



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO



“La importancia del empleo de herramientas 3D para el desarrollo profesional del Diseñador Industrial”
Caso de estudio: “Taller de capacitación para construcción y uso de impresora 3D de código abierto en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México”.

REPORTE DE APLICACIÓN DE CONOCIMIENTOS

Para obtener el título de:
Licenciado en Diseño Industrial

Presenta:

José I Contreras Manzanilla

TOLUCA, MÉXICO NOVIEMBRE 2016



Directora de proyecto:
Dra. Martha Patricia Zarza Delgado

Revisores:
M. D. Oscar Cruz Ruiz
M. D. Eli Josué Tello Bragado

Contenido:

Capítulo 1 Introducción	7
Antecedentes	9
Objetivos	11
Problemática identificada en el ámbito profesional	13
Fundamentación	19
Metodología	25
Capítulo 2 Modelado y prototipado	27
Modelado	29
Prototipado rápido	31
Tipos de tecnología PR	32
Capítulo 3 Impresión 3D y el código abierto	43
Breve historia de la impresión 3D	45
Tipos de impresoras 3D auto replicantes de código abierto más utilizadas	48
Partes de una impresora auto replicante de código abierto	49
Capítulo 4 Manuales	57
Manual de construcción de impresora de código abierto RepRap	61
Software Open Source para uso y manejo de impresora 3D	149
Slic3r	149
Pronterface	154
Capítulo 5 Desarrollo del taller	161
Convocatoria e inscripción	163
Selección de participantes	164
Características de alumnos seleccionados	165
Observaciones del desarrollo del taller	166
Evaluación del taller por parte de los participantes	171
Conclusiones generales	174
Bibliografía	176
Anexos	177

Capítulo 1

Introducción

Antecedentes

La representación de las ideas ha sido desde el inicio de la humanidad pieza fundamental para la comunicación entre los individuos de una sociedad, desde su aparición en la tierra, el ser humano ha copiado su entorno en paredes, creado herramientas con los elementos que encontraba a su alrededor y hecho figuras de sus deidades, esto ha generado un sin número de códigos, lenguajes y formas que se van enriqueciendo con las experiencias y los avances que han surgido a través de la historia.

En el Diseño, la correcta transmisión de las ideas mediante bocetos, maquetas, modelos y prototipos, le permite al Diseñador poder tener una comunicación más efectiva con el cliente, lo que facilita la toma de decisiones sobre el proyecto a implementar ya que, a lo largo de su formación, aprende diferentes técnicas que son herramientas importantes en su desempeño profesional.

La representación tridimensional de una propuesta en el Diseño Industrial es fundamental, ya que en ésta se puede apreciar la forma en la que el diseñador resuelve la problemática planteada por el proyecto, demuestra su habilidad para abordar las necesidades y resolverlas, además de ser una manera tangible de la forma, volumen y funcionalidad del objeto propuesto. En muchas ocasiones, la representación de la solución dada es lo que define si un proyecto es implementado o no.

Aunque la manipulación directa del diseño, mediante el boceto y la elaboración de modelos hechos a mano, siempre va a ser necesaria para que el diseñador pueda entenderlo en su totalidad, la integración de las nuevas tecnologías en su desempeño profesional, abre un abanico nuevo de posibilidades, pues el uso de la computadora y de herramientas automatizadas le permite realizar un trabajo más efectivo, porque es más preciso, además de que tiene la

oportunidad de hacer cambios más rápidos sin tener que empezar desde cero y ofrecer un producto con mayor fidelidad y calidad.

En la actualidad, existe una variedad de tecnologías de las cuales se puede valer el diseñador para realizar su ejercicio profesional, que van desde programas con licencia, que en ocasiones pueden ser bastante costosos, hasta programas de código abierto u *Open Source*, que gracias al trabajo de desarrollo de una comunidad muy grande en Internet son opciones muy útiles y se convierten en fuertes herramientas para el trabajo profesional.

El propósito de este trabajo, es dar a conocer algunas de las herramientas que ofrece la opción de código abierto a los estudiantes de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEM, para que aprendan a armarlas, manipularlas, adaptarlas a sus necesidades y que hagan de ellas una herramienta más de su trabajo cotidiano.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un taller y un manual comprensible de armado, manipulación, adaptación y mantenimiento de una impresora 3D de código abierto, donde los alumnos de Diseño Industrial de la FAD UAEM utilicen los conocimientos y habilidades adquiridas hasta el momento, vinculadas con las competencias señaladas en el perfil de egreso del Plan de Estudios 2015 (ver fundamentación).

Objetivos Específicos.

- Establecer la estructura del taller, con las secuencias y ejercicios de práctica necesarios para que los alumnos desarrollen las capacidades para poder implementar independientemente una impresora 3D y puedan adaptarla a sus requerimientos: como tamaño del objeto, uso de diversos materiales o actualizaciones a la misma máquina.
- Acercar las nuevas tecnologías de código abierto para la impresión 3D a los alumnos de Diseño Industrial como herramienta de trabajo, haciendo un recuento del software y hardware de código abierto existentes, que son útiles para el desarrollo de modelos y prototipos que requieran para su formación.
- Visualizar el impacto del taller en los alumnos, para poder hacer las modificaciones pertinentes y poder ofrecer este curso regularmente en diferentes instituciones educativas y de iniciativa privada como PYMES.

Problemática identificada en el ámbito profesional

El diseño industrial en México

En el país, las actividades económicas se dividen en tres sectores: (INEGI, 2015)

- Sector primario: Incluye todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtienen de la naturaleza, ya sea para alimento o para generar materias primas.
 - Agricultura
 - Explotación forestal
 - Ganadería
 - Minería
 - Pesca

- Sector secundario: Se caracteriza por el uso predominante de maquinaria y de procesos cada vez más automatizados para transformar las materias primas que se obtienen del sector primario. Incluye las fábricas, talleres y laboratorios de todos los tipos de industrias. De acuerdo a lo que producen, sus grandes divisiones son construcción, industria manufacturera y electricidad, gas y agua.
 - Construcción
 - Industria manufacturera

- Sector terciario: En el sector terciario de la economía no se producen bienes materiales; se reciben los productos elaborados en el sector secundario para su venta; también nos ofrece la oportunidad de aprovechar algún recurso sin llegar a ser dueños de él, como es el caso de los servicios. Asimismo, el sector terciario incluye las comunicaciones y los transportes.
 - Comercio
 - Servicios
 - Transportes

El Estado de México, tuvo una aportación al PIB (Producto Interno Bruto) Nacional del 9.3% en el año 2014, del cual se distribuye:

Sector de actividad económica	Porcentaje de aportación al PIB estatal (año 2014)
Sector Primario	1.28
Sector Secundario	32.45
Sector Terciario	66.27
Total	100

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI



FUENTE: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México 2008. Participación por actividad económica, en valores corrientes, 2014

El sector donde se desarrolla la actividad del Diseño Industrial es el secundario, y más específicamente en la Industria Manufacturera, pues en esta se realizan actividades dedicadas a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos (INEGI). También se consideran manufacturas las

A pesar de esto, la demanda de diseñadores industriales no es demasiado alta, como lo demuestra el estudio realizado por los docentes de la FAD UAEM, en el marco del foro PYME 2001, donde se entrevistaron a 85 empresas y se detectó que no consideran el Diseño Industrial como una estrategia para elevar la competitividad y el crecimiento de las mismas, a pesar de que existen estudios internacionales que demuestran lo contrario. (Plan de estudios 2015, FAD UAEM)

Ante la falta de empleos para la totalidad de alumnos que egresan de la facultad, es necesario que los alumnos tengan un uso constante de nuevas tecnologías desde los inicios de su carrera y a lo largo de la misma, desarrollando habilidades para el autoempleo y no depender de una contratación directa. También se requiere reeducar a los empresarios de las PYME sobre la importancia que tiene el Diseño Industrial para el desarrollo de sus empresas.

De acuerdo con la oferta de empleo para Diseñadores Industriales de la página de la FAD UAEMEX, las ofertas de empleo por parte del ámbito laboral se muestran en la siguiente tabla:

Función/ Actividad	Conocimientos/ habilidades	Actitudes
Ventas. Procesos de producción. Control de calidad. Empaque y embalaje. Promoción. Diseño de interiores. Escenografía. Diseño de muebles. Cotización.	AutoCAD 2d y 3d. Solid Works. Key Shot. 3dmax. Corel 3d. Renderizado. Corel Draw. Solid Works.	Trabajo bajo presión. Trabajo en equipo. Toma de decisiones. Liderazgo.

Fuente: Bolsa de trabajo en Línea de la FAD, 2012.

Analizando los dos planes de estudios de Diseño Industrial de la FAD UAEM: plan 2004 y 2015 (Anexo), vigentes hasta la elaboración de este documento, se observa que:

En el núcleo integral profesional del plan 2004, dos Unidades de Aprendizaje (UA) donde se utilizan las nuevas tecnologías de manufactura:

- Área de Diseño, UA de modelos CAM.
- Área de Tecnología, UA de CAM/CAE Nuevos materiales.

Ambas son cursadas en el décimo periodo de la carrera.

En el caso del plan 2015, sólo se cuenta una Unidad de Aprendizaje donde se utilizan las nuevas tecnologías de manufactura:

- Área curricular de comunicología, UA de Prototipaje asistido.

La cual es cursada en el octavo periodo.

En los dos planes de estudio analizados se utilizan máquinas código cerrado y software con licencia comercial, no modificables y con pocas o ninguna opción de adaptación y/o actualización. No existe un acercamiento a los conocimientos requeridos para poder implementar tecnologías de código abierto u *Open Source/Open Hardware*, donde los alumnos tendrían la oportunidad de, además de poder adquirir un equipo de bajo costo, modificarlo de acuerdo a sus gustos y preferencias.

La falta de dichos conocimientos, dificulta la posibilidad de hacer uso de herramientas que actualmente están siendo utilizadas por un gran número de profesionistas a nivel mundial (no sólo diseñadores industriales), dejando en desventaja a los alumnos en el campo laboral y limitando sus posibilidades de autoempleo.

Como resultado, los diseñadores egresados tienen que buscar capacitación externa, ya sea con cursos en otras instituciones o buscando tutoriales en línea, para poder implementar dichas herramientas y no tienen la posibilidad de aprovecharlas a lo largo de la carrera para poder desarrollar sus habilidades.



Fundamentación

Al ver un objeto terminado pensamos que es muy difícil armarlo, construirlo y sí lo es. Pero todo consiste en poner atención en cada una de sus partes componentes. En lo personal, he armado y desarmado objetos desde que era un niño y el desarrollar esa habilidad me ha permitido penetrar en la lógica del proceso: una pieza a la vez, cada una tiene una función que cumplir. Con los conocimientos adquiridos en esta facultad he logrado transformar ese conocimiento intuitivo empírico en conocimiento científico gracias a las diferentes materias estudiadas en el plan 03.

Uno de los propósitos fundamentales de este proyecto de titulación es demostrar que el mejoramiento en el aprendizaje de los estudiantes de esta facultad, su actualización independiente constante en su formación permanente y uso de las herramientas que la tecnología de la computación nos proporciona de manera vertiginosa es sumamente importante, ya que empoderar a los estudiantes de la carrera de Diseño Industrial para que sean capaces de concretar objetos, herramientas o maquinaria innovadora con sus respectivos manuales de construcción, armado u operación es primordial.

Normalmente hacemos uso de manuales que vienen en otros idiomas o vienen mal traducidos, sin embargo es importante familiarizarnos con los instructivos, manuales de procedimientos etc. y adaptarlos a nuestro entorno, regionalizarlos. Una de las fallas que he encontrado al investigar sobre este tema es que mucha maquinaria en dependencias oficiales, escuelas e incluso en la industria privada es que no los han hecho funcionar adecuadamente por que no ha habido profesionales que entiendan los manuales de operación o su armado. Si el profesional ha tenido la oportunidad de desarrollar sus destrezas y sabe trabajar con perseverancia y precisión, será capaz de echar a andar dicha maquinaria y de ser necesario (con los conocimientos adquiridos) podrá replicar cualquier pieza deteriorada, dañada o extraviada con materiales y tecnología desarrollada en el país.

A diferencia de otras innovaciones, la tecnología auto replicante permite ir aprendiendo la lógica del diseño y funcionamiento, y a la vez poder hacer con el tiempo innovaciones y adaptaciones a diferencia de otras que por la estaticidad de su diseño se da la idea de producto terminado.

La aplicación de conocimientos previos en la construcción de una impresora 3D, posibilita a los alumnos entender cómo funciona dicha herramienta, lo cual les permite modificarla de acuerdo a sus necesidades, poderle dar mantenimiento y asesorar a compañeros que requieran hacer uso de ésta tecnología.

Para poder entender la necesidad de un taller que habilite a los alumnos en las tecnologías de manufactura por computadora desde una etapa temprana en la carrera, es preciso revisar el Perfil de egreso de la licenciatura de Diseño Industrial, plasmado en el Plan de Estudios 2015 que a continuación se presenta:

Perfil de egreso de la licenciatura de Diseño Industrial Plan 2015

El egresado de la Licenciatura en Diseño Industrial de la UAEM, se rige por un sentido ético, estético y humanista para la generación de objetos o productos con enfoque sustentable, para mejorar la calidad de vida de la sociedad. (Plan de estudios de la Licenciatura de Diseño Industrial 2015)

Funciones y tareas profesionales que desarrollará el egresado

Crea modelo de objetos, productos y servicios acordes a las necesidades de las personas, a través del proceso de diseño.

Analiza el mercado de consumo y la problemática sociocultural.

Configura objetos, productos y servicios.

Utiliza el modelo de complejidad para el diseño de objetos, productos y servicios.

Aplica principios multidisciplinarios para la creación de propuestas de objetos, productos y servicios.

Produce objetos o productos tomando en cuenta criterios de diseño y necesidades de los usuarios.

Selecciona maquinaria y herramienta, así como los materiales y modo de producción más adecuado para la materialización de los objetos o productos.

Materializa objetos o productos aplicando principios de diseño.

Produce objetos o productos empleando diversos materiales y modos de producción.

Propone objetos o productos amigables con el medio ambiente y estilo de vida de las personas.

Desarrolla proyectos de diseño industrial para resolver las necesidades de la sociedad.

Analiza las necesidades o problemas del mercado y de la sociedad.

Aplica métodos de investigación y principios de diseño en la formulación de proyectos de diseño industrial.

Planifica, organiza, dirige y controla el desarrollo del proyecto de diseño industrial.

Evalúa el desarrollo e implantación del proyecto de diseño industrial.

Competencias requeridas para el desempeño de las funciones y tareas, como profesional universitario

Crea modelos de objetos, productos y servicios acordes a las necesidades de las personas, a través del proceso de diseño.

Define los criterios que fundamentan las propuestas de diseño o innovación.

Representa objetos, productos y servicios bidimensional y tridimensionalmente.

Formula objetos o productos simples, complejos, especializados y sistémicos.

Propone objetos o productos empleando principios ecológicos, ergonómicos, estéticos y semióticos.

Produce objetos o productos tomando en cuenta criterios de diseño y necesidades de los usuarios.

Utiliza maquinaria y herramienta, así como los materiales y modo de producción más adecuado para la materialización de los objetos o productos.

Produce objetos o productos simples, complejos, especializados y sistémicos.

Propone estrategias para aumentar la productividad de los procesos de producción.

Aplica normas de calidad en los procesos de producción, envase y embalaje de los objetos o productos.

Desarrolla proyectos de diseño industrial para resolver las necesidades de la sociedad.

Desarrolla proyectos de diseño industrial tomando en cuenta las necesidades o problemas de la población.

Asesora la formulación de proyecto de diseño industrial con sustento disciplinario, metodológico y axiológico.

Administra el desarrollo del proyecto de diseño industrial con ética y profesionalismo.

Supervisa el desarrollo e implantación del proyecto de diseño industrial.

Instrumentos y equipo que utilizará en el desempeño profesional

Software de dibujo, diseño, renderizado, composición, animación, presentación y edición.

Instrumentos normativos.

Instrumentos de medición.

Máquinas y herramientas.

Sectores sociales y productivos donde se inserta el ejercicio profesional

El Diseñador Industrial interviene principalmente en el sector secundario en manufactura, y en el terciario en organizaciones públicas y privadas.

Necesidades o problemas que contribuirá a satisfacer o resolver

Adecuar los procesos productivos de los objetos en las empresas en los contextos regional, estatal y nacional.

Asegurar la calidad de los objetos en las empresas.

Capacitar a grupos vulnerables para el diseño y producción de objetos.

Coadyuvar en la competitividad de las empresas.

Difusión de valores en los contextos regional, estatal y nacional.

Diseño pertinente a las condiciones y tamaño de empresa.

Generación de empresas a través del diseño.

Impulsar la cultura emprendedora.

Incrementar la cultura material con enfoque sostenible.

Mejora de la calidad de vida a través de objetos.

Propuestas de innovación de objetos, servicios, procesos y sistemas.

Satisfacción de necesidades de grupos sociales a través de objetos.

Ámbitos de intervención profesional

Artículos de cuero, piel y materiales sucedáneos.

Diseño de equipo de transporte.

Diseño de muebles y productos relacionados.

Equipo de computación, comunicación, medición y otros equipos componentes y accesorios electrónicos y eléctricos.

Industria de alimentos y bebidas.

Insumos textiles, confección de productos y prendas de vestir.

Producción de maquinaria y equipo.

Productos a base de minerales no metálicos.

Del análisis del perfil de egreso se enlistan aquellas funciones y competencias que se desarrollarían con la implementación de un Taller de capacitación para construcción y uso de impresora 3D de código abierto:

Funciones y tareas profesionales que desarrollará el egresado

-Crea modelo de objetos, productos y servicios acordes a las necesidades de las personas, a través del proceso de diseño.

Formula objetos o productos simples, complejos, especializados y sistémicos.

-Produce objetos o productos tomando en cuenta criterios de diseño y necesidades de los usuarios.

Selecciona maquinaria y herramienta, así como los materiales y modo de producción más adecuado para la materialización de los objetos o productos.

Materializa objetos o productos aplicando principios de diseño.

Produce objetos o productos empleando diversos materiales y modos de producción.

-Desarrolla proyectos de diseño industrial para resolver las necesidades de la sociedad.

Desarrolla proyectos de diseño industrial tomando en cuenta las necesidades o problemas de la población.

Supervisa el desarrollo e implantación del proyecto de diseño industrial.

Competencias requeridas para el desempeño de las funciones y tareas, como profesional universitario

-Crea modelos de objetos, productos y servicios acordes a las necesidades de las personas, a través del proceso de diseño.

Define los criterios que fundamentan las propuestas de diseño o innovación.

Representa objetos, productos y servicios bidimensional y tridimensionalmente.

Formula objetos o productos simples, complejos, especializados y sistémicos.

Propone objetos o productos empleando principios ecológicos, ergonómicos, estéticos y semióticos.

-Desarrolla proyectos de diseño industrial para resolver las necesidades de la sociedad.

Planifica, organiza, dirige y controla el desarrollo del proyecto de diseño industrial.

Evalúa el desarrollo e implantación del proyecto de diseño industrial.

-Instrumentos y equipo que utilizará en el desempeño profesional

Software de dibujo, diseño, renderizado, composición, animación, presentación y edición.

Máquinas y herramientas.

Sectores sociales y productivos donde se inserta el ejercicio profesional

El Diseñador Industrial interviene principalmente en el sector secundario en manufactura, y en el terciario en organizaciones públicas y privadas.

Necesidades o problemas que contribuirá a satisfacer o resolver

Adecuar los procesos productivos de los objetos en las empresas en los contextos regional, estatal y nacional.

Asegurar la calidad de los objetos en las empresas.

Coadyuvar en la competitividad de las empresas.

Diseño pertinente a las condiciones y tamaño de empresa.

Generación de empresas a través del diseño.

Impulsar la cultura emprendedora.

Propuestas de innovación de objetos, servicios, procesos y sistemas.

Satisfacción de necesidades de grupos sociales a través de objetos.

Al cursar un Taller de capacitación para construcción y uso de impresora 3D de código abierto, se trabaja y desarrolla una gran parte del perfil de egreso, así como de las competencias establecidas en el Plan de estudios 2015 de la Licenciatura en Diseño Industrial ya que pone en práctica gran parte de las habilidades y conocimientos que los alumnos van adquiriendo a lo largo de la carrera. Debido a que se propone trabajar en equipo, se puede incluir a alumnos de diferentes grados ya que el trabajo colaborativo permite que aquellos que aún no poseen ciertas habilidades por ir en los primeros periodos de la carrera aprendan de aquellos de periodos más avanzados.

Tipo de Investigación:

Estudio de casos

Cualitativa

Investigación aplicada

Metodología

- Contextualización del tema de estudio con bibliografía.
- Elaboración del manual de construcción de la impresora 3D y de Software Libre.
- Diagnóstico previo del caso de estudio (participantes, lugar y fecha).
- Aplicación del taller.
- Evaluación del taller.

Desarrollo del taller:

1. Marco histórico de la impresión 3D.
2. Tipologías de impresoras 3D.
3. Descripción de la impresora 3D Prusa Mendel.
4. Armado de la impresora 3D.
5. Fundamentos de los programas utilizados para transformar los archivos digitales y manipular la impresora 3D.
6. Desarrollo de ejercicios propuestos por el instructor.
7. Impresión de modelos propios de los participantes.

Conclusiones:

Los datos analizados en este capítulo muestran que es necesario que los alumnos de Diseño Industrial de la FAD UAEM deban contar con habilidades para utilizar equipo de código abierto para el desarrollo de las competencias enmarcadas en el perfil de egreso del Plan de estudios 2015, ya que les permite ir usando los conocimientos adquiridos para la elaboración y presentación de trabajos de mayor calidad e ir incrementando sus habilidades en el uso de tecnologías de manufactura asistida (CAM)

Para este estudio, se enfocará de mayor manera en el Plan de estudios 2015, ya se tienen más posibilidades de la integración recurrente de un taller como el que se está proponiendo debido a que su implementación apenas está iniciando. Para el plan 2004, en el cual aún existen alumnos cursándolo, se realizará una propuesta en las conclusiones finales de manera que se pueda aun impactar a la población de la FAD UAEM de la carrera de Diseño Industrial.

Capítulo 2

Modelado y prototipado

Modelado

El diseño de productos es una actividad compleja que implica trabajar con otras personas y en otras disciplinas para conseguir ideas creativas y útiles (y es de esperar que también rentables) y bregar con todas las revisiones que exige la creación de algo que funcione y además tenga buen aspecto. El prototipo físico es un método habitual que los diseñadores continúan utilizando. (Hallgrimsson, 2000)

El uso de la computadora para la representación de ideas, le facilita al diseñador simplificar la implementación de sus propuestas de solución a los productos, pero el uso de prototipos físicos permite revisar el producto de una manera más tangible que la computadora no permite, ya que su manipulación directa provee de información necesaria para la interacción de todos los involucrados en el proyecto.

El prototipo físico y modelo (o maqueta) se usan para describir una representación tridimensional preliminar de un producto, servicio o sistema (Ídem).

El diseñador entonces utiliza el prototipo para poder estudiar

cómo se va a utilizar el nuevo producto, que aspecto tendrá y plantea las ideas de cómo podrá fabricarse, siendo una parte fundamental al resolver los problemas de diseño del producto, ya que se sigue desarrollando a lo largo de todo el proceso de diseño, desde el inicio hasta el final.

Para los primeros prototipos, no es tan importante resolver los problemas de fabricación, sino atender la base del producto, cómo se va a utilizar, su forma y funcionalidad. Por lo cual los materiales pueden sustituirse por otros más económicos y de fácil manipulación. Depende entonces de la habilidad del diseñador en utilizar diferentes técnicas y materiales para poder reemplazar materiales caros o de difícil uso al realizar sus prototipos. (Ídem).

El prototipo entonces no es el producto final, ya que este último se producirá en grandes cantidades mediante máquinas y es el resultado final del proceso de diseño. El prototipo tiene la finalidad de reducir el riesgo de vender un producto que no cumpla con lo que espera el cliente ya que se producen en un número limitado, son más económicos y su modificación es más rápida.

Prototipado rápido

El prototipado rápido o PR, consiste en la construcción de piezas mediante un sistema computarizado en el cual se va depositando el material, capa por capa, utilizando diversos materiales y procesos. “...esta tecnología también conocida como fabricación de sólidos de formas libres, fabricación aditiva o impresión 3D, ha transformado el modelismo al permitir la creación de prototipos físicos del ordenador.” (Hallgrimsson, 2000)

Ésta tecnología ha ido evolucionando, desde su origen en la década de los ochentas, permitiendo hacer de los prototipos una actividad que se realizaba en talleres a algo rápido y sencillo como enviar la información a la computadora e imprimir el objeto en un equipo que ha reducido su tamaño, costo y ha simplificado su uso. Tanto así que las impresoras 3D ya se encuentran inclusive en varias instituciones educativas, pequeños talleres de diseño y algunos hogares.

Dentro de las ventajas que tiene el prototipado rápido, se encuentra el poder realizar piezas complejas, con mecanismos que son en ocasiones difíciles de crear a mano. También los modelos son más precisos ya que tienen las dimensiones exactas al ser creados con programas de modelado por computadora, son más limpios y rápidos de producir. Además de que su modificación es más sencilla, lo que permite un análisis más fluido entre iteraciones (cambios de un prototipo a otro). Permite asimismo la construcción de piezas huecas al añadir material de soporte, lo que agiliza su acabado al no tener que remover demasiado material para tener la pieza final.

Con esto, no se quiere decir que no se cuentan con limitaciones, entre las que se destaca el no contar con muchos materiales para realizar los productos, que el diseñador tenga que tener acceso y conocimiento a programas CAD, además que la producción de piezas es limitada y que éstas dependan su tamaño de la capacidad de la impresora.

Tipos de tecnología de PR

Tecnología basada en polvos:

Consiste en la deposición de un sustrato a base polvo en finas capas aditivas que después se endurece en el área definida por la sección transversal de la pieza. (Hallgrimsson, 2000)

Dentro de ésta tecnología se encuentran los siguientes tipos:

Sinterización láser selectiva (SLS): El material se sinteriza (fusión por calor) con láser de dióxido de carbono, el proceso se repite capa por capa hasta terminar la pieza. Dicha tecnología permite la creación de piezas utilizando materiales plásticos y metales.

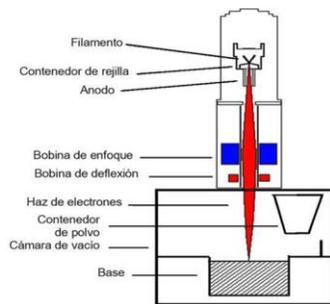


Fig. 2.1 Sinterización láser selectiva.

Z Corporation: Se imprime un chorro de aglutinante por encima de una capa de polvo plástico, obteniendo secciones transversales, repitiéndose con incrementos cada vez más finos.

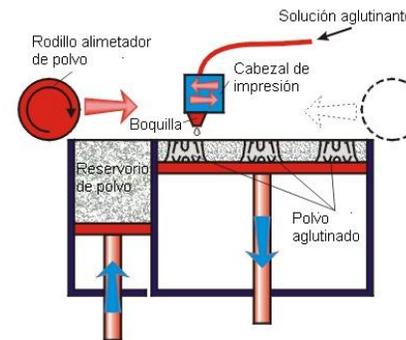


Fig. 2.2 Impresión Z Corporation

Tecnología de líquidos:

Utilizan fotopolímeros que cuajan bajo una fuente de luz ultravioleta. Estos sistemas producen capas muy finas que ofrecen superficies de muy buena calidad que en ocasiones no requieren acabado extra. (Ídem)

Dentro de ésta tecnología se encuentran los siguientes tipos:

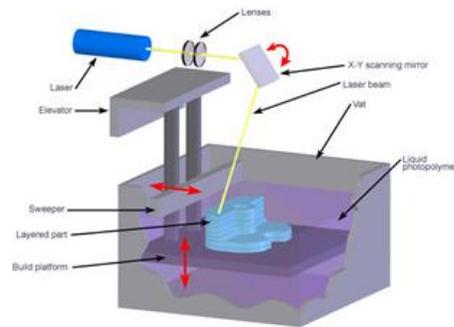


Fig. 2.3 Aparato de estilografía

Object Geometries: Utiliza cabezales de impresión dobles que imprimen simultáneamente el modelo y el material de sujeción hidrosoluble, el cual debe ser retirado con agua. Las piezas no requieren de acabado posterior. Puede producir capas muy finas de 0.028mm.

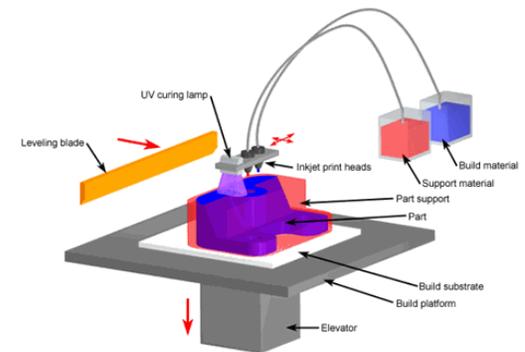


Fig. 2.4 Impresión por Object Geometries

Tecnología de sólidos:

También conocida como deposición de fundente (FDM *fused deposition modeling*), consiste en la inserción de un filamento a un extrusor caliente que funde el material y lo deposita en capas transversales. (Ídem)

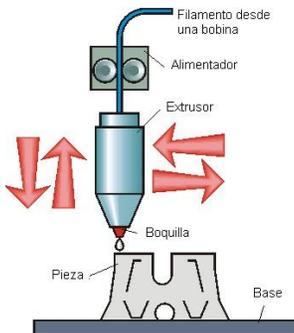


Fig. 2.5 Impresora Stratasys

Impresoras de código cerrado (Stratasys): Utilizan cartuchos de impresión de diversos materiales (ABS, PLA, Ultem, hidrosolubles) que pueden ser reemplazados sobre la marcha para cambiar colores o añadir material.

Impresoras de código abierto (RepRap): Pueden ser ensambladas y adecuadas por el usuario, se puede modificar la estructura, el tamaño y los componentes de la misma, así como el firmware de acuerdo a las necesidades del proyecto. Utilizan una gran variedad de material (ABS, PLA, FLEX, SYLICON, HIPS, etc.).

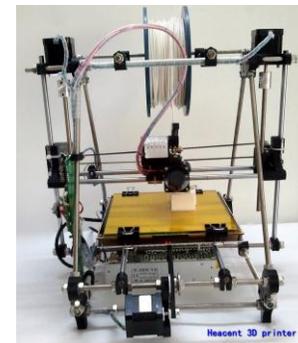


Fig. 2.6 Impresora Prusa Mendel i2

Es esta última el tipo de tecnología seleccionada para desarrollar el taller, debido a que permite que los asistentes puedan, una vez entendiendo su funcionamiento general, adaptarla a sus necesidades propias o del proyecto.

Ejemplos de aplicaciones de impresión por tecnología de sólidos:

Medicina:



www.pdmodels.co.uk
www.thingiverse.com
thenewstack.io

www.shinyshiny.tv
www.3ders.org
3dprint.com

www.wired.com
www.lupeon.com
www.thingiverse.com

Diseño:



www.dezeen.com
theglobaloyster.com
www.thingiverse.com

www.thingiverse.com
www.geeky-gadgets.com
outloud.com

www.thingiverse.com
www.thingiverse.com
www.thingiverse.com

Herramientas:

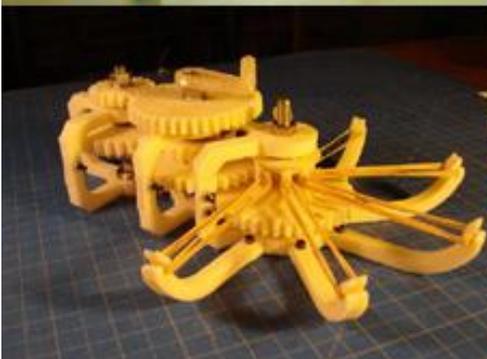
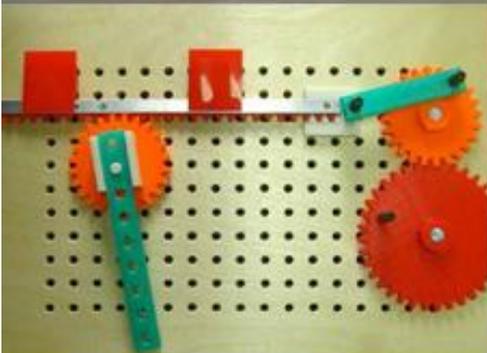
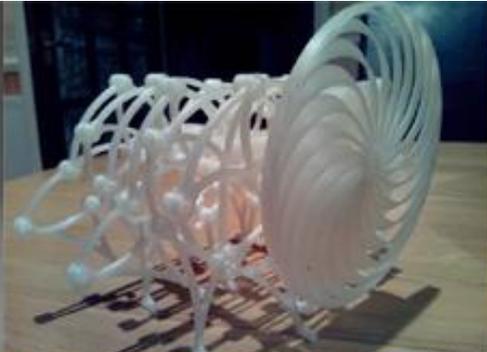
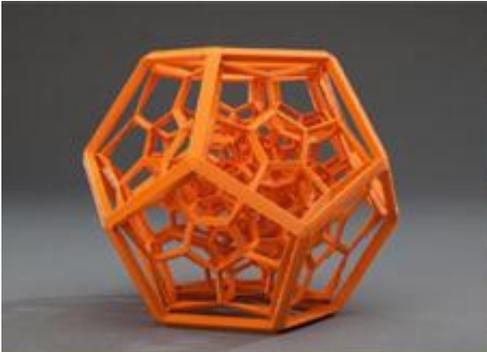


www.thingiverse.com
www.thingiverse.com
www.thingiverse.com

www.thingiverse.com
www.thingiverse.com
www.thingiverse.com

www.thingiverse.com
www.thingiverse.com
www.thingiverse.com

Educación:



www.pcadvisor.co.uk
www.thingiverse.com
www.thingiverse.com

www.thingiverse.com
www.thingiverse.com
www.thingiverse.com

www.thingiverse.com
www.cgtrader.com
www.thingiverse.com

Arquitectura:

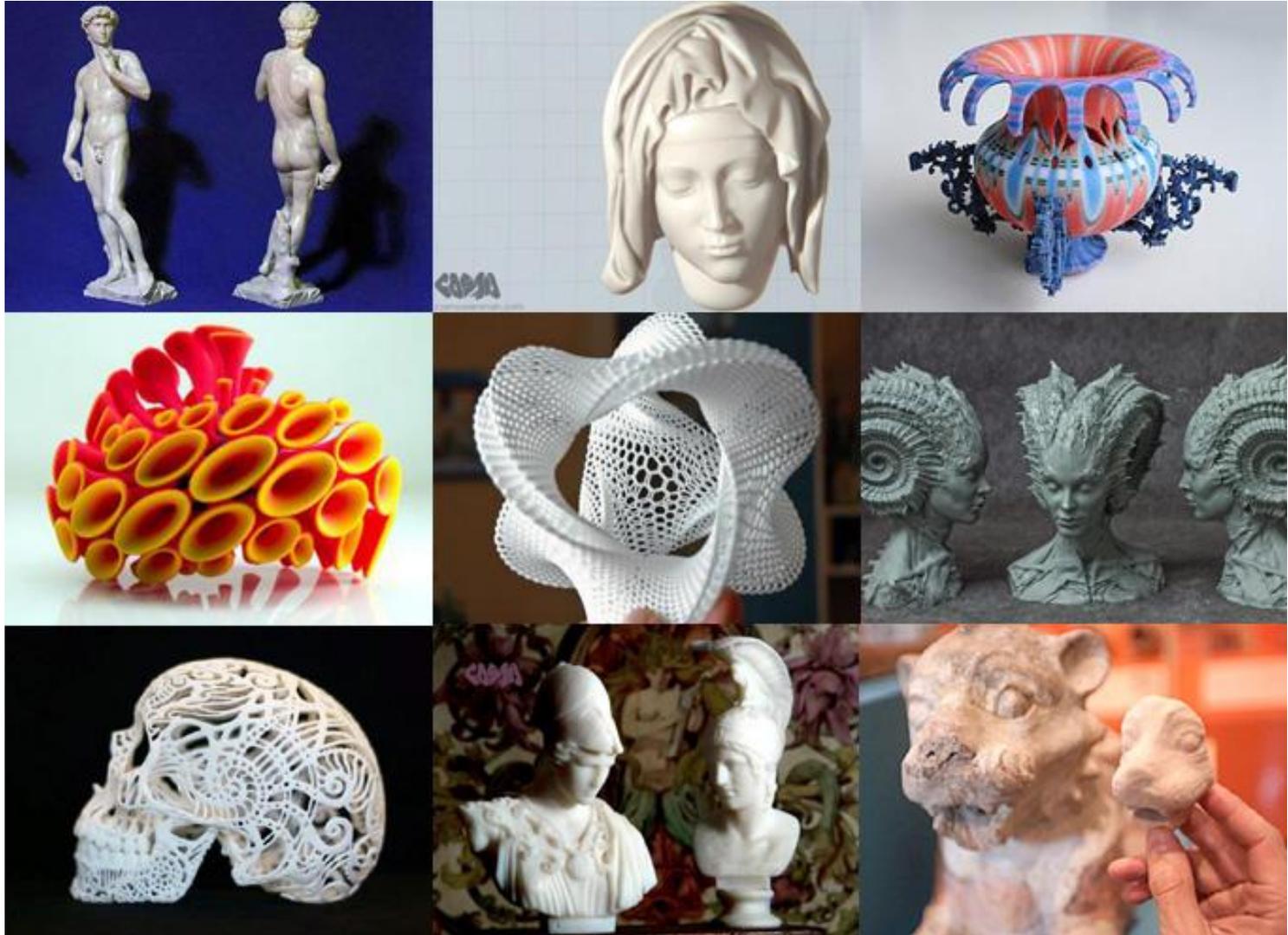


zbrella.com
kiwicu.com
www.3dprintplan.com

www.iprint-3d.com.au
www.onenewspage.com
www.architectmagazine.com

zbrella.com
www.lee3d.co.uk
inhabitat.com

Arte:



on3dprinting.com
blog.drupa.com
www.pcworld.com

www.3ders.org
newevolutiondesigns.com
www.deviantart.com

blog.drupa.com
www.deviantart.com
www.tested.com

Conclusión:

De la revisión de las tecnologías existentes para la impresión de objetos mediante el prototipado rápido, se seleccionó impresión de sólidos en código abierto, debido a que es la más versátil y flexible, además de ser la más económica. Brinda además de un soporte bastante amplio en línea, donde se pueden consultar foros y *wikis* referentes al tema de elección.

Para el desarrollo del taller, es importante mencionar a los participantes sobre las distintas tecnologías que existen en el mercado, así como los alcances que tiene cada una de ellas ya que tienen ventajas y desventajas. Dependerá del alcance del proyecto y lo que se pretenda lograr la elección de la tecnología adecuada para la correcta realización del objeto y de la habilidad del diseñador al utilizarla.

Capítulo 3

Impresión 3D y el código abierto

Breve historia de las impresoras 3D



1984. Charles Hull, co-fundador de 3D Systems, inventó la estereolitografía, un proceso de impresión que da como resultado objetos 3D tangibles creados a partir de información digital. Esta tecnología se emplea para crear un objeto 3D a partir de una imagen y permite a los usuarios probar un diseño antes de invertir en un programa mucho más grande de producción.

1992. La primera máquina de estereolitografía fue creada por 3D Systems, con un rayo ultravioleta que solidificaba un fotopolímero. Este es un líquido muy similar a la miel con el que se construyen partes tridimensionales capa por capa. Los resultados no fueron perfectos, pero esta máquina demostró que algunas partes complicadas pueden crearse en muy poco tiempo.



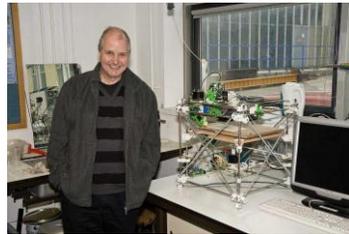
1999. Se implantaron en humanos los primeros órganos modificados por medio de implantes arteriales impresos en 3D y cubiertos con células del paciente. Esta tecnología se desarrolló en el Instituto Wake Forest para Medicina Regenerativa, y sirvió como inicio para otras estrategias para desarrollar ingeniería de órganos, incluso imprimirlos.

2002. Los científicos diseñaron un riñón miniatura completamente funcional capaz de filtrar sangre y producir orina diluida en un animal. Este desarrollo fue el inicio de la investigación para “imprimir” órganos y tejidos usando tecnología de impresión 3D.



2005. El Dr. Adrian Bowyer de la Universidad de Bath fundó RepRap, una iniciativa open-source para crear una impresora 3D que pudiera imprimir sus propias partes. Este proyecto buscaba democratizar la fabricación de objetos cotidianos por medio de la impresora.

2006. Aparecieron los primeros dispositivos de SLS (sinterización láser selectiva). Esta máquina usa un láser para convertir materiales en productos 3D, lo cual fue un inicio para la producción en masa de objetos cotidianos, partes industriales e incluso prótesis. También durante este año se creó Objet, un sistema de impresión 3D que puede imprimir con materiales diversos como elastómeros y polímeros, y hace posible que una pieza se pueda hacer de diferentes densidades y propiedades.



2008. El proyecto RepRap lanzó Darwin, la primera impresora auto-replicante que puede imprimir la mayoría de sus componentes, lo cual permite a alguien que ya cuenta con una, imprimir otras para sus amigos. También en este año caminó la primera persona con una impresión de prótesis 3D, la cual incluía la rodilla, el pie y el tobillo en una misma estructura.

2009. MakerBot Industries, empresa open-source de hardware para impresoras 3D lanza al mercado kits para hacer tu propia impresora 3D.



2010. Los ingenieros de la Universidad de Southampton diseñaron la primer aeronave impresa en impresora 3D, que se construyó en 7 días y una de las ventajas con la impresión 3D son las alas elípticas, una característica muy cara en fabricación convencional pero que mejoran la eficiencia aerodinámica y minimiza el arrastre.

2011. La compañía Kor Ecologic lanzó un prototipo de automóvil amigable con el medio ambiente llamado Urbee, cuya armazón fue completamente impresa en 3D. El modelo se diseñó para ser barato y eficiente, y podría costar de 10,000 a 50,000 USD si se vuelve comercialmente viable.





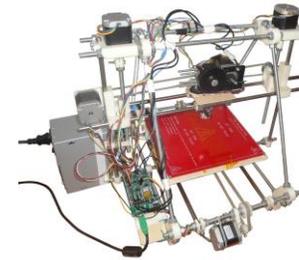
2013. En Holanda se usó una impresora 3D para imprimir una mandíbula inferior 3D que se implantó en una mujer mayor, quien sufría una infección crónica de hueso. Actualmente se está investigando esta tecnología para la creación de tejido óseo.

Tipos de impresoras 3D auto replicantes de código abierto más utilizadas.

Fuente: www.reprap.org

Prusa Mendel

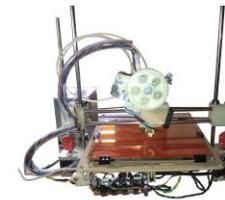
Son modificaciones sobre la impresora Mendel original llevadas a cabo por Joseph Prusa, cuyo objetivo era la generación de una impresora estable, barata y muy fácil de construir. Existen dos iteraciones (la Prusa Mendel original y la Prusa Mendel Iteración II) y se está desarrollando una tercera (la Prusa Mendel Iteración III). Las dos primeras iteraciones tienen forma triangular, aunque la tercera es más recta.



Clon R2D2, modelo de la Prusa Mendel It1

PrintrBot

PrintrBot es una impresora que también sigue la filosofía RepRap, diseñada por Brook Drumm y financiada con un proyecto en Kickstarter. Es una impresora cuadrada que es completamente escalable. Esto significa que si se compran barras más grandes se puede hacer una impresora capaz de imprimir piezas más grandes (ya que se aumenta el área de impresión).



Impresora PrintrBot Lucy

Rostock (Delta Printer)

Es una impresora también de 3 ejes (más extrusor) creada por Johann, pero con la propiedad de que los 3 ejes son verticales y están separados 120 grados cada uno, dando un sistema de coordenadas distinto, pero un resultado muy interesante. Es una impresora muy alta (pero su espacio de impresión no llega a ser tan alto), y requiere tener el mecanismo del extrusor separado del *HotEnd* para evitar problemas con la inercia del soporte (el motor pesa algo menos de medio kilo, y desestabilizaría la impresión). Es una impresora en desarrollo y no está del todo terminada.



Prototipo original de Rostock

Las distintas generaciones de Prusa Mendel, PrintrBot y de Generación 0 (no replicables) puede ser consultado en el Anexo.

Partes de una impresora auto replicante de código abierto.

Tarjeta controladora: Al inicio de la iniciativa RepRap el control y manejo de la impresora dependía de una tarjeta Arduino y solamente podían controlar un extrusor y cinco motores de paso, dependían directamente de una computadora para su uso. Actualmente existen tarjetas dedicadas únicamente al control de impresoras de código abierto con capacidad para varios extrusores, varios motores de paso y ventiladores, además permiten el uso de tarjetas de memoria y controles externos que las independizan de estar constantemente conectadas a la computadora.



Extrusor: Se mueve sobre el Eje X y consta de dos partes: a) Punta caliente, que es la encargada de fundir el filamento, cuenta con un elemento calefactor que eleva la temperatura y un termistor que permite controlarla. b) Motor de alimentación, empuja constantemente el filamento mediante una polea dentada hacia la punta caliente a través de un tubo revestido de teflón. Existen diferentes modelos de extrusor, desde los más sencillos con cuerpo plástico o de baquelita, hasta los más avanzados de cuerpo de aluminio con rejillas y ventilador de enfriamiento.



Cama Caliente (*Hotbed*): Es la superficie donde se va depositando el material fundido de la punta del extrusor, se mueve sobre el Eje Y. cuenta con una resistencia que se distribuye en toda la superficie de la cama y mantiene una temperatura constante que permite una correcta adhesión del material fundido, además de permite que se vaya enfriando paulatinamente evitando el enfriamiento súbito que ocasionaría que el objeto se deforme. Originalmente se cubrían con un vidrio de 5mm de grosor, al cual se le reviste con cinta de pintor azul o cinta kapton para mejorar su la adhesión del material depositado, aunque actualmente existen camas calientes con rejillas de aluminio y otras donde no se necesita la cubierta de vidrio pues se aplica una película de líquido separador. Algunas impresoras como la Prusa i3 MK2 cuenta con marcas en la cama de impresión en puntos específicos que permite a la impresora auto calibrarse.



Motores de paso: De ellos depende el movimiento de la impresora, desde los tres ejes, hasta el avance en la alimentación de filamento en el extrusor. Se utilizan motores de paso en lugar de motores eléctricos comunes pues son más precisos y tienen mayor torque, lo que posibilita tener un movimiento fluido y constante. Los motores de paso en una impresora se utilizan para los siguientes movimientos: Eje X, Eje Y, Eje Z y alimentación del extrusor.



Interruptores de final de carrera: Sirven para indicar a la tarjeta controladora el inicio de cada eje y en caso de que el modelo de la tarjeta lo permita, se puede conectar un segundo interruptor por eje para indicar la distancia máxima que puede recorrer cada elemento móvil. Existen modelos de interruptores mecánicos y actualmente están siendo reemplazados por interruptores ópticos que son más eficientes.



Termistor: Son bulbos pequeños de vidrio que registran la temperatura y la informan permanentemente a la tarjeta controladora. A pesar de ser frágiles en su manipulación, resisten muy bien la temperatura, siempre que se manejen en los rangos normales (185°C a 230°C) y son muy durables.



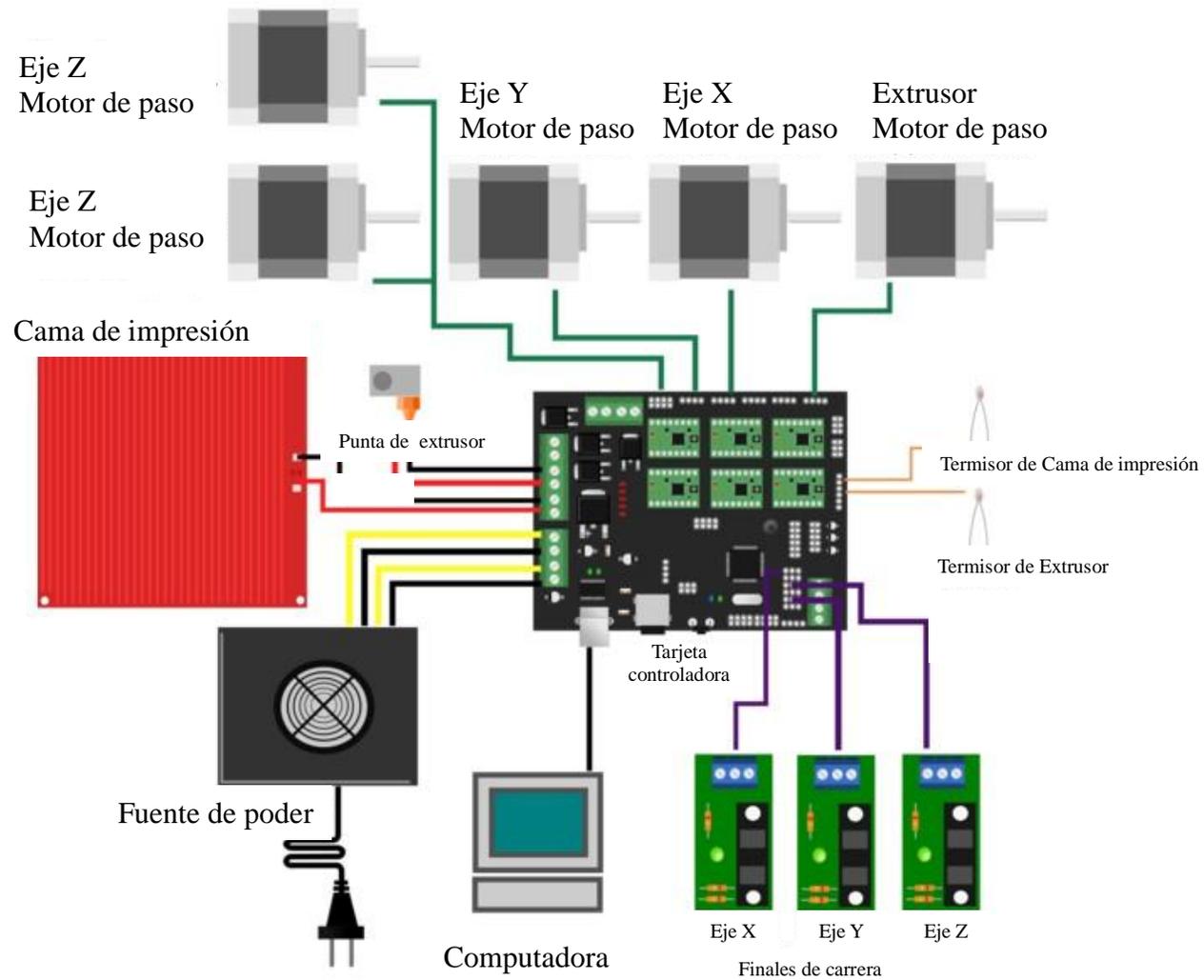
Fuente de poder: Alimenta de energía eléctrica a la tarjeta controladora y de ahí a cada componente electrónico de la impresora 3D, la mayoría de las impresoras 3D de código abierto utilizan 12 voltios y de 20 a 30 amperes de alimentación constante.



Otros: Dependiendo del modelo de impresora que se va a construir, existen diversos materiales que llegan a ser comunes en varios modelos, entre los que destacan:

- **Marco:** puede ser de varillas roscadas de acero, perfiles de aluminio, MDF, placa de aluminio y plástico.
- **Rodamientos:** permiten el deslizamiento de los ejes y las bandas.
- **Display LCD:** permite revisar el estatus de la impresión e independiza la impresora de la computadora al desplegar y seleccionar las opciones de control y funcionamiento.

Diagrama general de conexión de partes de una impresora auto replicante de código abierto.



Conclusión:

Resulta importante mencionar la historia del desarrollo de la tecnología de impresión 3D, pues brinda una base para poder entender el proceso de innovación que ha sufrido al pasar de los años y de cómo ha beneficiado la apertura de su código para su evolución. Desde el punto de vista del proyecto RepRap, es ahí donde se desarrolla la simbiosis entre la máquina y el ser humano: “la máquina necesita del ser humano para poder replicarse, mientras que el humano se beneficia de poder realizar impresiones de otros objetos al ser facilitador de la reproducción de la máquina” (Bowyer, 2008)

La versatilidad de la tecnología presentada permite a los estudiantes adquirir un kit para ensamblar en un gran número de sitios en Internet, o comprar la mayor parte de las piezas en las ferreterías cercanas a ellos y conseguir las piezas más especializadas en tiendas de electrónica dedicadas a la automatización en Toluca y la Ciudad de México.

Entender las características generales de las impresoras permitirá a los participantes adentrarse en la comprensión de su funcionamiento, pues al conocer la lógica de trabajo se pueden visualizar más fácilmente las diferencias y similitudes entre los diferentes modelos e iteraciones de impresoras.

Capítulo 4

Manuales

- Manual de construcción de impresión 3D**
- Manual general de Slic3r**
- Manual general de Pronterface**

Nota previa

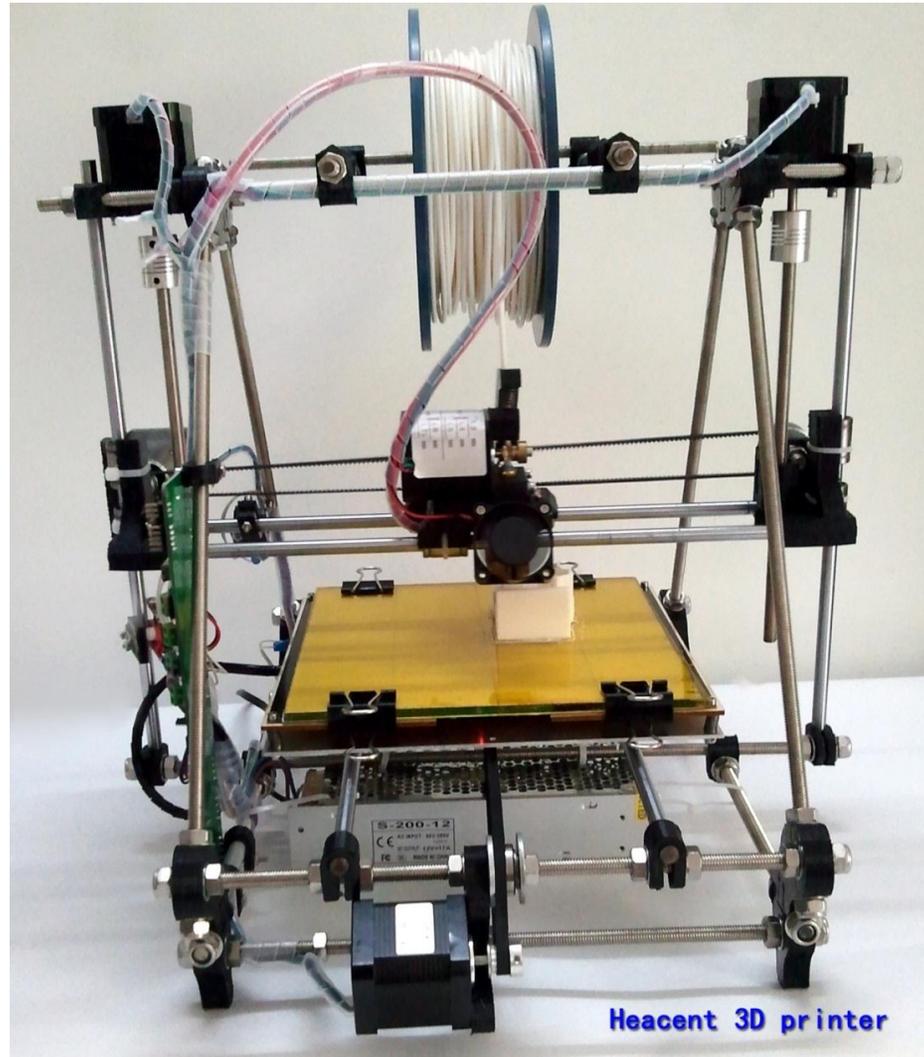
En las siguientes páginas, se muestra el trabajo realizado para la elaboración del manual a utilizarse a lo largo del taller, cabe mencionar que se tomaron en cuenta diversos manuales existentes como referencia. Pero debido a la gran cantidad de iteraciones y modelos diferentes de impresoras 3D de código abierto se requirió reestructurar casi completamente el manual y fotografiar cada paso, ya que en muchos casos las imágenes originales no coincidían con el modelo de impresoras que se trabajaron en el taller; las instrucciones eran confusas, mayormente porque estaban originalmente en Chino y posteriormente mal traducidas al Inglés. También algunas instrucciones se tuvieron que replantear totalmente pues no quedaban completamente claras, no era suficiente la información o las piezas no coincidían.

Se diseñó el manual para iniciar con instrucciones sencillas, llevando al alumno paso a paso para acostumbrarlo al ritmo y tipo de trabajo. Conforme avanza en su construcción, se va incrementando de en poco la complejidad y se van conjuntando varias acciones detallando sólo aquellas que lo requieren.

Para la segunda parte del manual donde se muestra el Software, se expone solamente las opciones generales de los programas, pues se pretende que los alumnos experimenten con las configuraciones a lo largo del taller y vean en el momento de imprimir cómo afectan los cambios que van realizando.

Es entonces un manual que puede utilizarse independientemente del trabajo de investigación, pues en éste se vacían los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, la experiencia adquirida en los años de trabajo con dicha tecnología y la metodología de diseño aplicada a la satisfacción de necesidades que todo diseñador debe dominar.

Manual de construcción de impresora 3D Prusa Mendel



Traducción, corrección y compilación: José I Contreras Manzanilla.
Noviembre 2015

Indice:	
Especificaciones	65
Introducción	66
Recomendaciones generales	67
Lista de materiales	
- Partes Impresas	69
- Partes no impresas	71
- Herramientas	71
I. Armado del marco	
- Lista de materiales	73
- Instrucciones	75
II. Armado del eje X	
- Lista de materiales	97
- Instrucciones	98
III. Armado del eje Z	
- Lista de materiales	101
- Instrucciones	103
IV. Armado de la cama de impresión (eje Y)	
- Lista de materiales	113
- Instrucciones	114
V. Montaje del carro de extrusor	
- Lista de materiales	122
- Instrucciones	123

VI. Cableado parte 1	
- Lista de materiales	128
- Instrucciones	129
VII. Cableado parte 2	
- Lista de materiales	138
- Instrucciones	139
VIII. Cableado parte 3	
- Lista de materiales	141
- Instrucciones	142
IX. Cableado parte 4	
- Lista de materiales	147
- Instrucciones	147

Especificaciones:

Marca: Heacent.

Modelo: 3DP01.

Cabezas de impresión: Una.

Temperatura Máxima: 260° C.

Tamaño total: 450*450*450mm.

Peso total: 8 kg.

Alimentación: 110-220V AC, 200W.

Formato de archivos: STL.

Material de impresión: PLA/ABS.

Formato máximo de impresión: 200*200*100mm.

Velocidad de Impresión vertical: 40cm³/h.

Precisión de conformado: XY: 0.012mm, Z: 0.004mm.

Grosor de Capa: 0.2-0.4mm

País de Origen: China.

Introducción:

Este manual presenta las instrucciones completas para construir, poner en marcha y usar la impresora 3D versión: Prusa Mendel i2. Como toda máquina RepRap, Prusa Mendel es totalmente open-source (código-abierto). Tiene licencia GPL (General Public License). Todos los archivos de diseño y software se encuentran disponibles en el repositorio de RepRapPro Ltd Github y en la página de Thingiverse.

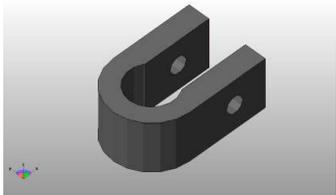
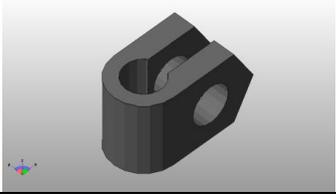
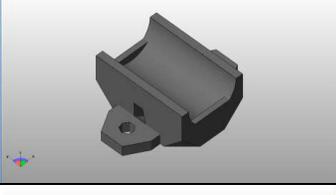
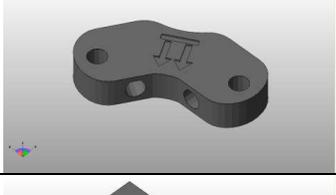
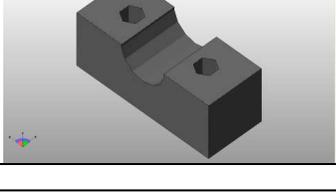
El modelo mostrado es el 3DP01 y es una impresora Prusa Mendel i2 con rodamientos lineales LM8UU y un extrusor tipo modificado tipo K, incluye una tarjeta electrónica de control Melzi, algunas herramientas y todo lo necesario para armar completamente la impresora.

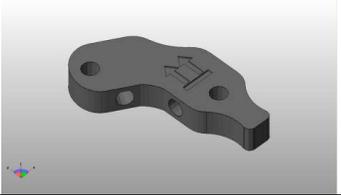
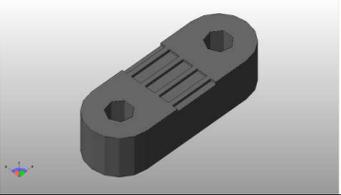
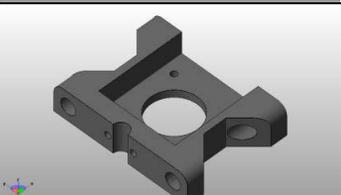
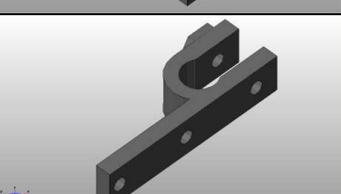
Prusa Mendel es una versión simplificada de Mendel del proyecto RepRap.

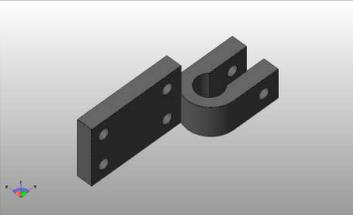
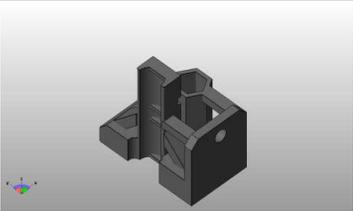
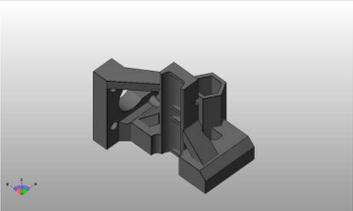
Recomendaciones generales:

1. Se debe contar con un espacio amplio y asegurarse que el área de trabajo está limpia. El polvo puede entorpecer el buen funcionamiento de una impresora 3D.
2. La superficie de trabajo deberá ser dura, lisa y estar nivelada.
3. Todas las partes impresas, han sido hechas en diversas máquinas RepRap de proveedores de la comunidad RepRap. Pese al hecho de que estas máquinas son impresoras 3D altamente calibradas, algunas perforaciones y características requieren de cierto “acondicionamiento” o rectificación para obtener el mejor desempeño.
4. Antes de iniciar la construcción, debe de asegurarse que se tienen todos los componentes enlistados.
5. Previo al ensamblaje, se recomienda leer COMPLETAMENTE las instrucciones y asegurarse de entenderlas, para evitar dañar las piezas o las partes electrónicas.
6. La impresora RepRap es una máquina muy resistente una vez armada, sin embargo, requiere de cierto cuidado durante el ensamblaje. Si se tienen dudas no se deben forzar las piezas, es preferible buscar asesoría.

Lista de materiales:

PARTES IMPRESAS			
Número	Imagen	Nombre	Cantidad
1		Clip PCB	3
2		Abrazadera de barra	8
3		Soporte de rodamiento lineal Y	3
4		Vértice de marco	2
5		Abrazadera de barra lisa	2

6		Vértice de marco con pie	4
7		Soporte de motor Y	1
8		Abrazadera de banda	4
8		Carro de extrusor	1
10		Montaje del motor Z	2
11		Soporte de tope final XY	2

12		Soporte de tope final Z	1
13		Soporte de polea eje X	1
14		Soporte de motor eje X	1

Partes no impresas

Varillas:

Roscadas M8

Lisas M8

Tornillos:

M8.

M3.

Tuercas:

M8.

M8 de seguridad.

M3.

Arandelas:

M8.

M3.

M3 de seguridad.

Rodamientos:

608.

LM8UU.

Motores de Paso.

Cintillos.

Cama de impresión.

Carro de extrusor.

Tarjeta de control Melzi.

Fuente de poder de 12v.

Herramientas:

Desarmadores

Pinza de mecánico

Llaves:

14mm.

Ajustable.

Armado de marco

Lista de materiales:

Parte impresa	Cantidad
Vértice de marco	2
Vértice de marco con pie	4
Abrazadera de barra	6
Soporte de motor Y	1
Montaje de motor Z	2
Total	15 piezas

Parte no impresa	Cantidad
Varilla roscada M8 de 370mm	6
Varilla roscada M8 de 294mm	4
Varilla roscada M8 de 400mm	2
Tuerca M8	42
Tuerca M8 de seguridad	24
Arandela	67
Arandela M8x30	4
Rodamientos 608	2
Total	151

Herramienta	Cantidad
Llave 14mm	2
Pinzas de mecánico	1
Separador de MDF	1
Flexómetro o regla	1
Nivel de torpedo	1
Total	6

Instrucciones:

1. Tomar una varilla roscada M8 de 370mm e introducir una arandela M8 hasta el centro.



2. Introducir una abrazadera de barra hasta posicionarla a un lado de la arandela.



3. Introducir otra arandela en la varilla del lado opuesto.



4. Enroscar una tuerca M8 en cada lado de la varilla hasta aproximarlas a las arandelas, sin apretarlas aún.



5. Enroscar otra tuerca de cada lado de la varilla a unos 50mm del extremo, seguida de una arandela.



6. Introducir los vértices de marco con pie a cada lado de la varilla, de modo que queden mirando hacia afuera.



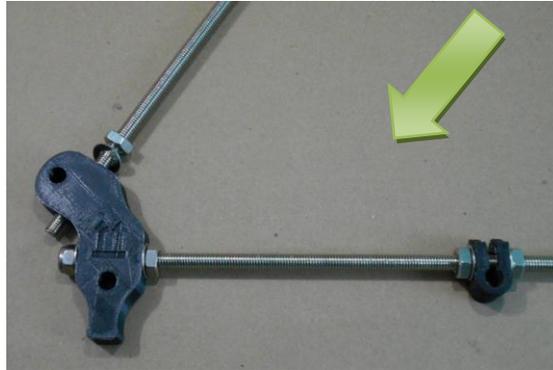
7. Colocar una arandela y una tuerca de seguridad a cada lado, asegurarse de no apretar demasiado.



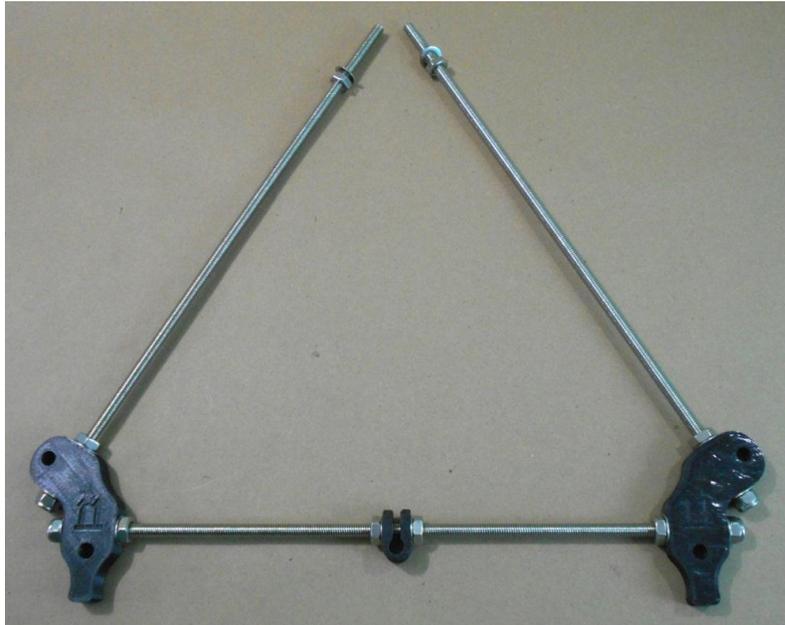
8. Tomar otra varilla roscada M8 de 370mm y colocar una tuerca, seguida de una arandela a cada lado, a aproximadamente 50mm del extremo.



9. Colocar uno de los extremos en un vértice de marco con pie, seguido de una arandela y tuerca M8 de seguridad.



10. Hacer lo mismo del otro lado, de tal manera que quede un triángulo, con vértices de marco en dos esquinas y otra libre, además de una abrazadera de barra entre los vértices.



11. Colocar un vértice de marco en el extremo libre del triángulo, seguido de una arandela y tuerca M8 de seguridad en cada extremo.

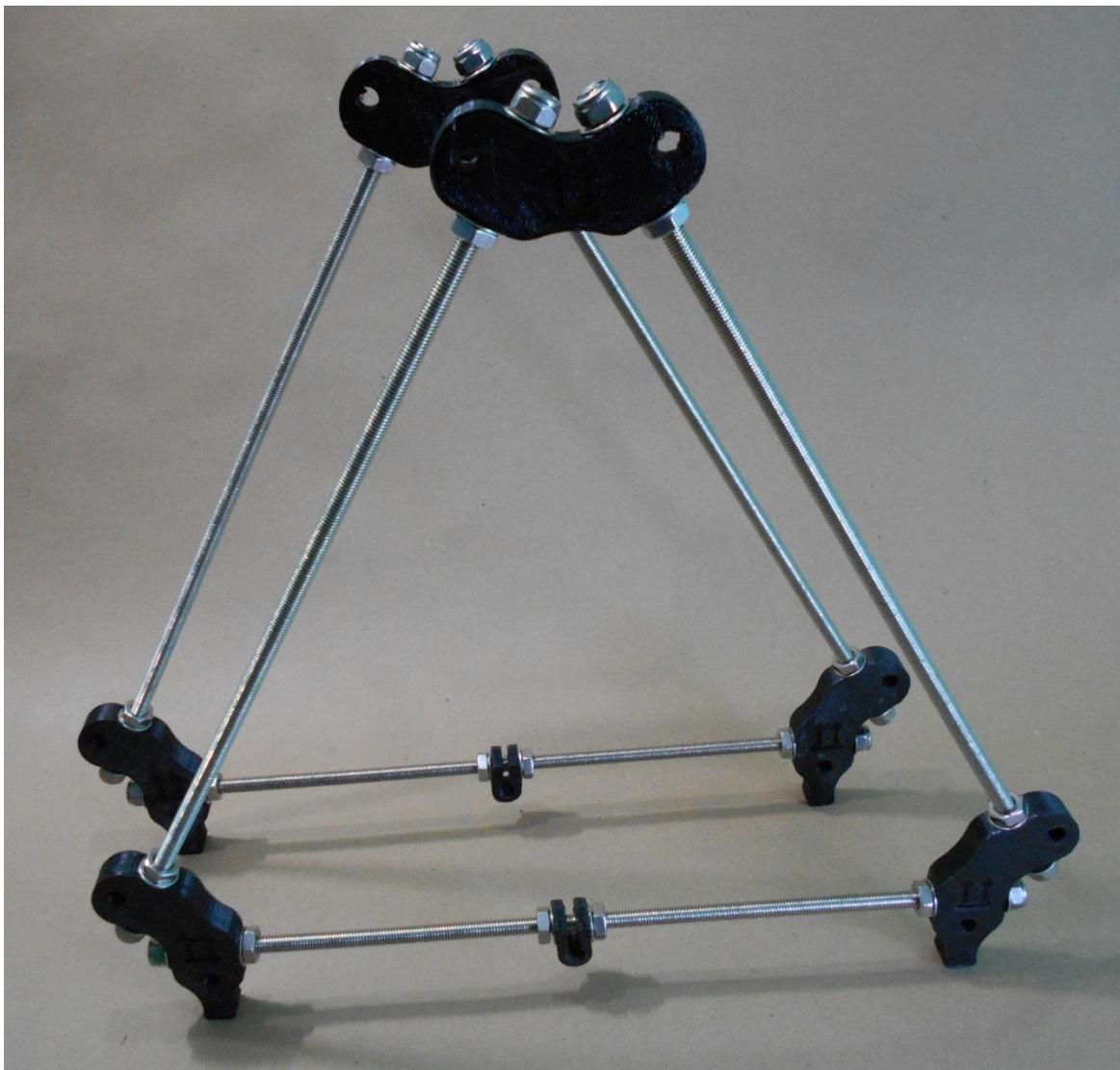


12. Antes de ajustar las tuercas de los vértices de marco, asegurarse con el separador de que las piezas de plástico estén a exactamente 290mm, moviendo las tuercas internas. Una vez realizado este paso, se procede a apretar las tuercas exteriores de seguridad hasta que el triángulo esté firme.
(No exceder al ajustar para no dañar los vértices).



Nota: No es necesario aun ajustar las tuercas de la abrazadera de barra, sólo se debe asegurar que se encuentre a la mitad de la varilla inferior.

13. Repetir el mismo procedimiento para un segundo triángulo, que debe ser idéntico al primero.

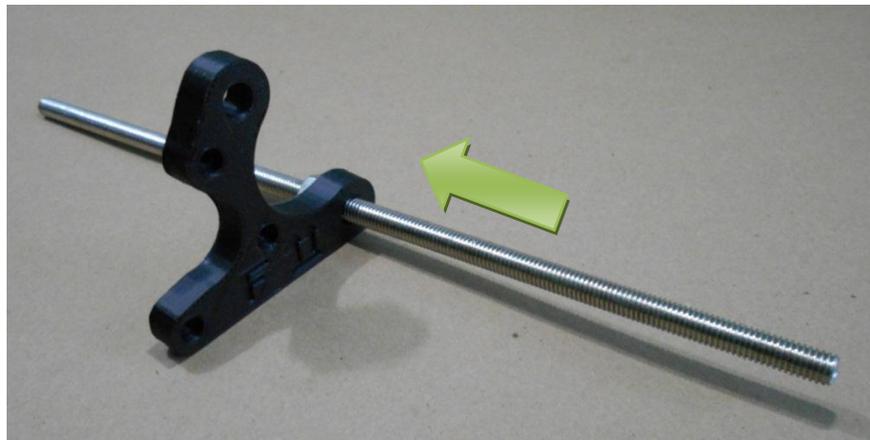


Marco parte frontal

14. Tomar una varilla roscada M8 de 294mm y enroscar una tuerca M8 hasta el centro, colocando una arandela M8 del lado derecho.



15. Insertar en la parte inferior del soporte de motor "Y" por la parte recta (ver imagen) hasta tocar la arandela.



16. Introducir una arandela del lado derecho hasta el soporte y enroscar una tuerca M8 para mantener la pieza en su lugar.

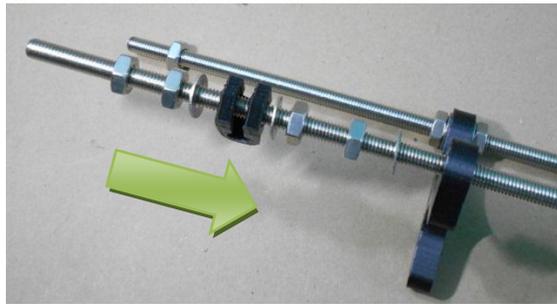


17. Enroscar una tuerca M8 a cada extremo de la varilla, aproximadamente a 25mm, seguido de una arandela por lado.



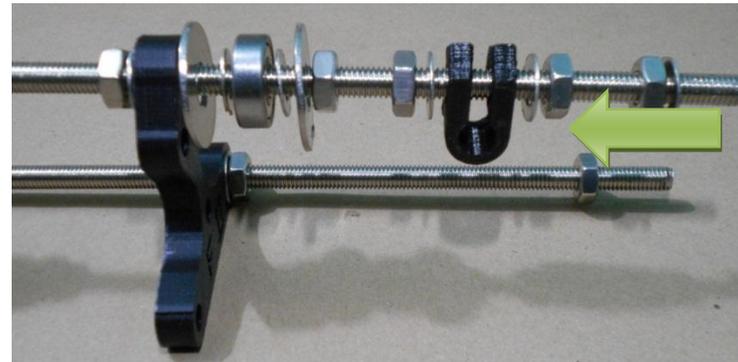
18. Para la varilla superior, seguir la siguiente secuencia al insertar los elementos:

- Arandela M8
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8
- Abrazadera de barra
- Arandela M8
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8

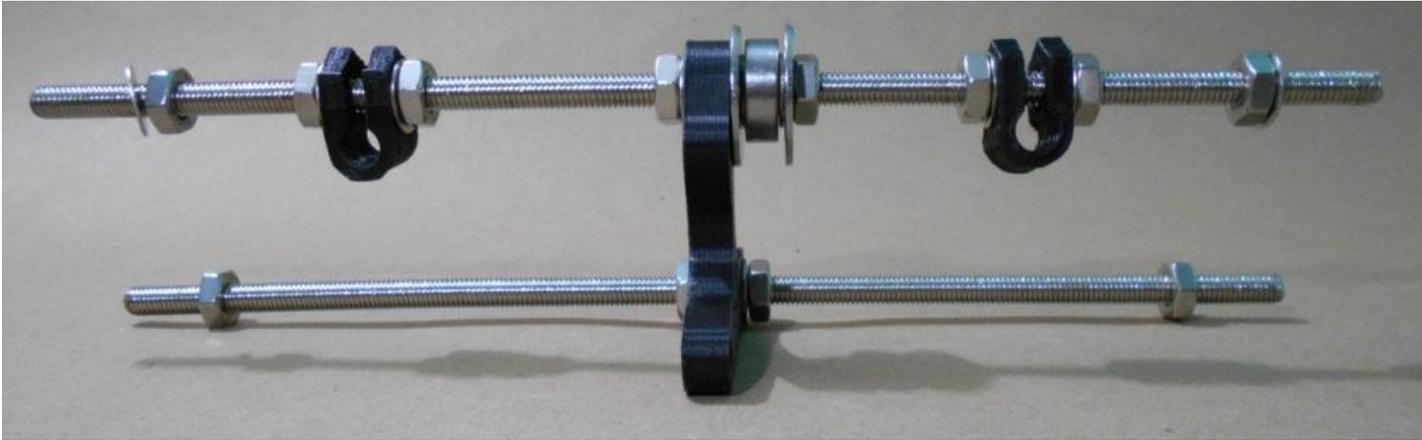


19. Para el otro extremo, la secuencia es (de izquierda a derecha):

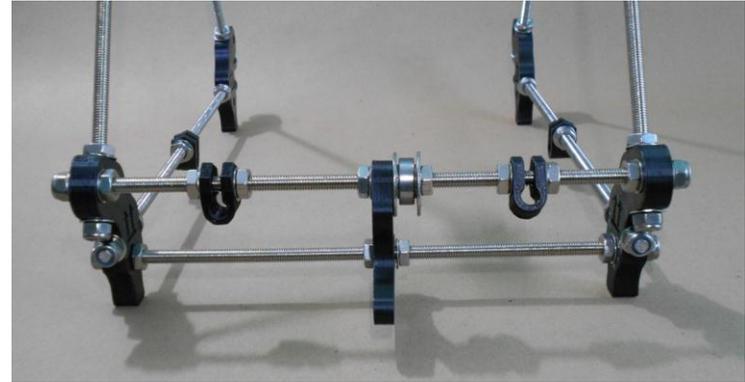
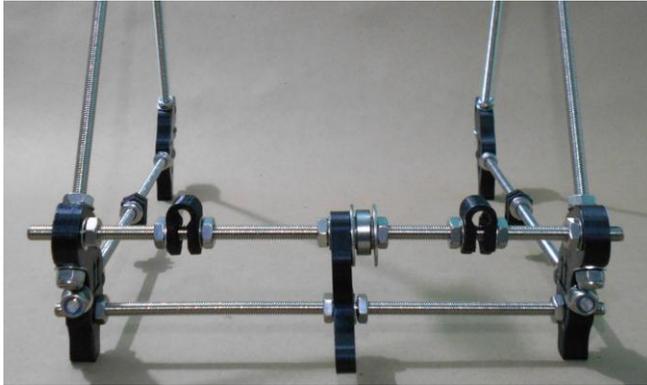
- Arandela M8x30 (arandela grande)
- Arandela M8
- Rodamiento 608
- Arandela M8
- Arandela M8x30 (arandela grande)
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8
- Abrazadera de barra
- Arandela M8
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8



Quedando de la siguiente manera:



20. Insertar el ensamble previo en los vértices de marco con pie, introduciendo después una arandela M8 y enroscando una tuerca M8 de seguridad en cada extremo (sin ajustar demasiado aún).



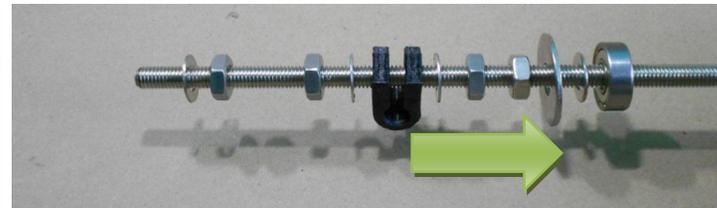
Marco parte posterior

21. Para la parte inferior, tomar una varilla roscada de 294mm y enroscar una tuerca M8 en cada extremo, seguida de una arandela M8 a aproximadamente 25mm.



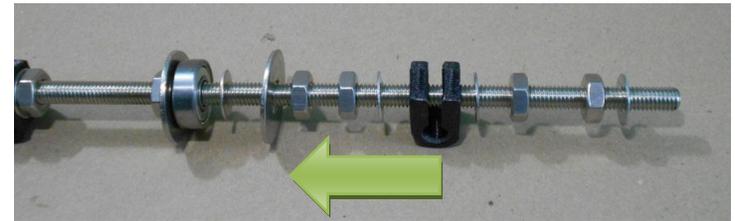
22. En la varilla superior se seguirá la siguiente secuencia de derecha a izquierda:

- Rodamiento 608
- Arandela M8
- Arandela M8x30 (arandela grande)
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8
- Abrazadera de barra
- Arandela M8
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8



23. Del otro extremo de la varilla superior, la secuencia es la siguiente (de izquierda a derecha):

- Arandela M8
- Arandela M8x30 (arandela Grande)
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8
- Abrazadera de barra
- Arandela M8
- Tuerca M8
- Tuerca M8
- Arandela M8



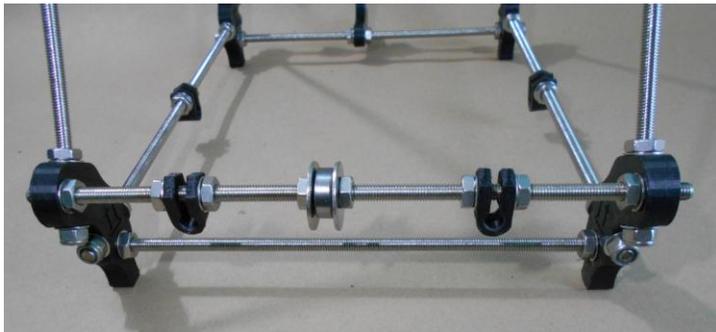
24. Ajustarla hasta que quede aproximadamente así:



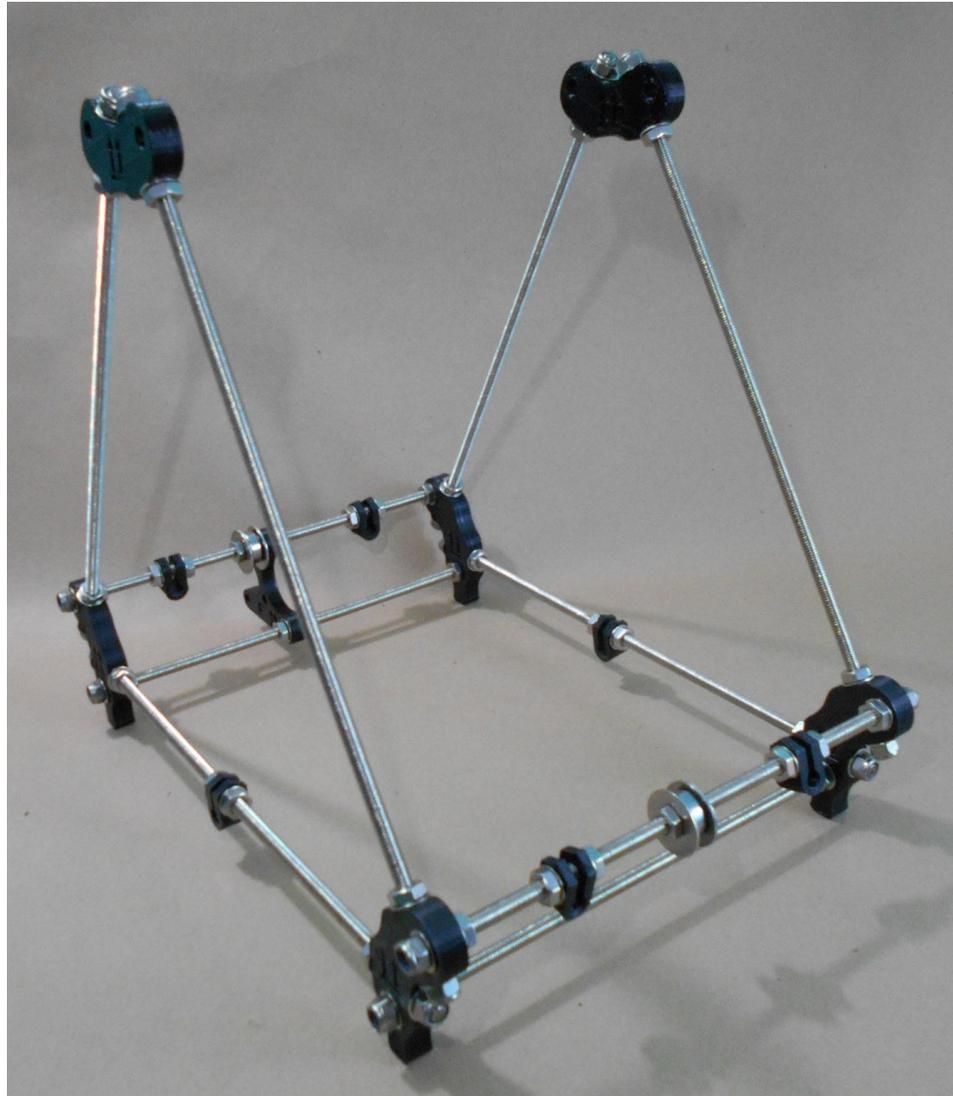
25. Ambas varillas posteriores deben quedar de la siguiente manera:



26. Introducir con cuidado ambas varillas en los vértices de marco con pie restantes, introduciendo una arandela M8 y una tuerca de seguridad en cada extremo.

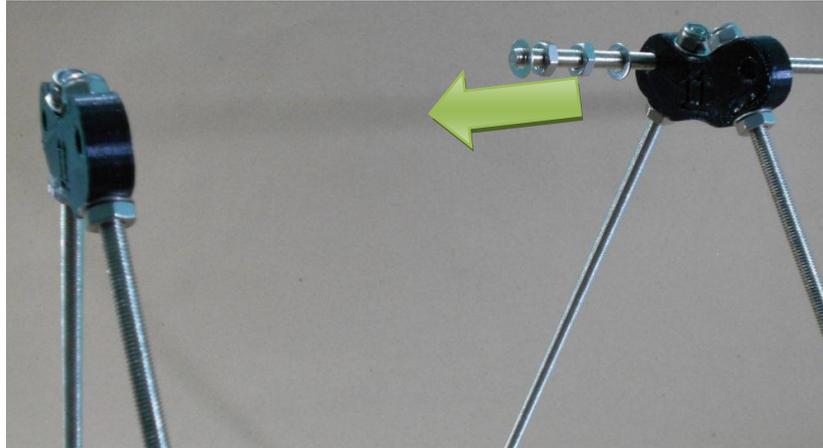


El marco debe verse de la siguiente manera:

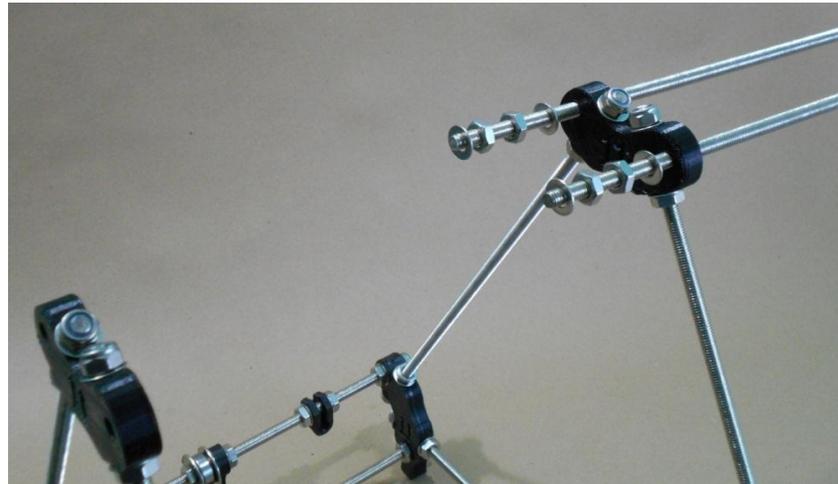


Marco parte superior

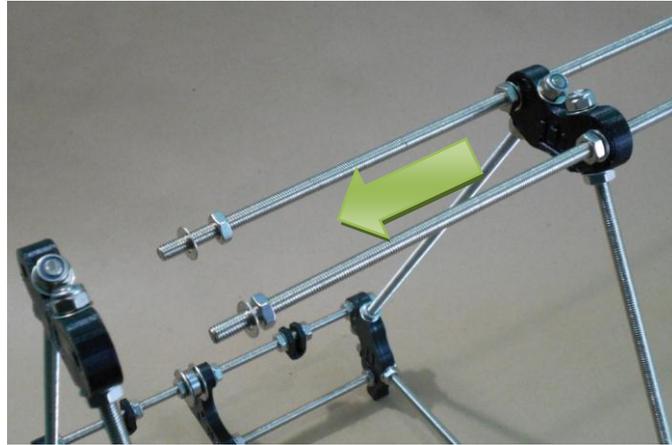
27. Deslizar una varilla roscada de 400mm por uno de los orificios del vértice de marco superior, colocar una arandela M8, dos tuercas M8 y otra arandela, como a continuación se muestra.



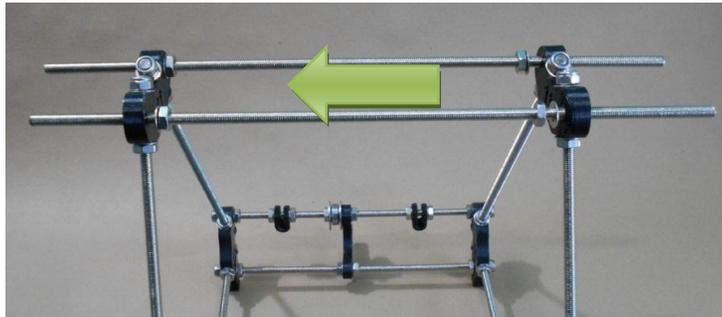
28. Repetir con la otra varilla.



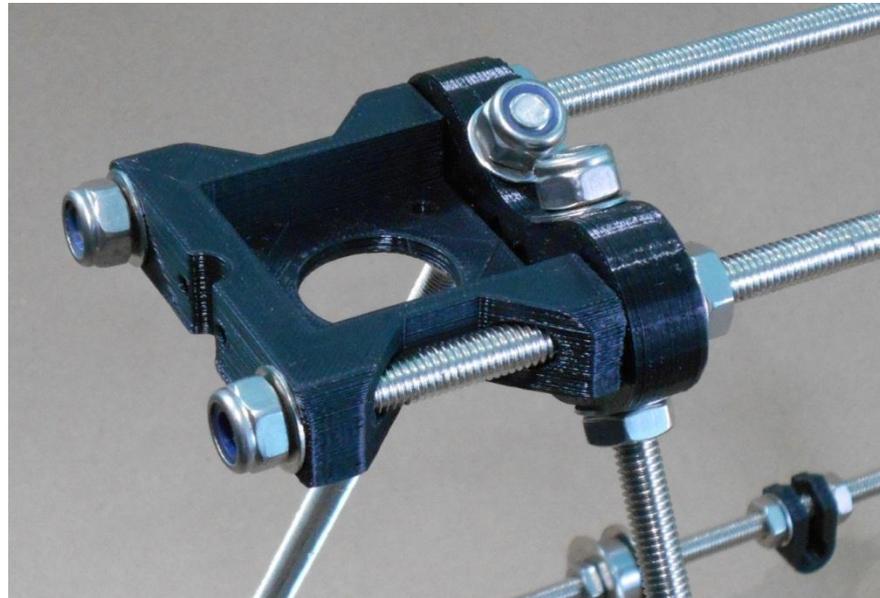
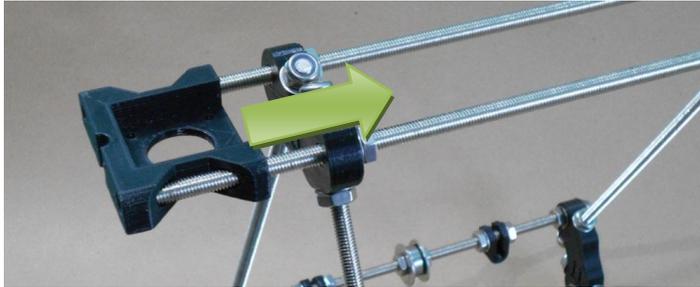
29. Continuar enroscando los tornillos más próximos al vértice de marco.



30. Deslizar las varillas por los orificios del otro vértice de marco superior, hasta que salgan por el extremo del mismo. Seguir atornillando las tuercas hasta que cada extremo de varilla mida aproximadamente 60mm.



31. Insertar un montaje de motor Z en cada extremo de varilla, conservando la parte plana hacia abajo, seguido de una arandela M8 y una tuerca de seguridad M8.



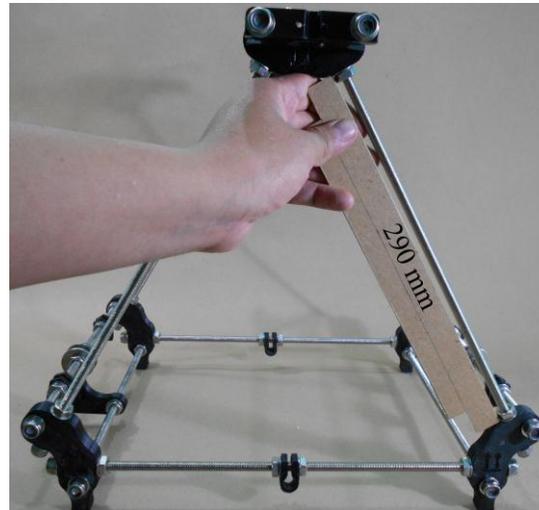
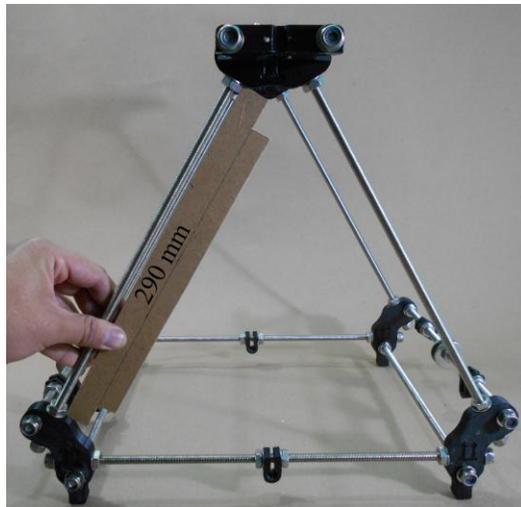
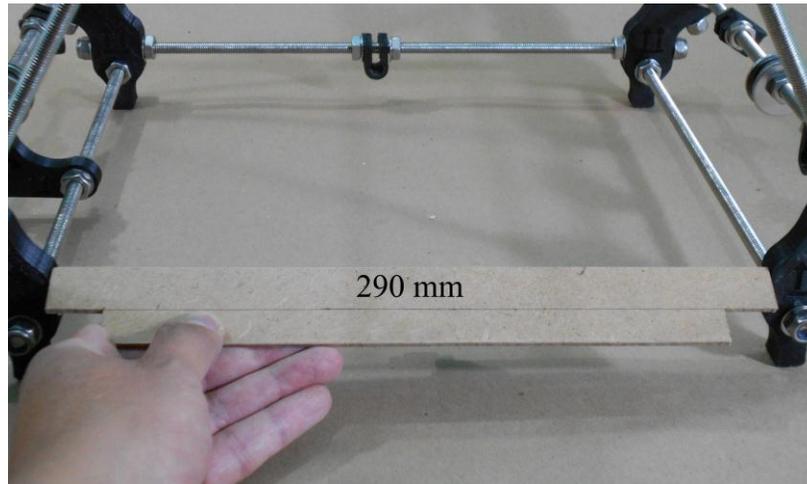
El marco completado deberá de verse de la siguiente manera:



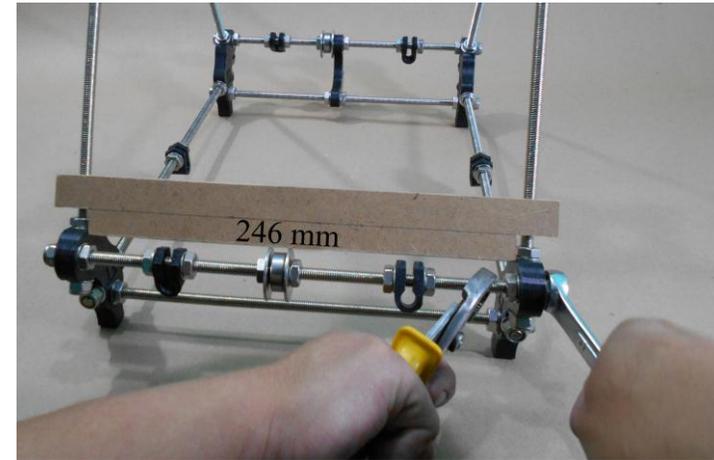
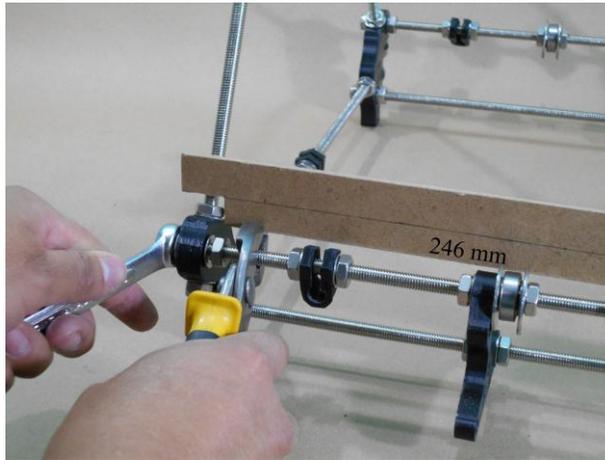
Nota: Es normal que se sienta un poco flojo el marco, debido a que no se han ajustado las tuercas a su posición final.

Ajuste de marco

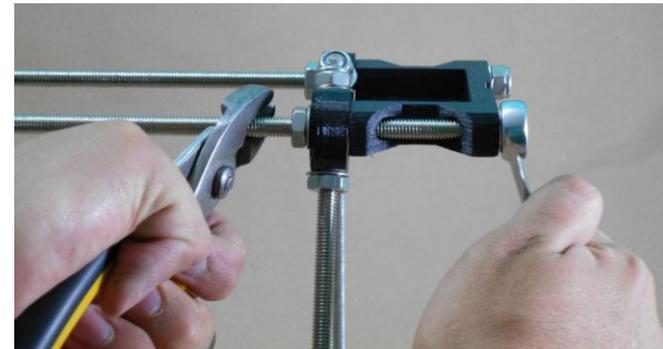
32. Utilizando el separador de referencia, verificar que cada lado del triángulo del marco mida 290mm de plástico a plástico, ajustar con las llaves y las pinzas de mecánico (no apretar en exceso para no dañar las piezas).



33. Cada una de las varillas inferiores deberán ajustarse, con el separador de MDF de referencia, hasta que la distancia entre vértices de marco con pie mida 246mm de plástico a plástico, ajustar con las llaves y pinzas de mecánico de ser necesario (no apretar en exceso para no dañar las piezas).



34. De nuevo, con el separador de MDF como referencia, ajustar las tuercas de las varillas de los vértices superiores hasta que éstos tengan una medida de 246mm de separación, ajustar con las llaves y las pinzas de mecánico de ser necesario. (No apretar en exceso para no dañar las piezas).



El marco debe sentirse lo suficientemente firme, cada pie de los vértices inferiores debe tocar la superficie y ninguna arandela quedará suelta ni con “juego” (excepto las arandelas de las abrazaderas inferiores de cada triángulo del marco)

Nota: Es recomendable, al ajustar las tuercas, utilizar un par de llaves de 13mm y 14mm o una combinación de una llave y pinzas para dejar firmes las uniones. Se puede utilizar el nivel de torpedo para verificar la horizontalidad de las varillas inferiores y superiores, ya que esto garantiza que los siguientes ejes corran sin problemas.



Con esto se concluye el armado del marco.

Armado de eje X

Lista de materiales:

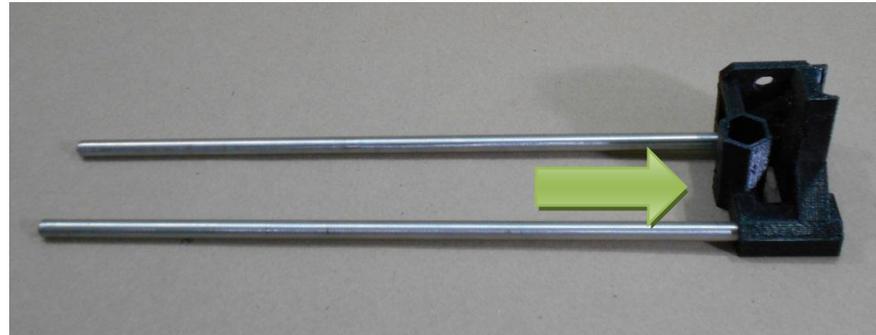
Parte impresa	Cantidad
Soporte de polea eje X	1
Soporte de motor eje X	1
Total	2

Parte no impresa	Cantidad
Varilla lisa 8mm de 380mm	2
Tornillo M8 de 40mm	1
Tuerca M8	1
Arandela M8x30	2
Arandela M8	3
Rodamiento 608	1
Rodamiento lineal LM8UU	3
Total	13

Herramienta	Cantidad
Llave 14mm	2
Pinzas de mecánico	1
Total	3

Instrucciones:

1. Introducir las dos varillas lisas en los orificios inferiores del soporte de polea eje X (marcado R) hasta el fondo.



2. Teniendo el soporte de polea en el lado derecho, introducir un rodamiento LM8UU en la barra frontal y dos en la posterior.

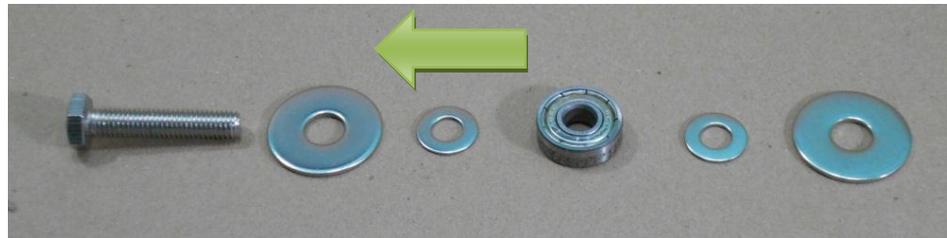


3. Insertar los extremos de las barras en los orificios del soporte de motor de eje X (marcado L) hasta el fondo. (verificar que las partes hexagonales de los soportes de eje y de motor estén de frente, una de la otra)

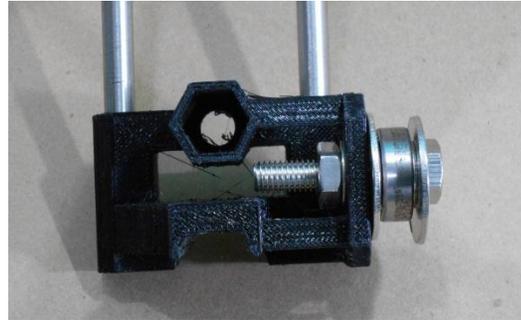
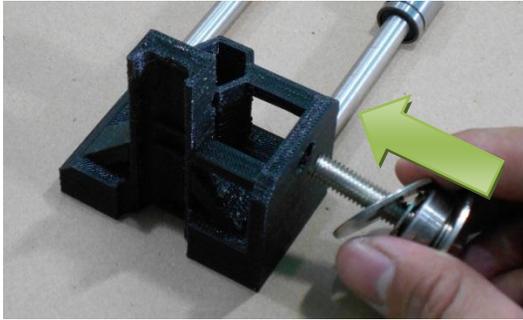


4. Introducir en el tornillo M8 de 40mm los siguientes elementos en secuencia:

- Arandela M8x30
- Arandela M8
- Rodamiento 608
- Arandela M8
- Arandela M8x30



5. Colocar el tornillo en el orificio del soporte de eje X y ajustar con una tuerca M8 y una arandela M8.



Armado de eje Z

Lista de materiales:

Parte impresa	Cantidad
Abrazadera de barra lisa	2
Abrazadera de barra	2
Total	4

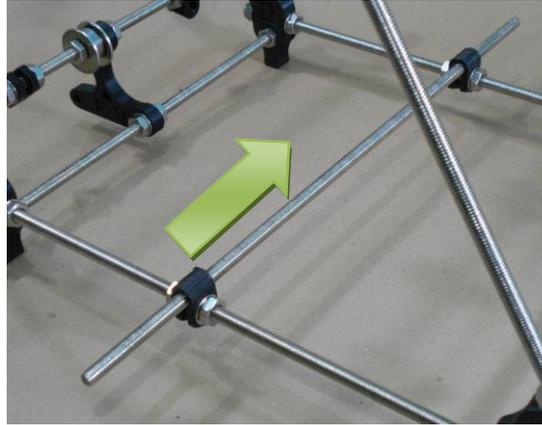
Parte no impresa	Cantidad
Motor NEMA 17	2
Varilla lisa 8mm de 290mm	2
Varilla roscada M8 de 215mm	2
Varilla roscada M8 de 400mm	1
Tornillo M3x20	4
Tornillo M3x8	8
Arandela M8	6
Tuerca M3	4
Arandela M3	4
Arandela de seguridad M3	4
Rodamiento lineal LM8UU	4

Tuerca M8	4
Tuerca M8 de seguridad	2
Cintillos	4
Resorte 40mm	2
Coples 8mm a 5mm	2
Tramo de 500mm de hilo de algodón	1
Total	56

Herramienta	Cantidad
Llave 13mm y 14mm	2
Pinzas de mecánico	1
Flexómetro o regla	1
Llave Allen de 2.5mm	1
Llave Allen de 1.5mm	1
Tijeras	1
Nivel de torpedo	1
Total	8

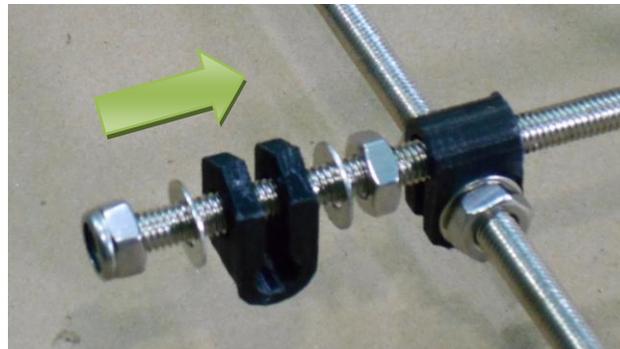
Instrucciones:

1. Insertar la varilla roscada M8 de 400mm en las abrazaderas de barra que quedaron libres en la parte inferior del marco hasta que sobresalga 60 mm de cada lado.

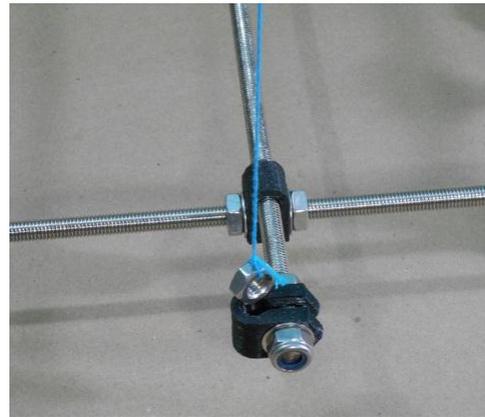
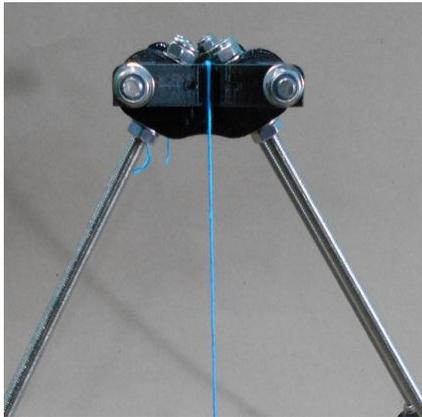
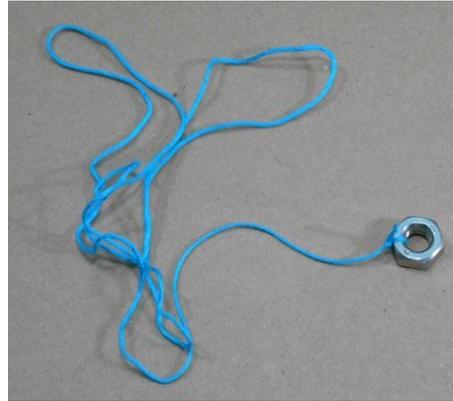


2. En cada extremo de la varilla colocar: (del centro hacia afuera)

- Tuerca M8
- Arandela M8
- Abrazadera de barra
- Arandela M8
- Tuerca M8 de seguridad



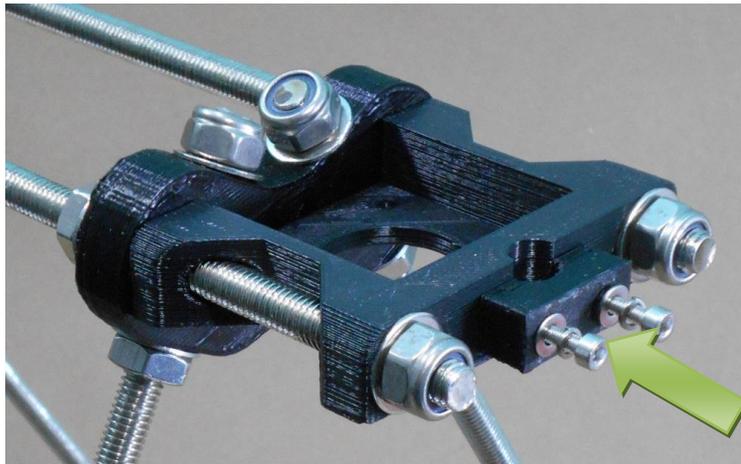
3. Amarrar en un extremo del hilo una tuerca M8. El otro extremo colocarlo en la parte externa del montaje de motor Z del lado derecho del marco a manera de plomo. Ajustar las tuercas de la varilla inferior, de tal manera que el “plomo” se alinee con el orificio vertical de la abrazadera de barra, repetir en el otro lado.



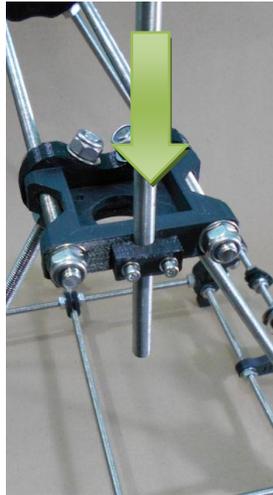
4. Colocar dos tuercas M3 dentro de los orificios interiores del montaje de motor Z.



5. Insertar dos tornillos M3, con una rondana M3 de seguridad y una rondana M3 en cada uno, en la abrazadera de barra lisa y atornillarlos suavemente en el montaje de motor Z. (no apretar demasiado). Repetir el proceso en el otro montaje de motor Z.



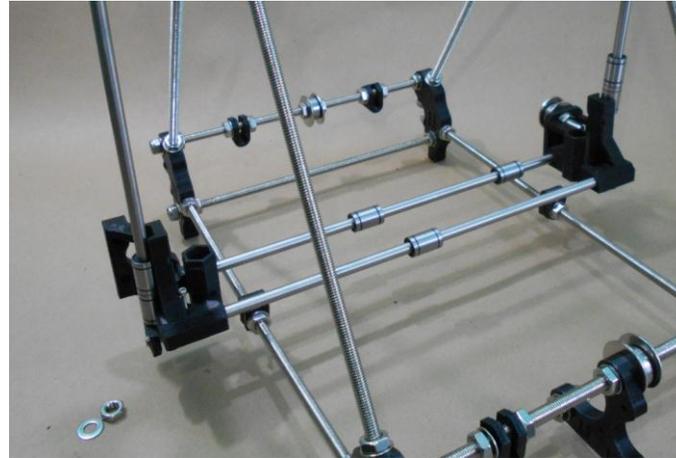
6. Introducir una varilla M8 lisa de 290mm en el orificio que queda entre la abrazadera de barra lisa y el montaje del motor Z, y una vez dentro insertar dos rodamientos lineales LM8UU. Continuar bajando la varilla lisa hasta que atraviese la abrazadera de barra inferior. Ajustar tanto la abrazadera superior, como la inferior. Repetir en el lado opuesto.



7. Con el nivel de torpedo, verificar frontal y lateralmente que se encuentren alineadas las varillas lisas, ajustando las tuercas de la varilla inferior.

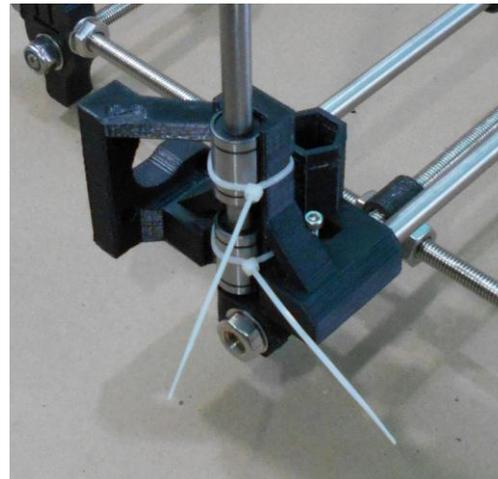


8. Colocar el eje X, previamente armado, verificando que el soporte de motor eje X esté del lado derecho del marco, cuidando que los rodamientos verticales queden dentro de los canales de los soportes.

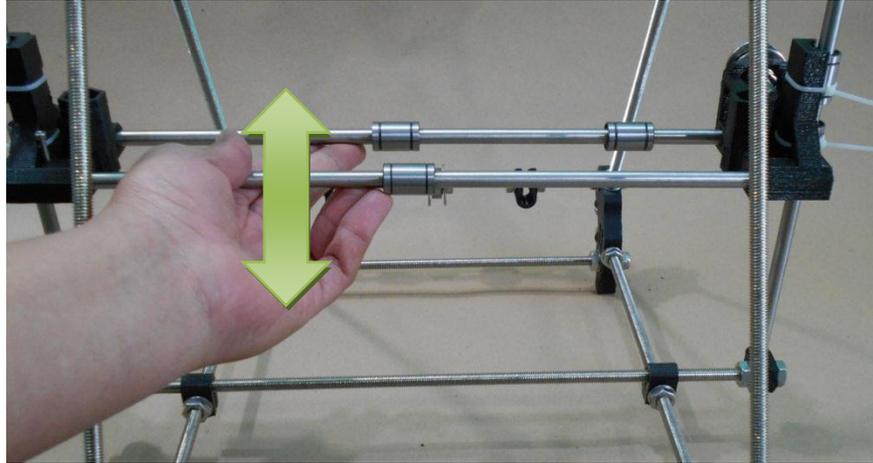


Nota: De ser necesario, se puede desatornillar la tuerca cercana a la abrazadera de barra inferior para poder insertar el eje X en el montaje (No olvidar volver a colocarlos).

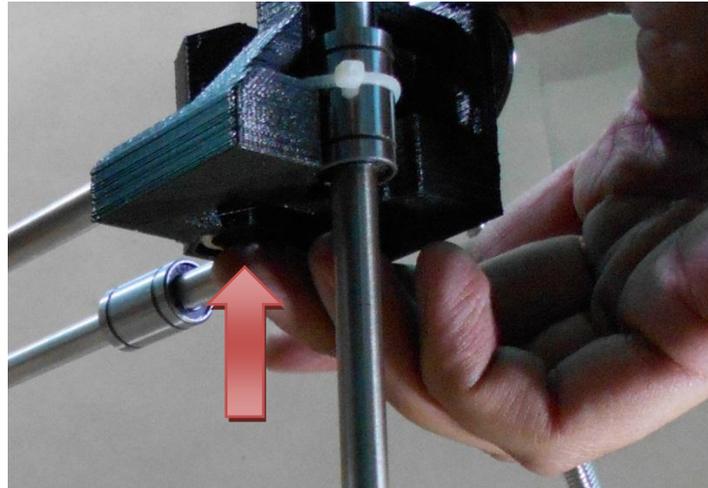
9. En cada rodamiento vertical, se deberá poner un cintillo y ajustarlo fuertemente.



10. Verificar que ambos extremos del eje Z suban y bajen libremente, de no ser así ajustar los tornillos inferiores de la abrazadera de varilla. Cortar el exceso de los cuatro cintillos.



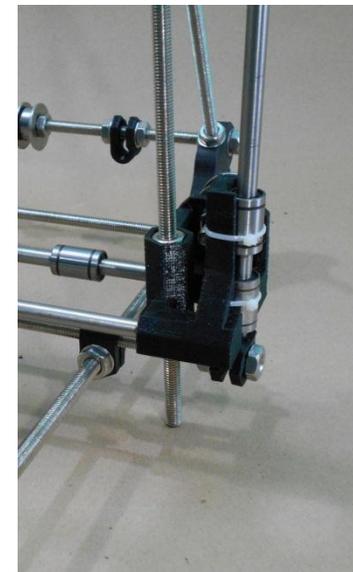
11. Introducir una tuerca M8 en cada orificio inferior hexagonal de los soportes de motor X y soporte de polea eje X.



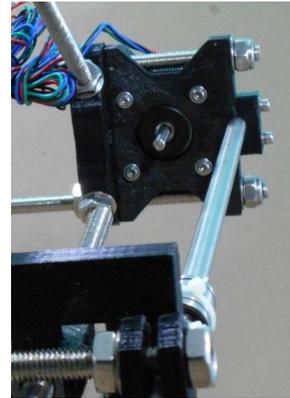
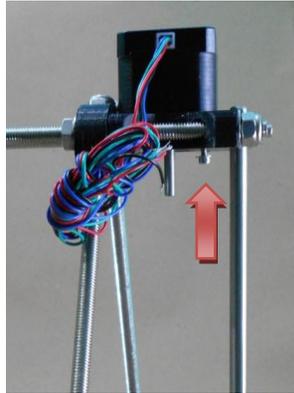
12. Insertar un resorte seguido de una tuerca M8 en cada orificio hexagonal de los soportes de motor X y soporte de polea eje X.



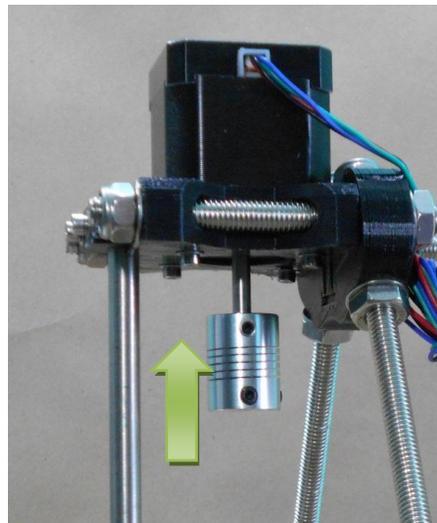
13. Enroscar un extremo de una varilla M8 de 210mm en las tuercas recién colocadas, dentro del canal hexagonal, comprimiendo un poco la tuerca superior, de modo que no sobresalga de la pieza de plástico. Continuar enroscando hasta que la varilla salga por el otro extremo y toque la mesa. Repetir en el otro extremo.



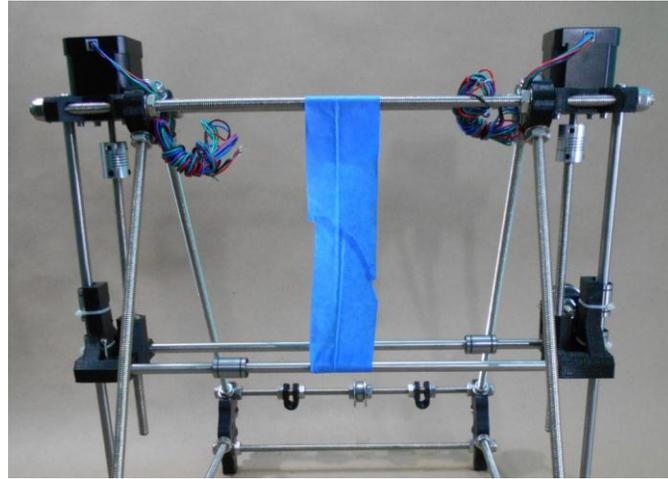
14. Colocar los motores NEMA 17 en los montajes de motor Z y asegurarlos con tornillos M3 (con arandelas de seguridad M3 y arandelas M3 respectivamente).



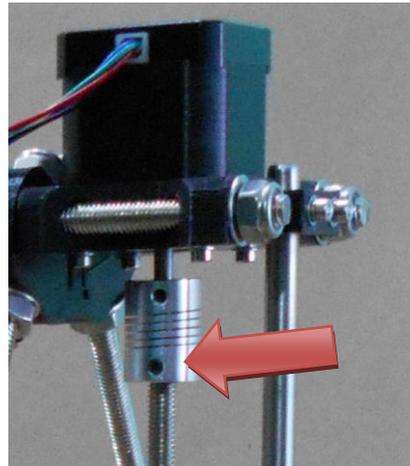
15. Insertar un cople 5mm a 8mm en el eje del motor NEMA 17 y con una llave Allen de 1.5mm apretar el tornillo prisionero hasta ajustarlo firmemente, realizar lo mismo en el otro eje de motor.



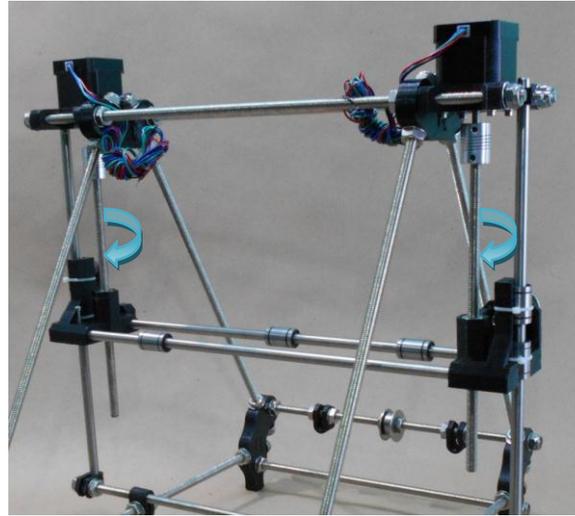
16. Subir el eje X hasta que las varillas roscadas se introduzcan en los coples y con un tramo de cinta sujetar las varillas del eje con las del marco.



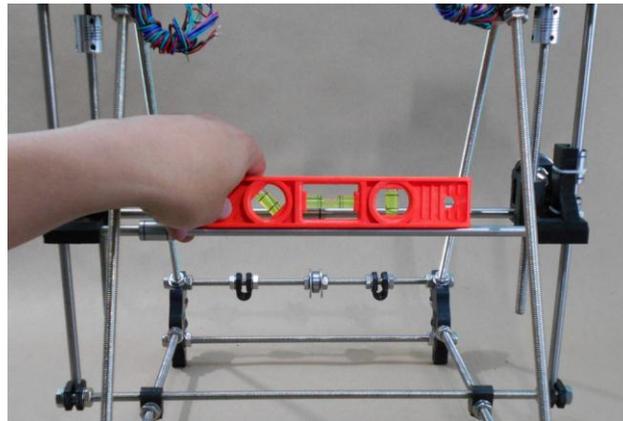
17. Apretar con la llave allen de 1.5mm los tornillos prisioneros restantes de los coples de ambos lados hasta ajustar firmemente las varillas roscadas del eje Z.



18. Girar las dos varillas roscadas del eje Z para verificar que suban y bajen libremente el eje X. y ubicar dicho eje hasta la mitad aproximadamente.



19. Nivelar los extremos de los ejes utilizando un nivel de burbuja. Para esto, girar cada varilla del eje Z hasta obtener la altura deseada.



Con esto termina el armado del eje X y el montaje del eje Z.

Armado de cama de impresión (eje Y)

Lista de materiales:

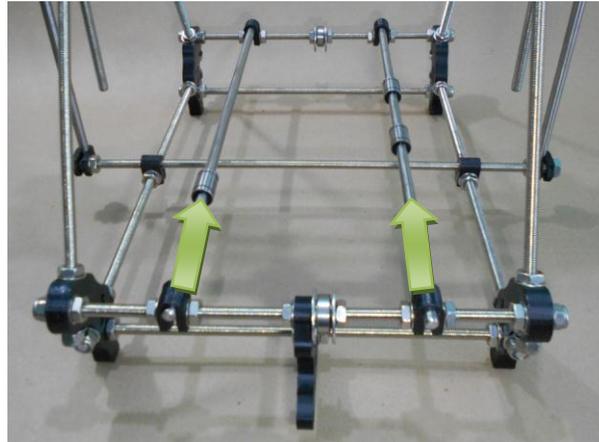
Parte	Cantidad
Cama de impresión	1
Total	1

Parte no impresa	Cantidad
Barra lisa 8mm de 400mm	2
Tornillo M3 de 10mm	3
Arandela de seguridad M3	1
Banda dentada (1mt)	1
Total	7

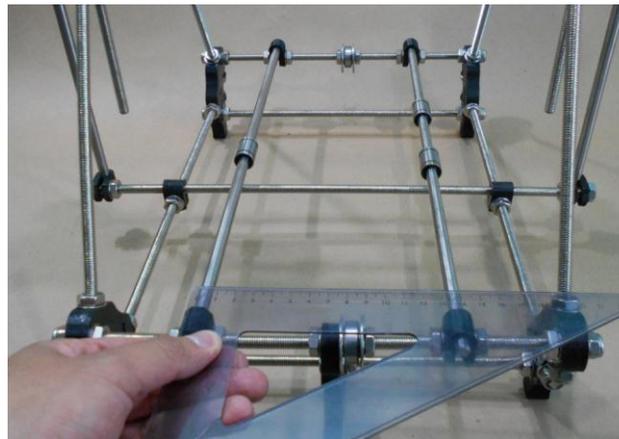
Herramienta	Cantidad
Llave 14mm	1
Pinzas de mecánico	1
Flexómetro o regla	1
Nivel de torpedo	1
Llave Allen de 2mm	1
Llave Allen de 2.5mm	1
Total	6

Instrucciones:

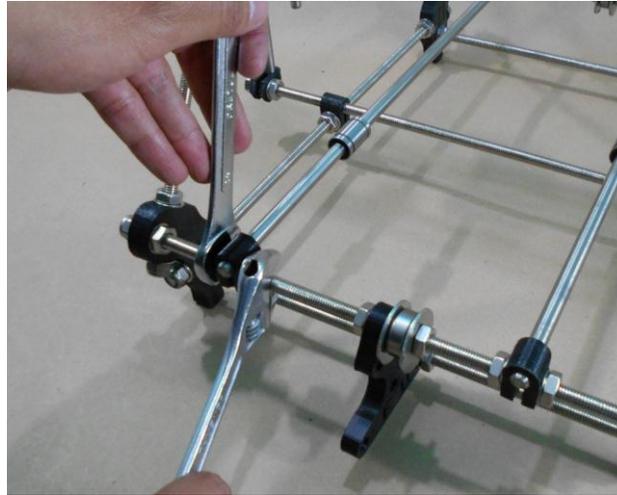
1. Insertar dos varillas lisas M8 de 400mm en las abrazaderas de barra ubicadas en el frente del marco y colocar un rodamiento lineal LM8UU en la varilla izquierda y dos en la derecha. Atravesar toda la varilla hasta llegar a las abrazaderas de barra ubicadas en la parte posterior del marco. (no ajustar las tuercas de las barras roscadas aún)



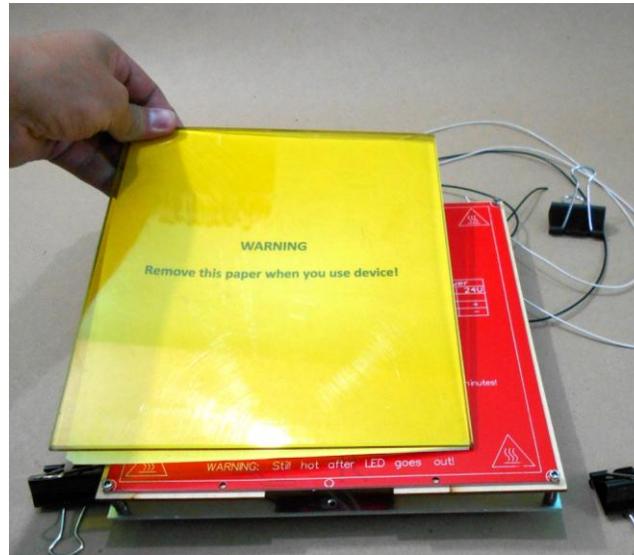
2. Verificar que la distancia entre las varillas lisas sea de 140mm utilizando la escuadra o regla y que la distancia entre las abrazaderas de barra y los vértices de marco con pie sea la misma, tanto en la parte frontal como en la posterior.



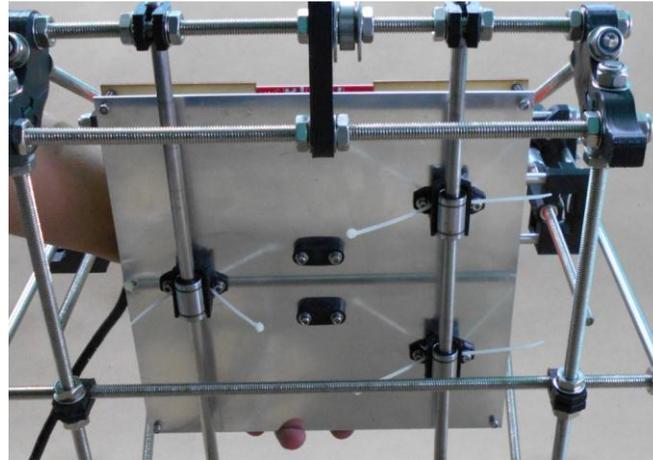
3. Ajustar las tuercas contiguas a las cuatro abrazaderas de barra utilizando la llave de 14mm y la llave ajustable.



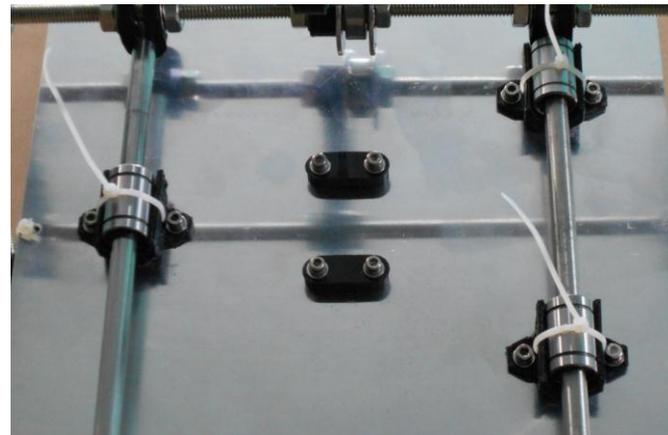
4. Retirar los clips de presión de la cama de impresión y con cuidado retirar el vidrio de la misma.



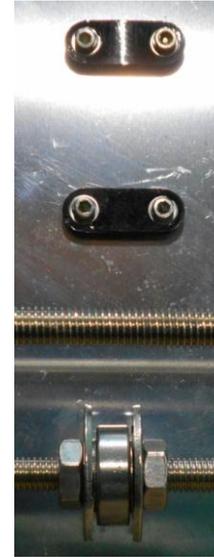
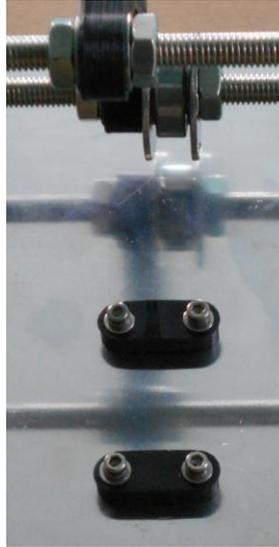
5. Ubicar la cama de impresión con los cables del lado izquierdo de tal manera que los rodamientos lineales coincidan con los canales que se encuentran en la parte inferior del soporte de la cama de impresión (sin cerrar los cintillos). Verificar que la cama se mueva libremente sobre el eje Y, de no ser así ajustar las tuercas que se encuentran contiguas a las abrazaderas de barra ubicadas en la parte frontal como en la posterior del marco.



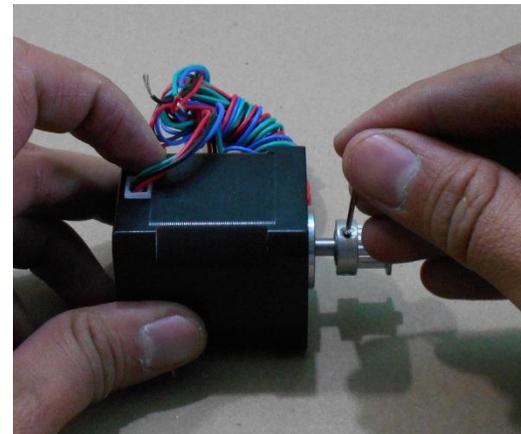
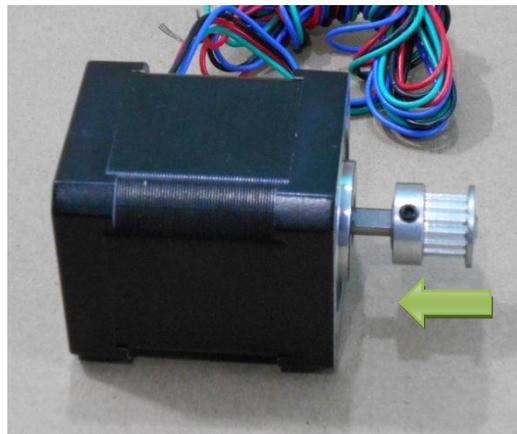
6. Cerrar firmemente los cintillos de los canales sobre los rodamientos lineales.



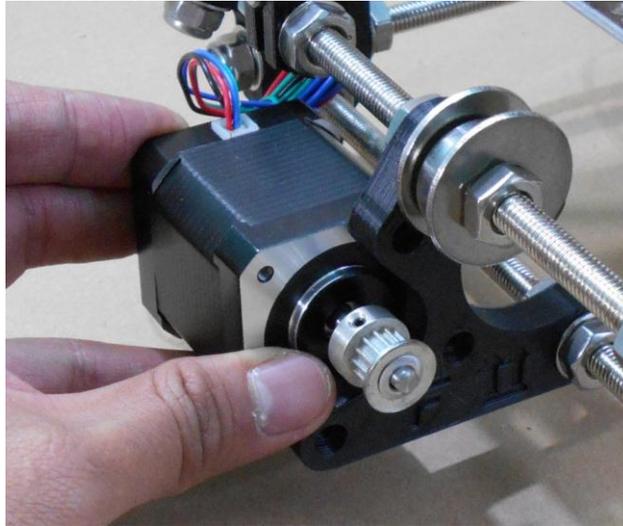
7. Ajustar las tuercas adyacentes al rodamiento 608 ubicadas en la parte frontal de tal manera que se alinee el rodamiento con la abrazadera de banda frontal de la cama de impresión. Repetir el procedimiento en la parte posterior alineando el rodamiento con la abrazadera de banda posterior. Cortar el excedente de los cintillos.



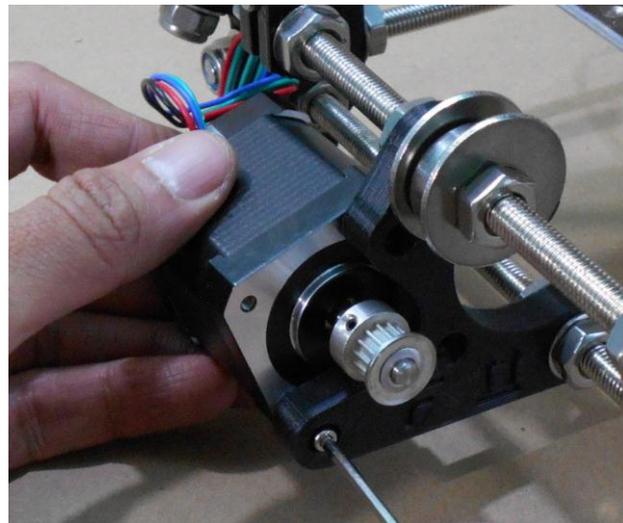
8. Colocar la polea de banda en el motor NEMA 17, ajustando firmemente el tornillo prisionero con la llave Allen de 1.5mm.



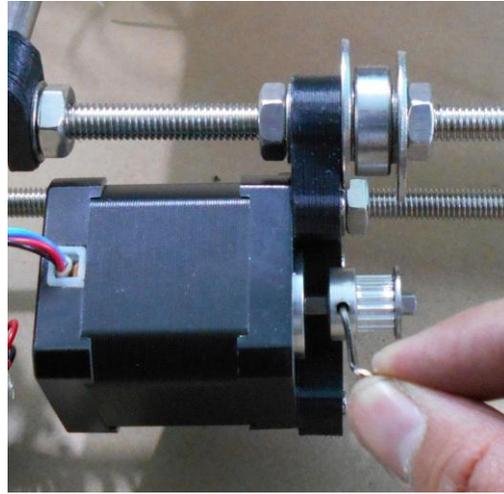
9. Colocar el motor NEMA 17 en el soporte de motor Y, asegurándose de que el cuerpo del mismo esté del lado izquierdo y los cables queden en la parte superior, para que la polea coincida con el rodamiento.



10. Sujetar el motor con los tres tornillos M3 y las arandelas de seguridad utilizando la llave Allen de 2.5mm.



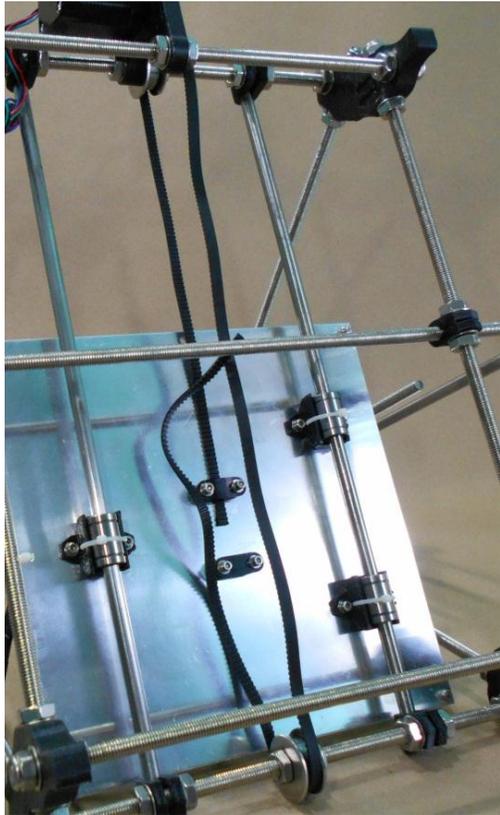
11. Ajustar la altura de la polea de tal manera que el canal de la misma que de alineado con el rodamiento contiguo.



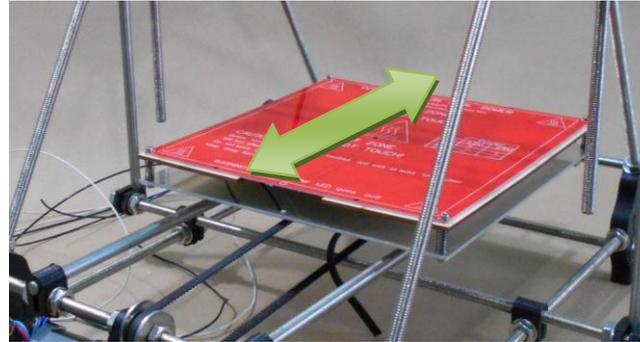
12. Aflojar los tornillos de la abrazadera frontal de la cama de impresión, insertar el extremo de la banda con los dientes apuntando hacia el frente y ajustarlos de nuevo con la llave Allen.



13. Posicionar la banda Y sobre los rodamientos del marco y la polea, cuidar que la banda no pase sobre las varillas inferiores del marco. Aflojar los tornillos de la abrazadera posterior de la cama de impresión, insertar el extremo sobrante de la banda, jalarlo hasta que ésta quede firme y ajustar los tornillos de nuevo con la llave Allen, de no quedar tensa aflojar la abrazadera, jalar nuevamente el extremo de la banda hasta tener la tensión deseada y volver a atornillar.



14. Mover lentamente la cama de impresión con la mano, ésta deberá moverse con un poco de resistencia, la banda no deberá curvarse y siempre correrá centrada en los rodamientos. De esta manera se verifica que esté bien colocada. Cortar el sobrante de la banda.



Con esto se termina el montaje de la cama de impresión (eje Y).

Montaje de carro de extrusor

Lista de materiales:

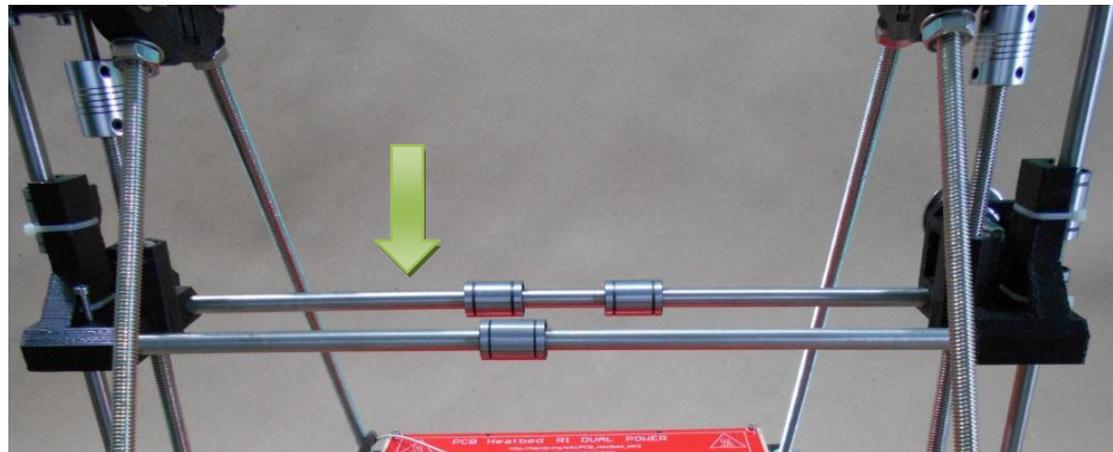
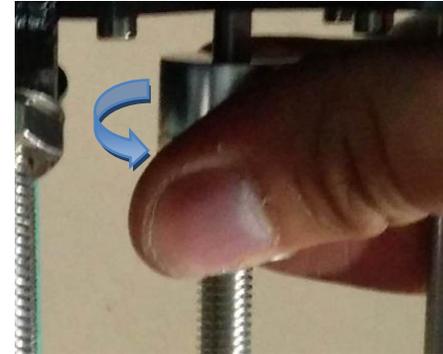
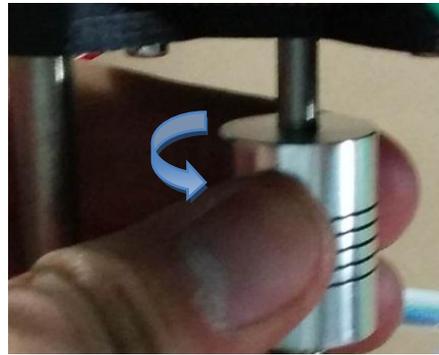
Parte impresa	Cantidad
Carro de extrusor	1
Total	1

Parte no impresa	Cantidad
Motor NEMA 17	1
Polea dentada	1
Tornillo M3 de 10mm	3
Arandela de seguridad M3	3
Banda dentada	1
Total	9

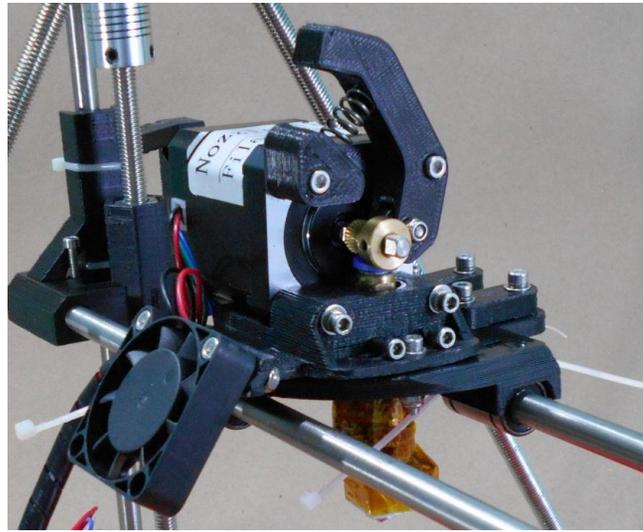
Herramienta	Cantidad
Llave Allen de 1.5mm	1
Llave Allen de 2.5mm	1
Tijeras	1
Total	3

Instrucciones:

1. Bajar manualmente el eje X girando los dos coples hacia la derecha (en contra de las manecillas del reloj y al mismo tiempo) hasta el eje X quede a 80mm de las varillas roscadas superiores. Verificar constantemente con el nivel de torpedo para bajar parejo el eje X.



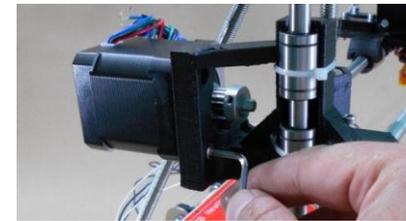
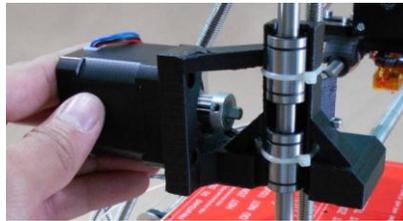
2. Colocar el carro del extrusor sobre los rodamientos del eje X, haciéndolos coincidir con los canales de la parte inferior del carro. Cerrar los cintillos sobre los rodamientos y cortar el sobrante.



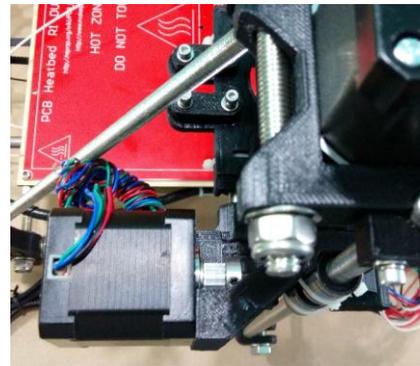
3. Colocar la polea de forma invertida en el eje del motor NEMA 17 y ajustar el tornillo prisionero firmemente con la llave Allen de 1.5mm.



4. Colocar el motor NEMA 17 en el soporte de motor del eje X, dejando los cables en la parte superior. Asegurarlo utilizando los tornillos M3x10 y las arandelas de seguridad en los orificios correspondientes.



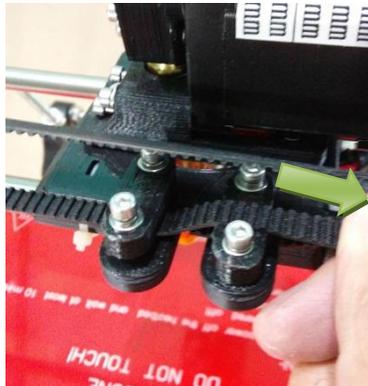
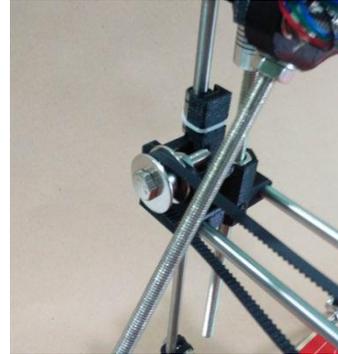
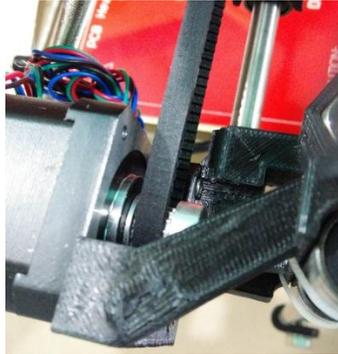
5. Ajustar la altura de la polea de tal manera que el canal de la misma quede alineado con la abrazadera de banda izquierda de carro del extrusor.



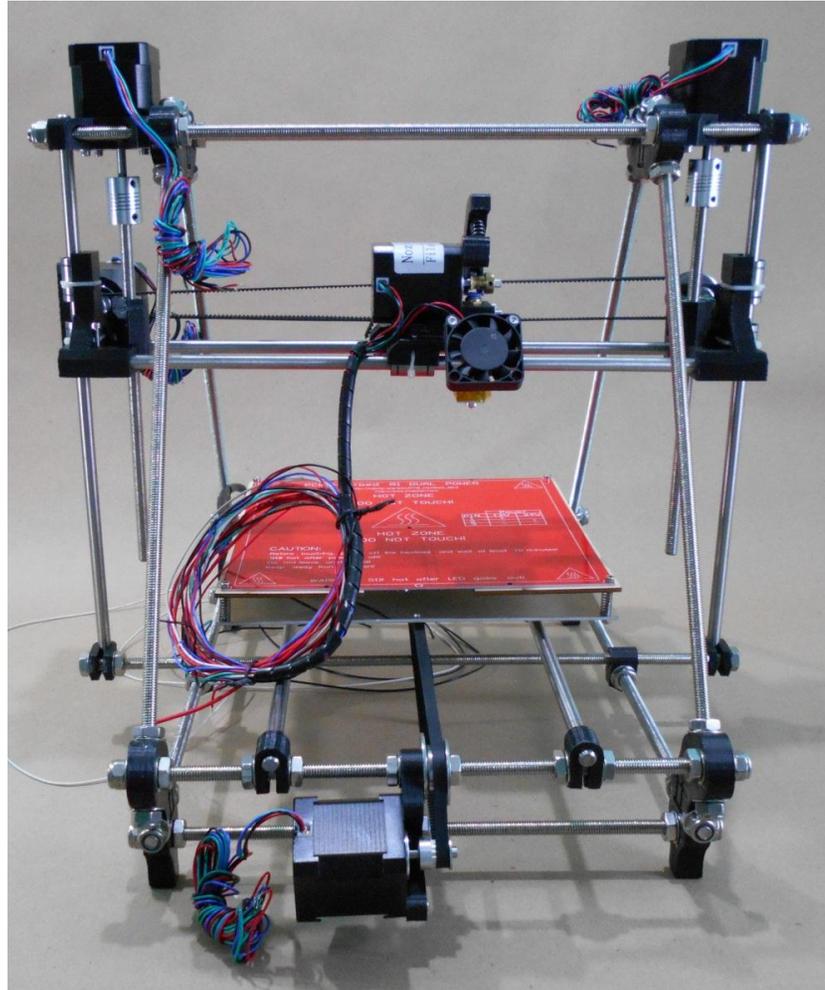
6. Insertar un extremo de la banda con los dientes hacia arriba del carro del extrusor, aflojando primero los tornillos con la llave allen de 2.5mm sin sacarlos completamente, y volviéndolos a ajustar una vez introducido el extremo.



7. Pasar la banda por la polea izquierda y rodear con la misma el rodamiento que se encuentra en el soporte del lado derecho. Insertar el extremo sobrante en la abrazadera libre del carro del extrusor, aflojando primero los tornillos, tensado la banda para que quede firme y volviéndolos a apretar. Cortar el sobrante de la banda.



8. Verificar que el carro del extrusor se mueva libremente por el eje X (con un poco de resistencia debido al motor). La banda debe correr al centro de la polea izquierda y del rodamiento derecho, de no ser así ajustar la altura de la polea aflojando el tornillo prisionero.



Con esto se termina el montaje del carro de extrusor.

Cableado Parte 1

Distribución de cables de motores, termistores y cartucho calentador.

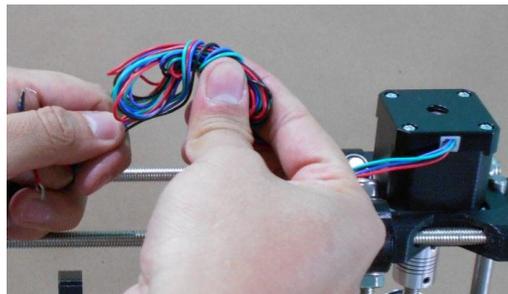
Lista de materiales:

Parte no impresa	Cantidad
Cintillos	14
Protector plástico de cables (2mt)	1
Protectores de conexión	3
Total	18

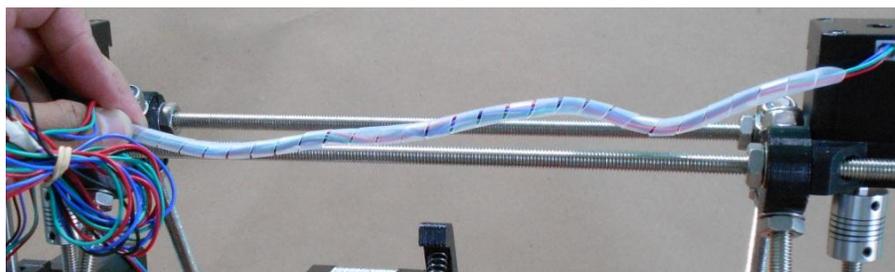
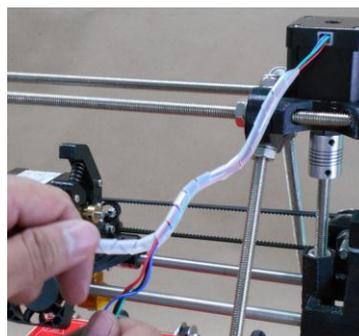
Herramienta	Cantidad
Tijeras	1
Total	1

Instrucciones:

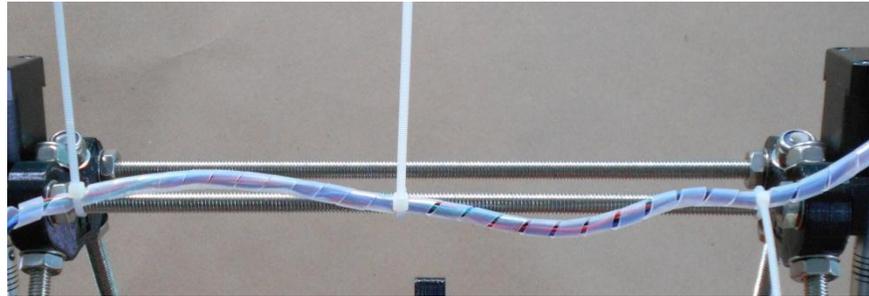
1. Desenrollar los cables de los motores NEMA 17 ubicados en la parte superior de la impresora.



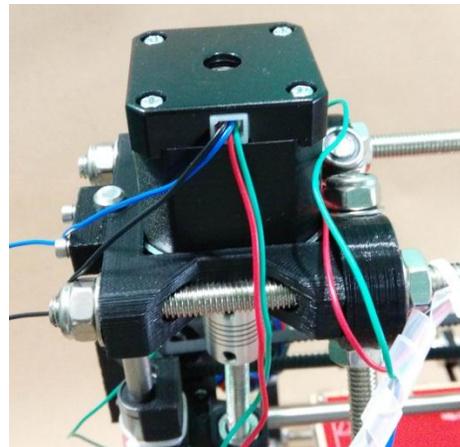
2. Enrollar el protector plástico sobre los cables del motor NEMA 17 derecho hasta cubrir el largo de la parte visible de la varilla roscada

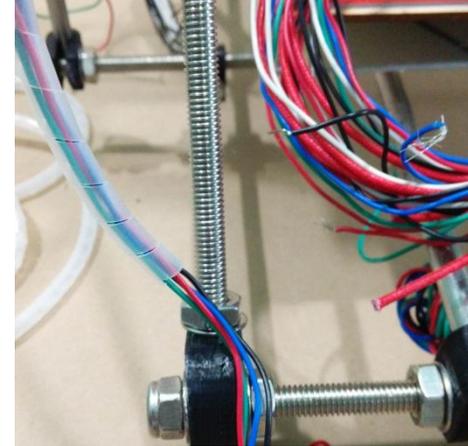
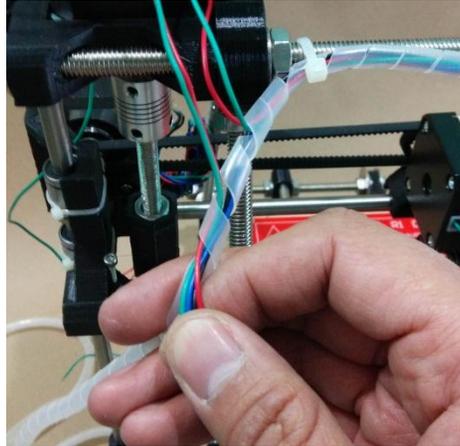


3. Ubicar los cables del motor derecho con protector a lo largo de la varilla roscada superior frontal. Colocar un cintillo cerca de la tuerca derecha, uno a la mitad de la varilla y otro cerca de la tuerca izquierda. Cortar el exceso de los cintillos.

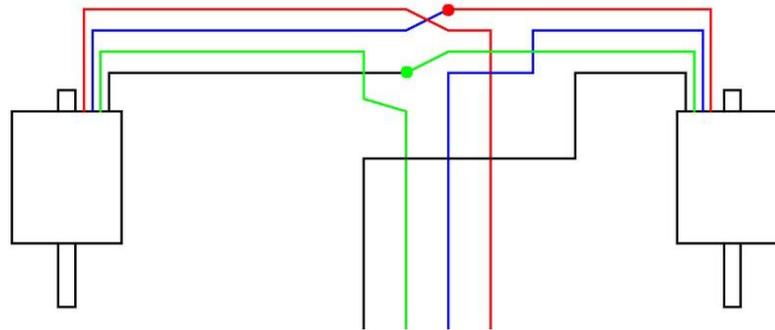


4. Separar los cables verde y rojo del motor derecho y los cables negro y azul del izquierdo. Juntar los cables restantes y continuar cubriendo con el protector plástico hasta el equivalente de lo largo visible de la varilla frontal izquierda del marco de la impresora, cortando el exceso.





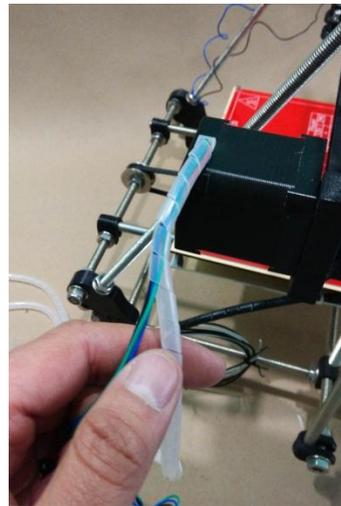
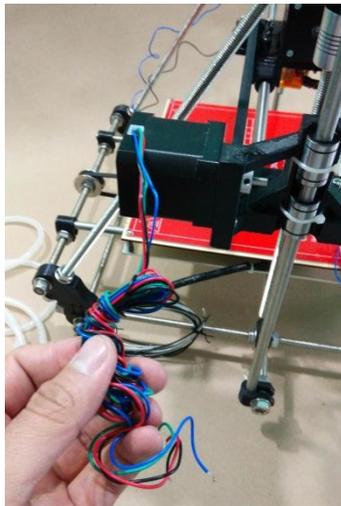
5. Cortar los cables negro y azul del motor izquierdo a 60mm y los cables verde y rojo del motor opuesto a una altura similar después del protector plástico, descubrir las puntas de los extremos y unirlos de acuerdo al siguiente diagrama.



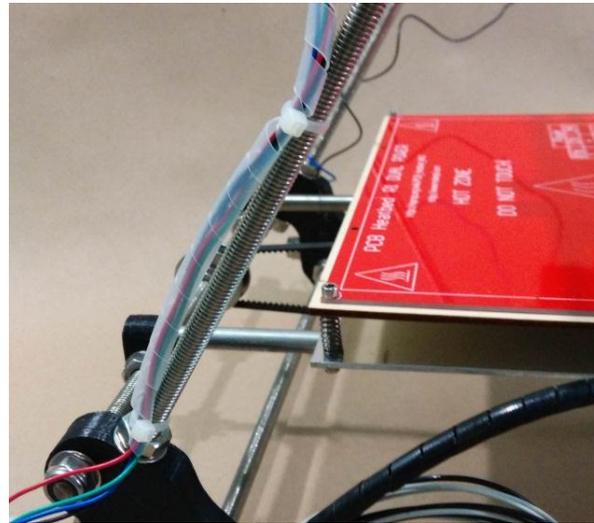
6. Proteger las uniones utilizando los protectores de conexión, cerrándolos con las pinzas.



7. Desenrollar los cables del motor de eje X y cubrirlos con el protector plástico por 300mm, cortando el exceso.



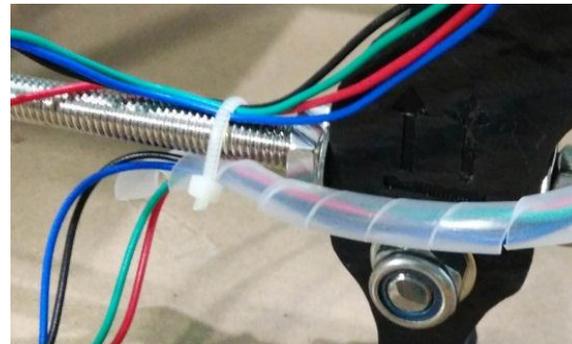
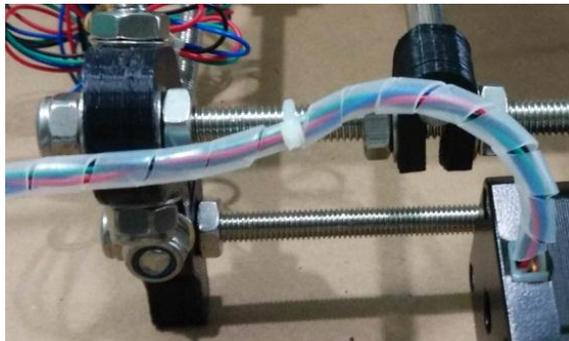
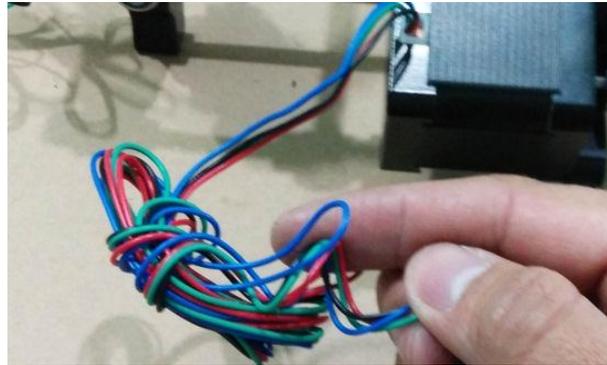
8. Ubicar la parte final del protector plástico cerca de la tuerca del vértice de pie izquierdo posterior y colocar un cintillo. Medir 150mm sobre la misma varilla y colocar otro cintillo.



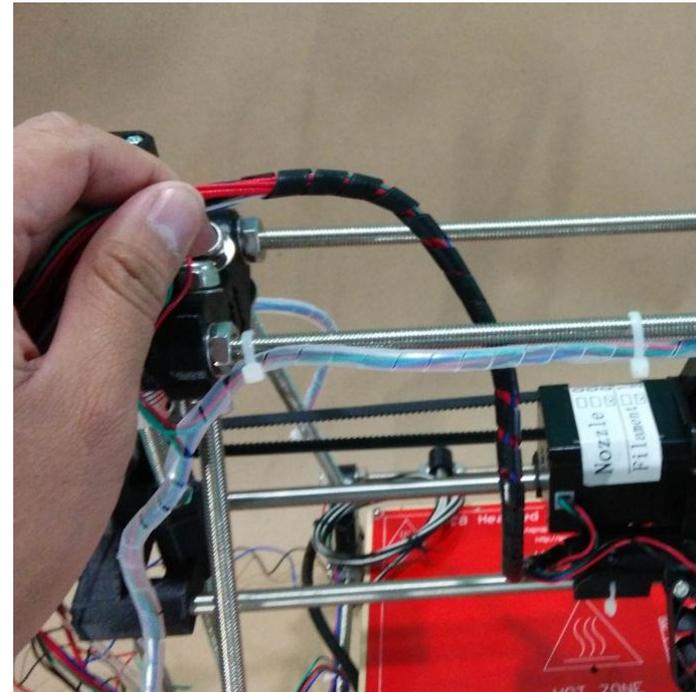
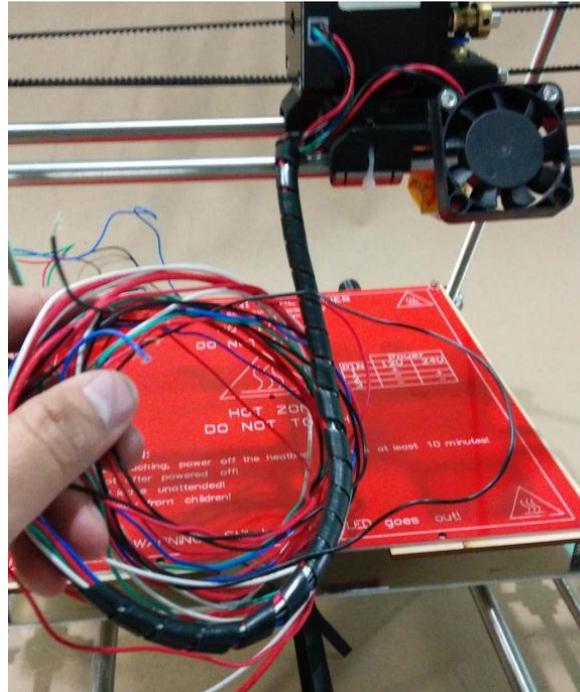
9. Alinear los cables no protegidos del motor de eje X con la varilla roscada izquierda inferior hasta la mitad de la misma y distribuir 3 cintillos para sujetarlos.



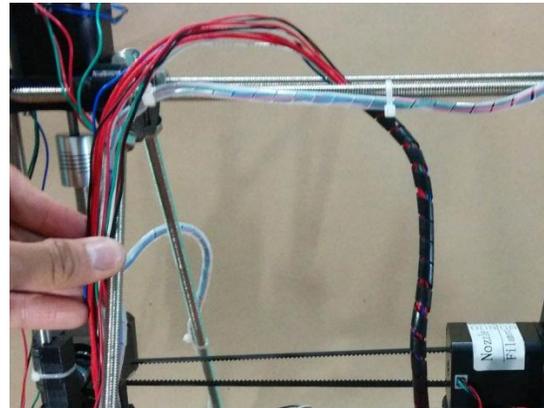
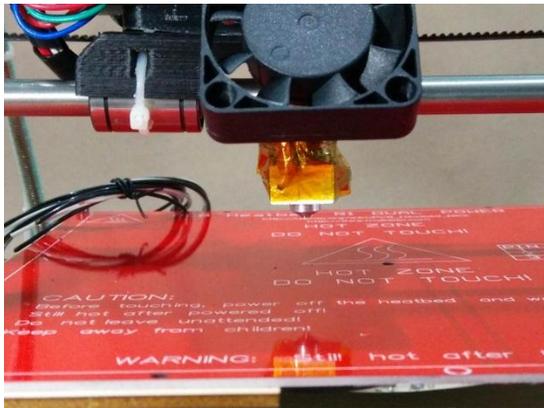
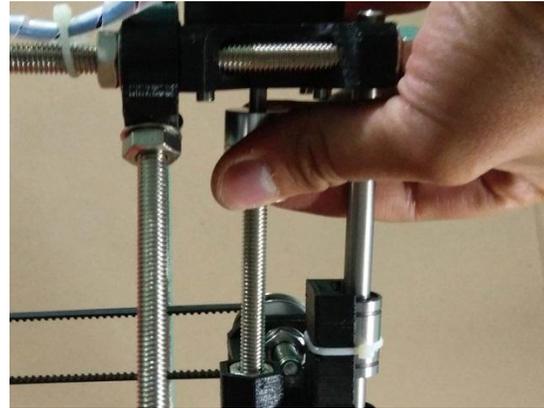
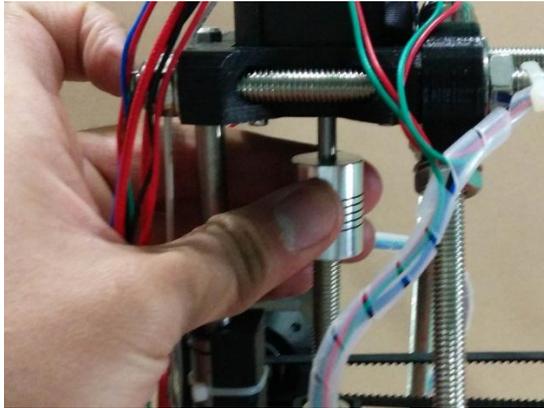
10. Desenrollar los cables del motor frontal y cubrirlos con 200mm de protector plástico, colocar un cintillo que sujete los cables protegidos entre el vértice de pie y la abrazadera de barra lisa frontal izquierda. Ubicar otro cintillo cerca de la tuerca lateral de la varilla inferior izquierda que sujete los cables del motor izquierdo y motores superiores.



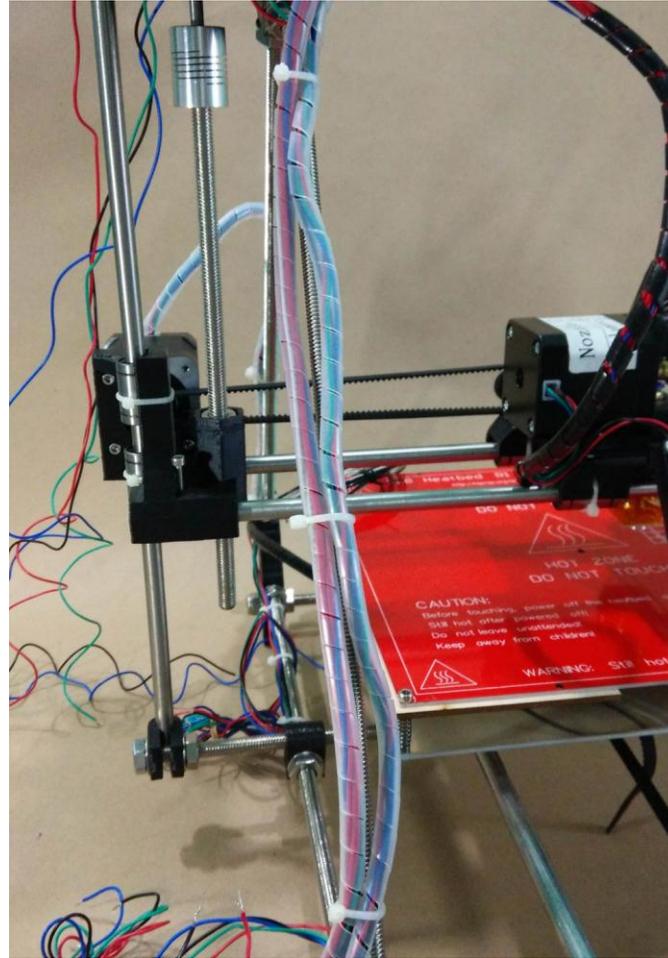
11. Desenrollar los cables del extrusor, termistor y cartucho calentador, pasarlos por en medio de las dos varillas roscadas superiores.



12. Bajar manualmente el eje X girando los dos coples hacia la derecha (en contra de las manecillas del reloj y al mismo tiempo) hasta que la punta del extrusor quede a 20mm de la cama de impresión. Verificar constantemente con el nivel de torpedo para bajar parejo el eje X). Mover el eje X hacia la derecha, inspeccionando que los cables no queden tensos.



- Cubrir con el protector los cables del extrusor por 300mm y colocar tres cintillos sobre los cables protegidos del extrusor sobre la varilla frontal izquierda del marco, uno en la tuerca superior de la varilla, uno a la mitad y otro a la en extremo visible de la misma.



Cableado Parte 2

Colocación de soportes de tope final XY y Z.

Lista de materiales:

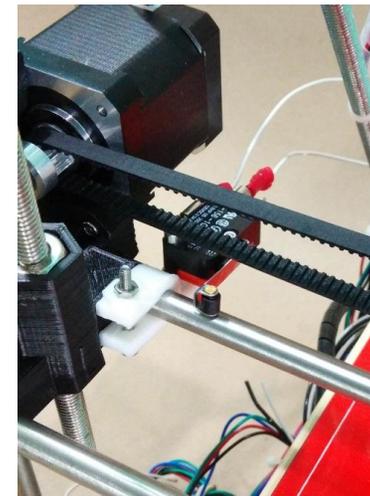
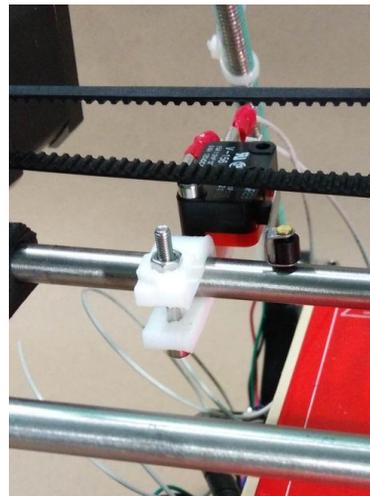
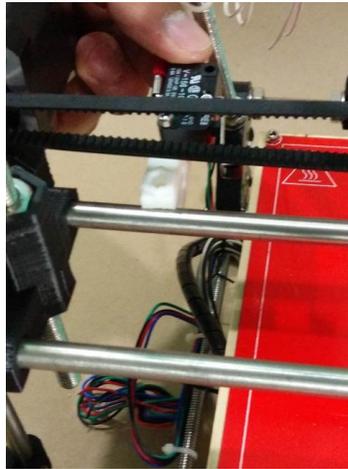
Parte impresa	Cantidad
Soporte de tope final XY	2
Soporte de tope final Z	1
Protectores de conexión	3
Total	6

Parte no impresa	Cantidad
Tornillo M3x20mm	3
Tuerca M3	3
Arandela M3	4
Arandela M3 de seguridad	3
Total	13

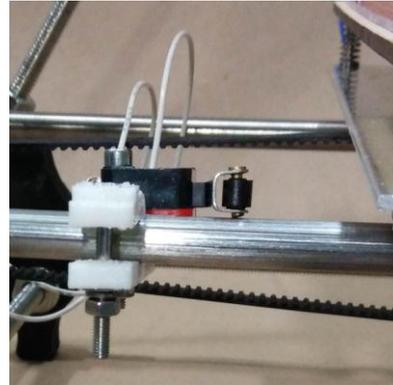
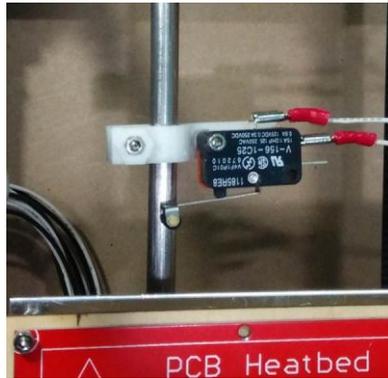
Herramienta	Cantidad
Tijeras	1
Llave Allen 2.5mm	1
Total	2

Instrucciones:

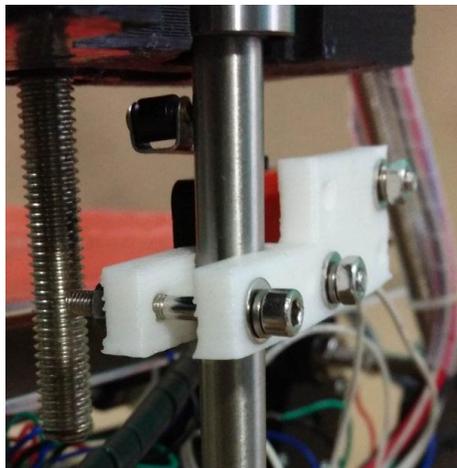
1. Insertar un soporte de tope final XY en la varilla lisa posterior del eje X cerca del soporte del motor del lado izquierdo. Colocar un tornillo M3x20 con arandela de seguridad y arandela M3. Recorrer el soporte hasta que toque el soporte de motor eje X y enroscar una tuerca M3 procurando que se introduzca en el orificio hexagonal. Ajustar hasta que la pieza no se mueva.



- Insertar un soporte de tope final XY en la parte posterior de la varilla lisa izquierda del eje Y a 70mm de la abrazadera de barra lisa. Colocar un tornillo M3x20 con arandela de seguridad y arandela M3. Enroscar una tuerca M3 procurando que se introduzca en el orificio hexagonal. Ajustar hasta que la pieza no se mueva.



- Insertar un soporte de tope final Z en la varilla lisa izquierda del eje Z a 50 mm de la abrazadera de barra inferior. Colocar un tornillo M3x20 con arandela de seguridad y arandela M3. Enroscar una tuerca M3 y una arandela M3. Ajustar hasta que la pieza no se mueva. Alinear el tornillo M3 del eje X con la placa del interruptor del soporte.



Cableado Parte 3

Instalación de la tarjeta de control y fuente de poder.

Lista de materiales:

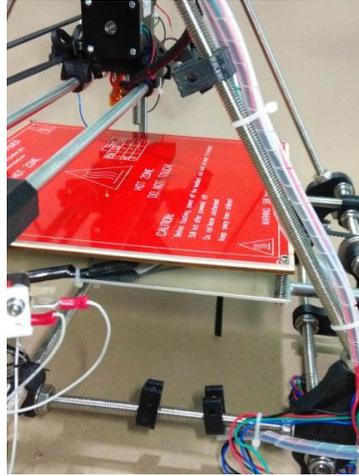
Parte impresa	Cantidad
Clip PCB	3
Total	3

Parte no impresa	Cantidad
Tornillo M3x20mm	3
Tuerca M3	3
Cintillos	3
Tarjeta controladora Melzi	1
Fuente de poder de 12 volts	1
Cable AC con clavija	1
Cables rojo y negro	4
Total	16

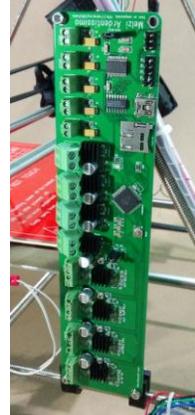
Herramienta	Cantidad
Tijeras	1
Llave Allen 2.5mm	1
Desarmador de cruz	1
Total	3

Instrucciones:

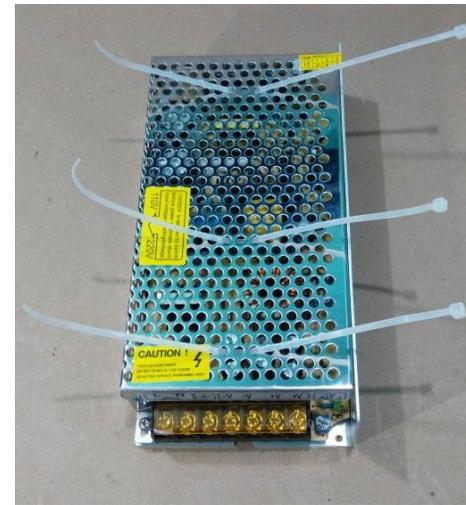
1. Insertar un clip PCB en la varilla roscada frontal izquierda del marco y dos en la varilla roscada inferior izquierda.



2. Ubicar la tarjeta controladora Melzi de tal manera que las terminales verdes queden apuntando hacia la varilla izquierda del eje Z. Ajustar los tres clips PCB para que los orificios coincidan con los de la tarjeta controladora, colocar los tornillos con arandelas y ajustarlos con las tuercas M3 sin apretar en exceso para no dañar los componentes.



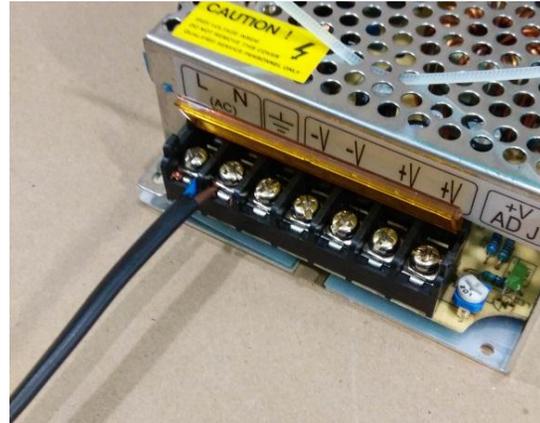
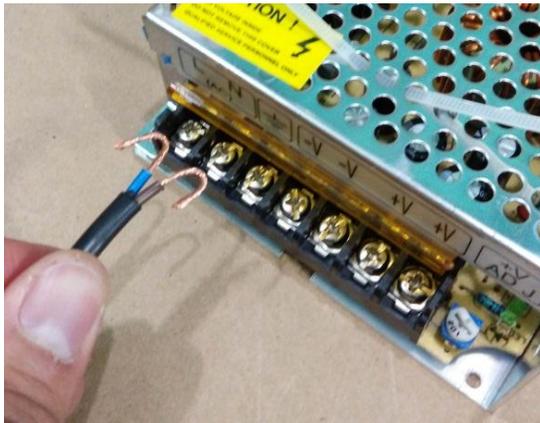
3. Curvar hacia adentro las puntas de los cintillos e insertar tres a lo largo de los orificios centrales de ventilación superior de la fuente de poder.



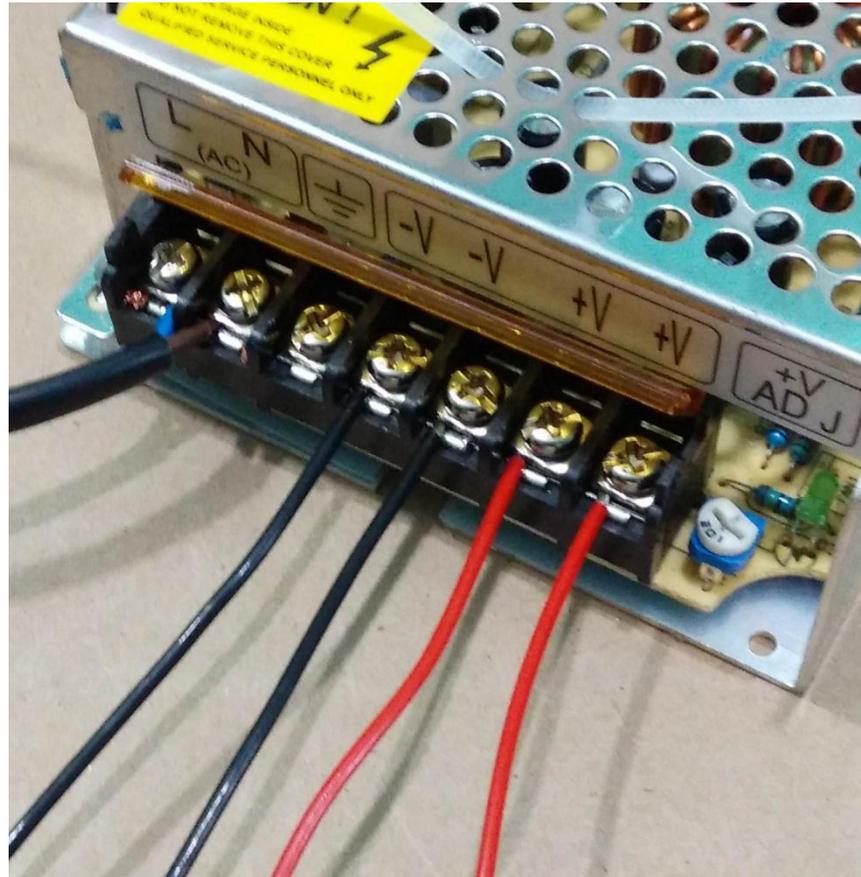
4. Abrir la tapa de terminales de la fuente de poder.



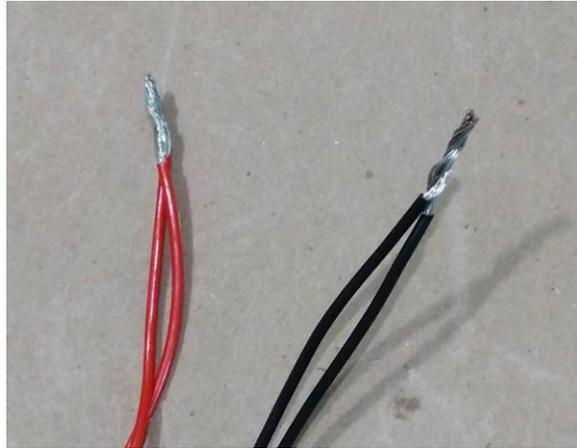
5. Descubrir las puntas de del cable AC con clavija a 15mm, enrollarlos y curvarlos. Desatornillar las terminales marcadas L y N (AC), colocar las terminales y atornillar de nuevo.



6. Descubrir los dos extremos de los cables rojo y negro a 15 mm, enrollarlos y curvando por solo un lado. Desatornillar las cuatro terminales marcadas V+ y V-, colocar las terminales rojo en positivo (+) y negro en negativo (-) ajustando de nuevo los tornillos. Cerrar la tapa de terminales de la fuente de poder.



7. Enrollar los extremos restantes de los cables rojo y negro por color.



8. Colocar la fuente de poder por debajo de la impresora y cerrar los cintillos sobre la varilla roscada central inferior, procurando que las terminales de la fuente de poder queden del lado izquierdo.



Cableado Parte 4

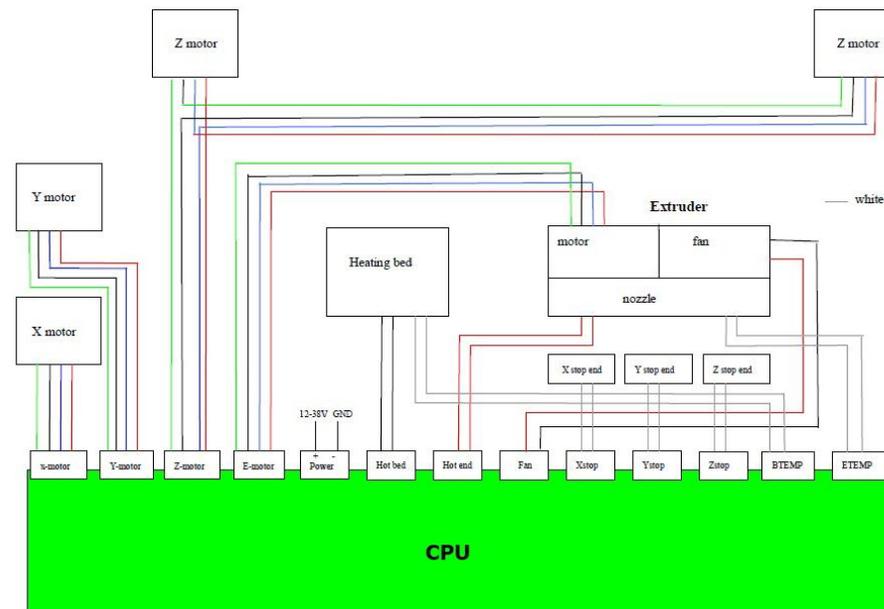
Colocación de extremos de cables en las terminales de la tarjeta controladora Melzi.

Lista de materiales:

Herramienta	Cantidad
Desarmador estándar pequeño	1
Total	1

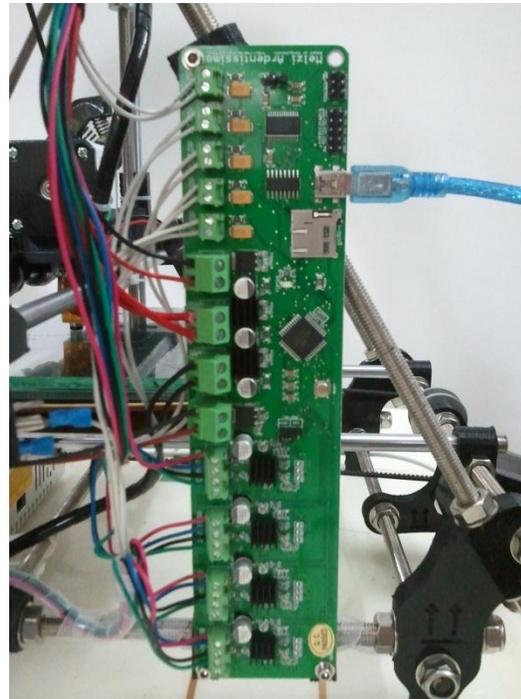
Instrucciones:

1. Enrollar cada extremo de cable e insertar en las terminales desatornilladas de la tarjeta controladora Melzi de acuerdo al siguiente diagrama:



2. Los cables de los motores deben seguir la siguiente secuencia de arriba hacia abajo:

- rojo
- azul
- negro
- verde



Nota importante: Revisar varias veces las conexiones antes de conectar la impresora para no dañar la fuente de poder ni la tarjeta controladora Melzi.

Con esto se termina el trabajo de construcción de la impresora 3D.

Software Open Source para el uso de la impresora 3D:

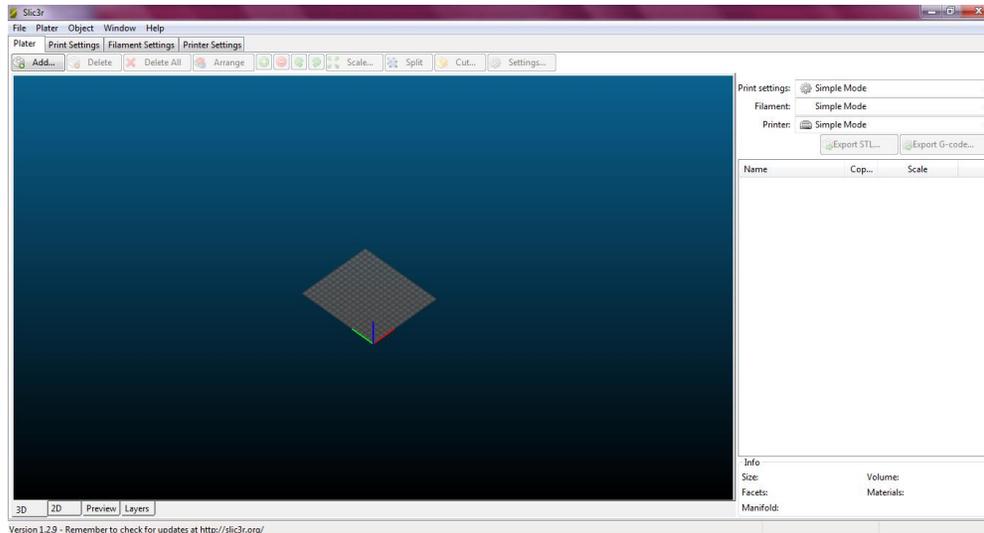
Existe una gran cantidad de programas para la utilización de las impresoras 3D que van desde programas completamente libres hasta versiones de prueba que traen algunas funciones bloqueadas las cuales se liberan al pagar una licencia de uso.

Para el desarrollo del taller, se utilizaron las últimas versiones disponibles de dos programas de código abierto gratuitos que se pueden descargar de internet y que están en constante actualización gracias a la participación de usuarios y programadores. Son los más comunes y fáciles de usar, además de ser herramientas bastante poderosas una vez que se han aprendido a utilizar y dan excelentes resultados de impresión.

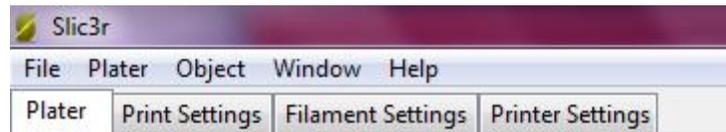


Slic3r es una herramienta que traduce modelos 3D digitales a instrucciones (código-G o *G-code*) que son entendidas por una impresora 3D. “Corta” el modelo en capas horizontales y genera caminos adecuados para rellenarlas. (Gary Hodgson, 2016)
El programa viene incluido con varias de las interfaces más conocidas: Pronterface, Repetier-Host, ReplicatorG, y puede ser usado independientemente. Se puede instalar en Windows, Mac y Linux.

Su interface es muy intuitiva y puede ser utilizada en modo simple, con las configuraciones más comunes para que los usuarios principiantes puedan iniciar a usarla, o el modo experto que provee mayor control de las configuraciones del código-G.



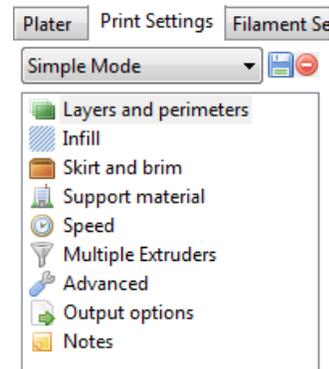
En las pestañas superiores podemos encontrar configuraciones de: Impresión (*printer settings*), Filamento (*filament settings*) e Impresora (*printer settings*).



Todos los cambios en las configuraciones realizadas en modo experto se pueden almacenar para una utilización y/o modificación posterior.

Print settings:

En ésta pestaña se podrán modificar las configuraciones relacionadas a la impresión actual. Aunque las configuraciones de las otras pestañas raramente se modifican, las de impresión lo hacen regularmente, inclusive con cada impresión.

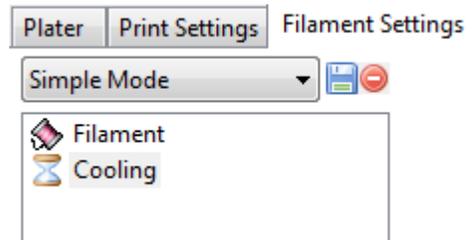


En el menú izquierdo de esta pestaña se encuentra lo siguiente:

- *Layers and perimeters*: Aquí se encuentran las configuraciones para las capas y perímetros del objeto.
- *Infill*: Se puede configurar el tipo y densidad de relleno de cada una de las capas del objeto.
- *Skirt and Brim*: Configuraciones de filamento adicional en las primeras capas para evitar que el modelo se deforme.
- *Support material*: Algunos objetos requieren de material de soporte debido a su forma, en esta opción se puede configurar el tipo de soporte así como su densidad y orientación.
- *Speed*: En esta sección es posible cambiar la velocidad de impresión y de movimiento de la impresora.
- *Multiple Extruders*: Si se cuenta con una impresora con más de un extrusor, esta opción permite configurar su funcionamiento.

Filament settings:

Dentro de esta pestaña se encuentran las configuraciones del filamento y de enfriamiento del extrusor.



En el menú se encuentran las siguientes opciones:

- *Filament*: Permite configurar el diámetro del filamento a utilizar (1.75mm a 3 mm son las medidas más comunes), así como las temperaturas del extrusor y de la cama de impresión, pudiendo modificar la temperatura inicial de la primera capa y las posteriores. Las temperaturas varían de acuerdo al tipo de material que se utilice de acuerdo a la siguiente tabla:

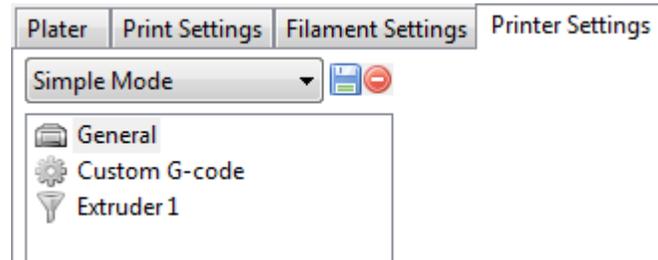
	PLA	ABS
Extrusor	185° a 200° C	230° a 240° C
Cama de impresión	60° C	110° C

La relación de temperatura puede variar de acuerdo a las preferencias del usuario o especificaciones del fabricante del filamento

- *Cooling*: Configura cómo se va permitir enfriar el objeto y evitar su deformación ya que se pueden modificar la velocidad de los ventiladores de acuerdo a la forma de la pieza y su material.

Printer settings:

En ésta última pestaña se encuentran las configuraciones generales de la impresora como su tamaño, tipo y extrusor.

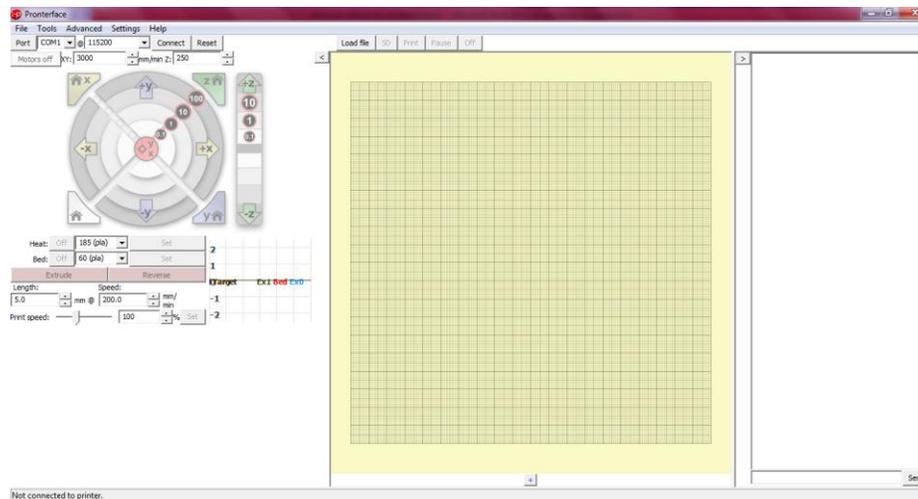


Las opciones del menú son las siguientes:

- *General*: Contiene las configuraciones de la forma, tamaño y margen de la cama de impresión, la cantidad de extrusores a utilizar y el tipo de Firmware que utiliza la tarjeta controladora.
- *Custom G-code*: Permite la introducción manual de líneas de código para controlar el comportamiento de inicio y final de la impresora, además se pueden configurar acciones entre cada capa para limpiar el extrusor o el cambio del mismo mediante la programación de intervalos.
- *Extruder 1*: Posibilita establecer el tamaño de la boquilla del extrusor (de 0.2mm a 0.5mm son las medidas más comunes), así como la posición de cada uno de los extrusores (de contar con más de uno). También se puede configurar la retracción del filamento, lo que disminuye la formación de residuos o “rebabas” en la pieza terminada. Cada extrusor con que cuenta la impresora se deberá configurar independientemente de acuerdo a las características del filamento que se requiera utilizar.

Pronterface

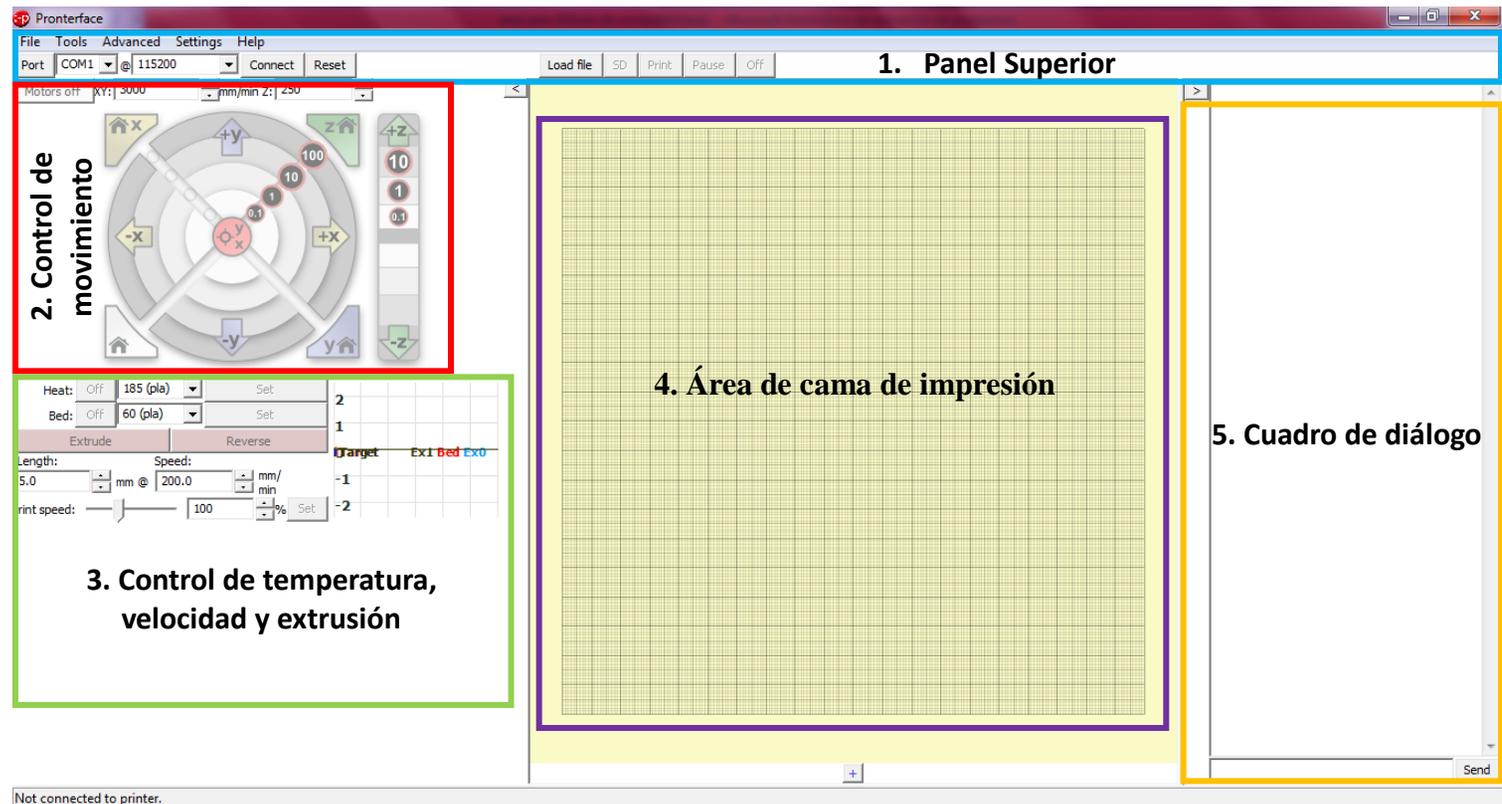
Es un programa que permite controlar manual la impresora 3D, desde el posicionamiento relativo de los ejes hasta el control de la temperatura del extrusor y de la cama de impresión. También posibilita la carga del código-G generado en el Slic3r hacia la impresora desde el programa o cargarlo directamente de una memoria micro SD ubicada en la tarjeta controladora. Existen versiones para Windows, Mac y Linux.



Se trata básicamente de un panel de control que permite de manera gráfica manipular cada uno de los componentes de la impresora y visualizar el avance, las temperaturas y los tiempos de la impresión. Muestra en una forma clara lo que va realizando la impresora al elaborar el objeto.

Su interface se divide en cinco partes:

1. Panel superior
2. Control de movimiento
3. Control de temperatura, velocidad y extrusión
4. Área de cama de impresión
5. Cuadro de diálogo



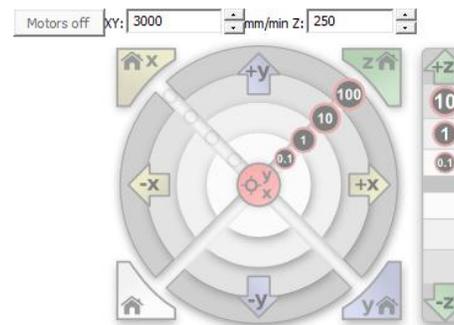
1. Panel superior.

- *Port*: Muestra el puerto donde está conectada la impresora y su velocidad de transmisión.
- *Connect*: Permite conectar y desconectar la impresora.
- *Reset*: Resetea la conexión.
- *Load File*: Carga un código-G al programa.
- *SD*: Permite cargar un código-G de una memoria SD desde la tarjeta controladora de la impresora (si la tiene).
- *Print*: Inicia el trabajo de impresión.
- *Pause*: Interrumpe momentáneamente la impresión en cualquier momento.
- *Off*: Detiene completamente la impresión y desconecta la impresora de la computadora.



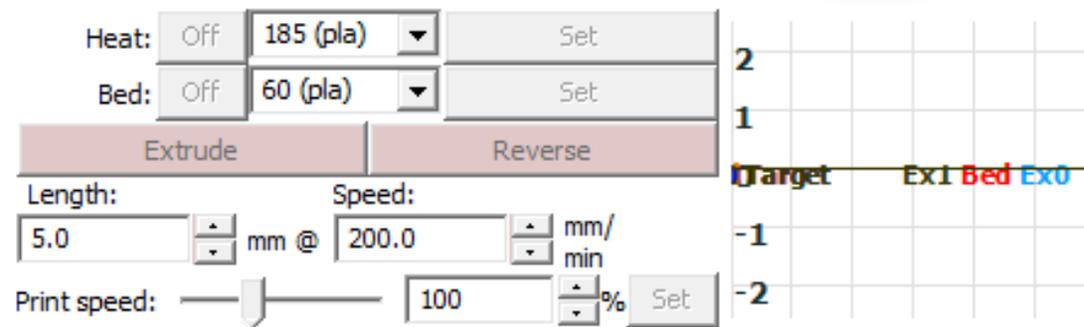
2. Control de movimiento.

- *Motors off*: Apaga los motores para poder mover los ejes de la impresora físicamente a mano, además de poder ajustar la velocidad relativa de los motores de cada eje (XY, Z).
- *Controles de ejes*: Permite mover desde éste panel cada uno de los ejes de la impresora, con incrementos que van desde 0.1mm y va aumentando a 1mm, 10mm hasta 100mm. En los extremos se encuentra la opción de llevar al origen o “home” cada eje (finales de carrera), representado con ícono de una casa. El botón central lleva tanto el carro del extrusor como la cama de impresión al centro del área de impresión.

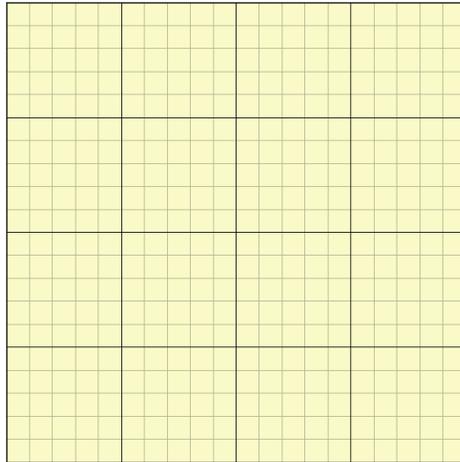


3. Control de temperatura, velocidad y extrusión.

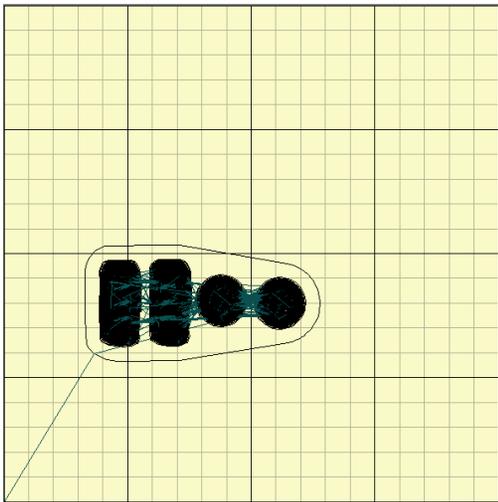
- *Heat*: Ajusta la temperatura de la punta del extrusor de acuerdo al filamento que se utilice, teniendo dos opciones predeterminadas: PLA 185° C y ABS 230° C, aunque es posible introducir una cantidad manual, una vez seleccionada la temperatura se presiona “Set” para que comience a calentar. También permite apagar el cartucho calentador del extrusor mediante el botón de “Off”
- *Bed*: Ajusta la temperatura de la cama de impresión de acuerdo al filamento que se utilice, los ajustes predeterminados son: PLA 60° C y ABS 110° C. También es posible introducir un valor manual, una vez seleccionada la temperatura se presiona “Set” para que comience a calentar y se apaga la resistencia de la cama de impresión al presionar “Off”.
- *Extrude*: Brinda un muestreo de extrusión del filamento fundido por la punta del extrusor de acuerdo al valor introducido en “Length” a una velocidad requerida en “Speed”.
- *Reverse*: Retrae el filamento de la punta del extrusor hacia dentro del mismo.
- La gráfica de la derecha muestra las temperaturas tanto de la punta del extrusor, así como de la cama de impresión.



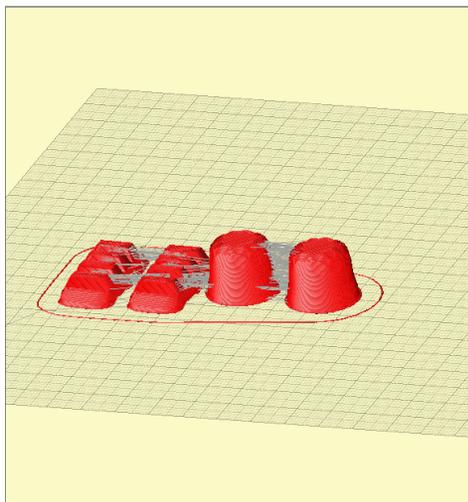
4. Área de cama de impresión.



- Representa la cama de impresión y permite pre visualizar cómo queda ubicada la pieza a imprimir en la misma. Brinda opción de ver la pieza en 2D y 3D y muestra el avance que se va teniendo capa por capa.



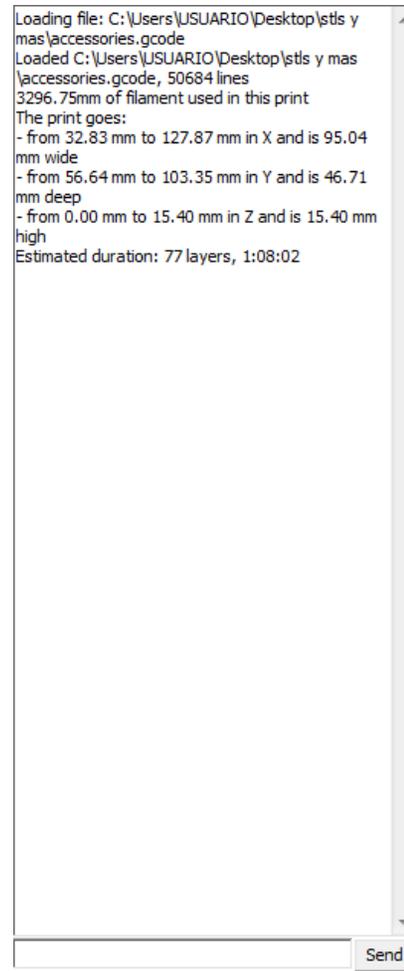
Vista 2D



Vista 3D

5. Cuadro de diálogo.

- Muestra información del estado de la impresión desde que se conecta la impresora, también permite saber información del archivo cargado, como el número de líneas de código, cantidad de filamento requerido, dimensiones generales, número de capas y tiempo aproximado de impresión. Es posible introducir manualmente comandos a la impresora desde la línea de texto inferior y enviarlos mediante el botón “Send”.



Conclusión:

El contar con un manual adaptado a las necesidades del taller, permite:

- Al facilitador explicar de manera más concisa la fabricación de la impresora y la explicación de los programas.
- Al participante, poder tener una referencia clara de lo que se espera en cada una de las instrucciones y de haber dudas, poder retroceder en algunos pasos o poder ser más preciso al externarlas.

Del ejercicio de traducción, corrección y adaptación del manual de construcción, así como la elaboración de los manuales de Software, se rescata un mayor entendimiento del trabajo que se pretende de los participantes, así como también se obtienen estrategias para poder despejar mejor las dudas que se van generando.

Capítulo 5

Desarrollo del taller

Convocatoria e inscripción:

Una vez terminados los manuales se elaboró un cartel para promover el taller en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMEX. En el cual se incluyeron los propósitos del taller, los conocimientos previos que deberán tener los aspirantes, la fecha de inicio y su duración, el horario de las sesiones, la sede, fecha límite de inscripción, el cupo, el costo y los datos de contacto para la solicitud de inscripción.

Se contactó a subdirección administrativa y subdirección académica para realizar la solicitud de autorización del taller mediante oficio y una vez aprobado se realizó la colocación de los carteles en los espacios autorizados designados.

TALLER DE IMPRESIÓN

Aprenderás a:

- Armar una impresora Prusa Mendel i3.
- Usar Software para cortar modelos y manejar la impresora.
- Actualizar y dar mantenimiento a impresoras de código abierto.
- Imprimir tus diseños en los materiales más comunes: PLA, ABS, Flex, Madera.

Dirigido a:

- Estudiantes de Diseño Industrial que ya posean manejo de: 3DSMAX®, Blender®, Rhinoceros® o AutoCAD®.

Inicio: 11 de enero de 2016. (10 sesiones de 2 horas).
Horario: 16:00 a 18:00 hrs.
Sede: Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMEX.
Fecha límite de inscripción: 4 de diciembre de 2015.
CUPO LIMITADO (10 alumnos).
Costo: Gratuito.
Informes e inscripciones: taller3duaemex@gmail.com

Imágenes: <http://www.thingiverse.com>

Selección de participantes:

Para la elección de los candidatos, a los aspirantes que enviaron su correo en tiempo y forma, se les envió un formato de inscripción donde se les solicitaron datos personales, software de diseño 3d que utilizan y su nivel de dominio, así como sus motivos para participar en el taller (Formato en ANEXO). Teniendo una inscripción inicial de dieciocho interesados, de los cuales se tuvieron que rechazar cuatro de manera automática por no cumplir con los requisitos. Entre las razones del rechazo se encontraron: el no ser de la licenciatura de Diseño Industrial, no ser alumnos que actualmente se encontraban estudiando la carrera, ser alumnos de posgrado o profesores de la carrera.

De los candidatos restantes, el criterio para su selección se basó en el nivel de conocimientos de uso de software de diseño 3D, ya que se requería que tuvieran nociones básicas para la elaboración de modelos tridimensionales pues no se cubriría esta etapa a lo largo del taller por la duración del mismo. Varios de los alumnos ya habían cursado algunas materias de uso de dicho software y algunos otros participaron en talleres de Blender, Rhino, Autocad y 3DMax.

Para dar una mayor cobertura, se consideró incluir a alumnos desde tercer semestre hasta noveno, siempre que cumplieran con los requisitos antes mencionados. También se tuvo en cuenta la equidad de género aspirando que hubiera la misma cantidad de mujeres y hombres entre los participantes. Al final de la selección se enviaron correos de aceptación a doce aspirantes, dando oportunidad a otros dos candidatos más para poder participar como observadores, solicitando confirmar su asistencia a la brevedad posible. De los correos enviados sólo se tuvo respuesta positiva de diez candidatos, incluidos los adicionales pues dos de los candidatos declinaron la oportunidad, y para la fecha de inicio de taller asistieron puntualmente al registro diez. En la segunda sesión se dio oportunidad de integrarse a una alumna que no había sido seleccionada con el compromiso previo de participar activamente en las sesiones e integrarse al trabajo del taller.

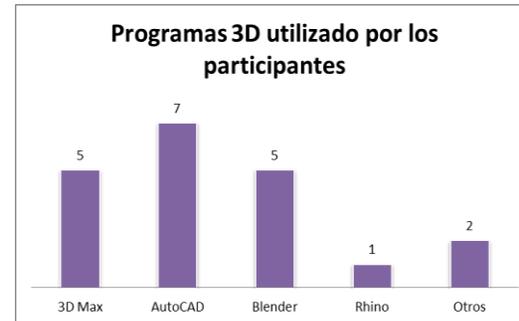
Características de los participantes:

El taller estuvo compuesto por once estudiantes de la licenciatura de diseño Industrial de la facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMEX.

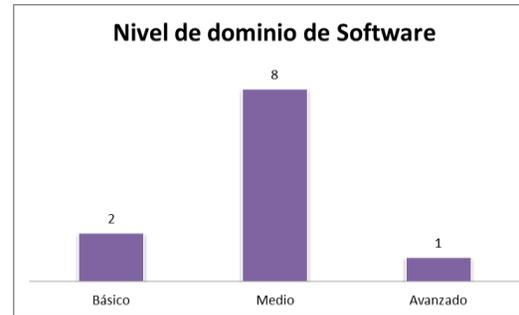
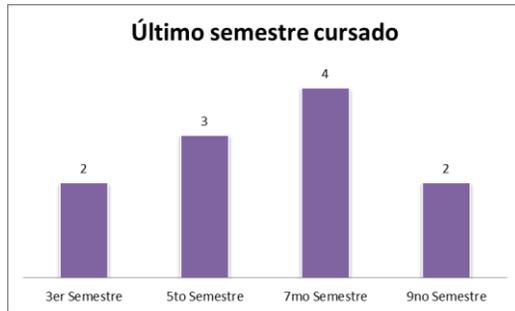
1 De los cuales cinco fueron hombres y seis mujeres:



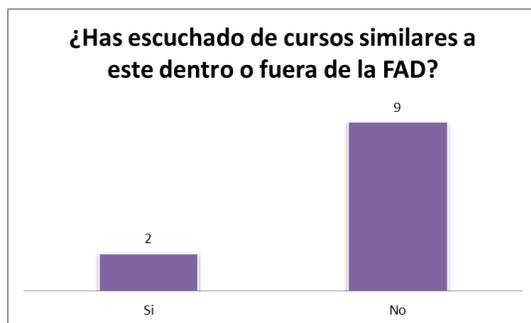
3 El software utilizado por los alumnos (algunos utilizaban más de uno):



2 La distribución en último semestre cursado al día del inicio del taller fue: 4 Nivel en el que se consideraban estar en el uso de dicho Software:



5 Habían escuchado sobre algún curso o taller similar:



6 Experiencia en el uso de herramientas:



Observaciones del desarrollo del taller:

Semana uno.

Al inicio de la primera sesión se explicó el propósito del taller, la forma en la que se trabajarían las diez sesiones y los aprendizajes esperados al final del taller.

Se formaron dos equipos, dándoles la libertad a los alumnos de elegir a sus compañeros de trabajo, quedando el equipo 1 conformado con alumnos de tercer y quinto semestre, un hombre y cuatro mujeres y el equipo 2 integrado por estudiantes de séptimo y noveno semestre, una mujer y cinco hombres.

A cada equipo se le entregó un manual de construcción, un set de herramientas y un kit de impresora 3D Prusa Mendel. Los estudiantes leyeron las indicaciones donde se describía la forma de trabajo y las precauciones que debían de tener al realizar el trabajo. (Imágenes del desarrollo en Anexo)

Primera sesión: Construcción del marco de la impresora.

Los equipos comenzaron a leer las instrucciones y a separar el material impreso y no impreso a utilizar, además de identificar las herramientas necesarias para poder trabajar. Al inicio de la construcción, los integrantes iniciaron lento pues muchos de ellos tenían poca experiencia con el uso de las herramientas. El equipo 1 comenzó a trabajar más rápido, teniendo un trabajo un poco más burdo y no tan preciso, el equipo 2 se tomó un poco más de tiempo pues fue más metodológico en la repartición de tareas y revisión del manual. Al final de la sesión ambos equipos terminaron con el trabajo planeado para el día, teniendo al equipo 1 con el marco ajustado y alineado.

Segunda sesión: Construcción de eje X y Z.

El equipo 1 comenzó a separar los materiales indicados en el manual y a construir el eje X, el equipo 2 por su parte terminó de ajustar el marco de la impresora y después comenzaron con la construcción del eje X. Ambos equipos se mostraron más confiados en el uso de las herramientas y al seguir las indicaciones del manual. A la mitad de la sesión, el equipo 1 seguía más adelantado en su trabajo, pero el otro equipo ya no estaba tan rezagado y mostraba una mejor organización en los integrantes y en la distribución de tareas. Al final de la sesión ambos equipos ya habían terminado el eje Z y montado el eje X. Durante el desarrollo de las actividades surgieron varias dudas sobre algunas instrucciones que no quedaron claras, se asesoró a ambos equipos y se les solicitó que hicieran anotaciones en el manual de las indicaciones que requirieron asesoría y de algunos datos faltantes (sobre todo de nombre de piezas).

Tercera sesión: Montaje de la cama de impresión y cableado 1.

Al inicio de la sesión, ambos equipos comenzaron al mismo tiempo con las actividades, surgieron algunas dudas del equipo 1 por no seguir las instrucciones. El otro equipo no presentó dificultades pues continuaba con una forma de trabajo mejor organizada, el rol de liderazgo fue cambiando a lo largo de la sesión, lo que permitió que todos los integrantes se involucraran en el trabajo. En ambos casos y una vez aclaradas las dudas el trabajo fue más fluido que en las sesiones anteriores, terminando con las metas del día.

Cuarta sesión: Cableado 2, cableado 3 y cableado 4.

El equipo 2 avanzó rápidamente en las tareas planeadas para el día, teniendo una participación activa de todos los integrantes. En el otro equipo se presentaron ciertas dificultades, pues sólo tres integrantes tomaron el control del trabajo y los otros sólo observaban, las dudas volvieron a surgir al no leer y entender las indicaciones del manual. Se terminó con la impresora del equipo 2 terminada y la impresora del equipo 1 con algunos problemas, puesto que los motores NEMA 17 incluidos en el kit venían invertidos, lo que generó que el equipo tuviera que recablearlos en la tarjeta.

Quinta sesión: Puesta en marcha y calibración de la impresora:

Resueltos los problemas de cableado de ambas impresoras y organizando los cables para que no se atoraran con los elementos móviles, se realizó la primera puesta en marcha de las dos máquinas, verificando varias veces las conexiones para evitar dañar los elementos electrónicos. Se explicó la instalación de los controladores en las computadoras y los fundamentos generales de la interface de control que se eligió para manipular manualmente los movimientos de la impresora. Con un archivo previamente trabajado por el instructor, se realizó la primera impresión, donde los equipos pudieron observar el funcionamiento de las máquinas que ellos mismos habían construido. Se realizó una retroalimentación donde ellos pudieron expresar sus impresiones sobre el trabajo realizado en la semana y se terminó la sesión haciendo hincapié en que se cambiaría el extrusor para obtener mejores resultados durante la semana de impresión, explicando las ventajas de dicha modificación y la manera de realizarla.

Semana dos.

Para la segunda semana de trabajo se inició con la explicación de los dos programas necesarios para poder realizar las impresiones: Slic3r para preparar los archivos y Pronterface para controlar la impresora. Se revisaron todas las configuraciones que se tienen que ajustar para los archivos 3D y el formato con el que se tiene que trabajar: STL. (Imágenes del desarrollo en Anexo)

Sexta sesión: Presentación de programas para manipulación y uso de la impresora 3D

Durante la sesión los participantes fueron tomando nota de lo que se exponía y fueron resolviendo las dudas que se fueron generando. Los equipos se disolvieron, permitiendo que se integraran a las actividades de configuración de archivos con otros compañeros. Se les proporcionó un archivo 3D, donde ellos tenían que configurar las opciones y exportar en formato GCODE, seleccionaron el material a trabajar y realizaron varias pruebas, donde se dieron cuenta si su configuración era correcta o tenían que realizar modificaciones. Para el primer ejercicio de impresión el objetivo fue que determinaran el perímetro de cada capa de la pieza y el relleno adecuado. Al término de la sesión se compararon los resultados pues ambos equipos seleccionaron material diferente y lo configuraron con opciones de perímetro y relleno distintas.

Séptima sesión: Impresión de un archivo

Se les proporcionó un archivo donde ellos tenían que configurar el material de soporte, ambos equipos configuraron distintas opciones para dicha tarea siendo correctas, solo que uno de los materiales resultó defectuoso lo que le dificultó a uno de los equipos el terminar su pieza.

Octava sesión: Impresión de un archivo propio

A los participantes se les solicitó el traer una pieza modelada por ellos mismos, en esta pondrían en práctica los conocimientos adquiridos hasta ahora: preparar la impresora, alimentar el material, configurar el archivo e imprimir. A pesar de que sólo se pudieron imprimir dos archivos por equipo, todos integrantes se involucraron en las tareas a realizar, cambiando las configuraciones erróneas y proponiendo ideas de solución.

Novena sesión: Impresión de archivo propio (continuación)

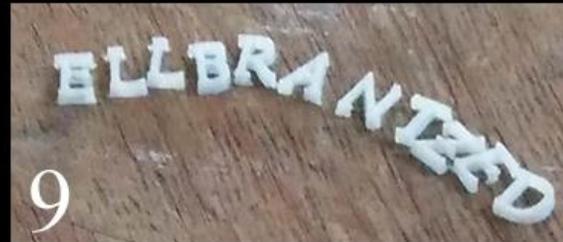
Los alumnos continuaron imprimiendo los archivos de los integrantes del equipo, con una participación más activa y prácticamente solos, teniendo pequeñas fallas que ellos mismos resolvían. El 50% de los participantes habían terminado de imprimir sus piezas y los demás tenían ya sus archivos listos para la última sesión.

Décima sesión: Impresiones libres

El último día del taller, se inició a las 11:00 hrs, permitiendo a los alumnos que pudieran llegar temprano y ya tuvieran sus piezas requeridas, el imprimir otros archivos que hubieran generado ellos mismos o bajado del repositorio de *Thingiverse*. Aunque sólo se pudo presentar la mitad de los participantes desde esa hora, el trabajo fue activo y los errores de impresión por malas configuraciones fueron mínimos. Al final del taller los participantes habían impreso al menos una pieza diseñada por ellos mismos y configurado exitosamente otra que les fue entregada posteriormente.

Impresiones realizadas por los participantes



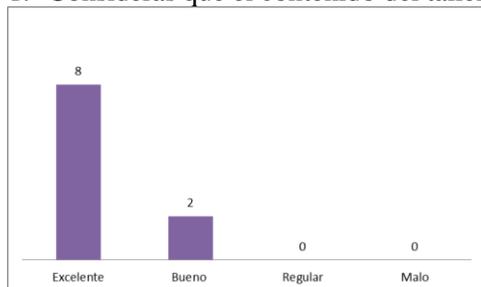


- 7 Brandon Arturo Rodríguez González
- 8 Denisse Valdés Segundo
- 9 Elizabeth Baez Escamilla
- 10 Diana Ramos Quiroz
- 11 Patricia Salceda Kick

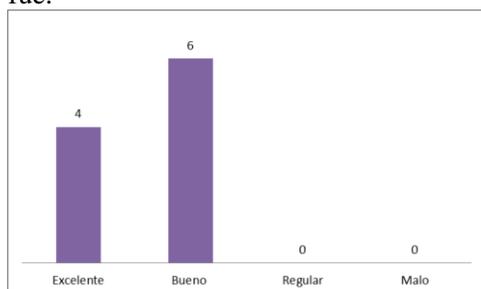
Evaluación del taller por parte de los estudiantes.

Al término del taller, se envió vía correo electrónico un formato de evaluación del taller a los participantes obteniendo los siguientes resultados:

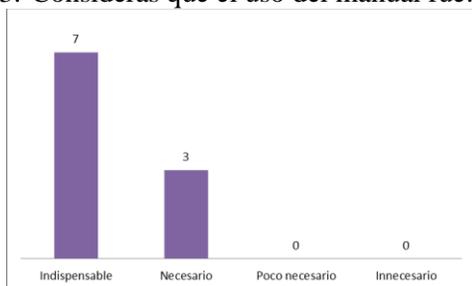
1.- Consideras que el contenido del taller fue:



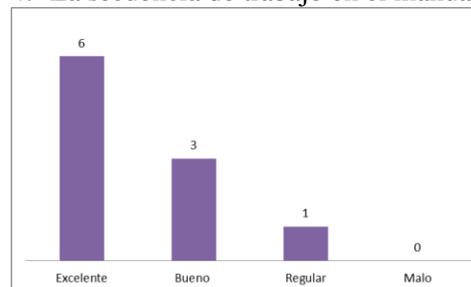
2.-Consideras que la distribución del tiempo para el contenido del taller fue:



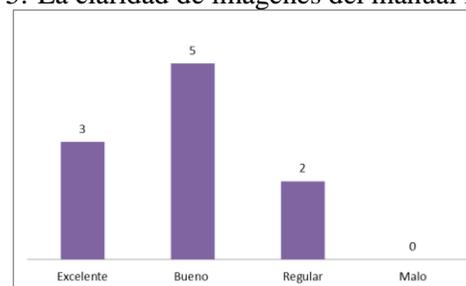
3.-Consideras que el uso del manual fue:



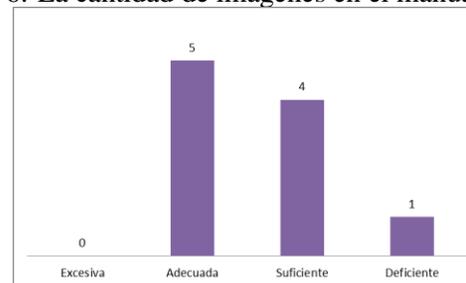
4.- La secuencia de trabajo en el manual fue:



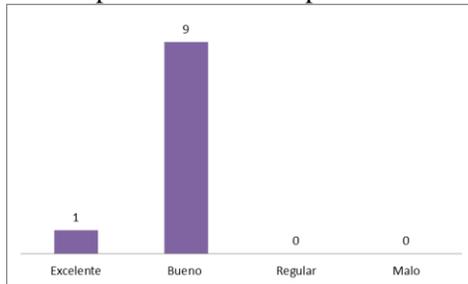
5.-La claridad de imágenes del manual fue:



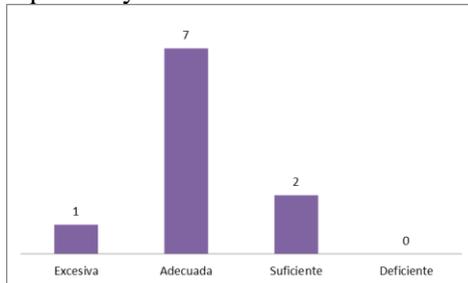
6.-La cantidad de imágenes en el manual fue:



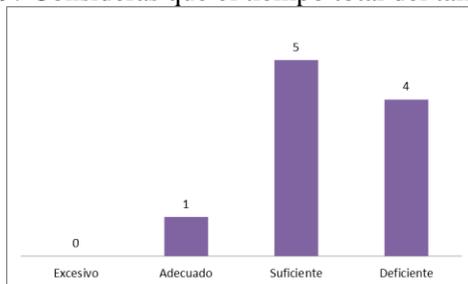
7.-La explicación de cada paso de construcción en el manual fue:



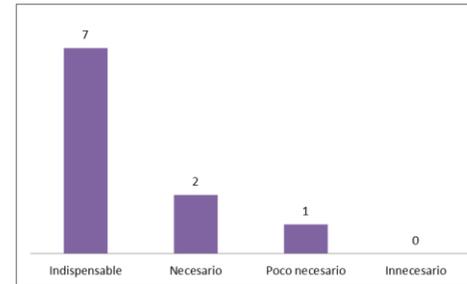
8.-La explicación de los programas utilizados para el manejo de la impresora y los modelos fue:



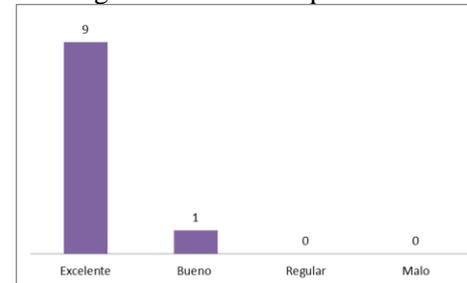
9.-Consideras que el tiempo total del taller fue:



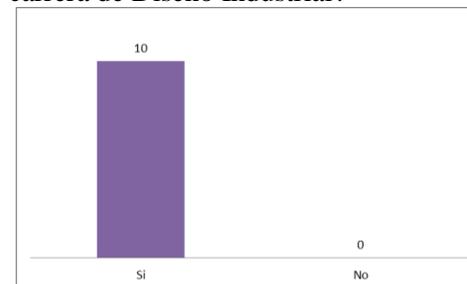
10.-Consideras que el armado de la impresora para entender su funcionamiento es:



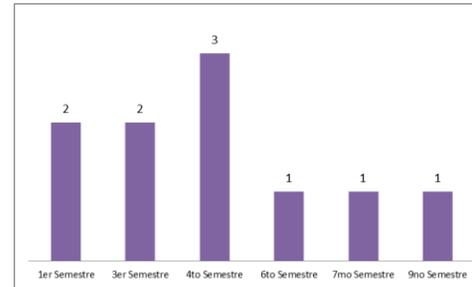
11.-En general el taller te pareció:



12.-¿Consideras pertinente que se incluyera un taller así a lo largo de la carrera de Diseño Industrial?



13.-De ser afirmativa tu respuesta, ¿En qué semestre consideras que debería incluirse?



Conclusión:

Los resultados obtenidos muestran que:

- Los participantes tuvieron una buena a excelente apreciación del taller y su contenido.
- Consideran que el uso del manual es indispensable para la realización del taller, pues es la herramienta que, mediante las imágenes e instrucciones les da la pauta para poder realizar las tareas encomendadas.
- El tiempo es un factor importante, pues aunque fue suficiente para realizar la construcción e implementación de la tecnología, faltó tiempo para poder desarrollar más ejercicios y que los alumnos pulieran más sus habilidades adquiridas.

Los comentarios finales de los alumnos expresan aceptación por el taller y les gustaría que se volviese a implementar, pero esta vez con un mayor número de sesiones para poder desarrollar otros proyectos y revisar otros materiales y configuraciones.

Conclusiones generales

El taller de “Impresión 3D 2016” fue preparado para que los estudiantes de esta facultad tuvieran contacto de primera mano con una impresora 3D, sus componentes y el manual para su armado. De esta manera, acercarlos a una tecnología, que como ha sido mencionada anteriormente, está ya siendo utilizada por muchos profesionistas en su práctica cotidiana.

Este ejercicio de reelaboración del manual de construcción me ha permitido explotar mis capacidades de observación, abstracción de la información, delimitación del problema y aplicación de una solución adecuada aprendido a lo largo de toda mi carrera en la FAD, en la reinterpretación de un documento que me permitiera de la manera más eficaz desarrollar un taller donde pudiera transmitir dicho conocimiento (adquirido en los años de estudios, lo adquirido gracias mi carrera como docente de taller de Diseño Industrial a nivel secundaria y mi actualización permanente como diseñador) a estudiantes que tuvieran el interés en aprender de dichas herramientas que actualmente se están desarrollando y ya aplicando de manera cotidiana y que actualmente no se contempla en ningún plan de estudios del país (investigado hasta la fecha de la publicación de este trabajo).

La tarea encomendada a los estudiantes (acompañada de una supervisión constante) se llevó a cabo sin contratiempos por lo que esto avala el manual y las enseñanzas contempladas. Los resultados obtenidos tanto en la implementación de la tecnología con los ejercicios propuestos los ejercicios desarrollados por los participantes demuestra que la estructura del taller es

adecuada y permitiría eventualmente replicar dicho taller de nuevo en la FAD UAEMEX como en otras instituciones, ajustando los tiempos para que se puedan revisar otros materiales y permitir a los participantes el desarrollar más objetos e inclusive poder replicar una impresora, ya sea para la institución que requiera del taller como también para los participantes que se interesen en su construcción propia.

Bibliografía:

- Branwin, G. (2013). Make: Ultimate Guide to 3D printing, O'Reilly, Estados Unidos.
- Hernandez, R. Fernandez, C. y Baptista, P. (1991). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN, McGRAW – HILL, México.
- Canesa, E. (2013). Low-cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development, ICTP, Estados Unidos.
- Winnan, C. (2012). 3D Printers - The Next Technology Gold Rush, CreateSpace Publishing, Estados Unidos
- Hallgromsson, B. (2000). Diseño de producto. Maquetas y prototipos, Promopress, México.
- Iliescu, M. (2009). Importance of Rapid Prototyping to Product Design, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 71, Iss. 2, Estados Unidos.
- Jones, R. (2011). RepRap – the replicating rapid prototype, Robotica, Volume 29, Issue 1 (Special Issue), Reino Unido.

Internet:

- <http://reprap.org/>
- <http://www.thingiverse.com/>
- <http://disenoindustrialenmexico.blogspot.mx/>
- <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/931486.diseno-industrial-en-mexico.html>
- <http://www.excelsior.com.mx/hacker/2014/09/24/983299>
- <http://www.excelsior.com.mx/hacker/2015/06/22/1030704>
- <http://www.forbes.com.mx/empieza-el-evangelio-de-la-impresion-3d/>
- <http://mooldesign.blogspot.mx/2011/07/cuales-son-las-ofertas-laborales-para.html>
- <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/materiales/3868-3d-factory-mx-es-el-primer-centro-de-impresion-tridimensional-en-monterrey>
- <http://www.informabl.com/impresion-3d-en-mexico-tan-cerca-y-tan-lejos/>
- <http://www.centroculturaldigital.mx/es/actividad/el-futuro-de-la-impresion-3d.html>
- https://issuu.com/jessikisi/docs/maquetas_y_prototipos
- <http://www.wikihow.com/Create-a-User-Manual>
- <http://manual.slic3r.org/intro/>

Anexos

Anexo 1 Glosario

ABS: Acrinolitino butadieno estireno. Es un termoplástico utilizado como material de impresión 3D. A menudo usado como acrónimo, actualmente se refiere al filamento hecho de ABS.

Cama de impresión: Plato de construcción de la impresora 3D, donde las piezas son construidas. (en donde el material es depositado).

CAD: Diseño asistido por computadora, software para modelaje 2D y 3D.

Carro: Ensamblaje móvil del eje X de impresoras tipo Mendel que soporta el extrusor. Conocido también como carro del eje X o carruaje X.

Extruir: Acto de depositar material en la plataforma de construcción, generalmente calentando un termoplástico a un estado líquido y empujándolo a través de una pequeña boquilla.

Extrusor: Grupo de partes que se encargan de alimentar y extrudir el material de construcción. Consiste en dos partes: la parte fría que empuja alimenta el termoplástico del carrete, y la parte caliente o “hot end” que funde y extruye el termoplástico.

FDM: *Fused deposition method*, método de deposición por fusionado.

FFF: *Fused filament fabrication*, fabricación de filamento fusionado. Donde una gota de material (plástico, cera, metal, etc.) es depositada encima o junto a el mismo material generando una unión (por calor o adhesión).

Filamento: material pastico convertido en cuerda (a menudo 1.75mm a 3mm) para ser usado como materia prima en la impresora 3D.

G-code: Información enviada de la computadora a una máquina de control numérico (CNC).

Cama caliente (*Hotbed*): Superficie de construcción que es calentada para soportar la base de una parte extruida y evitar que se enfrie (y contraiga) muy rápido.

Hot end: Parte del extrusor que se calienta lo suficiente para derretir el plástico u otros materiales. El hot end utiliza

materiales que soportan hasta 240 °C y se refiere generalmente a la punta del extrusor que es la parte que más se calienta.

Relleno: Es el interior de la parte impresa. Puede tener varios patrones, generalmente ahorra material y peso en contraste a una pieza sólida.

Proporción de relleno: La proporción de material sólido a rellenar. Con esto se decide que tan “sólida” será la pieza.

Paramétrico: Ajustable en todas las dimensiones. Un modelo paramétrico es aquel que puede ser redimensionado y/o distorciónado para ajustarse a las necesidades del usuario.

PLA: *Polylactic acid* (ácido poliláctico). Es un polímero termoplástico biodegradable utilizado como material de impresión 3D. Se refiere comúnmente al filamento para impresión 3D hecho de PLA.

PR: Prototipado rápido. Creación de un objeto en cuestión de horas en una impresora 3D, en contrarío a realizarlo a mano que puede tomar días o semanas.

RepRap: Máquina de prototipado rápido que puede manufacturar gran parte de sus propias piezas. El proyecto RepRap es la búsqueda de poder hacer máquinas de escritorio a un costo reducido

Slicing (rebanado): Proceso que convierte modelos 3D a un formato que entienda la impresora 3D. El modelo es rebanado en capas que pueden ser depositadas por el extrusor.

SLS: Sinterización láser selectiva. Proceso de manufactura aditiva, que fusiona materiales en polvo o resina foto sensitiva por medio de un láser para formar un objeto sólido.

Stepper Motor: (Motor paso a paso). Motor que opera en incrementos pequeños de rotación. Este tipo de motor es el más utilizado en las impresoras 3D de bajo costo.

***.STL (Stereo Lithographic):** Es el formato de archivo más recomendado para compartir o exportar objetos 3D. Los programas CAD pueden generar archivos STL, los cuales pueden ser traducidos a formatos que las impresoras 3D puedan manejar.

Anexo 2 Plan de estudios 2004

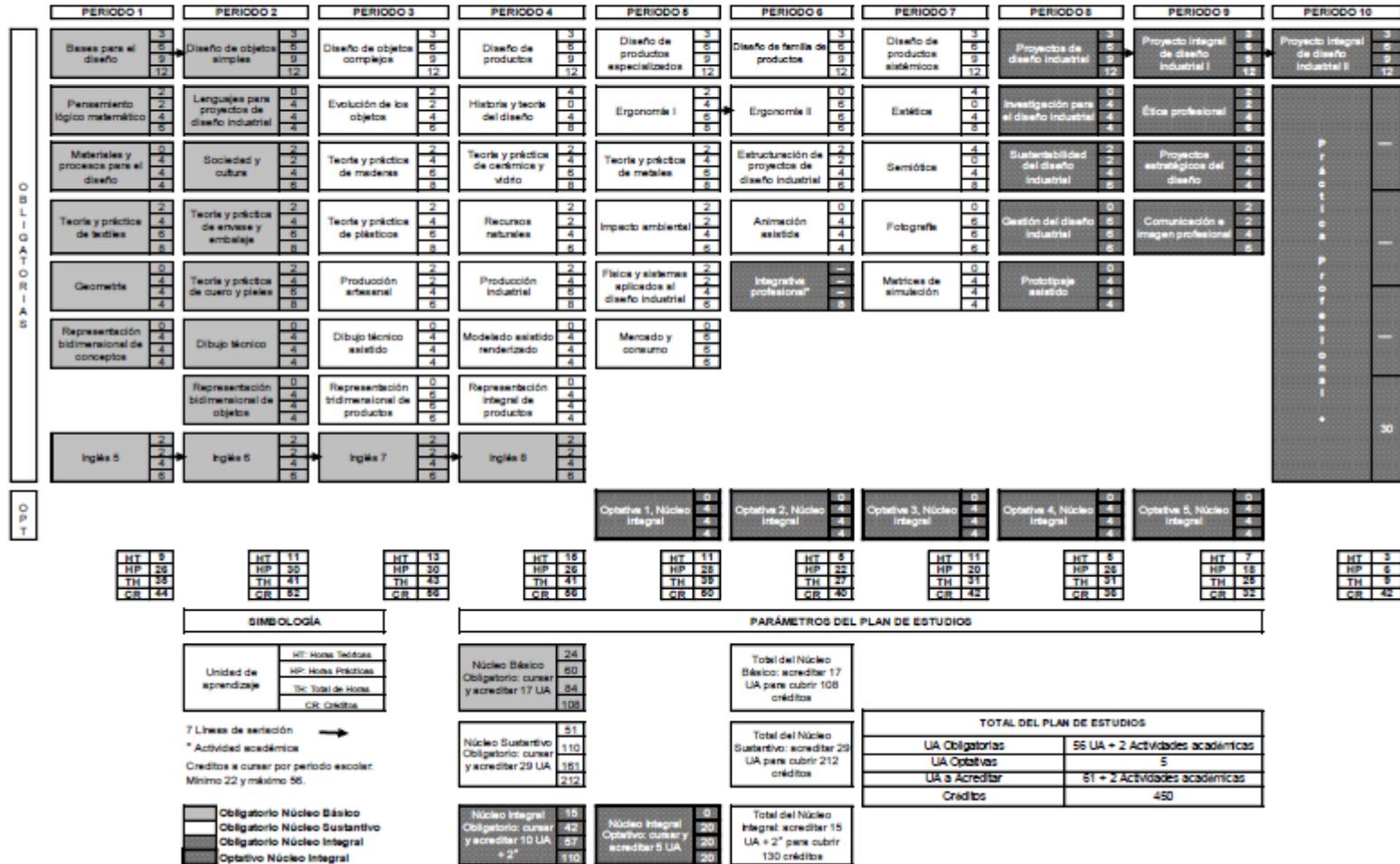
FAD / PLAN DE ESTUDIOS 04 / LICENCIATURA EN DISEÑO INDUSTRIAL

MAPA DE UNIDADES DE APRENDIZAJE															420 CRÉDITOS	
ÁREAS	COMPETENCIAS	SUBCOMPETENCIAS	NÚCLEO BÁSICO					NÚCLEO SUSTANTIVO						NÚCLEO INTEGRAL PROFESIONAL		
			PERIODOS	Primer	Segundo	Intensivo	Optativas básicas	Tercer	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo	Intensivo	Noveno	Décimo
ÁREA DE TEORÍA	Contexto del diseño	HUMANÍSTICA	3h 3t Estudios Culturales 6 cr					3h 3t Antropología y sociología 6 cr	3h 3t Historia del diseño industrial 6 cr	3h 3t Filosofía del diseño industrial 6 cr	3h 3t Teoría del diseño 6 cr			4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	
		SUSTENTABILIDAD		3h 3t Recursos Naturales 6 cr								4h 2t2p Impacto ambiental 6 cr	3h 3t Sustentabilidad del diseño 6 cr	4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	
	VÍCILOS HOMBRE-OBJETO	ERGONOMÍA	4h 2t2p Ergonomía 6 cr				4h 2t2p Optativa básica 6 cr	3h 2t1p Anatomía 5 cr	3h 1t2p Antropometría 4 cr		3h 2t1p Biomecánica 5 cr	3h 3t Psicología del diseño 6 cr		4h 2t2p Optativa Integral 6 cr		
	Comunicación y lenguajes	Estética					4h 2t2p Optativa básica 6 cr	3h 3t Ética 6 cr	4h 4t Semiótica 8 cr	4h 2t2p Poética 6 cr		3h 3t Prosaica 6 cr	3h 3t Estética 6 cr	4h 2t2p Optativa Integral 6 cr		
COMUNICACIÓN		3h 2t1p Expresión escrita y verbal 5 cr	4h 2t2p Inglés C1 6 cr	4h 2t2p Inglés C2 6 cr						4h 4p Fotografía 4 cr				4h 2t2p Optativa Integral 6 cr		
ÁREA DE DISEÑO	DESARROLLO DE PROYECTOS	DISEÑÍSTICA	3h 3p Fundamentos del diseño 3 cr	3h 2t1p Metodología 5 cr	3h 3p Habilidades del pensamiento 3 cr	4h 2t2p Optativa básica 6 cr	3h 3p Conceptuación del diseño ind. 3 cr	4h 4p Diseño y Biónica 4 cr	6h 5p Diseño de Juguetes 6 cr	6h 5p Diseño de Mobiliario 6 cr	6h 6p Diseño de herramientas 6 cr	6h 5p Diseño de electrodomésticos 6 cr	6h 5p Diseño de equipos y máquinas 6 cr	9h 9p Proyecto de evaluación profesional 1 9 cr	9h 9p Proyecto de evaluación profesional 2 9 cr	
		PROYECTUAL	4h 4p Dibujo técnico 4 cr			4h 2t2p Optativa básica 6 cr	4h 4p Geometría descriptiva avanzada 4 cr	4h 4p Maquetas 4 cr	4h 4p CAD 4 cr	4h 4p Modelos 4 cr					4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	4h 2t2p Optativa Integral 6 cr
ÁREA DE TECNOLOGÍA	TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE LA FORMA	FÍSICO-MATEMÁTICO		4h 4t Matemáticas 8 cr				3h 2t1p Física y mecanismos 5 cr	4h 2t2p Estadística inferencial 6 cr	4h 2t2p Resistencia de materiales 6 cr				4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	4h 2t2p Optativa Integral 6 cr	
		TECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN	4h 4t Materiales y procesos básicos 8 cr				4h 4t Materiales y procesos 8 cr	4h 4p Prácticas de maderas 4 cr	4h 4p Prácticas de polímeros 4 cr	4h 4p Prácticas de metales 4 cr	4h 4p Prácticas de cerámica 4 cr	4h 4p Prácticas de textiles 4 cr		4h 4p Organización de la producción 4 cr	4h 4p CAM /CAE nuevos materiales 4 cr	
	IMPLANTACIÓN DE PROYECTOS ECOS	ECONÓMICO-ADMINISTRATIVO						4h 2t2p Administración del diseño 6 cr	3h 1t2p Economía 4 cr	4h 1t2p Contabilidad y costos 6 cr	4h 2t2p Mercadotecnia 6 cr			3h 1t2p Propiedad intelectual 4 cr	3h 2p1t Emprendedurismo 4 cr	
TOTALES HORAS	UNIDADES DE APRENDIZAJE	6	5	2	4	6	8	7	7	6	6	2	9	10		
CRÉDITOS	OBLIGATORIAS	64	21	17	7	16	20	29	26	23	23	10	40	40		
	OPTATIVAS	14	32	29	9	24	32	36	36	37	32	32	10	45		
	Unidades de aprendizaje compartidas con arquitectura															
	Unidades de aprendizaje compartidas con Administración y promoción de la obra urbana.															
	Unidades de aprendizaje compartidas con Diseño Gráfico															

Fuente: Plan de estudios de la LICENCIATURA DE DISEÑO INDUSTRIAL 2004



3.9 Mapa curricular de la Licenciatura en Diseño Industrial (2015)



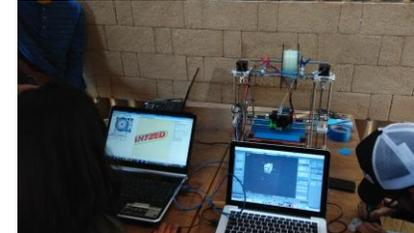
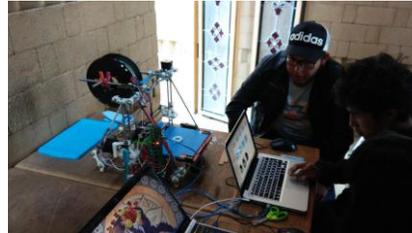
Fuente: Plan de estudios de la LICENCIATURA DE DISEÑO INDUSTRIAL 2015

Anexo 3 Imágenes del desarrollo del Taller de Impresión 3D 2016.

Semana uno



Semana dos



Anexo 5 Cuestionario de evaluación final del Taller de Impresión 3D 2016

1.- Consideras que el contenido del taller fue:

Excelente:_____ Bueno:_____ Regular:_____ Malo:_____

2.-Consideras que la distribución del tiempo para el contenido del taller fue:

Excelente:_____ Bueno:_____ Regular:_____ Malo:_____

3.-Consideras que el uso del manual fue:

Indispensable:_____ Necesario:_____ Poco necesario:_____ Innecesario:_____

4.- La secuencia de trabajo en el manual fue:

Excelente:_____ Bueno:_____ Regular:_____ Malo:_____

5.-La claridad de imágenes del manual fue:

Excelente:_____ Bueno:_____ Regular:_____ Malo:_____

6.-La cantidad de imágenes en el manual fue:

Excesiva:_____ Adecuada:_____ Suficiente:_____ Deficiente:_____

7.-La explicación de cada paso de construcción en el manual fue:

Excelente:_____ Bueno:_____ Regular:_____ Malo:_____

8.-La explicación de los programas utilizados para el manejo de la impresora y los modelos fue:

Excesiva:_____ Adecuada:_____ Suficiente:_____ Deficiente:_____

9.-Consideras que el tiempo total del taller fue:

Excesivo:_____ Adecuado:_____ Suficiente:_____ Deficiente:_____

10.-Consideras que el armando de la impresora para entender su funcionamiento es:

Indispensable:_____ Necesario:_____ Poco necesario:_____ Innecesario:_____

11.-En general el taller te pareció:

Excelente:_____ Bueno:_____ Regular:_____ Malo:_____

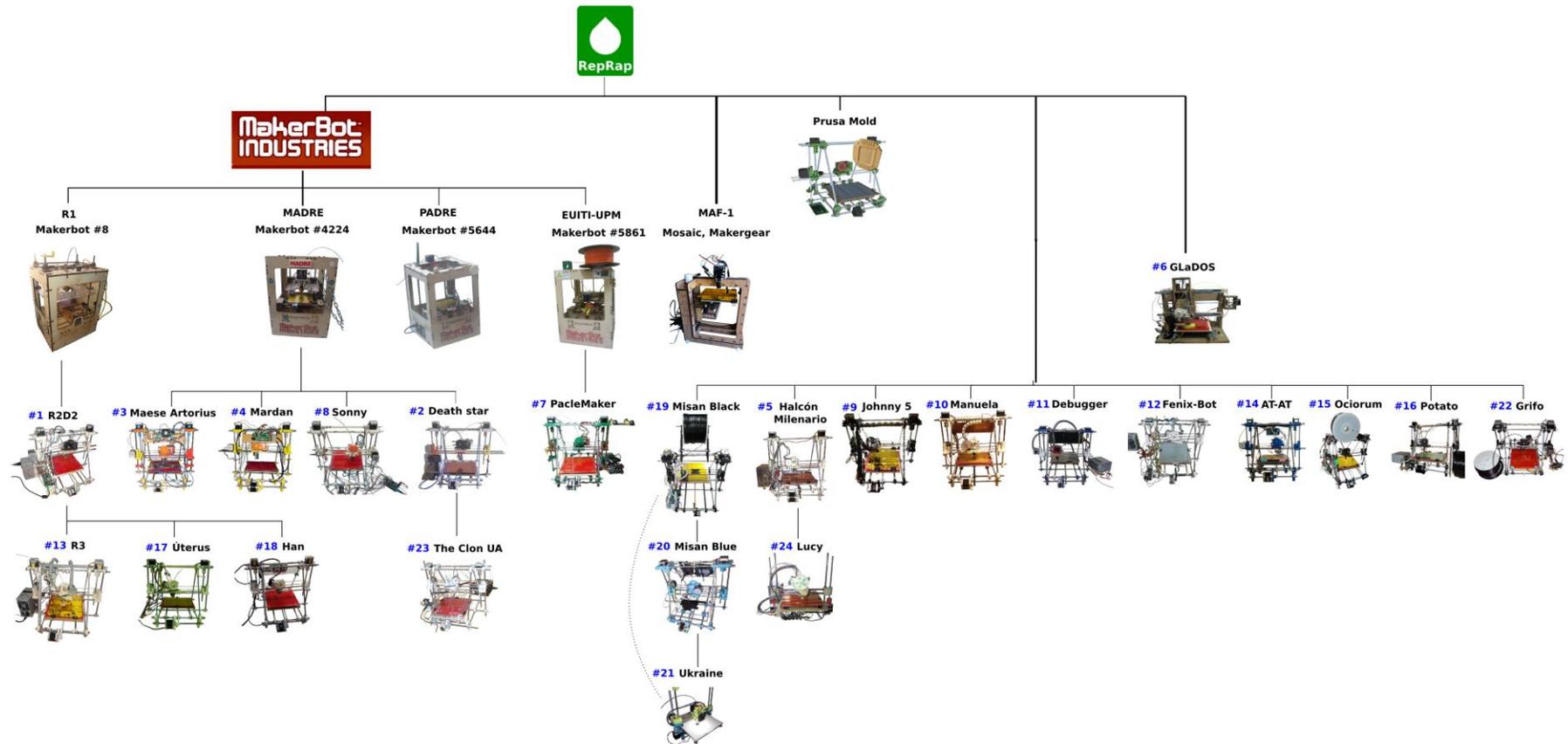
12.-¿Consideras pertinente que se incluyera un taller así a lo largo de la carrera de Diseño Industrial?

Si:_____ No:_____

13.-De ser afirmativa tu respuesta, ¿En qué semestre consideras que debería incluirse?

Comentarios, críticas y observaciones finales:

Anexo 6 Generaciones de impresoras a partir del Proyecto RepRap



Fuente: www.reprap.org

Modelos no RepRap (Generación 0)

Son modelos construidos con una carcasa de madera contrachapada cortada con láser y que los venden las empresas MakerBot, MakeGear... por algo más de 1000 euros. Son modelos con piezas no imprimibles y por tanto no son replicables ni pertenecen a las RepRap, pero nos permiten empezar a construir las mismas ya que nos imprimen las piezas de estas.