que no existe otra impresora o maquina que realice esta labor, peromite economizar el costo de piezas hechas con esta tecnologia, ya que no sería necesario el traslado a una ciudad lejana para conseguirlas.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Lo que nos condujo a la realización de este proyecto fue la idea de poder construir nuestras propias piezas, tanto las que podamos aprender a diseñar en un futuro, como los modelos que podamos conseguir por internet. Además buscamos favorecer la implementación tecnológica en la institución ya sea con la impresión de sellos, componentes para PC, e incluso los mismos componentes de otras impresoras.

1.6 DELIMITACIONES

Muchas piezas de la impresora serán componentes reciclados de otros aparatos como impresoras tradicionales, DVDs, fuentes de poder, etc. Mientras que otras serán impresas desde otra impresora 3D.

1.6.1 LUGAR O ESPACIO

La ejecución de este proyecto se llevará a cabo en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador.

1.6.2 TIEMPO

El desarrollo e implementación del proyecto "Desarrollo de una impresora 3D modelo Prusa Mendel" se da durante el Ciclo I 2016 que comprende el período marzo – julio.

1.7 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.7.1 GENERAL

Desarrollar una impresora 3D modelo Prusa Mendel funcional.

1.7.2 ESPECÍFICOS

- Realizar el montaje personalizado de las piezas.
- Programar los procedimientos necesarios para el funcionamiento de la impresora 3D.
- Presentar un presupuesto para el desarrollo de una impresora 3D con Open Source.
- Exponer los conceptos básicos para el desarrollo de impresoras 3D basados en los modelos existentes.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

¿Qué es la impresión 3D?

La impresión 3D es un proceso de fabricación por el cual un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas de material, generalmente plástico. En este proceso se usan impresoras 3D, son más rápidas, baratas y fáciles de usar que otros procesos por adición. Éstas reciben información de los archivos CAD "Diseño asistido por ordenador" que previamente se han tenido que crear y en los que se puede albergar cualquier tipo de geometría. Estos archivos contienen los datos necesarios para que la impresión 3D se realice correctamente.

Este tipo de tecnología 3D está adquiriendo cada vez más importancia en la creación de objetos. Se cree que en un futuro puede marcar un antes y un después en la industria de fabricación, ya sea, por ejemplo, la impresión de una prótesis como hasta la impresión de un hogar.

Métodos de impresión.

Existen distintos métodos de impresión 3D: extrusión, hilado, granulado, laminado y fotoquímicos.

En este proyecto nos centraremos en la extrusión, es decir, en el modelado por deposición fundida. Modelado por deposición fundida: Este tipo de modelado utiliza un filamento de plástico que se almacena en rollos de 3mm o 1,75mm dependiendo de la precisión de impresión que se desee. Se empuja el filamento a través de un extrusor, este dispositivo se calienta hasta temperaturas capaces de fundir el plástico pero sin llegar a derretirlo. Además, el extrusor es capaz de moverse en los tres ejes de forma controlada gracias a la electrónica de la impresora y a los motores de la misma.

De este modo, el plástico se deposita en una base caliente para que el hilo de plástico se quede pegado y solidifique, mientras el extrusor irá dando la forma que se ha creado en el archivo CAD.

Impresoras 3D

Las impresoras 3D nacen de la idea de convertir en objetos reales diseños realizados con un programa especializado en un ordenador. Se utilizan a día de hoy para la creación de prototipos y la matricería o prefabricación de piezas en sectores como la arquitectura o el diseño industrial. Son además muy apropiadas en la creación de prótesis médicas, pues permiten adaptarlas a las características particulares de cada paciente con facilidad. Existen en la actualidad varios tipos de impresoras 3D, por un lado están las de compactación de una masa de polvo por estratos, donde tenemos impresoras 3D de tinta que funcionan de manera que inyectan tinta aglomerante al polvo para compactarlo, es positivo el hecho de que al usar tinta se pueden mezclar colores; y, tenemos también impresoras 3D láseres, que polimerizan el polvo mediante una transmisión de energía, posteriormente, al acabar la impresión, se introduce la pieza en líquido para solidificarse. La ventaja de las impresoras 3D de tinta es que su proceso es más rápido y económico que el de las impresoras 3D láseres, y su desventaja, también frente a las impresoras 3D láseres, es que las piezas que obtenemos son más frágiles.

Por otro lado tenemos impresoras 3D que se basan en la inyección de polímeros. Se basan en la inyección de resinas líquidas que son tratadas con luz ultravioleta; son los llamados fotopolímeros. Su ventaja frente a las de polvo es que no requieren un tiempo de espera al finalizar la impresión para empezar a manipular las piezas; además se caracterizan por su gran precisión y buen acabado superficial, haciéndolas idóneas, por ejemplo, para imprimir diseños de matricería. Cabe destacar también, que han sido las primeras

impresoras en ser capaces de mezclar dos materiales distintos en una sola impresión. Su única pega es que al acabar la impresión hay que retirar unos soportes usados para la misma mediante un chorro de agua a presión.

Por último, tenemos los tipos de impresora 3D, como el del modelo que se desarrolla en este proyecto, y en general todos los modelos del Proyecto Reprap, que están basadas en la extrusión en caliente de un filamento de plástico. Se basan en empujar un hilo de plástico a través de un dispositivo, denominado extrusor, que se calienta hasta una temperatura capaz de fundir ligeramente el material de plástico utilizado, sin llegar a derretirlo por completo. De esta manera, al llegar a la punta del dispositivo, que es mucho más fina que el filamento original, va expulsando por esta un fino hilo de plástico y lo va depositando en una base. Esta base debe estar caliente para que el hilo extruido se vaya quedando pegado y así la máquina pueda ir creando la pieza capa a capa. Si la base no estuviera lo suficientemente caliente para que el hilo se pegase bien, a la vez que la máquina va ascendiendo construyendo las capas superiores iría arrastrando las capas ya impresas desfigurando por completo la pieza en construcción.

Proyecto RepRap

El Proyecto Reprap nace en el año 2005 gracias a la idea del ingeniero Adrian Bowyer de la Universidad de Bath, en el Reino Unido. El nombre Reprap proviene de "Replicating Rapid prototyper" y su filosofía desde el inicio estuvo basada en diseños y desarrollos Open Source, motivados por su idea de que la industria nunca desarrollará una máquina auto-replicable porque no le saldría rentable.

Al cabo de tres años consiguieron desarrollar el primer modelo de impresora 3D del Proyecto Reprap, y así, en Febrero del año 2008, crearon la primera impresora 3D, el modelo conocido como Darwin;

nombre inspirado del creador de La Teoría de la Evolución, Charles Darwin, pues tenían la idea de crear una sucesión de modelos que evolucionen más rápido que las especies de seres vivos. A su vez, esta impresora consiguió crear su primera réplica en mayo de ese mismo año.

Asimismo, la filosofía del proyecto RepRap es Open Source, esto quiere decir, los diseños y desarrollos de la comunidad se cuelgan en distintas páginas web, donde se pueden comentar, copiar, estudiar, distribuir y mejorar los diseños y códigos fuente que la comunidad realiza. Toda esta filosofía está explicada en su página web http://reprap.org/wiki/Main_Page traducida en parte a otros idiomas. Si el lector quiere obtener más información acerca del mundo de la impresión 3D, la web explica cómo empezar para un novato con las distintas instrucciones de la impresora que se quiera montar.

Actualmente, el proyecto RepRap está teniendo un gran éxito, por lo que seguramente en pocos años podríamos ver impresoras 3D en muchos hogares y empresas. Esto es posible ya que, a nivel económico, las impresoras RepRap plantean un muy bajo coste en comparación con grandes empresas. Implica menos poder adquisitivo, más autonomía, más desarrollo tecnológico local, menos fábricas y menos transporte de bienes.

La primera impresora RepRap se creó en febrero de 2008, llamada Darwin, nombre inspirado por la Teoría de la Evolución. Se considera la impresora padre de todas las demás, porque como veremos a continuación, a partir de este primer diseño se fueron creando mejoras y variantes, siempre buscando la simplicidad en el montaje y la menor cantidad de piezas posibles.

La impresora sucesor de este diseño fue la Mendel, realizada por Adryan Bowyer y su equipo. Pequeña como para colocarla en el escritorio, pero con un volumen de impresión suficiente para imprimir

cosas grandes, 1110 cm³.

A partir de este modelo, muy popular entre la comunidad open source, se creó un modelo derivado gracias a Josef Prusa, un estudiante de Praga.

El modelo que creó Josef fue llamado **Prusa Mendel** en 2010. Esta impresora mejora la anterior Mendel, haciéndola más simple. Supone una revolución en el campo de la mecánica de la impresión 3D y hoy en día es el estándar de construcción de las impresoras.

La Prusa Mendel es mucho más simple de construir, de modificar, de utilizar y de reparar que su antecesora.

Especificaciones aproximadas de la Prusa Mendel:

- Volumen de trabajo: (210x190x100) mm
- Materiales de trabajo: PLA, HDPE, ABS
- Configuración: tres ejes usando motores paso a paso
- Precisión: 0,1 mm
- Espesor de capa: (0,3 – 0,5) mm
- Manejo de materiales: un extrusor de deposición fundida
- Fuente de alimentación necesaria: 6 A máximo, 3 A continuos a 12V DC
- Dimensiones exteriores: (440x470x370) mm
- Peso: 7 Kg

Beneficios de la impresión 3D

Fomentan la creatividad y la capacidad de resolver problemas: la principal aportación de las impresoras 3D es su capacidad para materializar las ideas en objetos reales. Esta funcionalidad provoca un cambio de mentalidad en el estudiante que debe solventar los posibles obstáculos que surjan en el mundo físico aplicando la

creatividad e innovando hasta obtener el objetivo deseado. La adquisición de estas aptitudes prepara mejor a los estudiantes para el futuro mundo laboral.

Generan más participación: las impresoras 3D convierten la experiencia del aprendizaje en un proceso mucho más lúdico y participativo. Algunos centros escolares crean espacios comunes para utilizarlas en los que los estudiantes pueden explorar de manera conjunta. El papel del profesor para dinamizar su uso es muy importante.

Captan el interés de los estudiantes: la posibilidad de aprender a través de la práctica y de ver el resultado real de sus diseños hace que los estudiantes muestren más interés y se sientan más motivados. Esto es especialmente interesante en el caso de los estudiantes con problemas de atención que logran mejorar su capacidad de concentración. En definitiva, pasar de las clases teóricas a la creación propia puede ser un gran incentivo en el proceso de aprendizaje.

Facilitan la tarea del docente: las asignaturas de ciencias, tecnología, ingenierías y matemáticas tienen en las impresoras 3D unas grandes aliadas, ya que permiten trasladar a un escenario real conceptos que, en ocasiones, son difíciles de explicar. No obstante, y a pesar de que su uso está generalmente asociado a estas materias, las impresoras 3D también pueden utilizarse en áreas como geografía o historia para recrear mapas topográficos o lugares y personajes, a modo de ejemplo.

Promueven la colaboración entre diferentes materias y

departamentos: diversas experiencias han demostrado que el uso de impresoras 3D en el ámbito educativo fomenta la colaboración entre diferentes materias y especialidades y promueve el trabajo en equipo.

3. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

3.1 RECURSO HUMANO

Cinco estudiantes:

- Kevin Eduardo Claros Zelaya
- Nelson Orlando Benavides Cuadra
- Victor Adalberto Salaverría Cruz
- Alexis Antonio Ramírez Guerrero
- Héctor Armando Contreras Portillo

Un ingeniero:

Ludwin Alduvi Hernández

3.2 PRESUPUESTO

Artículo	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total
Varilla roscada (1 m)	6	1.00	6.00
Tornillo M3 x 10 mm	21	0.05	1.05
Tornillo M3 x 25 mm	25	0.10	2.50
Tornillo M3 x 40 mm	4	0.11	0.44
Tornillo M4 x 50 mm	4	0.16	0.64
Tuerca M8	73	0.05	3.65

Artículo	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total
Tuerca M3	41	0.02	0.82
Tornillo M4 x 50 mm	4	16	0.64
Tuerca M4	2	0.02	0.04
Arandelas M8	76	0.04	3.04
Arandelas M4	4	0.02	0.08
Arandelas M3	60	0.01	0.60
Arandelas M8 x 30 mm	6	0.08	0.48
Rodamientos	3	4.50	13.50
Termistor	1	1.50	1.50
Muelles 8 mm	2	1.80	3.60
Muelles 3 mm	8	1.50	12.00
Varilla lisa acero (1 m)	6	6.00	6.00
Correa dentada T5 840x5 mm	1	3.50	3.50
Correa dentada T5 1380x5 mm	1	3.50	3.50
Clemas o borneras	14	0.23	3.20
Cable 0.75 mm ² color rojo	1.75 m	1	2
Cable 0.75 mm ² color negro	1.0 m	1	1
Cable 0.25 mm ² color blanco	2.0 m	1	2
Cable 0.25 mm ² color negro	1.5 m	1	1
Punta para hilo 1 mm ²	2		
Punta para hilo 0.5 mm ²	28		
Base de madera (225x140x3)mm	1		
Brida	30		

Artículo	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total
Budaschnozzle	1	60.00	60.00

3.3 CRONOGRAMA

N	Nombre de la actividad	Abril 2016				Mayo 2016				Junio 2016				
		3-9	10-16	17-23	24-30	1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-30
1	Investigación inicial													
2	Compra de primeros materiales													
3	Búsqueda de partes para la armazón													
4	Compra de varillas, tuercas, arandelas, rodamientos													
5														

4. REFERENCIAS

Proyecto RepRap

http://reprap.org/wiki/Main_Page

Sobre la Prusa Mendel:

http://reprap.org/wiki/Prusa_Mendel/es

Repositorio sobre desarrollo de la Prusa Mendel por parte de RepRap:

<https://github.com/prusajr/PrusaMendel.git>

5. ANEXOS

GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D MODELO PRUSA MENDEL

Con el presente manual se pretende que cualquier lector adquiera los conocimientos necesarios para poder armar una impresora 3D basada en el modelo Prusa Mendel del proyecto RepRap.

Para amenizar las instrucciones de montaje y hacerlas más comprensibles, serán desarrolladas por capítulos, en los cuales se hará una descripción, paso a paso, de lo que se debe ir realizando.

De momento, las imágenes que ilustran cada uno de los pasos a seguir están pendientes.

CAPÍTULO 1

MONTAJE DE LA ESTRUCTURA DEL SOPORTE DE LA PRUSA MENDEL

1.1 PREPARACIÓN DE LAS VARILLAS

Para comenzar con el ensamblado de la estructura de nuestra Prusa Mendel se debe cortar las varillas (pues la adquisición más frecuente es en trozos de un metro); aunque si el usuario adquiere las varillas a medida podrá saltarse este paso.

Por un lado tenemos las **varillas roscadas**. A continuación tenemos las medidas de los cortes y cantidad de los mismos que necesitamos:

- Varilla 1: 370 mm, 370 mm, 210 mm (sobran aproximadamente 50 mm)
- Varilla 2: 370 mm, 370 mm, 210 mm (sobran aproximadamente 50 mm)
- Varilla 3: 370 mm, 294 mm, 294 mm (sobran aproximadamente 42 mm)
- Varilla 4: 370 mm, 294 mm, 294 mm (sobran aproximadamente 42 mm)
- Varilla 5: 440 mm, 440 mm (sobran aproximadamente 120 mm)
- Varilla 6: 440 mm (sobran aproximadamente 560 mm)

Por otro lado, también debemos cortar las **varillas lisas**, en este caso se puede cortar de cada varilla de un metro el par de trozos de cada medida, es decir:

- Varilla 1: 495 mm, 495 mm (sobran aproximadamente 10 mm)
- Varilla 2: 406 mm, 406 mm (sobran aproximadamente 188 mm)
- Varilla 3: 330 mm, 330 mm (sobran aproximadamente 340 mm)

1.2 MONTAJE DE LOS LATERALES

Veremos cómo se montan los laterales de forma triangular de la estructura de la impresora. Para ello debemos seguir los pasos que se describen a continuación.

1. Tomamos dos varillas roscadas de 370 mm e introducimos por cada extremo, de cada una de ellas, una tuerca y una arandela de M8.

Imagen pendiente...

2. Por un lado de cada varilla introducimos un “pie” (componente imprimible) con una arandela y una tuerca de M8, y por el otro un “vértice”, con otra arandela y otra tuerca de M8.

3. A continuación introducimos, en una tercera varilla roscada de 370 mm, una “abrazadera” (componente imprimible), de manera que quede centrada; y, a cada lado de la misma una arandela y una tuerca de M8.

4. En la misma varilla introducimos en cada extremo una tuerca y una arandela de M8, dejándolas cerca de los extremos, de momento.

5. En los extremos introducimos los dos “pies” anteriormente usados, seguidos, cada uno, de una arandela y una tuerca de M8. Con esto habríamos ensamblado un lateral.

De momento no ajustar las tuercas por completo.

6. Para finalizar, repetimos los cinco pasos anteriores con piezas y componentes homónimos. Así se habrán obtenido los dos laterales de nuestra impresora.

1.3 UNIÓN DE LOS LATERALES EN SU PARTE INFERIOR.

Con los laterales montados debemos unirlos. Comenzaremos con la unión por la parte inferior, es decir, la unión de los “pies” de la impresora.

1. Tomamos una de las varillas roscadas M8 de longitud 294 mm e introducimos la pieza “soporte motor Y” (componente imprimible) de manera que quede centrada. Por cada lado se introducen además una arandela y una tuerca de M8, que se llevan hasta la pieza mencionada; pues cuando apretamos todas las tuercas, estas que acabamos de introducir, sujetarán dicha pieza. Por último introducimos una tuerca y una arandela de M8 también por cada lado.

2. Se debe mostrar mucha atención a este paso pues requiere muchos componentes. Introducimos una varilla roscada, también de 294 mm por el agujero de M8 que queda libre en la pieza “soporte motor Y”, utilizada en el paso anterior, e introducimos a la izquierda de esta una arandela y una tuerca de M8, que se dejan pegadas a la pieza mencionada; seguidas de una tuerca y una arandela de M8, más una pieza de las denominadas “abrazaderas” (componente imprimible). Tras estas, otra arandela y otra tuerca de M8 que, junto con la arandela y la tuerca anterior, sujetarán la “abrazadera”. Por último, se introducen otra tuerca y otra arandela de M8.

3. De nuevo estamos ante un paso que requiere gran cantidad de componentes, por lo que se recomienda al lector prestar mucha atención. Consiste en introducir por el otro lado de la varilla, empleada en el paso anterior, una arandela y una tuerca de M8, que se dejarán pegadas a la pieza “soporte motor Y”; seguidas de dos

arandelas de M8 más una arandela de M8x30, una arandela de M8, un rodamiento del tipo 608zz, otra arandela de M8, otra arandela de M8x30 y otra tuerca de M8; que se dejarán también arrimadas a la pieza situada en el centro anteriormente mencionada. Tras esto se introduce también una tuerca y una arandela de M8, seguidas de una “abrazadera” y otra arandela y otra tuerca de M8. Por último se introducen en el extremo otra tuerca y otra arandela de M8.

4. Ahora introducimos los extremos de las varilla en los orificios de M8 de uno de los “pies” de cada lateral, los cuales ya montamos en el apartado anterior, con una arandela y una tuerca de M8 en cada uno de los extremos.

Esta parte recién ensamblada es lo que tomaremos como la parte anterior, frontal, de la impresora.

5. Hacemos lo propio para la parte posterior, pero en este caso no tenemos que montar el soporte de ningún motor, lo que hace que esta parte sea más sencilla. Tomamos otra de las varillas roscadas M8 de 294 mm y le introducimos en cada extremo una tuerca y una arandela de M8.

6. Nuevamente nos encontramos en un paso con gran cantidad de material así que se pide el máximo de atención por parte del lector. Para hacerlo más sencillo se dividirá en dos pasos.

6.1 Tomamos la última varilla roscada de 294 mm y le introducimos por uno de los lados un rodamiento, con una arandela M8, una arandela de M8x30 y una tuerca de M8 y lo posicionamos de manera que quede aproximadamente enfrente del rodamiento colocado en la varilla que conformaba la parte frontal de la estructura. Además

introducimos otra tuerca y otra arandela de M8, más una “abrazadera” y otra arandela y otra tuerca de M8. Por último, añadimos otra tuerca y otra arandela de M8 que dejamos en el extremo.

6.2 Este paso completa el anterior (pues se dijo que se dividía en dos partes). Consiste en introducir por el otro lado de la varilla una arandela de M8, una arandela de M8x30 y una tuerca de M8, que se dejarán pegadas al rodamiento ya insertado en el paso 6; más una tuerca y una arandela de M8, una “abrazadera” y otra arandela y otra tuerca de M8; y, para finalizar, otra tuerca y otra arandela de M8.

7. Como ya hicimos con la parte frontal, introducimos las dos varillas, preparadas en los últimos pasos, por los agujeros de M8 de los “pies”, que aún están libres, de cada lateral. Y, para cerrar el montaje, añadimos en los extremos de las respectivas varillas una arandela y una tuerca de M8.

1.4 UNIÓN DE LOS LATERALES EN SU PARTE SUPERIOR.

En este apartado se describe paso a paso cómo unir los laterales por la parte superior.

Para ello se deben seguir las instrucciones que vienen a continuación.

1.- Tomamos dos de las varillas roscadas de M8 de 440 mm y las pasamos, parcialmente por los respectivos orificios de M8 de una de las piezas denominadas “vértices” (componente imprimible). A continuación, introducimos una arandela y una tuerca de M8 por cada una, y las arrimamos a dicho vértice por el que hemos pasado las varillas. Seguidamente introducimos otra tuerca y otra arandela de M8

por cada varilla.

2. Seguimos pasando las dos varillas hasta que atraviesan los agujeros del otro vértice e insertamos en uno de los extremos, de cada varilla, una arandela de M8, una tuerca de M8 y otra arandela de M8.

3. En esos mismos extremos de esas dos varillas añadimos la pieza denominada "soporte motor Z" (componente imprimible); y, tras esta, una arandela y una tuerca de M8 en cada varilla. Así tendremos montado uno de los dos extremos superiores.

4. Introducimos en el otro extremo de las dos varillas utilizadas en este apartado, una arandela M8, una tuerca M8 y otra arandela M8; y, a continuación repetimos el paso 3 en este otro extremo.

Con esto habríamos acabado este apartado, con lo que tendríamos la parte exterior de la impresora, laterales, parte anterior, parte posterior y parte superior, montada al completo.

1.5 COLOCACIÓN DE LAS VARILLAS TRANSVERSALES Y LA BASE DE MADERA.

Una vez hemos montado la estructura exterior de la impresora vamos a colocar las varillas transversales, las cuales, como ya puede deducirse, se sostendrán con las "abrazaderas" que hemos ido poniendo en los apartados anteriores.

1. Se hace pasar la última varilla roscada de M8 que tenemos, que debería ser de 440 mm, por las "abrazaderas" situadas en la parte inferior de los laterales de la impresora.

2. A continuación, introducimos, en cada extremo de última varilla colocada, una tuerca y una arandela de M8, una "abrazadera" y otra arandela y otra tuerca de M8.

3. Ahora, por otro lado, situaremos las dos primeras varillas lisas de acero inoxidable. Serán las de 406 mm, y las haremos pasar por las parejas de "abrazaderas", a lo largo del eje Y.

4. Lo siguiente es colocar la primera base, la de madera de 140 mm x 225 mm (que es la de menor tamaño de las tres). Para ello, inicialmente debemos hacer un primer ajuste de medidas, consistente en que entre las dos varillas lisas recién colocadas haya, exactamente, 140 mm; coincidiendo con la medida de lo dos laterales cortos de esta base rectangular que vamos a montar.

5. Una vez hecho esto, y antes de poner la base en su lugar, debemos taladrar cuatro agujeros en las esquinas de dicha base. Los agujeros deben ser de 3 mm y deben colocarse, a escuadra, a 8 mm x 8 mm de la esquina correspondiente.

6. El siguiente paso ya es pegar los cuatro "rodamientos", que permitirán a las bases moverse a lo largo del eje Y, a la base de madera. No debemos confundir estos "rodamientos", que son de plástico, (impresos con otra impresora 3D), con los rodamientos del modelo 608zz, o los rodamientos lineales como los LM8UU, que son metálicos, y de los cuales (los del tipo 608zz) ya usamos dos para colocarlos en una de las varillas frontales de la impresora y otra de las de la parte posterior de la misma; ver pasos 3 y 6 (respectivamente), del apartado 1.3 para más información. El uso de estos dos

rodamientos mencionados tiene como finalidad que la correa dentada, que será ensamblada posteriormente, del eje Y, pueda deslizarse con facilidad.

Este paso puede realizarse de dos maneras. Puede tratar de sacar las medidas exactas en las que colocar los “rodamientos” en la base de madera; o, puede situar los mismos en las varillas lisas (dos en cada una), separados de centro a centro, los dos que coinciden en la misma varilla, 120 mm, untarlos de pegamento y situar la base de madera.

Con esto habríamos acabado este apartado.

1.6 AJUSTE DE MEDIDAS EXTERIORES Y ENSAMBLADO DEL EJE Y

En esta parte del ensamblado nos dedicaremos a ajustar las medidas idóneas, y para ello debemos disponer de un metro, o un calibre o pie de rey para mayor precisión, y una llave de M8 que nos permita apretar las tuercas que tenemos. Por simplicidad y con la idea de que el texto no se haga repetitivo, omitiremos el detalle de apretar las correspondientes tuercas. El lector debe saber que cuando acabe de ajustar una medida debe ajustar todas las tuercas de las varillas y elementos que se vean afectados por dicha medida.

1. Comenzaremos por los laterales. Como ya se explicó en el apartado 1.1 debemos crear un triángulo equilátero en cada lateral. La medida de cada lado debe ser 290 mm de arandela a arandela (en concreto, de la cara de la misma que da contra la pieza que esté en el extremo, o, lo que es lo mismo, de la cara opuesta a la cara opuesta de una a la otra).

2. A continuación, ajustamos las medidas de las varillas de la parte anterior y posterior de la impresora, dejando todas ellas a una distancia, de nuevo de arandela a arandela, de 234 mm, para la parte frontal.

3. La misma medida se aplica a la parte superior de la estructura.

4. Lo siguiente es conseguir que la varilla roscada de M8 que atraviesa la estructura por la parte inferior, de forma transversal, quede aproximadamente igual de saliente por un lateral que por el otro; y, lo que sí es importante, que el centro del orificio de las "abrazaderas", colocadas en la misma, queden alineados con el centro del agujero circular grande que poseen los "soportes motor Z". Más adelante se podrá rectificar la posición de estas "abrazaderas" en caso de que no estén del todo correctamente colocadas.

5. Ahora ajustaremos las medidas para poner en su posición exacta las "abrazaderas" de las partes anterior y posterior de nuestra Prusa Mendel. Para no dañar ningún "rodamiento", no hay que olvidar que son de plástico y podrían dañarse o despegarse de la base, si hacemos movimientos de apertura o cierre de las varillas lisas (como consecuencia de mover las "abrazaderas"), recomiendo quitar la base de madera, que ya debe de llevar los cuatro "rodamientos" pegados; aprovechando otra de las ventajas de estos "rodamientos", y es que, al no ser cerrados completamente, podemos montarlos/desmontarlos con facilidad.

Como ya dijimos, de varilla lisa a varilla lisa (de cara interior a cara interior) debe haber 140 mm; pero además, desde el centro de uno de los lados de la "abrazadera" (el más pegado al lateral) a la cara de la arandela, situada en el extremo, que da contra el "pie", debe haber 39 mm.

Lo mismo se aplica para la "abrazadera" del lado opuesto; y, también, para las que están en la parte contraria de la impresora (parte anterior, siendo esta la posterior).

6. Para ajustar la posición de los rodamientos por los que deslizará la

correa es conveniente colocar antes el motor del eje Y; ya que no tenemos una distancia concreta a alguno de los laterales. Por tanto, simplemente (como se verá más adelante en más detalle) hay que sobreponer la correa dentada de 840 mm (que será la utilizada para el eje Y), lo cual será más preciso con el motor colocado, y comprobar que ambos rodamientos están justo uno en frente del otro.

7. Así pues, tomamos uno de los motores paso a paso y una de las "poleas". En la "polea" introducimos una tuerca de M3 en lugar habilitado para ello.

8. Seguidamente introducimos un tornillo de M3x10 por el orificio correspondiente.

9. Y luego introducimos el eje del motor por el agujero de la parte inferior de la "polea" hasta donde veamos que es conveniente, no necesariamente debe ser hasta el final del eje. El lector comprobará en seguida que debe aplicar bastante fuerza para realizar esta operación, lo cual garantiza que, incluso sin tornillo, muy probablemente la "polea" no se saldrá del eje. Si ve que aun así, aplicando bastante fuerza, no es posible introducir el eje en la "polea", ensanche ligeramente el agujero con una lima o un taladro y una broca de M3 (incluso cabe la posibilidad de limar un poquito el exterior del eje del motor). Lo colocamos sobre la pieza "soporte motor Y", cogemos tres tornillos y tres arandelas de M3 y los usamos para sujetar el motor a dicha pieza.

El problema, que el lector detectará enseguida, es que el motor es demasiado pesado y el "soporte motor Y" se dobla ligeramente hacia el lado en el que se encuentra el propio motor. Para solucionar este problema se puede colocar una brida, de manera que abrace el motor

a la varilla roscada que queda por encima.

Ahora sí, podemos retomar brevemente el paso 6 para colocar con mayor precisión los rodamientos que, como ya se explicó, deben quedar uno enfrente del otro.

10. Hecho esto, debemos taladrar la base de madera para poder colocar las “pinzas” que sujetaran las correas dentadas.

En primer lugar, debido a no tener una referencia exacta de por dónde irá la correa, tenemos que recolocar la base en su sitio; para ello encajamos los “rodamientos” en las varillas lisas. Hecho esto, sobreponemos la correa dentada de manera que podamos ver cómo quedaría y la sujetamos.

11. Con esa referencia tomada, retiramos la correa dentada, volvemos a quitar la base (desencajando con cuidado los “rodamientos”) y ponemos la pieza “pinza” sobre la referencia, simulando, con la mayor precisión posible, cómo debería quedar colocada posteriormente esta pieza. En esa posición marcamos, a través de los agujeros de dicha pieza, los puntos en los que taladrar, y con un taladro y una broca de M3 hacemos los dos agujeros. Posteriormente repetimos este paso para la referencia tomada con el otro extremo de la correa.

12. A continuación, volvemos a colocar la base de madera en su posición (encajando de nuevo los “rodamientos”), colocamos la correa dentada en su posición definitiva (es importante asegurarse de que pasa por los dos rodamientos y por la polea del motor), enganchamos un extremo a la base colocando una “pinza” e introduciendo por encima de la base dos tornillos M3, cada uno con una arandela M3, y por debajo de la base una arandela y una tuerca de M3 en cada tornillo.

Apretamos fuerte y comprobamos que el extremo está bien sujeto.

13. Con un extremo sujeto, hacemos lo propio con el otro extremo, pero en este caso debemos asegurarnos de que la correa está sujeta y de que queda bien tensa.

1.7 PREPARACIÓN DE EXTREMOS EN X Y ENSAMBLADO DEL EJE Z

Prepararemos los extremos del eje X y dejaremos ya ensamblado el eje Z. Se preparan estos extremos del eje X porque son piezas compartidas con el eje Z; sin embargo se monta primero el eje Z porque es más sencillo hacerlo así que ensamblar en primer lugar el eje X.

1. Tomamos las piezas "lateral con motor" y "lateral sin motor" (componentes imprimibles) y les introducimos por los agujeros paralelos de M8 cuatro tuercas de M3 a cada uno, de manera que estas queden encajadas en los orificios habilitados para ello. Seguidamente introducimos ligeramente cuatro tornillos de M3, en cada pieza, sólo hasta que se comiencen a enroscar en las respectivas tuercas, de manera que los agujeros de M8 por los que metimos las tuercas no queden obstruidos pero estas y los tornillos estén los más fijos posible.

2. El siguiente paso es tomar otros cuatro "rodamientos" y pegar dos en cada una de las dos piezas utilizadas en el paso anterior en los carriles diseñados para esto. Se deben pegar de manera que quede uno pegado al extremo superior del carril y otro al extremo inferior.

Para pegar estos materiales podemos usar de nuevo pegamento o

incluso Acetona; la cual disuelve el plástico, por lo que echando una capa finita y uniendo rápidamente las dos partes podemos llegar a hacer que queden como si estuviesen fundidas.

3. Por último, para terminar de preparar estos extremos del eje X, en la pieza "lateral sin motor" debemos introducir por el agujero de M8, que esta pieza tiene en su lateral, el trozo de 50 mm de varilla roscada de M8 (o en su defecto, el tornillo de M8x50). En la parte interior, la parte del trozo de varilla que queda más pegado al tronco de la pieza, ponemos una arandela y una tuerca de M8; y, por el otro extremo, una arandela de M8x30, una arandela de M8, un rodamiento del tipo 608zz, otra arandela de M8, otra arandela de M8x30 y una tuerca de M8.

Con esto habríamos preparado lo necesario, los extremos del eje X para poder ensamblar el eje Z y no complicar el posterior montaje del eje X.

4. Para comenzar con el eje Z hay que colocar dos tuercas en los orificios, realizados para ello, en cada uno de los "soporte motor Z".

5. Ahora cogemos una de las dos piezas "sujeción" y la colocamos, con dos tornillos de M3x25 (que se enroscan en las tuercas del paso anterior) y una arandela M3 cada uno, en uno de estos "soporte motor Z", dejándolo ligeramente suelto de momento.

Seguidamente hacemos lo propio en el otro "soporte motor Z".

En este paso tenemos un problema, y es que si introducimos los tornillos luego no podremos poner los motores del eje z en su correspondiente lugar.

Tenemos dos soluciones, una es meter los tornillos por los orificios

donde encajamos las tuercas y poner las tuercas donde quedarían las cabezas de los tornillos y, la otra, que es la que el autor escogió y, por tanto, recomienda, que consiste en cortar los tornillos de manera que cuando apretemos la pieza queden a ras de la tuerca.

Como se ha dicho, el autor escogió y recomienda, la segunda opción, porque si en un futuro queremos o necesitamos quitar esta pieza, "sujeción", es más sencillo; pues si lo resolvemos por el primer método para quitar la pieza "sujeción" tendríamos previamente que quitar el motor correspondiente.

6. Lo siguiente es coger una de las varillas lisas de M8 de longitud 330 mm y la colocamos de manera que quede sujeta con una "abrazadera", de las colocadas en la varilla roscada que atraviesa la impresora de lateral a lateral por la parte inferior de la misma, y una "sujeción" de las colocadas en el paso anterior. Debemos asegurarnos de que esta varilla queda perfectamente vertical.

Hacemos lo mismo en el otro lateral y encajamos los "rodamientos" de las piezas "lateral con motor" y "lateral sin motor" en las varillas lisas recién colocadas.

Es especialmente importante tener en cuenta que la pieza "lateral con motor" es la que debe quedar a la izquierda y "lateral sin motor" a la derecha; recordando que se considera la parte frontal aquella en la que está el motor del eje Y.

7. Ahora ponemos una tuerca de M8 en el orificio, específico para ello, de la parte inferior de la pieza "lateral con motor".

8. Seguidamente, en la misma pieza, introducimos, por la parte superior del conducto hexagonal, uno de los muelles con diámetro interior de 8 mm y sobre él colocamos otra tuerca de M8.

9. Ahora tomamos una de las varillas roscadas de M8 de 210 mm y la hacemos pasar por ambas tuercas.

Repetimos los pasos 7, 8 y 9 para la pieza "lateral sin motor" (se podría haber hecho perfectamente en el orden contrario).

10. Por otro lado, preparamos los "acopladores", que nos permitirán conectar estas últimas varillas roscadas utilizadas con los ejes de los motores del eje Z. Para ello tomamos un "acoplador" y le introducimos dos tornillos de M3x25, con una arandela de M3, por los correspondientes agujeros laterales de la pieza. Por el otro lado de la pieza se pone una arandela de M3 y una tuerca de M3 en cada tornillo, que se utiliza para apretar el mismo (aunque de momento lo dejaremos sin apretar).

Esta pieza puede tener un problema, que consiste en que las fuerzas de torsión y, sobre todo, de tracción que soportará, cuando la impresora esté trabajando, puede hacer que se parta por la mitad. Una solución, que el autor implementó con éxito, es recubrir dicha pieza con una fina chapa metálica; a la que previamente le haremos los taladros correspondientes para que coincidan con los agujeros de la pieza, y seguidamente le daremos la forma de la pieza (lo cual puede hacerse fácilmente, por ejemplo, con un gato y un alicate).

11. Hecho esto colocaremos los motores del eje Z. Para ello tomamos dos de los motores paso a paso y los colocamos sobre las piezas "soporte motor Z" en el lugar habilitado para ello.

12. Ahora cogemos cuatro tornillos de M3x10, con cuatro arandelas de M3, y los colocamos en los cuatro agujeros que cada motor posee para ello. Dejaremos el motor sujeto a la pieza "soporte motor Z"; y,

repetimos la operación para el otro motor, también colocado en el paso anterior.

13. Seguidamente, introducimos el eje del motor, en el agujero de 5 mm de diámetro que posee en uno de sus extremos la pieza "acoplador" y apretamos el tornillo de esa parte de dicha pieza.

Y hacemos lo mismo con el otro motor del eje Z y con el otro "acoplador".

14. A continuación vamos pasando las varillas roscadas de M8 de 210 mm que habíamos puesto en las piezas laterales del eje X, hasta que las introducimos por el otro orificio, de 8 mm, de los "acopladores". Una vez introducidas apretamos los tornillos correspondientes para que queden bien fijadas.

1.8 ENSAMBLADO COMPLETO DEL EJE X.

Terminaremos de montar definitivamente el eje X, ensamblando las varillas lisas que forman dicho eje, el motor y la correa dentada que permitirán el movimiento, y el "carro" que se mueve en dicho eje.

1. El primer paso es introducir una varilla lisa de M8 de 495 mm por los orificios de M8 de las piezas laterales del eje X, de manera que quede al límite del agujero de 8 mm de la pieza "lateral sin motor" y sobrante en el lado en el que iría el motor en la pieza "lateral con motor".

Como se puede comprobar, si la varilla se sujeta en esa posición, el motor no encajaría, por lo que es necesario hacerle un rebaje a la misma (que fue lo que hizo el autor). Para hacer este rebaje, se marca la zona de la varilla en la que es necesario hacer la operación, se

saca la varilla de los agujeros por los que la hemos introducido y, con un torno, piedra de afilar, o herramienta de que se disponga para realizar el rebaje, se hace el mismo.

Si no se dispone de los medios para hacer dicho rebaje, se pueden cortar las varillas lisas para que queden justo hasta el límite de los agujeros de ambas piezas laterales.

2. Solucionado el problema, volvemos a introducir la varilla lisa de M8 de 495 mm en los agujeros de 8 mm de las piezas laterales (ya que si nos hemos decidido por la opción de hacer el rebaje, debemos haber sacado la varilla para ello); y, hacemos lo propio con la otra varilla lisa de M8 (que no precisa de ningún rebaje).

Como ya se especificó inicialmente, hay que posicionar las varillas lisas de manera que queden al límite de la pieza "lateral sin motor" y sobrantes en la pieza "lateral con motor" (en el caso de haber optado por hacer el rebaje).

Debemos tener en cuenta que, la varilla más próxima al soporte del motor, de la pieza "lateral con motor", debe tener el rebaje que le hicimos en el paso 1.

3.- Una vez las varillas estén bien colocadas debemos hacer que queden sujetas. Para ello apretamos los tornillos de M3x10, que colocamos en la parte inferior de las piezas laterales en el paso 1 del apartado 1.7.

Ojo, es importante tener en cuenta que las tuercas que iban por dentro de las piezas laterales, encajadas en unos agujeros específicos para ello, están sobre sólo un par de capas de plástico, por lo que, si los tornillos se aprietan en exceso, podría arrancarse el pedazo de plástico que queda entre la tuerca y el tornillo imposibilitando la función de este último de sujetar las varillas lisas.

La solución que implementó el autor para este problema consiste en pegar por debajo de los agujeros arandelas de M3. De esta manera se le da algo más de fuerza a las piezas y se arregla el problema.

4. Por otro lado, al igual que hicimos para el motor del eje Y, debemos introducir la “polea” que nos queda en el eje del motor del que utilizaremos para el eje X. Esta operación se realiza exactamente igual que la realizada para el eje Y, con la salvedad de que, en este caso, es conveniente introducir la polea en el orden contrario al caso para el eje Y.

5. Con el motor preparado, lo posicionamos en el soporte para el mismo que incluye la pieza “lateral con motor” y lo sujetamos a esta pieza con cuatro tornillos de M3x10 (con sus respectivas arandelas de M3).

6. Preparamos ahora el “carro” del eje X. Para ello debemos pegarle los cuatro últimos “rodamientos” en los lugares de la pieza “carro” específicos para ello. A fin de asegurar un movimiento más suave a la hora de trabajar con la impresora, se recomienda al lector enganchar los cuatro rodamientos a las varillas lisas del eje X, untarles de pegamento por la parte plana, podemos de nuevo usar pegamento o acetona para ello y, finalmente, colocar, el “carro” sobre ellos en la posición correcta.

Es importante que las dos partes salientes del “carro” queden hacia la parte trasera de la estructura.

7. Nos quedaría ahora colocar la correa. En primer lugar se cogen las dos últimas “pinzas” y se les introduce por un lado dos tornillos de M3x25 (con su respectiva arandela de M3 cada uno).

8. Se introducen, los tornillos, por los agujeros de las dos partes salientes del "carro" y se sujetan con sendas tuercas que se colocan por la parte inferior de dichos salientes. Aunque se dejan aún sin apretar.

9. En el hueco que queda entre una de estas pinzas, por ejemplo la de la derecha (para las imágenes de la figura 80) y el "carro", se introduce uno de los extremos de la correa dentada de 1380 mm de longitud, quedando los dientes hacia arriba; es decir, hacia la parte de la "pinza".

Se aprietan entonces fuertemente los tornillos de la "pinza" en cuestión, de modo que la correa quede bien fijada.

10. Colocamos la correa dentada correctamente, de manera que pase por la polea del motor y por el rodamiento en el lateral opuesto, y se pasa el otro extremo por el mismo hueco que en el paso anterior pero, en este caso, para la otra "pinza".

En este paso, antes de apretar bien los tornillos debemos asegurarnos de que la correa queda bien tensa.

Que las correas queden bien tensas provocará que no tengamos, o que si lo tenemos sea mínimo, backlash. Esto es, los milímetros que se pierden de movimiento hasta que el diente de la polea engancha el siguiente diente de la correa dentada al hacer un cambio de dirección.

Habríamos acabado así el ensamblado del eje X; teniendo el cuerpo de nuestra Prusa Mendel casi acabado.

1.9 MONTAJE DE LOS FINALES DE CARRERA

Se colocarán los finales de carrera en sus correctas posiciones. Sin embargo, previamente se deberán cablear los mismos para, posteriormente, conectarlos como se debe a la placa electrónica.

1. Para comenzar tomamos los hilos de cable de 0,25 mm² de sección, blanco y negro, de que disponemos y los troceamos en tres partes cada color. Como de largo sea cada trozo dependerá del final de carrera que se cableará con el mismo.

Es importante tener en cuenta en este punto que debemos elegir una ubicación para la electrónica antes de cablear nada; pues de ella dependerá, principalmente, la longitud de los cables para cada elemento. Si elegimos ubicarlo en la parte frontal de la impresora, como hizo el autor, debemos disponer previamente de un tablón de madera o el material que se prefiera de dimensiones mínimas 260x60 mm.

Una vez tenemos claro donde ubicaremos la electrónica, debemos tener en cuenta, para el caso de los finales de carrera, que el del eje Y y el del eje Z permanecerán fijos, sin embargo el del eje X se moverá en sentido vertical a lo largo del eje Z. Luego, antes de cortar el pedazo de cable, tanto blanco como negro, para asignárselo a este último final de carrera, debemos asegurarnos que será lo suficientemente largo para llegar, sin estar tenso, a cualquier posición del final de carrera.

Para comprobar la longitud que necesitamos de cables debemos tener en cuenta que el final de carrera del eje X estará en el lateral del mismo eje donde se encuentra la pieza "lateral con motor", parte izquierda de la máquina (vista por la parte frontal, parte donde está el motor del eje Y); el del eje Y estará en la unión de los laterales donde no hay motor, parte posterior de la impresora; y, el del eje Z estará en la parte baja del propio eje Z.

2. Con los hilos cortados, blanco y negro, para cada final de carrera,

procederemos a soldarlos a las patillas correspondientes. El cable negro se soldará a la patilla exterior que está justo en el lado donde la pletina que activa el dispositivo está en contacto con el cuerpo del mismo, patilla C (Común); y, el blanco justo en la otra patilla exterior, patilla NC (Normalmente Cerrado). La patilla central puede quedar desconectada; de esta manera el funcionamiento del final de carrera será esencialmente abierto/cerrado, siendo un circuito cerrado si no presionamos la pletina, y un circuito abierto si la presionamos.

3. Ahora debemos unir estos dispositivos a las piezas “soportes finales de carrera”. Si los finales de carrera de los que disponemos son del tamaño suficiente, se pueden unir a las piezas mencionadas mediante tornillos M3x20. Y si por el contrario, como le pasó al autor, son demasiado pequeños, debemos pegarlos.

4. A continuación, se acoplan los “soportes finales de carrera” en las varillas lisas de sus respectivos ejes y se sostienen introduciendo por uno de los laterales un tornillo de M3x25 con su respectiva arandela de M3 y por el otro otra arandela de M3 y una tuerca de M3.

5. Finalmente se pone una punta (para cable de 0,5 mm ²) en el extremo libre de cada hilo, tanto negro como blanco, y se aplasta la parte metálica de la misma con una grimpadora o, en su defecto, un alicate. Se introducen en clemas y se acoplan estas últimas cerca de donde se ubicará posteriormente la electrónica; si el lector quiere hacerlo como decidió hacerlo el autor, deberá hacer tres taladros en la plancha de madera descrita en el paso 1 de este capítulo, de manera que se acoplen las clemas a la misma mediante tres tornillos de M3x25 con su respectiva arandela y tuerca de M3.

Con el fin de dejar el cableado de los finales de carrera bien organizado se pueden entubar en un tubo de riego de diámetro interior 3 mm o en un tubo helicoidal. La principal diferencia es que si se utiliza el tubo de riego, para ponerlo y quitarlo debemos sacar las puntas de las clemas o rajar el tubo. Luego estos tubos se sujetan con bridas a las varillas que más nos convengan de la estructura para que queden recogidos, mejorando así la estética de nuestra impresora 3D.

Con esto abríamos acabado, quedándonos sólo ensamblar la base de aluminio y la base caliente para finalizar todo el montaje estructural de nuestra Prusa Mendel.

1.10 COLOCACIÓN DE LA BASE DE ALUMINIO Y LA BASE CALIENTE

En este apartado se mostrará como ensamblar tanto la base de aluminio como la base

caliente sobre la que se debe imprimir.

1. Utilizando la base de caliente como guía, hacemos cuatro taladros en la base de aluminio de manera que queden alineados con los de la base anterior, quedando la base caliente, o heated bed, perfectamente centrada sobre la de aluminio.

2. Ahora se coge la misma base de aluminio, de 225x225 mm, que ya habíamos taladrado también en el apartado 1.5 y se introduce por cada uno de estos taladros un tornillo de M3x40 con su respectiva arandela de M3.

3. Por la parte inferior se coloca una tuerca de M3, una arandela de M3, un muelle de diámetro interior 3 mm, otra arandela de M3 y otra tuerca de M3, en cada tornillo.

4. Ahora encajamos los cuatro tornillos en los agujeros de la base de madera ensamblada en el apartado 1.5.

5. Hacemos que queden sujetas, ambas bases, poniendo una arandela de M3 y una tuerca de M3, por debajo de la base de madera, en cada tornillo; como puede verse, para uno de ellos.

6. Apretamos las tuercas de manera que, con ayuda de un nivel, nos aseguremos de que las bases queden perfectamente horizontales.

7. Por otra parte debemos preparar la base caliente o heated bed, para ello se suelda un hilo rojo de $0,75 \text{ mm}^2$ en uno de los pads laterales que tiene disponible; y, un cable negro de la misma sección en el pad del otro extremo. En los extremos libres de estos dos cables se debe poner una punta (para cable de 1 mm^2) para facilitar su posterior conexión.

8. Se coge también un termistor de 100 ó 200 K Ω y se le sueldan a sus patas un hilo de $0,25 \text{ mm}^2$ blanco y otro negro, de la misma sección, respectivamente (da igual en que pata coloques cada uno porque no tiene polaridad). Se coloca el termistor en el centro de la base caliente y se sujeta a esta con cinta de Kapton. El modelo Mk2 de la base caliente lleva un orificio en el centro para encajar el termistor.

El termistor será el dispositivo que nos permita controlar la temperatura a la que se encuentra la base, y es importante tener en cuenta si este es de 100 o de 200 K Ω para la futura configuración del firmware del microcontrolador.

9. Hecho esto, se introducen cuatro tornillos de M3x25 en los respectivos agujeros de esta base caliente, de manera que quede hacia abajo la parte en la que se ve el circuito impreso y hacia arriba, por tanto, la parte de las letras; esto es meramente por precaución, pues al trabajar con la impresora se podría dañar el circuito impreso y, en consecuencia, estropear la base.

Por la parte de abajo se ponen dos tuercas, juntas, de M3, simplemente para que la base caliente quede por encima de la de aluminio en la cantidad justa como para no tocarse con la cabeza de los tornillos que unen la de aluminio con la de madera.

Se introducen los tornillos por los cuatro agujeros que hicimos en la base de aluminio al comienzo de este apartado, y se coloca por debajo de dicha base una tuerca de M3 en cada tornillo.

10. Ahora se recubriría la parte superior de la base caliente con cinta de kapton. Opcionalmente se puede colocar un cristal, espejo, o base de metacrilato, de 200x200x3 mm sobre la base caliente y sujetarla a la misma con pinzas para el papel, por ejemplo.

En este caso lo que se recubre con kapton es esta base que colocamos encima, en la cual se ha colocado un espejo.

Abríamos acabado así todo el ensamblado de la estructura del soporte de nuestra Prusa Mendel, dando paso en la siguiente parte del proyecto a hacer lo propio con el extrusor que utilizaremos en la misma.

CAPÍTULO 2

MONTAJE DEL EXTRUSOR

2.1 ENSAMBLADO DEL CUERPO DEL EXTRUSOR

De forma similar a como se describió el montaje de la estructura, se explicará el ensamblado del extrusor mediante las instrucciones, paso a paso que se encuentran a continuación.

1. En primer lugar montaremos el extrusor con las partes imprimibles y sus correspondientes tornillos, rodamientos, etc.

Así pues cogemos la pieza que hemos denominado como "cuerpo" y le colocamos dos rodamientos, del tipo 608zz, en los huecos que tiene habilitados para ello en las caras posterior y anterior.

2. A continuación introducimos el tercer rodamiento en el pedazo de 2 cm de varilla lisa que hemos preparado, a partir de uno de los sobrantes de dicho tipo de varilla del montaje de la estructura. Seguidamente lo colocamos en la ranura que tiene la pieza "extremo". Queda encajado a presión luego debemos hacer un poco de fuerza para introducirlo.

3. El siguiente paso es dejar la pieza "cuerpo" preparada para añadirle la pieza "extremo". Para ello se introducen los cuatro tornillos de M4x50.

4. Ahora introducimos el sobrante de cada tornillo por los respectivos agujeros de la pieza "extremo".

5. Para finalizar este apartado, simplemente debemos dejar sujeta la pieza "extremo" al "cuerpo" dando además la posibilidad de regular en cierta medida la presión que el rodamiento hará sobre filamento de plástico; esto último lo conseguiremos gracias a la colocación de unos muelles.

Para llevar a cabo este paso se sitúa en cada tornillo, una arandela de M4, seguida de un muelle de diámetro interior 3 mm, otra arandela de M4 y finalmente una tuerca de M4 o una tuerca de M4 de mariposa.

Hay que tener en cuenta que esta presión no solo variará en función del diámetro del filamento de plástico, sino que también variará en función del fabricante del mismo, el material (ABS o PLA) con el que esté hecho, etc.

2.2 COLOCACIÓN SOBRE EL EJE X Y ENSAMBLADO DEL HOT-END

Se mostrará al lector cómo se coloca el extrusor sobre la pieza encargada de desplazar al mismo a lo largo del eje X en nuestras futuras impresiones, esta pieza no es otra que la denominada "carro" y que forma parte de los componentes imprimibles de la estructura del soporte. En esta descripción se incluirá también los detalles de cómo colocar el hot-end en la impresora.

Para llevar a cabo este apartado solo será necesario seguir el siguiente paso.

1. Para comenzar debemos introducir un tornillo de M3x25 con una arandela de M3 por cada hueco vertical que hay en la base del extrusor, y hacer que encaje junto con el "carro" a través de los agujeros que esta pieza tiene habilitados para ello. Para que quede fijado ponemos una tuerca por la parte inferior del carro y nos aseguramos de apretarlo bien para que no haya holgura ni movimientos.

Al término de este apartado se nos quedarán los cuatro cables que salen del hot-end sueltos. Debemos apartarlos para que no nos estorben en el desarrollo de los pasos siguientes, hasta que sean colocados debidamente; pero es importante tener en cuenta que deben pasar por el agujero circular central del "carro" y quedar por encima de mismo.

2.3 MONTAJE DEL MOTOR Y ENSAMBLADO DE LOS ENGRANAJES

En este apartado se describe cómo se colocará el motor en el extrusor y cómo se ensamblan a partir del mismo los dos engranajes encargados de transmitir el movimiento de dicho motor al hilo de plástico, para que este avance y sea extruido en caliente por el hot-end.

Para llevar a cabo estas acciones el lector debe seguir los pasos descritos a continuación.

1. En primer lugar debemos colocar la pieza "engranaje pequeño" en el eje del motor, de la misma manera que colocábamos las "poleas" anteriormente.

Sin embargo, este engranaje no se sujeta con un tornillo de M3, y su correspondiente tuerca de M3, sino que se introduce a presión. Si el lector se fija bien, el agujero central de la pieza no es completamente circular sino que tiene una parte plana. Si el usuario

hace un rebaje con una lima en el eje del motor y lo hace coincidir con la parte plana del agujero, el eje del motor pasará mejor a través del agujero. Para que quede fijo simplemente giramos ligeramente la pieza "engranaje pequeño" una vez esté colocada en la posición deseada, de manera que la parte plana del mismo y el rebaje realizado en el eje del motor dejen de coincidir.

2. Hecho esto colocamos el motor en el extrusor y lo fijamos con 4 tornillos de M3x10, con su correspondiente arandela de M3.

No debemos apretar los tornillos aún, para poder recolocar el motor hacia un lado o hacia el otro, de manera que los dos engranajes encajen uno con el otro lo mejor posible.

3. En este paso cogemos la pieza “engranaje grande” y el hobbled bolt. Debemos colocar el hobbled bolt de manera que su cabeza quede encajada en el agujero hexagonal del “engranaje grande” y pase a través de él, y a través de los dos rodamientos paralelos del extrusor, y a continuación mover el motor hacia un lado o hacia otro de manera que los dientes de los dos engranajes queden encajados perfectamente.

4. Tomada la posición exacta del motor, se retira de nuevo el hobbled bolt con el “engranaje grande” y se aprietan los cuatro tonillos de sujeción del motor de manera que este quede fijo en esa posición.

5. Se vuelve a colocar el “engranaje grande” y el hobbled bolt como hicimos en el paso 3, y comprobamos, mirando a través del agujero de la parte superior del extrusor (agujero por el que posteriormente se introducirá el hilo de plástico), que las muescas del hobbled bolt están justamente en línea con el agujero. De no ser así, que seguramente sea lo que pase en un inicio, lo sacamos de nuevo y le ponemos entre el “cuerpo” y el “engranaje grande” una arandela de M8 al hobbled bolt.

Volvemos a introducirlo y volvemos a comprobar. Repetimos este proceso hasta que hagamos coincidir las muescas con el agujero mencionado. Una vez conseguido, en el otro extremo del hobbled bolt, ponemos una arandela de M8 y dos tuercas de M8, para fijarlo y evitar

que la primera tuerca de M8 se afloje con el movimiento y las vibraciones del funcionamiento normal de la impresora.

2.4 CABLEADO DEL HOT-END

En este último apartado de ensamblado del extrusor se realizará la colocación de los cables del hot-end de manera que se dejen preparados para su posterior conexión a la placa electrónica de la impresora.

Debemos seguir los pasos que se describen a continuación, aunque se debe tener en cuenta de que partimos de la premisa, para este cableado, de que usamos la pieza "cuerpo" recomendada por el autor; ya descrita en los capítulos anteriores.

1. Tomamos cuatro clemas, que deben estar en una sola pieza y la colocamos en la ranura situada en la esquina superior derecha del "cuerpo" del extrusor (mirando este de manera que tengamos de frente el lado por el que quedan los engranajes). Para dejarla sujeta utilizamos un tornillo de M3x25 y lo atornillamos a una tuerca de M3, que irá precedida de una arandela de M3, que colocamos por el lado opuesto del "cuerpo". Debemos dejarlo bien apretado.

2. A continuación, vemos que del hot-end suben cuatro cables, dos serán de la resistencia disipadora de potencia, encargada de calentar la punta del hot-end (cables rojos en caso del budaschnozzle 1.1); y, los otros dos del termistor, que nos servirá para medir la temperatura a la que se encuentra el hot-end (cables naranjas en caso del budaschnozzle 1.1).

Debemos colocarlos seguidos en las cuatro clemas que utilizamos en el paso 1. Por el otro borde de cada una debemos colocar, un cable rojo de 0,75 mm², en la clema de uno de los cables que van a la

resistencia; uno negro de la misma sección, en la clema del otro cable que va a la resistencia, estos dos cables irán al terminal positivo y negativo de alimentación del hot-end, respectivamente, que encontraremos en la placa electrónica posteriormente; y, dos cables de 0,25 mm², uno en cada borne libre de las clemas a las que iban los cables del termistor.

Colocaremos una punta para cable de 1 mm² en cada cable de 0,75 mm² de sección, y una punta para cable de 0,5 mm² en el resto de cables, antes de conectarlos en la clema correspondiente.

Es importante tener en cuenta que tanto el termistor como la resistencia no tienen polaridad, por lo que da igual qué terminal de cada componente vaya al positivo y cuál al negativo.

TERMINAMOS, PARCIALMENTE, EL ENSAMBLADO DE LAS PARTES CORRESPONDIENTES A LA ARMAZÓN DE NUESTRA IMPRESORA, QUEDANDO PENDIENTE LA PARTE DE ELECTRÓNICA PARA UNA FUTURA Y PRÓXIMA EDICIÓN DE ESTE DOCUMENTO.