

Universidad Nacional de La Plata

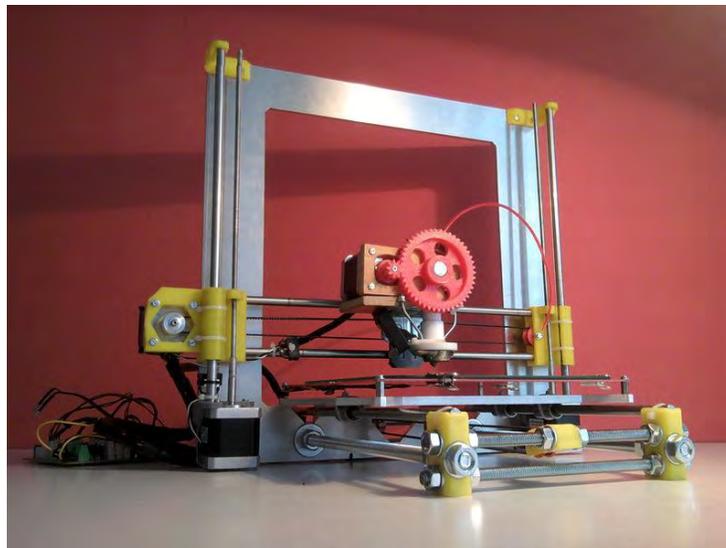
Facultad de Ingeniería

Julio de 2015



TRABAJO FINAL DE
INGENIERÍA
INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MICRO EMPRENDIMIENTO DE IMPRESORAS
3D EN EL ÁREA DE LA CIUDAD DE LA PLATA



Pérsico, Carlos Augusto | N 57661/2

Indice

Índice

Resumen ejecutivo	5
Introducción al proyecto.....	7
1. Introducción a las impresoras 3D y al proyecto	8
1.1. ¿Qué es una impresora 3D? ¿Cómo funcionan? ¿Qué prestaciones brindan?	8
1.1.1. Funcionamientos y principios básicos	9
1.1.2. Tipos de impresoras	10
1.1.3. Materiales	11
1.1.4. Acabados	12
1.1.5. Resolución y tolerancia	12
1.1.6. Aplicaciones.....	13
1.2. Oportunidad detectada.....	13
1.3. Objetivos del proyecto.....	13
1.3.1. Determinar características del mercado.....	14
1.3.2. Satisfacer la demanda insatisfecha	14
Fundamentos para la realización del proyecto	15
2. Análisis del mercado	16
2.1. Compradores	16
2.1.1. Arquitectos.....	16
2.1.2. Diseñadores.....	19
2.1.3. Ingenieros	23
2.1.4. Particulares	26
2.1.5. Determinación de la cantidad de compradores	26
2.2. Competencia	28
2.3. Proveedores	30
2.4. Conclusiones.....	41
Ensamble, programación y calibración de la impresora	42
3. Ensamble, programación y calibración de la impresora 3D paso a paso.....	43
3.1. Materiales necesarios para la construcción de la impresora	43
3.2. Firmware	46
3.3. Electrónica de la impresora 3D.....	50
3.4. Ajuste de la impresora 3D	56
3.5. Estructura: Montando la base.....	60
3.6. Estructura: Montando el carro	67

3.7.	Estructura: Montando el marco.....	70
3.8.	Estructura: Uniendo las partes	76
3.9.	El extrusor.....	79
3.10.	Ajuste del extrusor	82
3.11.	Montaje de la cama caliente.....	85
3.12.	Montaje del HotEnd	91
3.13.	Finales de carrera	95
3.14.	Instalación del Firmware final (Marlin)	99
3.15.	Configuración del PID.....	106
3.16.	Últimos ajustes de la impresora 3D.....	108
3.17.	Primera impresión	114
3.18.	Diagrama de flujo del proceso de producción de la impresora	117
	Análisis económico y puesta en marcha	123
4.	Estudio económico y puesta en marcha del micro emprendimiento	124
4.1.	Resumen de los datos recolectados a lo largo del trabajo.....	124
4.2.	Ubicación del emprendimiento	124
4.3.	Desarrollo del presupuesto	126
4.3.1.	Coste Variable.....	126
4.3.2.	Coste fijo.....	127
4.3.3.	Inversión inicial.....	130
4.3.4.	Ingreso por ventas	133
4.3.5.	Presupuesto final	134
	Conclusiones.....	136
5.	Conclusiones	137
	Bibliografía.....	138
6.	Bibliografía	139

Resumen Ejecutivo

Resumen Ejecutivo

El objetivo del presente trabajo es el de analizar la posibilidad de ensamblar y comercializar impresoras 3D, un tipo de tecnología que está teniendo un gran impacto en Buenos Aires, en la Ciudad de La Plata. Para ello se realizo un estudio de mercado, se desarrollaron los pasos necesarios para el ensamble, calibración y programación de la impresora 3D. Posteriormente se llevo a cabo un análisis económico para evaluar la viabilidad del proyecto. De este modo, tomando ventaja de la brecha tecnológica existente entre Buenos Aires y la Ciudad de La Plata, se lograra satisfacer una demanda insatisfecha de un producto que ya existe.

La Impresora 3D es un equipo que permite dar forma física a distintos diseños o proyectos hechos previamente en programas de diseño 3D, esto lo logra mediante un extrusor que calienta el material a temperaturas cercanas a la fusión y va dando forma física al objeto diseñado capa a capa.

El proyecto surge a partir de la necesidad de evaluar la posibilidad de satisfacer una demanda insatisfecha de un producto que ya existe pero que aun no alcanzo una expansión suficientemente grande como para ser ensamblado y comercializado en la Ciudad de La Plata.

Para poder cumplir este objetivo se:

- Analizaran y determinaran las características del mercado, como está compuesto, cantidad de compradores, tiempo promedio que esperan la entrega y aumento anual estimado de compradores.
- Se analizaran la competencia y los precios que ofrecen.
- Se realizara una selección de proveedores para determinar los proveedores que ofrezcan las mejores condiciones de venta
- Se hará una lista de materiales e indicara como construir, calibrar y programar la impresora, también se determinara el tiempo que esto consume.
- Se realizara una selección del lugar óptimo para realizar el ensamble, programación y calibración teniendo en cuenta las distancias a los puntos de venta.
- Se determinara la cantidad de operarios y las herramientas necesarios para cubrir la demanda a lo largo de los años.

El proyecto será analizado teniendo en cuenta la tasa de descuento que es elegida normalmente por los inversionistas para empresas de riesgo medio la cual es de 12%, la inversión inicial será de \$602.436 que se recuperara en un lapso de aproximadamente 1 año y 41 días. El estudio económico arrojó un Valor Actual Neto de \$960.907 y una Tasa Interna de Retorno de 85%, el horizonte de evaluación fue de 5 años. Por lo expuesto se concluye que el proyecto es viable bajo las condiciones de análisis desarrolladas.

Introducción al Proyecto

1. Introducción a las impresoras 3D y al proyecto.

En esta primera sección se explicará en qué consiste la tecnología en la que se basa la impresora 3D, cómo funcionan, qué prestaciones ofrecen, qué tipos existen, qué materiales utilizan, cómo son los acabados del diseño, en qué sectores pueden aplicarse, qué resolución y tolerancia poseen. Por otro lado se analizará la oportunidad detectada para llevar a cabo el proyecto y los objetivos del mismo.

1.1. ¿Qué es una impresora 3D, cómo funciona y qué prestaciones brinda?

Una impresora 3D es un equipo capaz de imprimir distintos objetos o diseños en 3D hechos previamente en una computadora con programas que permitan importar el diseño. La tecnología de impresión 3D funciona mediante adición, donde un objeto tridimensional es creado en sucesivas capas de material. La impresora 3D suele ser un equipo rápido y amigable con el usuario, aunque su elección por parte de este será un compromiso entre precio y calidad del trabajo deseado, es decir tolerancia entre las medidas del objeto producido. Estas maquinas ofrecen al usuario la capacidad de imprimir partes o figuras enteras de distintos materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas. Un usuario avanzado en el manejo de una impresora 3D puede producir sus propios prototipos.

Desde el año 2003 ha aumentado la venta de impresoras 3D al mismo tiempo que su precio ha disminuido. Comúnmente se han utilizado estos equipos en los sectores de arquitectura y diseño industrial. Actualmente se está extendiendo su uso en la fabricación de prótesis, ya que la impresión 3D permite adaptar cada pieza a las características exactas del paciente.

Normalmente se utilizan distintos polímeros como material de impresión, también existen clases de impresoras que imprimen comida (por ejemplo panqueques de distintas figuras) u otras impresoras que se encuentran en desarrollo las cuales son capaces de imprimir casas depositando cemento por capas, los modelos comerciales actuales son de dos tipos:

- De compactación, con una masa de polvo que se compacta por estratos.
- De adición, o inyección de polímero, en las que el propio material se añade por capas (mas común)

A su vez la impresora que emplea compactación de polvo se puede clasificar en:

- Impresión 3D de tinta: Utiliza tinta aglomerante para compactar el polvo, permitiendo diferentes colores.

- Impresión 3D laser: Un laser transfiere energía al polvo haciendo que se polimerice. Después se sumerge en un líquido que hace que las zonas polimerizadas se solidifiquen.

Una vez hechas todas las capas solo se debe retirar la pieza

1.1.1. Funcionamiento y principios básicos

El principio de funcionamiento de una impresora 3D clásica se basa en un inyector y cabezal que se mueve en 3 dimensiones XYZ (Ver Figura N°1).

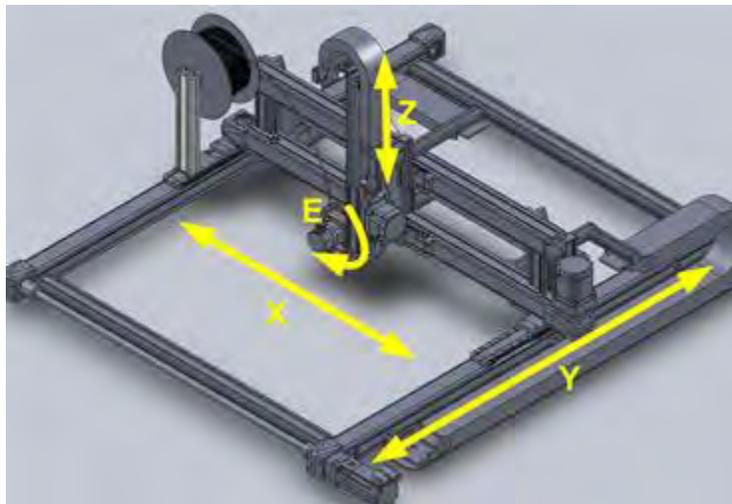


Figura N°1: Ejes de desplazamiento de una impresora 3D

El software usa un modelo 3D que es seccionado en capas de hasta 0,1 mm de espesor, de esta manera la impresión se realiza capa por capa, cuando el cabezal finaliza la inyección de una capa esta se desplaza en el eje Z y pasa a la siguiente capa realizando el mismo proceso. El proceso es capa por capa, el tiempo de impresión suele ser proporcional a la complejidad de la figura siendo importante lograr al comienzo una buena base para la siguiente capa.

Para realizar los diseños se utilizan sistemas de diseño asistido por computadora (CAD) o el software de modelado y animación. Dependiendo del tipo de máquina, modelo y el material, se deposita el material de unión sobre el lecho de construcción o una plataforma desde que la primera capa se complete y hasta que el modelo 3D ha sido impreso.

Algunos software de diseño que pueden emplearse para la realización de impresiones 3D son:

- Tinkercard
- OpenSCAD
- SolidWorks
- Catia
- Blender

La mayoría de estos programas son sencillos de utilizar y pueden indicarnos distintas características del diseño para saber si son adecuadas.

1.1.2. Tipos de impresoras

Hasta ahora se han visto las impresoras 3D de manera general, sin embargo existe una amplia gama de tecnologías para conseguir realizar los diseños, sus principales diferencias radican en la forma en que las diferentes capas son usadas para crear la pieza o modelo. Existen métodos que utilizan fundido o ablandamiento de materiales para producir las capas como pueden ser el método SLS (sinterizado de laser selectivo) o el método FDM (modelado por deposición fundida). En el caso de manufactura de objetos laminados, por ejemplo, se cortan delgadas capas para ser moldeadas y unidas. Generalmente las consideraciones principales para la elección de la tecnología requerida suelen ser velocidad, coste de prototipo impreso, coste de la impresora 3D, tipo de material, coste del material y la posibilidad de elegir el color (algunas sustancias utilizadas cambian su color dependiendo de la temperatura que se utiliza cuando se hace la impresión). Una clasificación rápida según tipo e proceso, tecnología y materiales puede verse en el siguiente cuadro (ver cuadro N°1)

Los tipos de principales de impresoras 3D son:

- Estereolitografía: Fue el primer método que se desarrolló. Se basa en aplicar un laser ultravioleta en una resina sensible a la luz contenida en un cubo. El laser va solidificando la resina en capas hasta que el objeto adquiere la forma deseada.
- Impresión por láser: Conocida como SLS (selective laser sintering), este método se basa en la compactación del material con el que se desea construir el modelo por medio de la aplicación de un láser. El material se encuentra pulverizado a una temperatura próxima a la fundición.

- Impresión por inyección: Es similar a la impresión por láser, la principal diferencia radica en que el material que se encuentra en iguales condiciones que en la tecnología por SLS y se compacta mediante inyección de un aglomerante (tinta). Esta tecnología permite imprimir en color mediante el aglomerante utilizado.
- Impresión por deposición de material fundido: Este método consiste en la expulsión de un material fundido sobre un espacio plano. El material es depositado en forma de pequeños hilos para poder solidificarse en el instante que alcanza la superficie de la capa anterior. El expulsor se mueve durante el proceso para que el material sólido vaya tomando la forma de cada capa.

Cuadro N°1: Tecnologías y materiales según tipo de proceso

Tipo	Tecnología	Materiales
Extrusión	Modelado por disposición fundida (FDM)	Termoplásticos, HDPE, metales eutécticos, material comestible.
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF)	Aleaciones
Granulado	Sinterizado directo de metal por láser (DMLS)	Aleaciones
	Fusión por haz de electrones (EBM)	Aleaciones de titanio
	Sinterizado selectivo por calor (SHS)	Polvo termoplástico
	Sinterizado selectivo por láser (SHL)	Termoplásticos, polvo metálicos, polvo cerámicos
	Proyección aglutinante (DSPC)	Yeso
Laminado	Laminado de capas (LOM)	Papel, papel de aluminio, capa de plástico
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA)	Fotopolímero
	Fotopolimerización por luz ultravioleta (SGC)	Fotopolímero

1.1.3. Materiales

Los filamentos de material se caracterizan por el diámetro (determinados en milímetros), el material se vende en bobinas por peso (kg), los materiales principales son:

- Acido polilactico (PLA)
- Laywoo-d3, compuesto madera/polímero similar al PLA
- Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)
- Poliestireno de alto impacto (HIPS)
- Tereftalato de polietileno (PET)
- Elastomero termoplástico (TPE)
- Nylon (el más utilizado)

1.1.4. Acabados

La impresora 3D por inyección está optimizada para obtener una velocidad apropiada, costo bajo y facilidad de uso, todo esto hace que se emplee en etapas tempranas de un proyecto o diseño de ingeniería para, por ejemplo, imprimir el prototipo. No se requieren materiales químicos tóxicos como podrían requerirse en estereolitografía y se requiere un mínimo trabajo post-impresión para el acabado; la única necesidad es la remoción de material sobrante o la retirada de material de soporte.

1.1.5. Resolución y tolerancia

A menudo estos términos son mezclados, superpuestos o intercambiados. Razón por la cual algunos fabricantes prefieren combinar ambos términos en uno solo llamado “precisión dimensional”.

Lo razonable es vincular la resolución de una impresora 3D a la capacidad de posicionar o discernir la distancia antes de realizar la inyección o depósito de material. La tolerancia de impresión dependería, por otro lado, del proceso de solidificación o de acabado.

La resolución puede darse en espesor de capa, mientras que en el plano XY, puede estarlo por puntos por pulgada (PPP). Normalmente el espesor de capa es del orden de 100 micras (0,1 mm), sin embargo algunas impresoras como la Objet Connex imprimen capas tan delgadas como 16 micras. La resolución XY es comparable a la de las impresoras laser convencionales.

La tolerancia final de la pieza depende no solo de la resolución antes descrita, también dependerá de la tecnología y del material utilizado. La selección del material utilizado es un paso importante ya que no solo determinará la propia tolerancia dimensional de la pieza, también permite conocer si en casos de espesores pequeños la pieza es realizable o no.

Actualmente el límite de tolerancia de las impresoras de bajo costo rondan los 0,1-0,2 mm. Existen impresoras de alta tolerancia que rondan las decenas de micras.

1.1.6. Aplicaciones

Las impresoras 3D se están utilizando en una amplia gama de disciplinas, las principales son:

- Diseño e ingeniería: Son especialmente usadas para realizar prototipos rápidos y, una vez corregido los problemas de este, los productos nuevos que fueron diseñados.
- Arquitectura: Utilizados en la construcción de maquetas
- Salud: En la Argentina y el mundo ya se han utilizado para el diseño y la producción de prótesis.
- Paleontología: Se utiliza para la reconstrucción de fósiles.
- Arqueología: Se utiliza para la réplica de antigüedades o piezas de especial valor.
- Forense: Se utiliza para la réplica de huesos y partes del cuerpo.
- Gastronomía: Se han empleado impresoras para hacer distintas comidas por ejemplo panqueques .
- Odontología: Para la producción de piezas dentales con calidad y precisión

1.2. Pasos para realizar una impresión 3D.

Los pasos necesarios para realizar una impresión 3D pueden agruparse en 6.

- Paso N°1: Se crea un modelo 3D utilizando un programa de computer aided desing (CAD)
- Paso N°2: Se guarda el archivo en un formato stl para poder abrirlo con otro software de slicing.
- Paso N°3: Se abre el archivo con un programa de slicing y se genera un código g el cual le indica a la impresora las coordenadas del objeto.
- Paso N°4: Enviar el archivo a la impresora 3D por medio de la tarjeta de memoria.
- Paso N°5: Colocar el material de impresión en la impresora, dicho material puede ser plástico, filamentos, chocolate, etc.
- Paso N°6: Comenzar a realizar la impresión y dar forma física a la idea.

1.3. Ventajas de la impresión 3D.

Ecológicos: Reducción de desechos

- Le permite a los diseñadores realizar partes a medida para una performance óptima sin desperdiciar materiales.
- Puede utilizarse una menor cantidad de materiales al hacer piezas huecas.
- Existen plásticos biodegradables (ejemplo el PLA) y plástico reciclable (ejemplo ABS)
- Se puede imprimir con plástico PET obtenido de botellas plásticas.
- Se utiliza menos material al ser manufactura aditiva a diferencia de los sistemas CNC.
- La limpieza y pulido de las piezas no utiliza materiales tóxicos

Económicos: Reducción de costos

- Se crean productos on demand o sobre pedidos, con lo cual no es necesario generar stock de un ítem en particular, se produce lo que se consume esto también reduce notablemente los costos de almacenamiento.
- Al poder imprimir en planchas y hacer varias copias de un solo diseño 3D se ahorra tiempo de producción.
- Reduce los costos de traslado y logística, ya que solo se requiere importar el archivo con la imagen 3D.
- La enorme cantidad de formas que se permiten hacer hace que exista la posibilidad de hacer productos personalizados

1.4. Evolución del mercado de impresoras 3D.

Todos los productos llegan en un principio a altos precios, mientras las tecnologías se abaratan y la demanda crece. Las principales impresoras estaban sobre los 6.000 dólares en un principio y poco a poco su precio ha disminuido.

En su reporte del año 2012 sobre el mercado de manufactura aditiva (AM, Additive Manufacturing) e impresoras 3D, la consultora Wohlers Associates indica que, para fines del año 2015, los productos y servicios AM alcanzarán ventas por U\$S 3.700 millones a nivel global. Para 2019, la cifra sobrepasaría los U\$S6.500 millones. Estos números incluyen desde equipos industriales y de alta gama como el segmento de las impresoras 3D personales, de precios inferiores a los U\$S 5.000.

Wohlers estima que en Estados Unidos, durante 2007, se habían vendido tan sólo 66 maquinas a particulares. En 2010, se habían comercializado 5.978 equipos, una cifra que saltó a 23.265 impresoras 3D personales al año siguiente. (Ver Figura N°2)

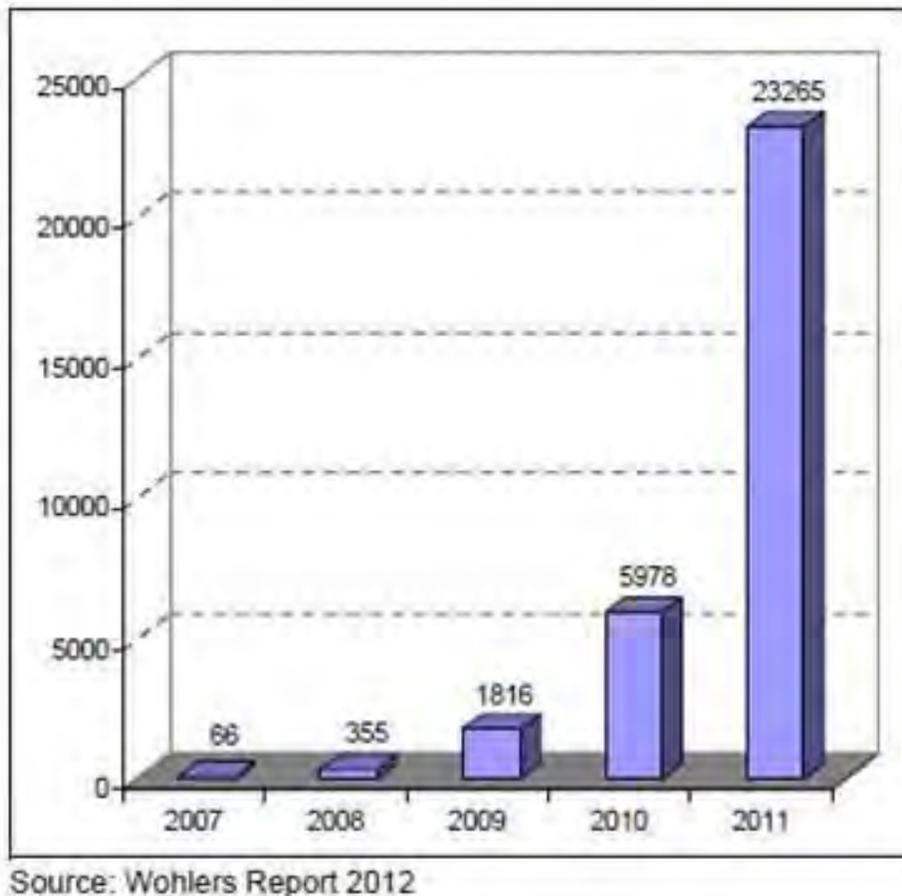


Figura N°2: Evolución de ventas de impresoras 3D a particulares en EEUU

1.5. Oportunidad detectada.

El proyecto surge debido a la brecha tecnológica que existe entre Argentina y el mundo, y de la gran flexibilidad que esta tecnología presenta. Existiendo la posibilidad de buscar mercado en la Ciudad de La Plata para comercializar esta nueva tecnología que ya ha comenzado a ganar terreno en Buenos Aires pero todavía no presenta una fuerte expansión en La Plata. De esta manera se encuentra la oportunidad de ofrecer en la Ciudad de La Plata un producto novedoso, de fácil uso y con un prometedor mercado.

Atento a lo expuesto en el párrafo anterior podemos afirmar que existe la oportunidad de cubrir una **demanda insatisfecha de un producto que ya existe**. Este será el eje del objetivo del presente trabajo.

1.6. Objetivos del proyecto.

A partir de la oportunidad planteada se pueden fijar el siguiente objetivo fundamental para el presente trabajo.

Satisfacer la demanda insatisfecha

Se deberá analizar e identificar correctamente cuáles son las características del mercado, su tamaño, principales compradores, cuánto están dispuestos a gastar los mismos y el tiempo promedio que esperarían el equipo. Una vez determinado el mercado se realizara un presupuesto con horizonte de evaluación de 5 años. Este estudio tendrá como objetivo analizar la posibilidad de crear una empresa para satisfacer la demanda insatisfecha en el radio de la Ciudad de La Plata, eligiendo los mejores proveedores, ubicación y precio de venta.

Fundamentos para la realización del Proyecto

2. Análisis de mercado

El mercado de venta de impresoras de 3D está formado principalmente por profesionales de arquitectura, diseño, ingeniería y particulares. En esta sección se analizarán estas disciplinas en general, los compradores, los antecedentes del producto en su área, el uso que pueden darle al producto, precio máximo que pagarían los compradores, tiempo máximo que esperarían, número de compradores, los proveedores, el gasto total que se realizara en los materiales y los vendedores que componen la competencia. Todo esto se analizará tomando en cuenta el radio de la Ciudad de La Plata como zona de venta.

2.1. Compradores

2.1.1. Arquitectos

Características de la disciplina

La Arquitectura es la técnica y el arte de proyectar y diseñar edificios, estructuras y espacios. Según palabras de William Morris fundador del Art and Crafts, “La arquitectura abarca la consideración de todo el ambiente físico que rodea la vida humana. No podemos sustraernos de ella mientras formemos parte de la civilización, porque la arquitectura es el conjunto de modificaciones y alteraciones introducidas en la superficie terrestre con objeto de satisfacer las necesidades humanas, exceptuando solo el puro desierto”

El estudio de la arquitectura abarca temas de estructura, historia, física y arte, abordando temas de diseño y financieros, de esta manera es común que manejen programas de diseño 3D y que realicen maquetas para demostrar la apariencia de su trabajo concluido.

Compradores

La Ciudad de La Plata posee un gran número de estudios de arquitectura y arquitectos independientes entre los que podrían mencionarse los siguientes (Ver cuadro N°2):

Cuadro N°2: Principales Arquitectos con residencia en la Ciudad de La Plata.

Nombre	Dirección
Sorarrain Manuel	Calle 47 N°981
Estudio Dos Arquitectos	Avenida 51 N°1385
Galarregui Eloy	Calle 46 N°930
Gorelik – Lamberti Estudio de arquitectura	Calle 56 N°680
Dinpra Desarrollo Integral de Proyectos	Calle 59 N°727
Ripari Ricardo + asociados Bureau de Arquitectos	Diagonal 75 N°194
Sbarra Alberto	Avenida 1 N°732
Lagar SRL	Diagonal 75 N°596
Palazzo Lucas Alfonso	Calle 61 N°1208
Mariano Carrera	Avenida 25 N°125
Arquitectura Moderna Reynoso	Calle 16 N°468
Estudio Nestor Noguiera Y Asociados	Calle 14 N°1149
Perez Pradal Jorge A	Calle 12 N°364
Dario Oscar Lopez	Calle 39 N°1405
Is. Arquitectura	Calle 49 N°1534
VP Arquitectos Y Asociados	Calle 69 N°1177
Praderio Mariano Sergio	Diagonal 73 N°382
Maria Frica	Calle 33 N°359
L7 Construcciones	Calle 17 N°1280
Scorcelli Jorge Alberto	Calle 15 N°1743
Sociedad de arquitectos de la plata	Calle 10 N°689
Nisen	Calle 10 N°621
AQ Estudio	Calle 40 N°775
Edificio Alaró	Calle 16 N°1616
Estudio Carrasquet y Asociados	Calle 9 N°5
Estudio CAD Agrimensura & Arquitectura	Calle 120 N° 27
Estudio Initia	Calle 37 N°38
Olivares Arquitectura	Calle 8 N°89
Veliz Hugo Arquitecto	Calle 93 N°464

A esto se le suman la siguiente evolución de egresos de la carrera de grado de “Arquitectura y Urbanismo” (Ver cuadro N°3)

Cuadro N°3: Numero de egresados por año de la facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Año	N° de egresados
2003	253
2004	256
2005	239
2006	247
2007	204
2008	219
2009	304
2010	254
2011	297
2012	294

Dando un promedio de 256,7 egresados anuales si se toman los 10 años entre 2003 y 2012.

Antecedentes de impresora 3D en arquitectura

En el campo de la arquitectura podemos encontrar 2 antecedentes de relevante importancia a nivel global.

- Proyecto Wikihouse: La “wikihouse” es una minicasa tipo Ikea con piezas creadas por impresión 3D y que se ha presentado en Londres como la antesala del Festival de Diseño. La minicasa, autoconstruible mediante el ensamble de piezas impresas en 3D posee dos pisos, dos dormitorios y tiene una extensión de 68 metros cuadrados. El objetivo final de este proyecto es hacer frente a la actual crisis de viviendas. Un equipo de 20 voluntarios ha tardado en construir la vivienda solo 8 días, las piezas fueron creadas digitalmente utilizando la impresión 3D. Se debe resaltar que este es un proyecto open-source para diseñar y construir casas. El proyecto se inicio durante el verano de 2011 por parte de Alastair Parvin y Nick Ierodiconou en colaboración con Tav of Espiars, James Arthur y Steve Fisher de Momentum Engineering.
- Impresora de casas: La empresa china Winsun ha demostrado que la impresora 3D tiene un buen lugar en el sector de la construcción. Winsun construye mediante impresoras 3D de grandes dimensiones que utiliza un material que mezcla cemento con fibra de cristal para ir creando bloques que permite producirlas a un precio más barato. Las maquinas utilizadas por la empresa Winsun pueden crear diez casas de 200 metros cuadrados por día. Según explico Ma Yihe, los compradores solo deben elegir el modelo que mejor se ajuste a su presupuesto y la estructura estará fabricada al día siguiente. La empresa utiliza cuatro impresoras de 6.6 m x 10 m para rociar la mezcla y construir las paredes capa por capa.

Uso que se puede dar al producto en este campo

El principal uso que se le podría dar al modelo de impresora 3D que se planea comercializar es la confección de maquetas de manera rápida y precisa, utilizando polímeros, haciendo el trabajo mas barato y rápido. El usuario solo tendría que diseñar la maqueta en forma tridimensional en el programa adecuado, cargar el polímero en la impresora y dar la orden para que la impresora comience a imprimir el archivo, de esta manera la impresora realizará la maqueta y el usuario podrá utilizar su tiempo de manera más optima. Si posteriormente se necesita hacer alguna modificación a la estructura solo tendrá que hacer las modificaciones necesarias en el archivo ya existente y volver a imprimirlo y no será necesario realizar un cambio entero en toda la maqueta, lo cual consumiría más tiempo. La realización de maquetas en la práctica de la arquitectura es fundamental para proyectar el futuro trabajo terminado a la hora de conseguir financiación y evaluar la estética del trabajo. O'Brien Chalmers, presidente de Steelblue, una empresa dedicada a la creación de espacios públicos presentó un modelo a gran escala de la ciudad de San Francisco realizada enteramente con una impresora 3D.

2.1.2. Diseñadores

Características de la disciplina

El diseño puede definirse como el proceso previo a la configuración del material o de definir qué forma tendrá. Se utiliza normalmente en contextos de la industria, ingeniería, arquitectura, comunicación y disciplinas recreativas. Es el proceso de plasmar el pensamiento de la solución o las alternativas mediante esbozos, dibujos, bocetos o esquemas trazados en cualquier soporte o medio digital después de analizar distintas alternativas.

Un diseñador es un profesional que ejerce la Profesión del diseño. Puede abarcar una gran variedad de áreas del diseño y objetos. Son responsables del desarrollo proyectual de un objeto, producto o concepto. Los diseñadores desarrollan su trabajo a partir de un proceso de diseño que comienza con la interpretación y determinación de un problema o necesidad y la culmina con la producción o construcción de la solución al problema. Para la realización de este proceso intervienen habilidades que se relacionan con el manejo y conocimiento de las ciencias, la tecnología, la psicología, la forma, la ergonomía, el lenguaje, la comunicación visual, la cultura general y el talento creativo. Algunos diseñadores profesionales también integran equipos de investigación y desarrollo, también pueden dedicarse a la gestión, la tasación, presupuestacion y supervisión de un proyecto de diseño.

Existe una gran variedad de ramas en las que un diseñador puede formarse, estas pueden ser:

- Diseño de indumentaria y textil
- Diseño de modas
- Diseño de joyas
- Diseño del paisaje
- Diseño grafico
- Diseño industrial
- Diseño de interiores
- Diseño multimedia
- Diseño de videojuegos
- Diseño audiovisual

La formación de cada una de estas ramas del diseño es específica para cada una. Dicha formación tiene como eje el soporte científico de la teoría del diseño y la práctica profesional en sí.

En Argentina actualmente no se cuenta con una regulación habilitante estatal como la matricula profesional, excepto en el caso de arquitectura. Las principales instituciones públicas y gratuitas que otorgan el título profesional en el país son las siguientes:

- Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (UNC)
- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UBA)
- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UNSJ)
- Facultad de Bellas Artes, Diseño y Comunicación Visual (UNLP)

Compradores

Determinar la cantidad de posibles compradores que pertenecen a esta disciplina es complicado ya que muchos pueden ser artistas o diseñadores informales, no obstante podemos como en el caso de arquitectura evaluar la cantidad de egresados de la Facultad de Bellas Artes, Diseño y Comunicación Visual de la UNLP. (Ver cuadro N°4)

Cuadro N°4: Numero de egresados por año de la facultad de Bellas Artes, Diseño y Comunicación Visual.

Año	N° de egresados
2003	414
2004	315
2005	311
2006	367
2007	354
2008	379
2009	446
2010	430
2011	584
2012	521

Dando un promedio de 412,1 egresados anuales si se toman los 10 años entre 2003 y 2012.

En la Facultad de Bellas Artes, Diseño y Comunicación Visual de la UNLP. Se dictan las siguientes carreras:

- Licenciatura en Artes Plásticas
- Profesorado en Artes Plásticas
- Licenciatura en Diseño Multimedia
- Profesorado en Diseño Multimedia
- Diseño Industrial
- Profesorado de Diseño Industrial
- Licenciatura de Artes Audiovisuales
- Diseño en Comunicación Visual
- Profesorado en Comunicación Visual
- Licenciatura en Historia del Arte
- Profesorado en Historia del Arte
- Licenciatura en Música
- Profesorado en Música

De estas carreras, la que podría encontrar una aplicación práctica para la impresora es la de diseño industrial la cual componen un 9,1 % de los inscriptos según datos de la facultad de bellas artes y por tanto un estimado de 37,5 egresados en promedio.

Antecedentes de impresora 3D en Diseño

En el campo de la diseño podemos encontrar una gran cantidad de antecedentes de importante relevancia sobre impresoras 3D que permitieron nuevas formas y facilitaron el trabajo de los diseñadores.

- Ropa y moda: En 2013, Nike lanzó los Vapor Laser Talon, un juego de tacos para botas de fútbol impresos en 3D, y la empresa belga Kiplng va a lanzar pronto una bolsa impresa con estereolitografía. También se han impreso ropa como el Continuum N12 que es un bikini listo para llevar, creado a partir de miles de discos de nailon entremezclados. El estudio de diseño Nervous System ha ido un paso más allá con un vestido articulado que se puede imprimir en 3D. También fue realizada con impresión 3D el vestuario de la película “Guardianes de la Galaxia” de Estudios Marvel protagonizada por Chris Pratt.
- Arte: El diseñador industrial, estudiante e investigador Australiano James Novak rediseño la estructura (frame) de una bicicleta con impresora 3D. Logrando que la estructura tenga: textura de malla, sea adaptada al consumidor y tenga el nombre del diseñador incorporado a la estructura, toda diseñado y producido con tecnología de impresión 3D. Tulio Laanen ha diseñado e impreso con tecnología 3D un diseño de máquina de canicas. Otros artistas que resaltan por la utilización de impresión 3D en la creación de sus modelos son Sophie Kahn, Shane Hope y Frank Stella, siendo este último uno de los primeros en mezclar su obra con la impresión 3D.

Uso que se puede dar al producto en este campo

La gran ventaja que presenta la utilización de impresoras 3D en este campo es la amplia variedad de materiales que permite utilizar y la enorme cantidad de formas que puede lograr teniendo una cantidad muy limitada de restricciones. De esta forma permite realizar desde guitarras hasta cráneos en una amplia variedad de colores y tamaños.

Los artistas o diseñadores solo deben realizar su diseño en forma tridimensional en el programa correspondiente y la impresora imprime el trabajo bien logrado, de esta manera convierte la idea proyectada por el diseñador en una realidad, realizando prototipos y trabajos complejos en forma rápida y más barata.

2.1.3. Ingenieros

Características de la disciplina

La ingeniería se define como el conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas al desarrollo, implementación, mantenimiento y perfeccionamiento de estructuras (tanto físicas como teóricas) para resolver problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad.

Los conocimientos y manejo de matemáticas, física y otras ciencias son aplicados profesionalmente tanto para el desarrollo de tecnologías como para el manejo eficiente de las fuerzas y recursos de la naturaleza en beneficio de la sociedad. Dos características que definen a la ingeniería son la transformación del conocimiento en algo práctico y la aplicación del conocimiento científico en la innovación y la perfección de la tecnología.

La función principal del ingeniero es la de realizar diseños o desarrollar soluciones técnicas a las necesidades de la sociedad, industriales o económicas. Para realizar un buen diseño el ingeniero debe poder comprender los principales problemas y obstáculos. Los obstáculos pueden ser desde económicos hasta de limitaciones físicas o técnicas, el ingeniero deberá utilizar su conocimiento y experiencia para poder encontrar las mejores soluciones.

Los ingenieros tienen como objetivo principal hallar soluciones a los problemas utilizando herramientas tecnológicas y científicas. Los ingenieros aplican la tecnología en forma práctica.

Las funciones principales de los ingenieros son las siguientes:

- Administración
- Investigación
- Desarrollo
- Diseño
- Producción
- Construcción
- Operación
- Ventas

Las diferentes ramas que se estudian en ingeniería en la UNLP y la UTN son:

- Ingeniería Agrimensura
- Ingeniería Aeronáutica
- Ingeniería Civil
- Ingeniería Electricista

- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería Electromecánica
- Ingeniería en Computación
- Ingeniería en Materiales
- Ingeniería Hidráulica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Química
- Ingeniería Naval

Compradores

La mayoría de las ingenierías tienen en su plan de estudio representación grafica y manipularon herramientas de CAD, por lo tanto es una disciplina que conoce el uso de programas de representación graficas. No se cuenta con datos oficiales de la cantidad de egresados de la UTN en la plata, pero si se cuenta con datos oficiales de la cantidad de egresados de la UNLP en ingeniería y como en los casos anteriores es posible hacer un promedio. (Ver cuadro N°5)

Cuadro N°5: Numero de egresados por año de la facultad de Ingeniería.

Año	N° de egresados
2003	212
2004	237
2005	276
2006	251
2007	243
2008	218
2009	182
2010	216
2011	330
2012	401

Dando un promedio de 256,6 egresados anuales si se toman los 10 años entre 2003 y 2012.

Antecedentes de impresora 3D en Ingeniería

- Transporte: Las impresoras 3D más grandes del mundo están imprimiendo en titanio partes de fuselaje y de las alas para aviones de pasajeros chinos.
Los viejos reactores McDonnell Douglas MD-80 aun siguen en uso pero es difícil encontrar repuesto; y una aerolínea en EEUU usa tuberías de repuesto impresas en 3D. Las impresoras 3D cada vez ganan más terreno en hacer herramientas personalizadas.
- Espacio: La NASA y Made in Space han realizado ensayos para probar los efectos de la microgravedad en la impresión 3D. China ha usado impresión 3D para crear asientos de transbordador personalizados para sus astronautas y piezas de motores cohete. Se ha propuesto una base en la Luna que podría “imprimirse” con un robot que use microondas para fundir el suelo lunar.
- Autos: Aquí tenemos un caso interesante ya que existen 2 tipos de autos que se jactan de haber sido el primer auto impreso en 3D. Por un lado tenemos el Urbee 2, un auto híbrido de tres ruedas que, según palabras de Jim Kor, su creador, cubre las necesidades de movilidad con todas las garantías de seguridad, eficiencia y eficacia. El otro auto se conoce con el nombre de Strati, fue creado por la empresa Local Motors en colaboración con Cincinnati Incorporated y el Laboratorio Nacional de Oak Ridge, es un coche eléctrico impreso en 3D mediante una impresora creada por Cincinnati Incorporated, la impresión tardó 44 horas en concluirlo y se realizó con una audición en vivo.

Uso que se puede dar al producto en este campo

Los ingenieros deben realizar y probar sus diseños logrando los objetivos de éste antes de proseguir a la producción en cadena. Para esto se emplean prototipos, modelos a escala, simulaciones y distintas pruebas para asegurar que el producto final funcionara como se espera.

Para hacer estos diseños estándares y fáciles, las computadoras tienen papeles importantes ya que utilizando programas de diseño asistido por ordenador (DAO, más conocido como CAD) se puede obtener más información empírica, e incluso, hacer bibliotecas con las distintas versiones del diseño.

Estos archivos realizados en CAD pueden trasladarse a la impresora 3D logrando el prototipo de una manera rápida y barata, una vez probado y demostrado que el prototipo funciona puede imprimirse en serie en la misma impresora, también puede reducir notablemente los costos de logística solo enviando el archivo de una sede a otra. Las impresoras 3D más potentes incluso pueden imprimir objetos que ya cuenten con su propia conexión electrónica.

2.1.4. Particulares

Características de la disciplina

Finalmente llegamos al grupo de los particulares, este grupo se compone por gente que no siguen una de las disciplinas mencionadas anteriormente, pero que pueden querer acceder a una impresora 3D. Esto se debe principalmente a que, si bien se requieren conocimientos básicos y el potencial de la impresora se aprovecha mejor para trabajos específicos, existen bases de datos de objetos ya diseñados, que pueden encontrarse en páginas tales como la página <http://www.thingiverse.com/> que ofrece productos diseñados por anónimos y usuarios para descargar e imprimir desde la red.

Consumidores

La demanda de impresoras puede variar mucho en este punto ya que no se requiere un gran conocimiento en diseño para poder imprimir, solo se necesita acceder a una biblioteca y descargar el archivo. Como se mostrara mediante las encuestas no existe un gran conocimiento acerca de las impresoras 3D en el ámbito cotidiano.

2.1.5. Determinación de cantidad de compradores

Para determinar un estimativo de la cantidad de compradores se realizó una encuesta en la que se discrimino cada uno de los grupos mencionados, siendo hecha en un 20% por arquitectos, un 20% por diseñadores industriales, un 20% por ingenieros y finalmente, un 40 % de personas con profesión aleatoria. La encuesta arrojó los siguientes datos relevantes (Ver Cuadro N°6).

Luego para determinar cuántos potenciales compradores se tendrían en el sector de la Ciudad de La Plata se consultó a los colegios de arquitectura y urbanismo y de ingeniería, en el caso de diseño industrial se debió hacer una estimación a partir de los dos colegios ya nombrados y el porcentaje de egresados de la UNLP. Dando como resultado el siguiente número de matriculados (Ver Cuadro N°7).

Cuadro N°6: Resumen de datos concluidos mediante la encuesta.

Profesión	Aleatorio	Ingeniero	Arquitecto	Diseñador	Total
% No conoce que es una impresora 3D	55	10	0	0	24
% Si conoce que es una impresora 3D	45	90	100	100	76
% No compraría una impresora 3D	60	50	30	10	42
% Si compraría una impresora 3D	40	50	70	90	58
% Pagaría 6000	20	0	10	10	12
% Pagaría 8000	15	0	0	0	6
% Pagaría 10000	20	30	30	10	22
% Pagaría 12000	10	10	10	40	16
% Pagaría 14000	0	0	0	10	2
% Pagaría 16000	0	0	20	10	6
% Pagaría otro precio	5	10	0	10	6
Días promedio que esperarían	17,8	23,1	20,9	32,4	22,4

Cuadro N°7: Cantidad estimada de matriculados por colegio.

Colegio	Distrito al que pertenece La Plata	Cantidad de matriculados estimados en la Ciudad de La Plata
Arquitectos	Distrito 1	1786
Ingenieros	Distrito 5	2054
Diseñadores Industriales	Sin distrito	300

2.2. Competencia

Los principales vendedores de impresoras 3D presentes en Argentina actúan en Capital Federal siendo los siguientes (Ver Cuadro N°8):

Cuadro N°8: Principales vendedores de impresoras 3D en la Argentina.

Empresa: 3D insumos				
Productos que compiten	Impresora 3D (3Dprinter-WP)	Impresora Chimak CH-101 Industria Argentina Rev1.6 (3dprinter-ChimakCH-101)	Impresora 3D Chimak CH101B (3DPrinter-ChimakCH101B)	
Precio	\$15.200	\$21.900	\$42.000	
Información relevante	Área de impresión 135x135x135 mm	Área de impresión 20x20x22 cm plataforma calefactora. Utiliza filamentos 1.75 mm. Es producida por “Chimak 3D”	Es producida por “Chimak 3D”	
Empresa : Kikai Labs				
Productos que compiten	Impresora 3D Modelo T125 - Color - Negro	Impresora 3D Modelo T140	Impresora 3D Modelo T145	Impresora 3D Fabber M11C
Precio	\$19.700	\$21.700	\$23.900	\$39.999
Información relevante	Impresora 3D de tipo FDM, con un extrusor de 1.75mm, boquilla de 0,4mm y plataforma calefaccionada MK2.	Impresora 3D línea Maker, con display LCD y memoria SD de 4GB, plataforma calefaccionada, Hotend Argentó, volumen de impresión de 200x200x195mm. Puede ser utilizada SIN una PC	Impresora 3D línea Maker, con display LCD y memoria SD de 4GB, plataforma calefaccionada, Hotend Argentó, volumen de impresión de 200x200x195mm. Puede ser utilizada SIN una PC.	Impresora de tipo FDM construida en chapa de metal y acero inoxidable, con una cubierta externa de aluminio. con tecnología de auto-nivelación por medio de un sensor capacitivo

				<p>industrial</p> <p>Posee una pantalla táctil color de 3.2". puede ser utilizado sin la necesidad de estar conectado a una PC.</p> <p>Su área de impresión es de 350 x 200 mm de base, y 320 mm de alto.</p>
Empresa: Replikat				
Productos que compiten	Replikat M5	Replikat M5 extendida		
Precio	\$22.900	\$25.900		
Información relevante	<p>Cama de 23 x 23 cm.</p> <p>Altura max de 20 cm</p> <p>Visor LCD.</p> <p>Extrusor Direct-Drive. Hotend buda 2.0.</p> <p>Lectora memoria SD</p>	<p>Cama de 23 x 23 cm.</p> <p>Altura max de 40 cm</p> <p>Visor LCD.</p> <p>Extrusor Direct-Drive.</p> <p>Hotend buda 2.0.</p> <p>Lectora memoria SD</p>		
Empresa: Trimaker				
Productos que compiten	T-Black	T-Element	Trimaker Beta	
Precio	\$80.000	\$45.000	\$60.000	
Información relevante	<p>Volumen de impresión: 170x135x180mm</p> <p>Velocidad de impresión: 1cm/h a 3 cm/h</p>	<p>Volumen de impresión: 200x200x180mm</p> <p>Velocidad de impresión: 3 cm/h a 5 cm/h</p>	<p>Utiliza resina líquida que reacciona con la luz. No utiliza cabezal mecánico, dibuja capa por</p>	

	Resolución del proyecto: 177 micrones Materiales: Resina líquida fotosensibles similar al ABS o similar a la goma	Resolución del proyecto: 100 micrones Espesor mínimo de capa: 300 micrones a 50 micrones	capa con una proyección óptica	
--	--	---	--------------------------------	--

Como puede verse la impresora 3D más barata es de \$15.200 de la empresa 3D insumos. Esta es la impresora 3D que más se parece al modelo que se pretende comercializar y que ofrece similares prestaciones.

2.3. Proveedores

Los materiales necesarios para la construcción de la impresora 3D pueden verse en la siguiente tabla (Ver cuadro N°9):

Cuadro N°9: Materiales necesarios para la construcción de la impresora 3D.

Estructura	
Cantidad	Elemento
	Elementos estructurales
1	Marco de Aluminio
1	Juego de piezas imprimibles
	Varillas roscada
2	Métrica 10 (380 mm)
4	Métrica 8 (210 mm)
2	Métrica 5 (295 mm)
	Varilla lisas
2	Metrica 8 (345 mm) EJE Y
2	Metrica 8 (320 mm) EJE Z
2	Metrica 8 (380 mm) EJE X
1	Metrica 8 (20 mm)
Electrónica	
Cantidad	Elemento Electrónicos
1	Arduino Mega
1	Ramps 1.4
5	Pololu + disparador
2	Termistor de 100K
1	Fuente de alimentación 12 V (al menos de

	20 A)
1	Pantalla LCD
3	Finales de carrera
1	Ventilador
1	Juego de cableado
Mecánica	
Cantidad	Elementos mecánicos
5	Motores NEMA 17
2	Correas GT2
2	Poleas GT2
10	Rodamiento LM8UU
2	Rodamiento 623zz
3	Rodamiento 608zz
2	Acoples eje Z
1	Tornillo extrusor (hobed bolt)
4	Muelle Cama Caliente
2	Muelle Extrusor
Tuercas, tornillos y arandelas	
Cantidad	Elemento
	Tuercas
12	Métrica 10
24	Métrica 8
2	Métrica 5
-	Métrica 4
-	Métrica 3
	Tornillería
-	Métrica 4 (25, 50 mm)
-	Métrica 3 (10,20, 25, 40 mm)
	Arandelas
8	Métricas 10
4	Métricas 10 de ala ancha
24	Métricas 8
-	Métricas 4
-	Métricas 3
	Varios
1	Espejo/ Cristal 200x200
1	Cable alimentación
1	Cinta Kapton
-	Bridas

Para obtener estos elementos se evaluaron distintos proveedores en los que se valoraron las variables precio, confianza, tiempo y distancia que son detalladas a continuación (Ver del cuadro N°10 al N°39). La confianza se evaluó con valores de 1 a 5, siendo el menor valor el peor y el mayor el mejor, para la evaluación del tiempo se tomo en cuenta la

ubicación del proveedor y la distancia desde La Plata utilizando el cuadro “distancias y tiempo” (cuadro N°40). Al final se resumen las elecciones y proyecta el precio final conjunto de todos los materiales necesarios para la construcción de una impresora.

Cuadro N°10: Proveedores de marco.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$480	\$550
Distancia	Olivos	Córdoba
Confianza	3	5

Cuadro N°11: Proveedores de piezas plásticas imprimibles.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 1
Precio	\$400	\$350	\$550	\$400
Distancia	Capital federal	Florida	Saavedra	La Plata
Confianza	5	3	5	3

Cuadro N°12: Proveedores de Arduino Mega 2560.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$415	\$370	\$399
Distancia	Córdoba	Recoleta	Villa Luro
Confianza	5	5	5

Cuadro N°13: Proveedores de cama caliente.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$450	\$450	\$438
Distancia	Belgrano	Saavedra	Córdoba
Confianza	5	5	5

Cuadro N°14: Proveedores de pololu y disparador.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
Precio	\$110	\$120	\$95	\$80
Distancia	San Cristóbal	caseros	Córdoba	Villa del Parque
Confianza	5	5	5	5

Cuadro N°15: Proveedores de ventilador para impresora 3D.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$65	\$55	\$50
Distancia	Munro	Saavedra	Caseros
Confianza	3	5	5

Cuadro N°16: Proveedores de motor Nema 17.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$582	\$490	\$425
Distancia	Lanus	Bernal	Caseros
Confianza	5	5	5

Cuadro N°17: Proveedores de termistor 100K.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
Precio	\$30	\$59,99	\$30	\$50
Distancia	Capital Federal	Saavedra	Saavedra	Liniers
Confianza	3	5	5	3

Cuadro N°18: Proveedores de acoples eje Z.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$120	\$140	\$158
Distancia	Belgrano	Capital Federal	Temperley
Confianza	5	3	5

Cuadro N°19: Proveedores de correas GT2.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
Precio	\$140	\$100	\$125	\$100
Distancia	Florencio Varela	Belgrano	Caseros	Saavedra
Confianza	5	5	5	5

Cuadro N°20: Proveedores de poleas GT2.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$85	\$105	\$110
Distancia	Saavedra	Caseros	Saavedra
Confianza	5	5	5

Cuadro N°21: Proveedores de hotend.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$1250	\$499	\$499
Distancia	Caseros	Remedios de Escalada	Remedios de Escalada
Confianza	5	5	5

Cuadro N°22: Proveedores de final de carrera.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$40	\$75
Distancia	Caseros	Saavedra
Confianza	5	5

Cuadro N°23: Proveedores de ramps 1.4.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$370	\$250
Distancia	Bernal	Villa del Parque
Confianza	5	5

Cuadro N°24: Proveedores de cinta Kaptom.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$150	\$139,99	\$152
Distancia	Caseros	Saavedra	Saavedra
Confianza	5	5	5

Cuadro N°25: Proveedores de tornillo extrusor.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$50	\$32	\$55
Distancia	Capital Federal	Córdoba	Belgrano
Confianza	5	5	5

Cuadro N°26: Proveedores de espejo.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$40		
Distancia	Córdoba		
Confianza	5		

Cuadro N°27: Proveedores de pantalla LCD.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$750	\$995
Distancia	Saavedra	Caseros
Confianza	5	5

Cuadro N°28: Proveedores de kit varillas, arandelas y tuercas.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$514	\$580	\$497
Distancia	Córdoba	Capital Federal	Lomas de Zamora
Confianza	5	5	4

Cuadro N°29: Proveedores de kits electrónicos.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Proveedor 5	Proveedor 6	Proveedor 5
Precio	\$1.200	\$2.350	\$2.750	\$1.100	\$3.220	\$1.350	\$1.900
Distancia	Belgrano	Saavedra	Saavedra	Caseros	Capital	Bernal	Caseros
Confianza	5	5	5	5	5	5	5
Arduino Mega	1	1	1	1	1	1	1
Ramps 1.4	1	1	1	1	1	1	1
Pololu + disparador	4	5	5	4	5	4	5
Termistor de 100K		1	1				
Otros		Programa	Progra		2poleas y 3 metros correas GT2		
Pantalla LCD		1	1		1		1
Finales de carrera		3	3		6		
Ventilador					1		
Juego de cableado		1	1		1	1	
Cama caliente					1		

Cuadro N°30: Proveedores de kit termistor 100K.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$30	\$120
Distancia	Villa Luro	Saavedra
Confianza	5	5
Cantidad	10	5

Cuadro N°31: Proveedores de kit poleas y correas GT2.

Proveedor	Proveedor 1
Precio	\$375
Distancia	Saavedra
Confianza	5
Cantidad	2 correas GT2 y 2 poleas de 20 duntas

Cuadro N°32: Proveedores de rodamientos LM8UU.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Proveedor 5	Proveedor 6	Proveedor 7	Proveedor 8
Precio	\$353	\$360	\$300	\$150	\$33	\$35	\$38	\$294
Distancia	Temperley	Florencio Varela	Caseros	Buenos Aires	Belgrano	Caseros	Temperley	Temperley
Confianza	5	5	5	5	5	5	5	5
Cantidad	12	10	10	5	1	1	1	10

Cuadro N°33: Proveedores de rodamiento 608zz.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$25	\$75
Distancia	Caseros	Parque Chacabuco
Confianza	5	5
Cantidad	1	8

Cuadro N°34: Proveedores de rodamiento 623zz.

Proveedor	Proveedor 1
Precio	\$22
Distancia	La Plata
Confianza	5
Cantidad	2

Cuadro N°35: Proveedores de bridas.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3
Precio	\$58	\$47	\$36,30
Distancia	Capital	Microcentro	Capital
Confianza	5	5	5
Cantidad	100	100	100

Cuadro N°36: Proveedores de fuente de alimentación 12 V 20 A con cable de alimentación.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
Precio	\$650	\$559,99	\$469,99	\$600
Distancia	San Nicolas	Balnera	Quilmes	C.a.b.a.
Confianza	5	5	5	5

Cuadro N°37: Proveedores de juego de cables (100 m).

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4
Precio	\$114,5	\$159,99	\$149,99	\$159,99
Distancia	Almagro	Buenos Aires	Moreno	C.a.b.a.
Confianza	4	3	5	5

Cuadro N°38: Proveedores de muelles.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2
Precio	\$33	\$43
Distancia	Bernal	Vicente Lopez
Confianza	5	5

Cuadro N°39: Proveedores de espejo/ Cristal 200x200.

Proveedor	Proveedor 1	Proveedor 2	Proveedor 3	Proveedor 4	Proveedor 5
Precio	\$40	\$25	\$20	\$17	\$10
Distancia	La Plata				
Confianza	5	5	5	5	5

Cuadro N°40: Distancias y tiempos.

Distancia desde La Plata a	Distancia [Km]	Tiempo estimado
Olivos	75	1 hora 29 minutos
Cordoba	656,7	7 horas 5 minutos
Capital federal	57,9	58 minutos
La Florida	72,4	1 hora 20 minutos
Saavedra	73	1 hora 19 minutos
Villa Luro	68,7	1 hora 6 minutos
Recoleta	60,1	1 hora
Belgrano	67,6	1 hora 20 minutos
San Cristobal	60,2	1 hora
caseros	76,5	1 hora 17 minutos
Villa del parque	79,7	1 hora 17 minutos
Munro	77,2	1 hora 22 minutos
Lanus	57,6	1 hora
Bernal	43,2	42 minutos
Capital federal	58	56 minutos
Liniers	70,4	1 hora 11 minutos
Temperley	54,5	1 hora 7 minutos
Florencio Varela	45,7	51 minutos
Remedios de escalada	57,6	1 hora 5 minutos
Lomas de Zamora	80,6	1 hora 18 minutos
Parque chacabuco	67,9	1 hora 8 minutos
Microcentro	58,2	52 minutos
San Nicolas	8,1	15 minutos
Balvanera	58,5	53 minutos
Quilmes	39,2	39 minutos
caba	58,1	54 minutos
Almagro	61	1 hora
Moreno	97,8	1 hora 18 minutos
Villa urquiza	79,7	1 hora 7 minutos
Vicente Lopez	70	56 minutos

Cuadro N°41: Selección de proveedor y precio por material.

Estructura				
Cantidad	Elemento	Proveedor Seleccionado	Precio Unitario	Precio total
	Elementos estructurales			
1	Marco	Proveedor 1	\$480	\$480
1	Juego de piezas imprimibles	Proveedor 2	\$350	\$350
	Varillas roscada			

2	Métrica 10 (380 mm)	Proveedor 3 (kit)	\$497	\$497
4	Métrica 8 (210 mm)	Proveedor 3 (kit)		
2	Métrica 5 (295 mm)	Proveedor 3 (kit)		
	Varilla lisas			
2	Metrica 8 (345 mm) EJE Y	Proveedor 3 (kit)		
2	Metrica 8 (320 mm) EJE Z	Proveedor 3 (kit)		
2	Metrica 8 (380 mm) EJE X	Proveedor 3 (kit)		
1	Metrica 8 (20 mm)	Proveedor 3 (kit)		
Electrónica				
Cantidad	Elemento	Proveedor	Precio Unitario	Precio Total
	Elementos electronicos			
1	Arduino Mega	Proveedor 2	\$370	\$370
1	Ramps 1.4	Proveedor 2	\$250	\$250
5	Pololu + disparador	Proveedor 4	\$80	\$400
2	Termistor de 100K	Proveedor 1 (kit)	\$3	\$6
1	Fuente de alimentación 12 V (al menos de 20 A)	Proveedor 3 (kit)	\$469,99	\$469,99
1	Pantalla LCD	Proveedor 1	\$750	\$750
3	Finales de carrera	Proveedor 1	\$40	\$120
1	Ventilador	Proveedor 3	\$50	\$50
1	Juego de cableado	Proveedor 1	\$114,5	\$114,5
Mecánica				
Cantidad	Elemento	Proveedor	Precio Unitario	Precio Total
	Elementos mecánicos			
5	Motores NEMA 17	Proveedor 3	\$582	\$2910
2	Correas GT2	Proveedor 1 (kit)	\$375	\$375
2	Poleas GT2	Proveedor 1 (kit)		
10	Rodamiento LM8UU	Proveedor 8	\$29,4	\$294
2	Rodamiento	Proveedor 1	\$11	\$22

	623zz			
3	Rodamiento 608zz	Proveedor 2	\$9,375	\$28,125
2	Acoples eje Z	Proveedor 1	\$120	\$240
1	Tornillo extrusor (hobed bolt)	Proveedor 1	\$50	\$50
4	Muelle Cama Caliente	Proveedor 1	\$33	\$132
2	Muelle Extrusor	Proveedor 1	\$33	\$66
Tuercas, tornillos y arandelas				
Cantidad	Elemento	Proveedor	Precio	Justificación
	Tuercas			
12	Métrica 10	Proveedor 3 (kit)		
24	Métrica 8	Proveedor 3 (kit)		
2	Métrica 5	Proveedor 3 (kit)		
-	Métrica 4	Proveedor 3 (kit)		
-	Métrica 3	Proveedor 3 (kit)		
	Tornillería			
-	Métrica 4 (25, 50 mm)	Proveedor 3 (kit)		
-	Métrica 3 (10,20, 25, 40 mm)	Proveedor 3 (kit)		
	Arandelas			
8	Métricas 10	Proveedor 3 (kit)		
4	Métricas 10 de ala ancha	Proveedor 3 (kit)		
24	Métricas 8	Proveedor 3 (kit)		
-	Métricas 4	Proveedor 3 (kit)		
-	Métricas 3	Proveedor 3 (kit)		
	Varios			
1	Espejo/ Cristal 200x200	Proveedor 5	\$10	\$10
1	Cable alimentación	Proveedor 3		
1	Cinta Kapton	Proveedor 2	\$139,99	\$139,99
-	Bridas	Proveedor 3	\$36,30	\$36,30

Teniendo en cuenta los proveedores seleccionados y el costo de los insumos tendremos un costo total de \$8.160,9

2.4. Conclusión

Por lo expuesto en el presente capítulo se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Del cuadro N°6 se puede concluir que en su mayoría las impresoras 3D son desconocida por el público común ya que un 55% dijo no conocerlas, por tanto se requeriría una fuerte inversión en publicidad, esto no ocurre con el consumidor especializado tales como ingenieros, arquitectos y diseñadores que en su mayoría conocen el equipo en su totalidad. En base a esto y para no incurrir en más gastos publicitarios de los necesarios, el producto estará dirigido a dichas especialidades
- Del cuadro N°8 se determina que la impresora 3D con la que se competirá en precio y prestaciones será la ofrecida por la empresa “insumos 3D” a \$15.200
- Del cuadro N°41 se determino que el costo de producción será de más de \$8.160,9 y del cuadro N°6 se determina que en el caso de los ingenieros todos los que comprarían pagarían más de \$10.000, en el caso de los arquitectos y diseñadores más del 85% lo haría. Por tanto para ser competitivo y asegurar las ventas la impresora 3D se venderá a \$10.000.
- Con ese precio y los datos de los cuadros N°7, cuadro N°6, cuadro N°5, cuadro N°4 y cuadro N°3 se estima que los compradores serán aproximadamente:
 - Ingenieros: 1.027 ingenieros con un aumento anual de aproximadamente 128 ingenieros (aumento de 12,46% anual)
 - Arquitectos: 1.071 arquitectos con un aumento anual de aproximadamente 154 arquitectos (aumento de 14,37% anual)
 - Diseño: 240 diseñadores industriales con un aumento anual de aproximadamente 37,5 diseñadores industriales por año (aumento de 15,62% anual)

Ensamble, programación y calibración de la impresora

3. Ensamble, programación y calibración de la impresora 3D paso a paso

En esta sección se explicara los pasos necesarios para la producción de la impresora 3D por parte del empleado a cargo, se determinan los materiales necesarios y donde serán empleados. Se tendrá también especial cuidado en lo que respecta a la calidad, al final se incluirá un diagrama de flujo y sacara algunas conclusiones respecto al tiempo empleado.

3.1. Materiales necesarios para la construcción de la impresora

La siguiente lista son los elementos necesarios para la construcción de la impresora 3D (Ver Cuadro N°42 y Figura N°2):

Cuadro N°42: Lista de materiales necesaria para la construcción de la impresora 3D

Estructura	
Cantidad	Elemento
1	Marco de Aluminio
1	Juego de piezas imprimibles
	Varillas roscada
2	Métrica 10 (380 mm)
4	Métrica 8 (210 mm)
2	Métrica 5 (295 mm)
	Varilla lisas
2	Metrica 8 (345 mm) EJE Y
2	Metrica 8 (320 mm) EJE Z
2	Metrica 8 (380 mm) EJE X
1	Metrica 8 (20 mm)
Electrónica	
Cantidad	Elemento
1	Arduino Mega
1	Ramps 1.4
5	Pololu + disparador
2	Termistor de 100K
1	Fuente de alimentación 12 V (al menos de 20 A)
1	Pantalla LCD
3	Finales de carrera
1	Ventilador
1	Juego de cableado
Mecánica	
5	Motores NEMA 17
2	Correas GT2

2	Poleas GT2
10	Rodamiento LM8UU
2	Rodamiento 623zz
3	Rodamiento 608zz
2	Acoples eje Z
1	Tornillo extrusor (hobed bolt)
4	Muelle Cama Caliente
2	Muelle Extrusor
Tuercas, tornillos y arandelas	
	Tuercas
12	Métrica 10
24	Métrica 8
2	Métrica 5
-	Métrica 4
-	Métrica 3
Tornillería	
-	Métrica 4 (25, 50 mm)
-	Métrica 3 (10,20, 25, 40 mm)
Arandelas	
8	Métricas 10
4	Métricas 10 de ala ancha
24	Métricas 8
-	Métricas 4
-	Métricas 3
Varios	
1	Espejo/ Cristal 200x200
1	Cable alimentación
1	Cinta Kapton
-	Bridas



Figura N°2. Elementos de la impresora.

Algunas consideraciones previas

En la construcción de la impresora se verán algunos elementos que resaltarán del resto por su importancia en el funcionamiento de la misma, en este apartado se hará una pequeña introducción a los mismos.

Electrónica de la impresora

La electrónica presente en la impresora es la encargada de gestionar los procesos que desarrollara la impresora. Existen muchas tarjetas electrónicas para el control de la impresora 3D, podemos dividirlos en dos principalmente. Las dos tarjetas principales son las que llevan integradas toda la electrónica en una placa o las que usan un Arduino y un shield específico para la impresora. Se usara esta segunda opción ya que es más flexible para trabajar. Como shield se usara una RAMP's 1.4 que es sencilla y fácil de encontrar.

Dentro de las placas que poseen los elementos integrados existen una gran variedad. La que se podrían utilizar para este proyecto son la “Sanguinololu”, creada con propósitos específicos para la impresora 3D y es en la que se basan un gran número de placas, esta placa funciona perfectamente y tiene un buen precio pero es una placa que es algo justa, otra algo más cara con mejores prestaciones es la “SAV MKI”. (Ver Figura N°3)



Figura N°3. Electrónica de la impresora 3D

HotEnd

Otro elemento importante es el HotEnd, este elemento es el encargado de fundir el filamento y será fundamental a la hora de determinar la calidad de la impresión. Podemos identificar dos grandes grupos de HotEnds para desarrollar la impresora, los que tienen partes enteramente de metal y los que no. La diferencia es que el primero nos va a permitir imprimir a temperaturas superiores y nos permitirá trabajar con mayores variedades de plásticos. Los que están hechos en teflón u otros materiales plásticos, se suelen limitar a 250°, esto se hace por seguridad ya que mayores temperaturas pueden dañar el HotEnd. La calidad no se ve afectada por el tipo de HotEnd sino por el diámetro de la boquilla que poseen, los diámetros normales son de 0,5 a 0,4 mm. (Ver figura N°4)



Figura N°4: Hotend “all metal”(izquierda), Hotend con parte plástico (derecha)

3.2. Firmware

Se comprobó que la electrónica funciona correctamente antes de comenzar el montaje para ello se cargó en el Arduino el Firmware necesario para que todo funcione perfectamente. Para esto se usaron dos Firmwares distintos, estos son: Sprinter y Marlin. Se usó primero una versión antigua del Sprinter para realizar los ajustes y al final se pondrán la versión más actualizada y estable del Marlin.

Cargado del firmware de prueba (sprinter):

Para efectuar la carga del firmware de prueba se descargó primero el Sprinter en forma gratuita y una versión antigua del entorno de programación del Arduino (Una versión

moderna daría un error de compilación) la versión que se utilizara será la 0022 que también se puede descargar en forma gratuita.

Se seguirán los siguientes pasos:

- 1) Se abre el entorno de programación del Arduino (versión 0022) y en la pestaña de “Tools” se selecciona la placa que se usara “Arduino Mega 2560” y el puerto USB al que se conecta. (Ver figura N°5)

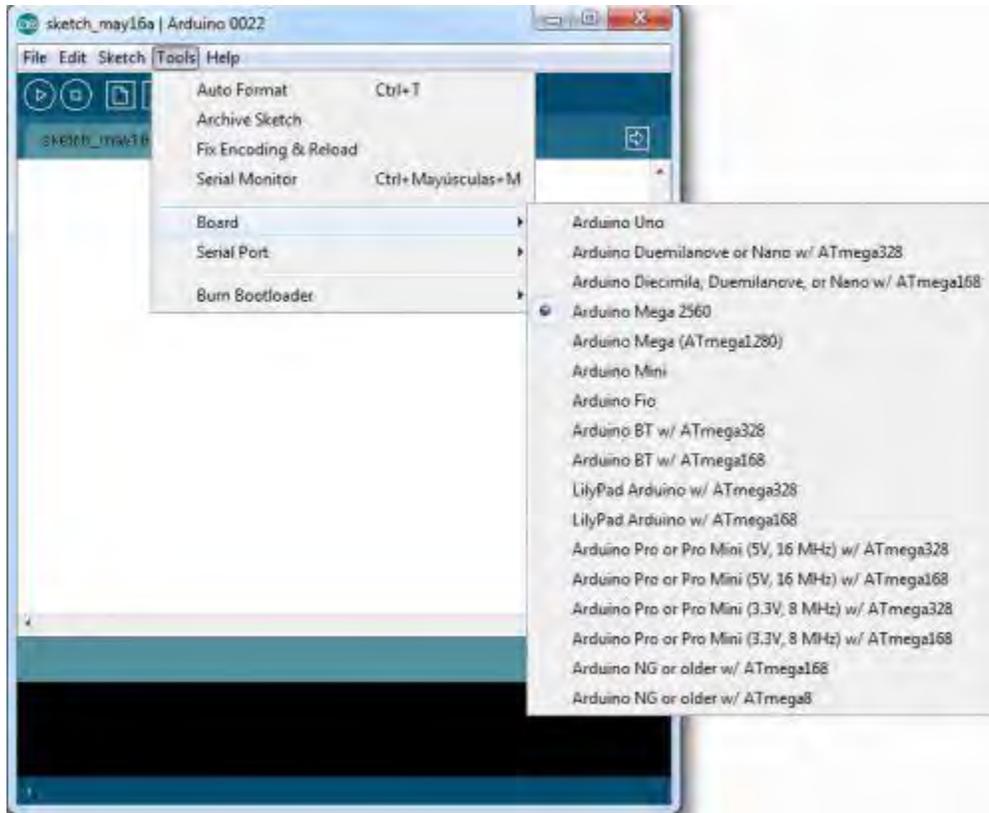


Figura N°5: Ejecución del paso 1.

- 2) En la misma barra de herramientas se pulsa la pestaña “File” y dentro del menú se elige “Open”, en la carpeta del Sprinter que se descomprimió previamente se abre el archivo “Sprinter.h” (ver figura N°6, figura N°7 y figura N°8)

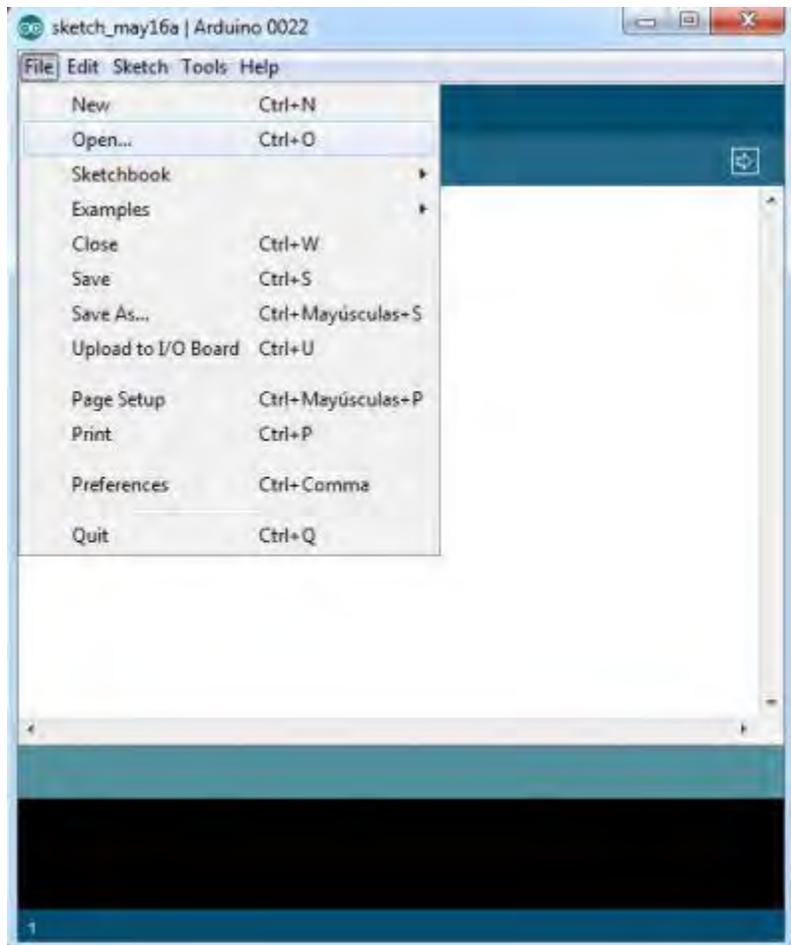


Figura N°6: Ejecución del paso 2. Primera parte.

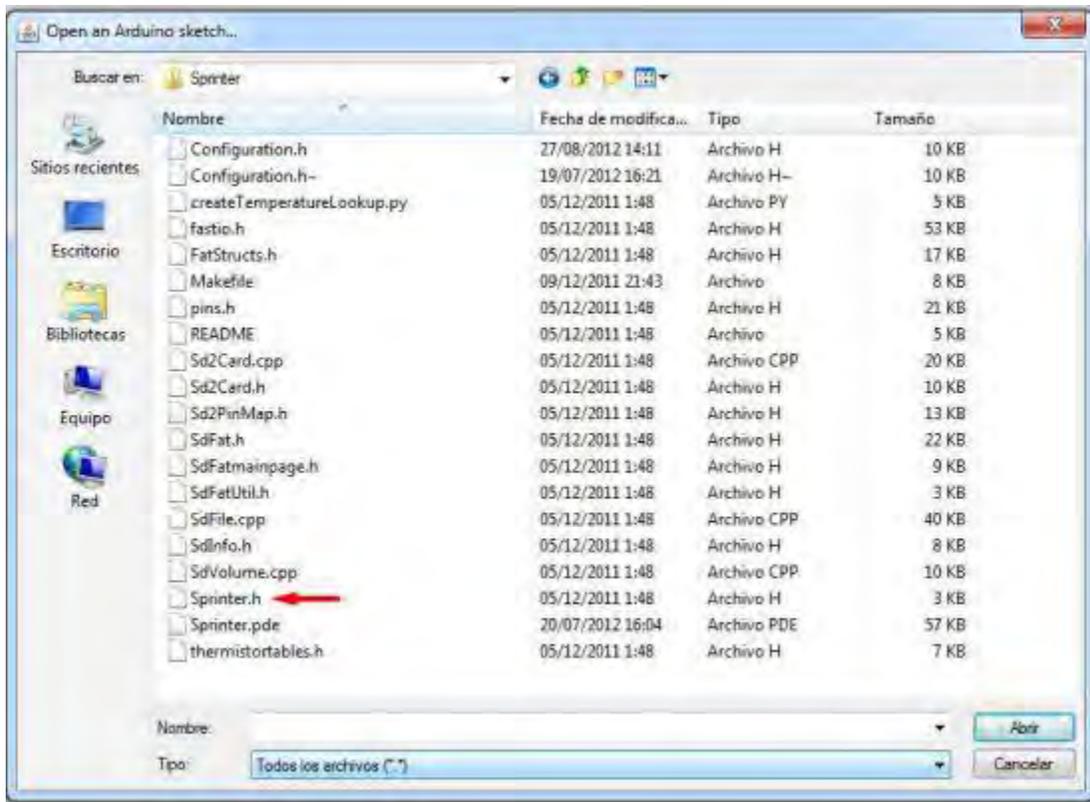


Figura N°7: Ejecución del paso 2. Segunda parte.

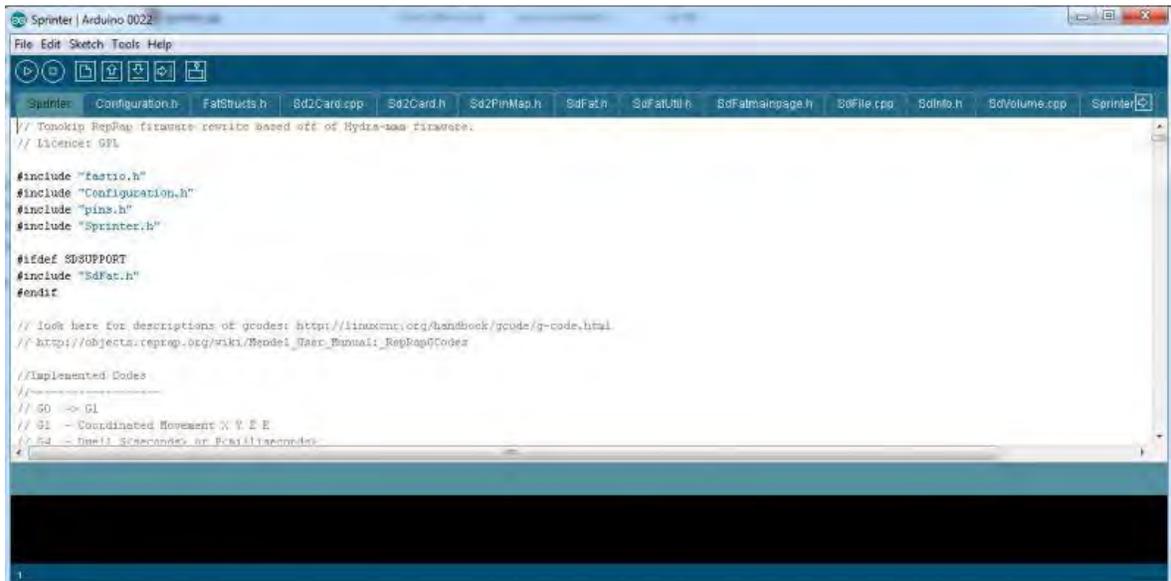


Figura N°8: Ejecución del paso 2. Tercera parte.

- 3) Antes de cargar el Firmware en el Arduino tendremos que realizar algunas configuraciones previas, especificando que placa vamos a utilizar. Para ello se irá la pestaña “configuration.h” donde se encontrara un listado de placas a las que se les ha asignado un número. En el caso de nuestra impresora se usara una RAMP’s 1.4 como shield, se asignara un valor de RAMPs 1.3 que funcionara de la misma manera.

Para que el firmware sepa qué valor de RAMPs vamos a utilizar se sustituye el valor que se encuentra en “#define MOTHERBOARD” y se le asigna el valor “33”.

Después de que se realiza este cambio se selecciona el valor “UpLoad” para cargarlo en el Arduino y que pueda controlar los motores. (Ver figura N°9)

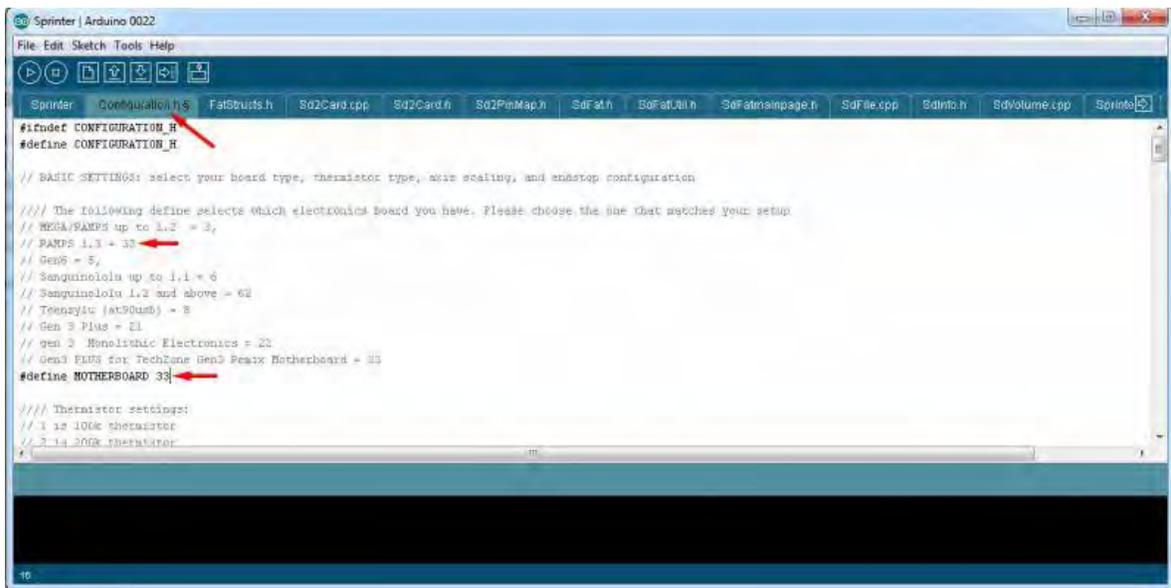


Figura N°9: Ejecución del paso 3.

3.3. Electrónica de la impresora 3D

Luego de cargar el firmware necesario para que la electrónica funcione correctamente se procede a ajustar los elementos y a comprobar que funcionen antes de montarlo todo en la impresora, de esta manera se detecta si hay algún elemento que no funcione adecuadamente y se solucionara antes de tener la impresora montada.

Los elementos que serán necesarios para este paso son:

- Motor NEMA 17
- Termistor
- Final de carrera
- Pantalla LCD
- Cam Caliente
- HotEnd
- Arduino Mega
- Pololu
- RAMP's 1.4

Los cuales pueden verse en la siguiente imagen (ver figura N°10)

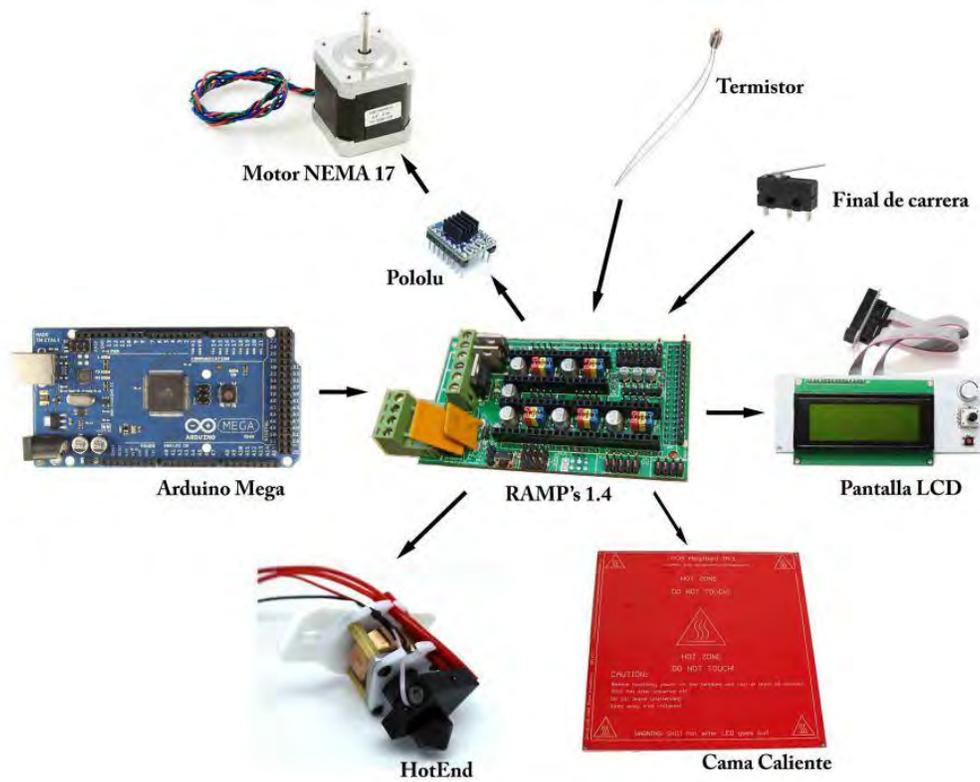


Figura N°10: Elementos electrónicos

A continuación se describirán dichos elementos.

Arduino

El Arduino va a ser la placa encargada de controlar todos los procesos que realizara la impresora, para este modelo se empleara un Arduino Mega 2560, se usara este modelo por la extensión del programa que se debe cargar y la gran cantidad de entradas/salidas necesarias. Esta placa de Arduino puede funcionar de dos maneras, utilizando una computadora que le envíe directamente las instrucciones por medio de un puerto USB y ejecutándolas o de manera autónoma leyendo datos cargados en la pantalla mediante la tarjeta SD. (Ver figura N°11)

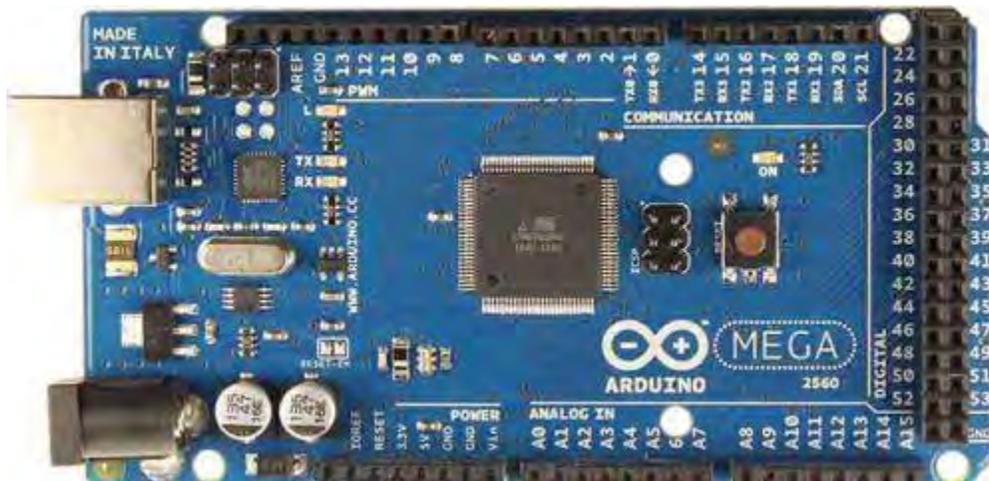
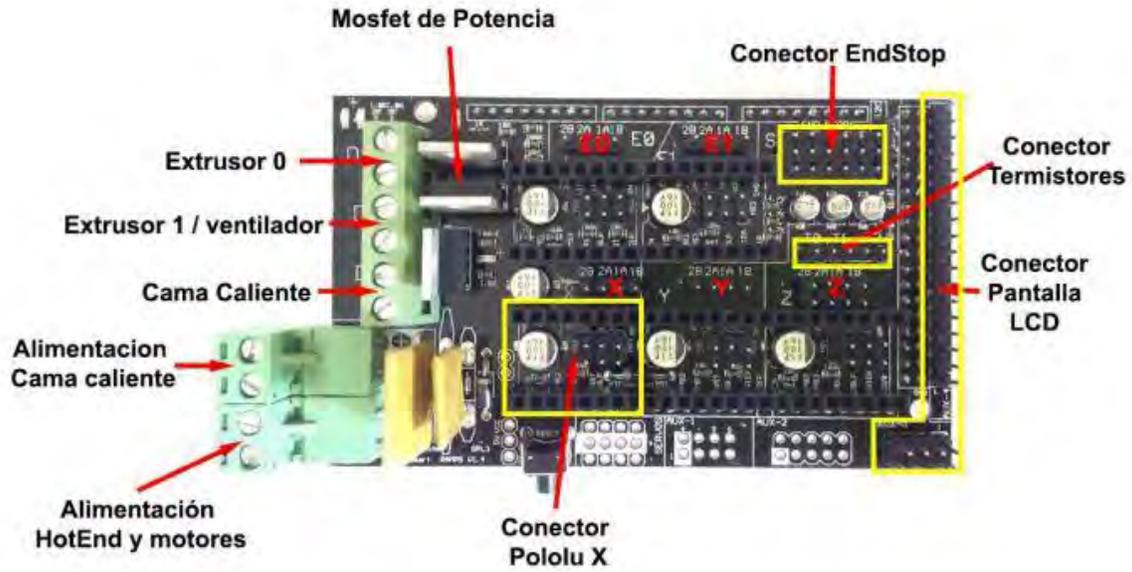


Figura N°11: Arduino Mega 2560

RAMP's 1.4

Este elemento es el Shield que le permitirá al Arduino controlar los elementos de potencia sin peligro de dañarse. El RAMP 1.4 posee algunas características destacadas, en él podemos encontrar espacio para el Pololu (que se encargara de gestionar la potencia que entrega el motor paso a paso), 3 Mosfet de potencia que se encargaran de calentar la cama, 2 HotEnds, 1 conector para la pantalla LCD y diferentes pines donde colocaremos tanto los sensores de temperatura como los de carrera. (Ver figura N°12).



FiguraNº12: Conexiones y elementos que conforman la RAMP 1.4.

Pololu

Este elemento gestiona la potencia que se entrega a cada motor, se utilizara en el RAMP's y se encargara de regular la corriente del motor mediante la variación del potenciómetro del mismo. Se pueden usar de dos tipos, con un solo potenciómetro basado en el A4988 y el G3D que posee dos potenciómetros. (Ver figura N°13)

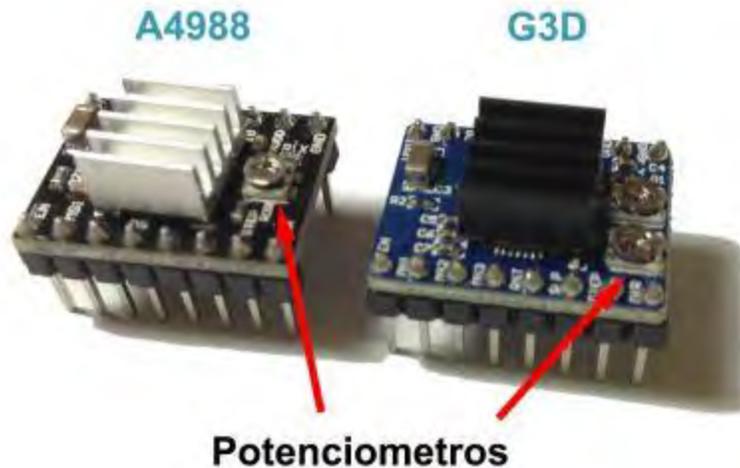


Figura N°13: Pololu A4988 y G3D.

Motor NEMA 17

Es el tipo de motor más extendido y utilizado para fabricar impresoras 3D, debido a su robustez, potencia, facilidad de uso y precio. Es un motor bipolar con capacidad de dar 200 pasos por vuelta. La mayoría de estos motores utiliza un código de colores estándar para cada uno de los bobinados, lo normal es que los cables sean de color rojo, azul, negro y verde (el par negro-verde corresponde a una bobina mientras que el par rojo-azul a la otra) (Ver figura N°14)



Figura N°14: Motor NEMA 17.

Sensor de temperatura

Este sensor será el que estará a cargo de la temperatura, en la impresora será un tema fundamental tanto para conseguir piezas con buen acabado, como para proteger los elementos de la misma (en el caso de que el HotEnd no sea completamente de metal).

Para realizar el control de la temperatura se utilizan 2 termistores, uno se colocara en la cama caliente y el otro en el HotEnd. La regulación de la temperatura la realizara el Arduino por medio de reguladores PID que tiene programado en su interior, llegando a estabilizar la temperatura con una tolerancia de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Se deberá especificar en el firmware el tipo de termistor que se utilizara. El termistor más común es el de 100k. (Ver figura N°15)



Figura N°15: Termistor de 100K

Finales de carrera (EndStop)

Estos elementos son los responsables de indicar a la impresora el punto de inicio (punto 0,0,0). Una vez definido este punto solo habrá que indicarle a la maquina cuanto podrá moverse en cada dirección antes de salirse de los limites de impresión.

La impresora cuenta con 3 finales de carrera (uno por cada eje). Se debe tener en cuenta la forma en que se trabaja con ellos, hay dos posibilidades, trabajar con ellos en posición “normalmente abiertos” (en reposo el circuito se mantendrá abierto) y en posición “normalmente cerrados” (en reposo el circuito se mantendrá cerrado) (ver figura N°16)

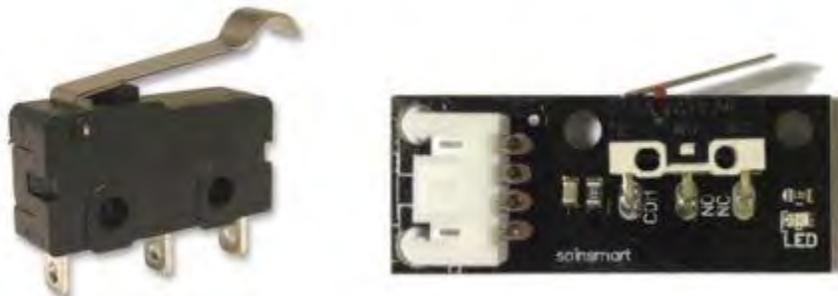


Figura N°16: Final de carrera

3.4. Ajuste de la impresora 3D

En este apartado se procederá a ajustar los elementos electrónicos y comprobar que todo funciona correctamente. Los elementos que se utilizarán en este punto serán:

- La placa Arduino
- La RAMP's 1.4
- 4 Pololus con sus disipadores de calor
- 1 Motor NEMA 1.7
- Una fuente de alimentación ya sea regular, de PC o compacta que nos de 12 V
- 1 Destornillador cerámico para ajustar los Pololus
- 1 tester para medir la corriente

Además de los elementos descritos se utilizará un software con el que se podrá conectar al Arduino y, de esta manera, mandarle órdenes para que se muevan los motores a lo largo de los ejes. Dicho software es el Pronterface (que puede descargarse en forma gratuita), un software que no se usará para imprimir pero sí se usará para la calibración de la impresora.

Antes de comenzar con la calibración de la corriente de los pololus y comprobar que los motores se mueven correctamente, se deberá montar los elementos de la electrónica, para realizar esto se acopla la RAMP's 1.4 en el Arduino (habiendo cargado previamente el firmware), se acopla un pololu en el hueco asignado al extrusor E0 y se conectará tanto el cable USB como la alimentación de 12 V. Solo se ajustará un eje a la vez y puede utilizarse el mismo pololu (ver figura N°17 y figura N°18)

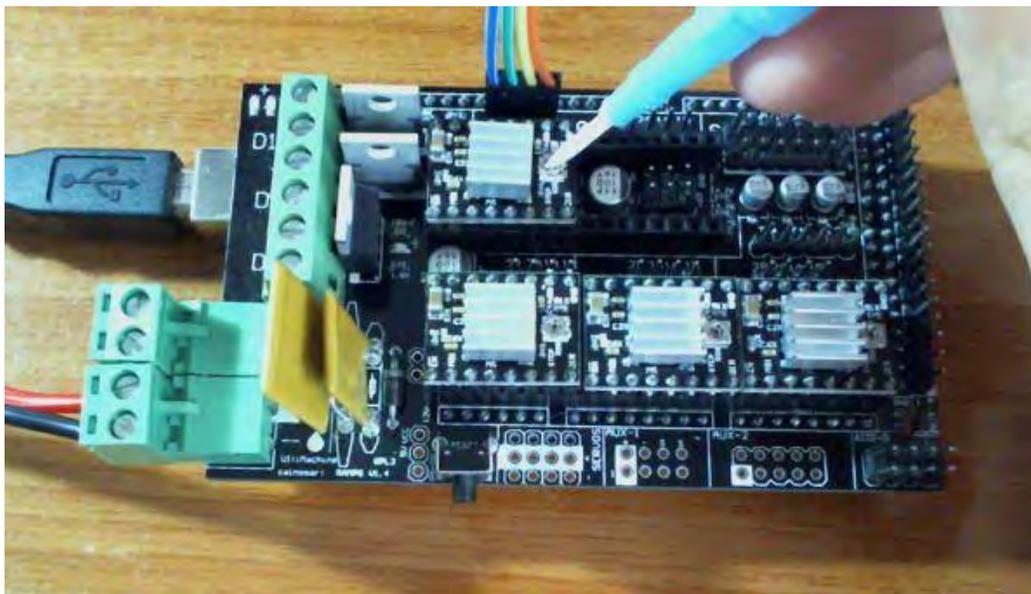


Figura N°17: montaje de los elementos electrónicos

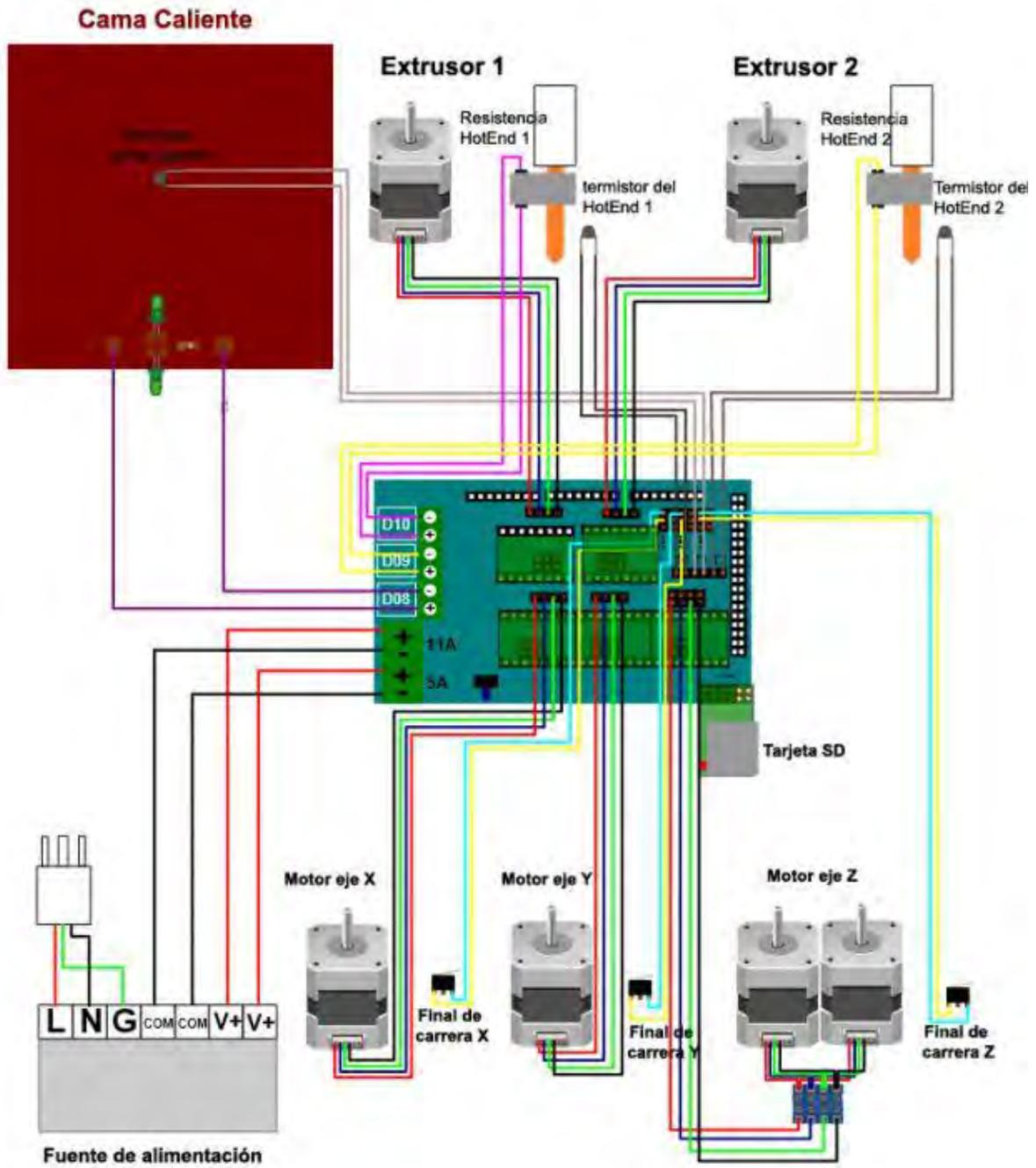


Figura N°18: Esquema de conexión.

Una vez que todo esté conectado, se medirá la alimentación en el circuito para poder medir la corriente que está consumiendo el mismo.

Con todo conectado, se ajustara la corriente que circula por los pololus por medio de un destornillador cerámico. Al final se deberá ajustar la corriente de la siguiente manera: 400mA para el Extrusor, 200mA para el eje X e Y y 400mA para el eje Z. Para dejar pasar más corriente se girar el destornillador en sentido horario y para reducirla se girara en sentido antihorario (ver figura N°19)

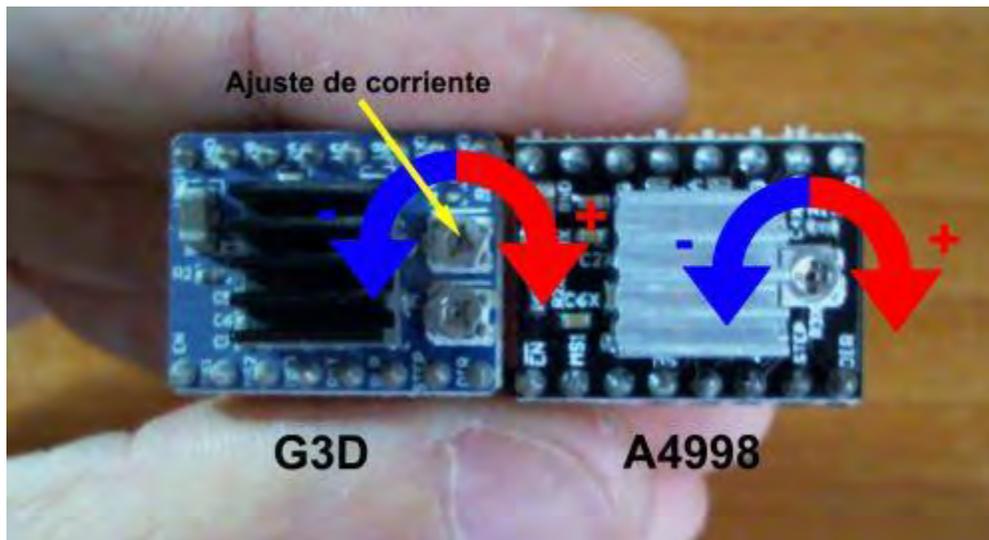


Figura N°19: Sentido para ajuste de la corriente

Para hacer que circule corriente por el pololu y llegue al motor, se mandara la orden de “mover motor”, para esto utilizaremos el programa que se descargo previamente (Pronterface), se selecciona el puerto al que se conecto el Arduino, los baudios a los que se configuro la comunicación (por efecto 115200) y se selecciona “conectar” un parpadeo en el LED de la placa y una notificación del programa indicaran que se ha podido establecer conexión correctamente. (Ver Figura N°20 y Figura N°21)

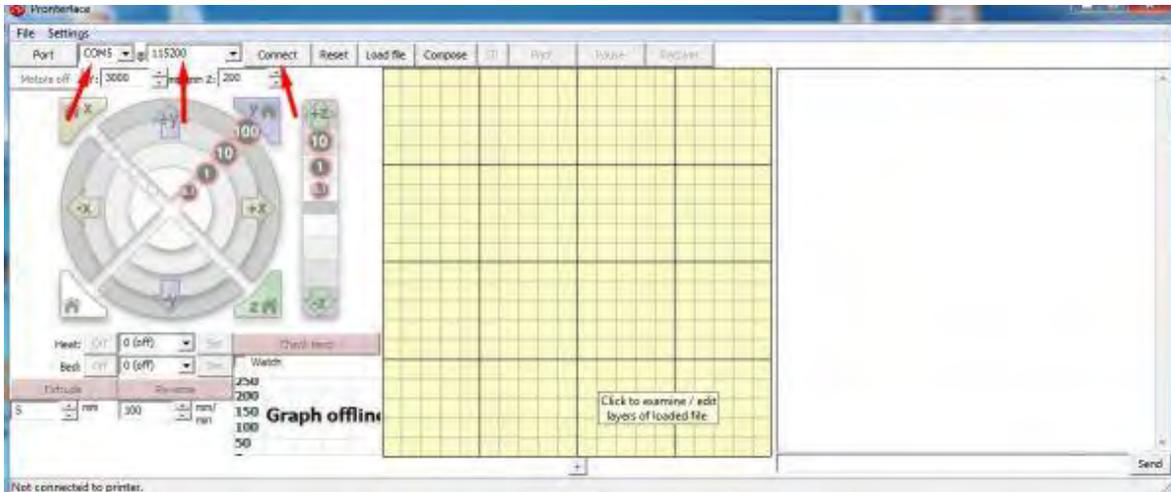


Figura N°20: Captura de configuración del Pronterface

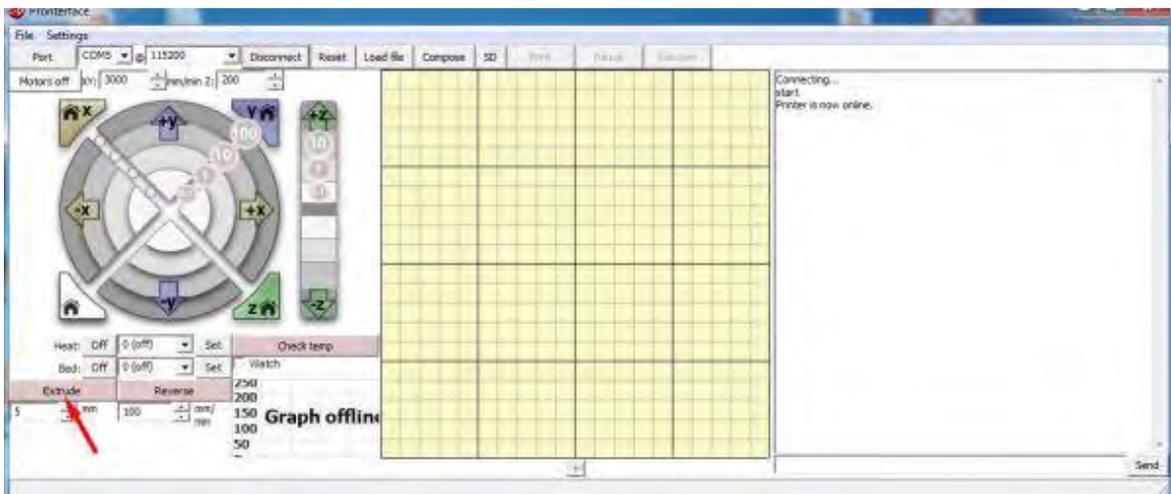


Figura N°21: Captura del Pronterface ya conectado al Arduino, el cambio de color indica que ya se encuentra operativo el programa.

Una vez que se tengan todos los polos calibrados, a modo de prueba, se conectan todos los elementos con los que se ha estado trabajando. Se conectarán los 4 polos y los 4 motores y por medio del Pronterface los motores se moverán en un sentido o el otro, al mismo tiempo se comprobarán que los disparadores de los polos no se calienten en exceso, si este problema se presenta se deberá ajustar nuevamente la corriente. (Ver Figura N°22)

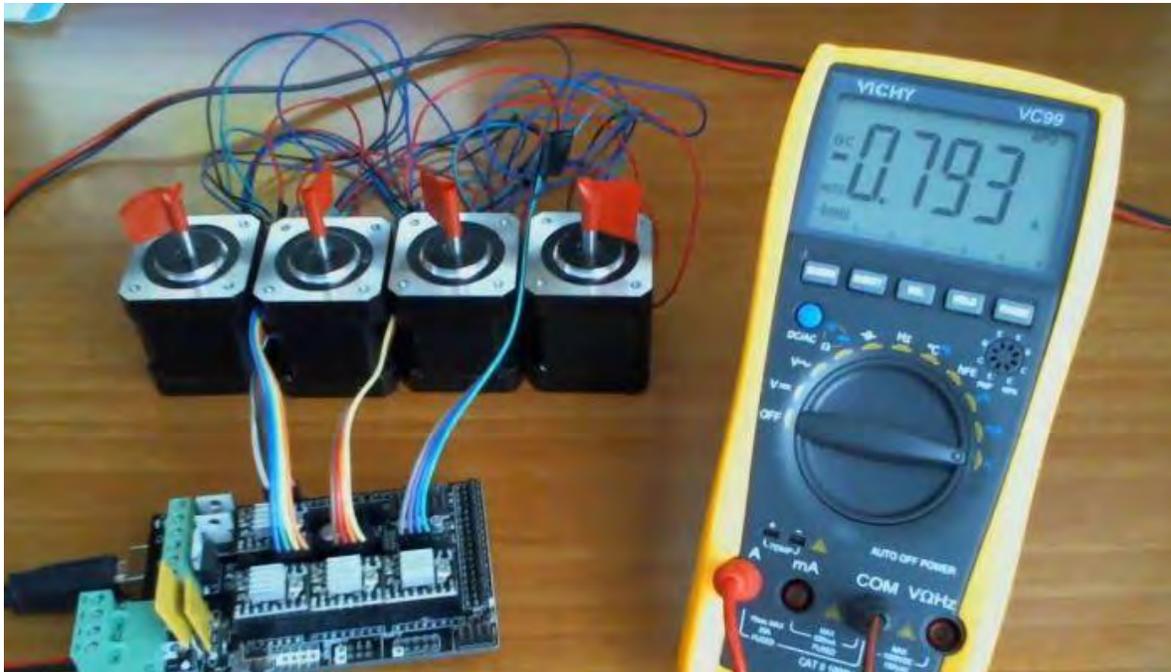


Figura N°22: Comprobación de polos y motores.

3.5. Estructura: Montando la base

Luego de haber testado la electrónica y haber comprobado que todo funciona correctamente, se procede a montar la estructura de la impresora donde ira montada la electrónica. Esto se hará en 3 partes: La base, el carro y el marco.

Para montar la base necesitaremos (Ver figura N°23):

- Piezas de plástico (patas de la impresora, soporte del motor y de la polea)
- La base, ya sea metálica, de metacrilato, o madera.
- 4 Varillas roscadas de métrica 8 y 210mm de longitud
- 2 Varillas roscadas de métrica 10 y 380mm de longitud
- 2 Varillas roscadas de métrica 8 y 295mm de longitud
- 1 Motor NEMA 17
- 3 Rodamientos lineales LM8UU
- 1 Rodamiento 623zz
- 1 Polea dentada GT2
- 1 metro de correa GT2
- 12 Tuercas de métrica 10
- 8 Arandelas de métrica 10 (normales)
- 8 Arandelas de métrica 10 (ala ancha)

- 22 Tuercas de métrica 8
- 22 Arandelas de métrica 8
- 1 Fecha de empalme
- Bidas
- Tornillería de métrica 3

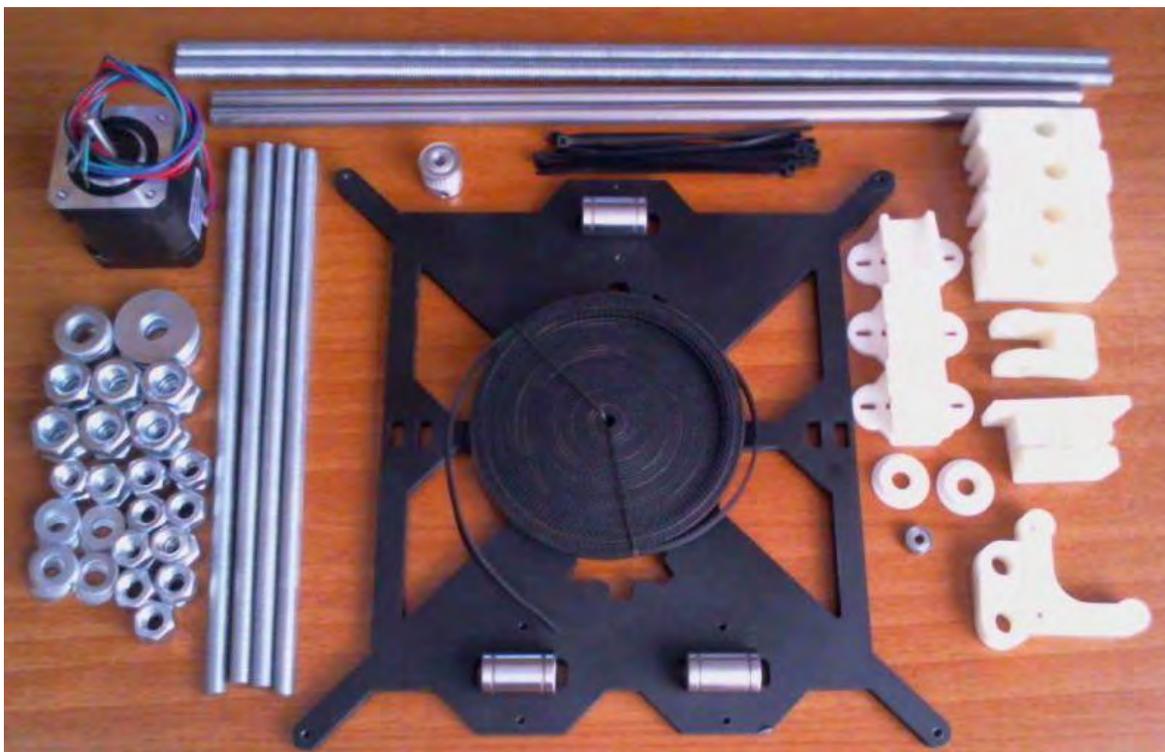


Figura N°23: Elementos necesarios para montar la base

Lo primero que se hará es unir con las varillas de métrica 10 las patas de la impresora, se unirán los dos largueros de manera vertical y entre las dos patas, se pondrán las arandelas de ala ancha junto a un par de tuercas que unirán posteriormente la base con el marco de la impresora. (Ver Figura N°24 y Figura N°25)

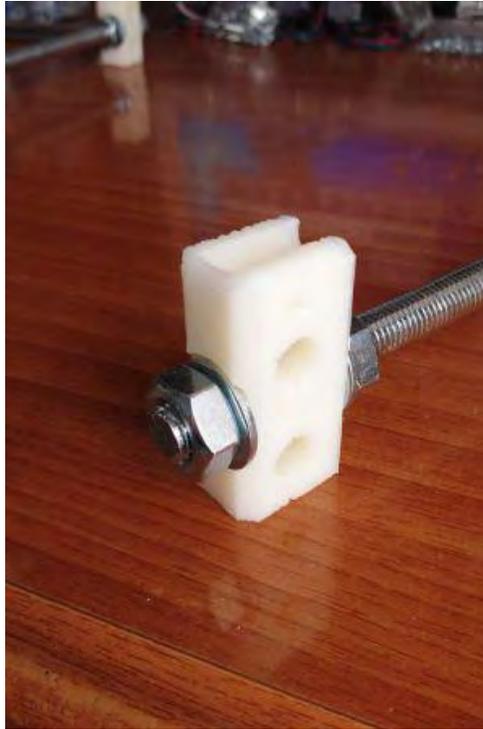


Figura N°24: Unión de la varilla con la pata de la impresora.



Figura N°25: Unión de base que posteriormente se usara para unir el marco con la base

Luego de tener los dos largueros verticales en la base montada, se unirán a las varillas de métrica 8, de esta manera se formara el rectángulo de la base. En estas varillas se podrán de un lado el soporte del motor y del otro el soporte de la polea. (Ver figura N°26)



Figura N°26: Rectángulo de la base.

Finalmente teniendo montado el rectángulo de la base, se unirán las varillas lisas en la parte superior de las patas. Se debe remarcar que antes de encajar estas varillas, se deberán pasar los rodamientos lineales sobre los que se va a deslizar la cama. Se necesitaran 3 o 4 rodamientos según el modelo. (Ver Figura N° 27)



Figura N°27: Unión de varilla lisa en la parte superior de la pata.

Se pondrán las piezas de plástico sobre la cama, en el centro. Se pondrá la pieza de la que va a tirar el motor y sobre las ranuras se pondrán las piezas en las que va a encajar los rodamientos. En caso de no contar con estos elementos se podrán usar bridas. (Ver Figura N°28)

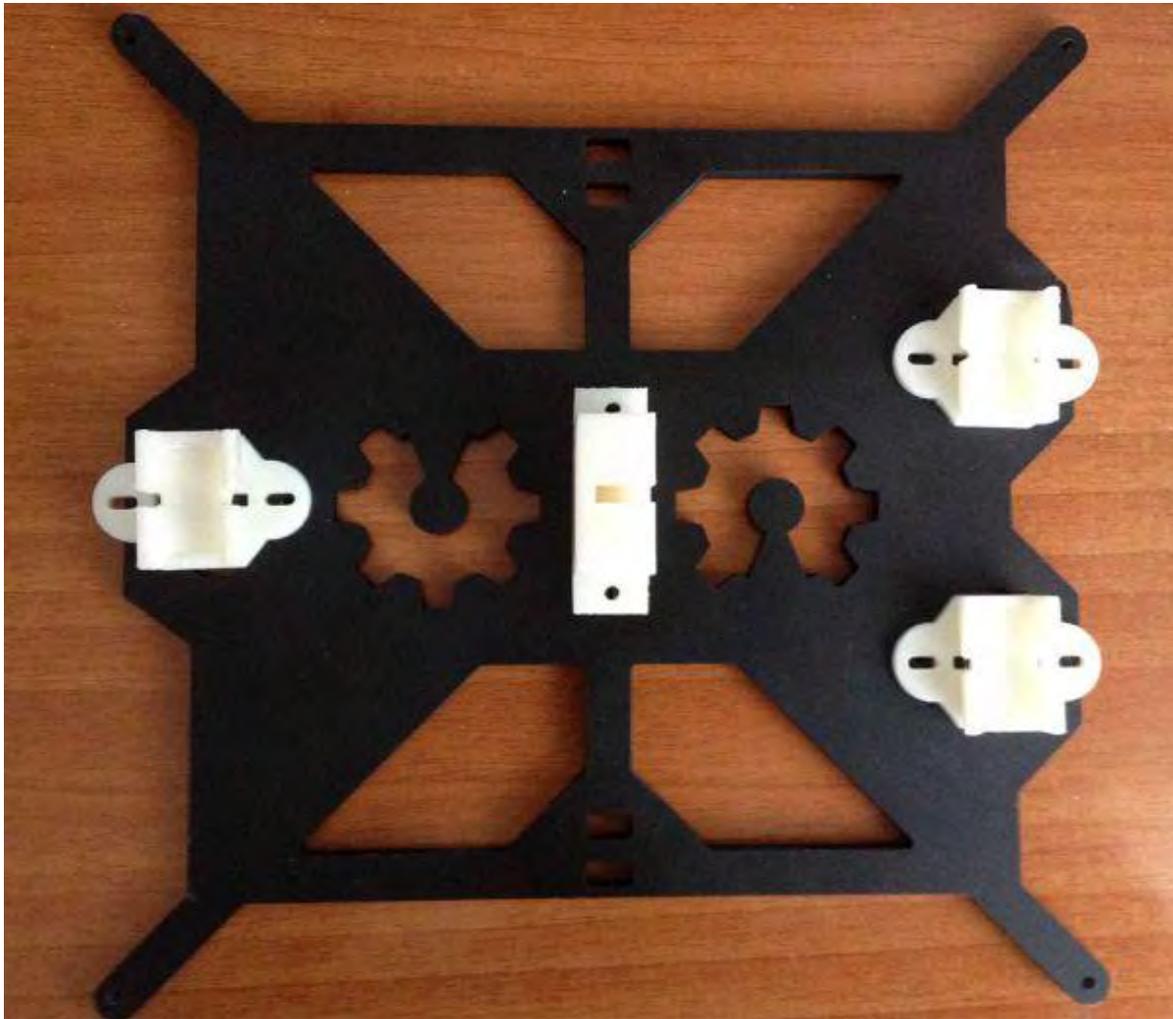


Figura N°28: Cama

Luego de tener el rectángulo de la base y la cama se unen ambas piezas mediante bridas. Esto se lograra poniendo sobre la cama una ficha de empalme que ayudara a conectar la cama caliente. Esta ficha se pondrá por medio de las bridas. (Ver Figura N°29)

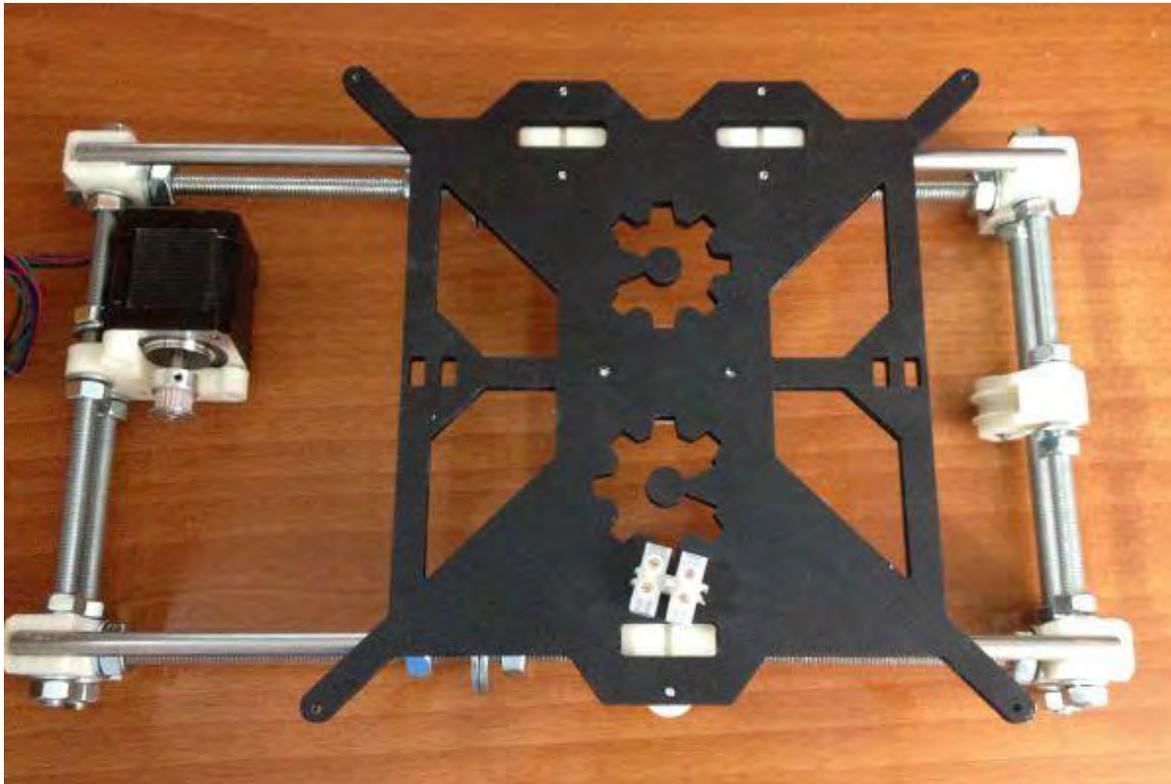


Figura N°29: Unión de base y cama.

Por último se alinea las poleas de ambos lados con la pieza central de plástico. (Ver Figura N°30)

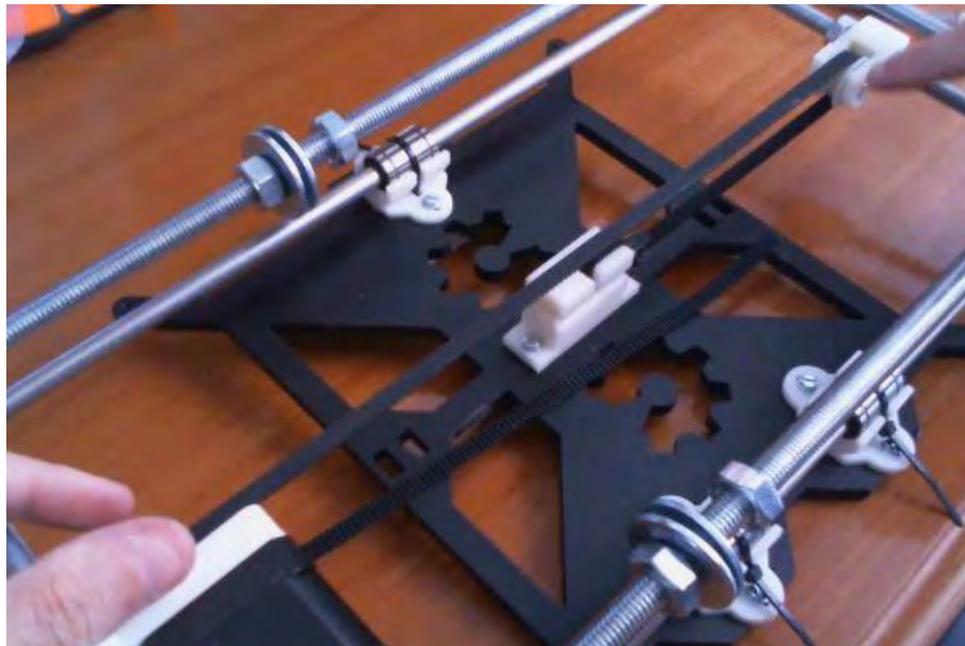


Figura N°30: Alineación de polea y correa

3.6. Estructura: Montando el carro

En este apartado se montara el carro. El carro se encargara de sustentar el extrusor y permitirá que este se mueva a lo largo de los ejes.

Las piezas necesarias para realizar el montaje serán (Ver Figura N°31):

- Piezas de plástico.
- 2 Varillas lisas de métrica 8 y 380mm de longitud.
- 7 Rodamientos lineales LM8UU.
- 1 Rodamiento 623zz (para la polea de plástico).
- 1 Polea dentada GT2.
- 1 Metro de correa GT2.
- 2 Tuercas de métrica 5.

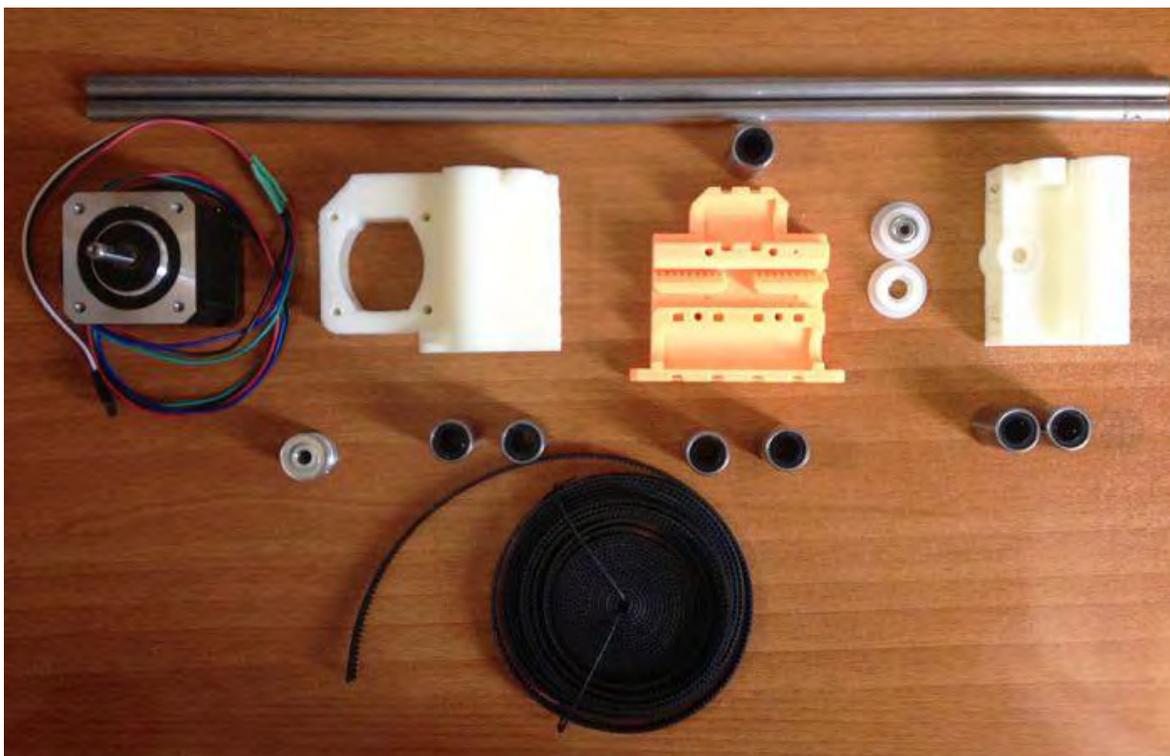


Figura N°31: elementos para el montado del Carro.

Lo primero que se hará es empotrar las tuercas de métrica 5 en los orificios que tendrán las piezas plásticas encargadas de marcar el principio y fin del carro. Antes de realiza el empotramiento se debe asegurar que una varilla de métrica 5 pueda deslizar con facilidad por el agujero, ya que posteriormente deberá hacerlo. (Ver Figura N°32)

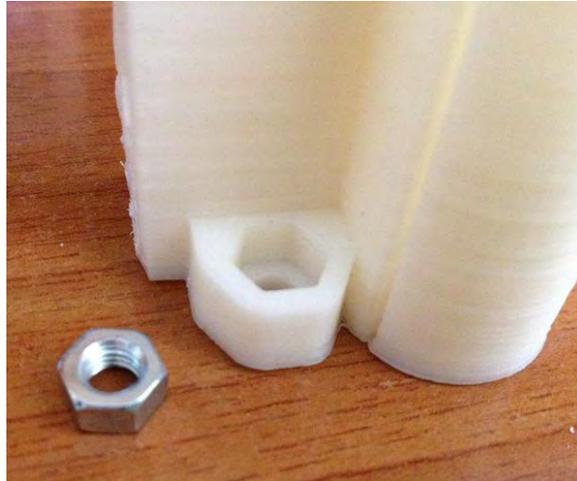


Figura N°32: Pieza de plástico de principio y fin de carrera.

Para poder empotrar la tuerca puede hacerse uso de un soldado o, en caso de ser piezas de plástico, acetona para disolverlo. (Ver Figura N°33) Una vez realizado esto se podrán unir ambas piezas mediante las varillas lisas, pero antes se pasaran los rodamientos por las varillas tomando en cuenta el soporte del extrusor. (Ver Figura N°34)

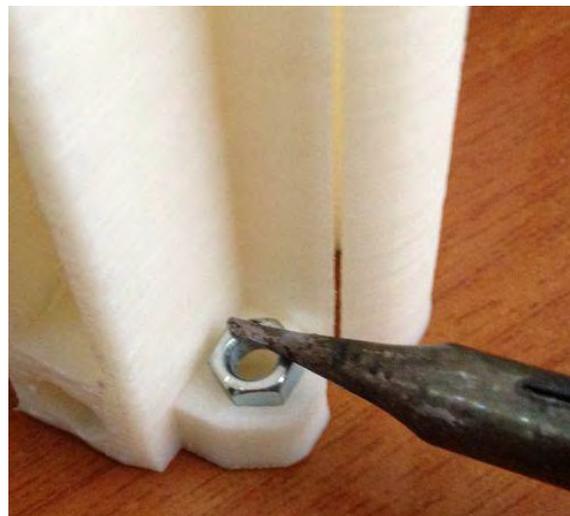


Figura N°33: Tuerca empotrada



Figura N°34: Unión de piezas mediante varillas lisas

Cuando se pongan las varillas lisas en los orificios se tendrá especial cuidado en que no quede ni muy fijo, ni muy flojo. Para ello se lijara la pieza de ser necesario. Luego se pondrán los rodamientos restantes en los orificios de las piezas plásticas (2 en cada una de ellas). (Ver Figura N°35)

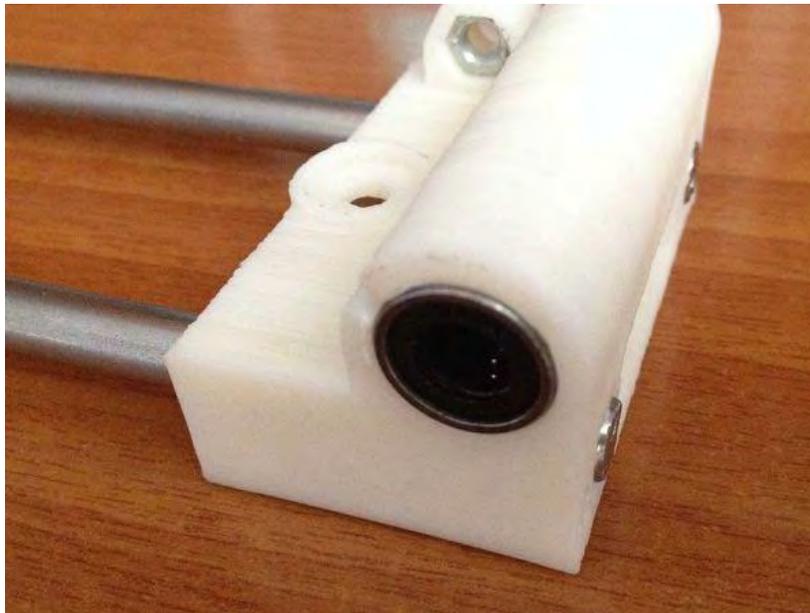


Figura N°35: Piezas de plástico con rodamientos.

Por último, se utilizaran los demás elementos. Estos son: el motor (con su polea dentada), el soporte del extrusor y la polea de plástico.

La polea dentada se deberá colocar en manera invertida, de esta manera se asegura que cuando se coloque la correa no se tocara ninguna pieza de plástico y va a deslizar correctamente. También por seguridad se buscara que cuando se coloque el motor el cable salga hacia abajo, esto para que no choque con el marco (Ver Figura N°36)

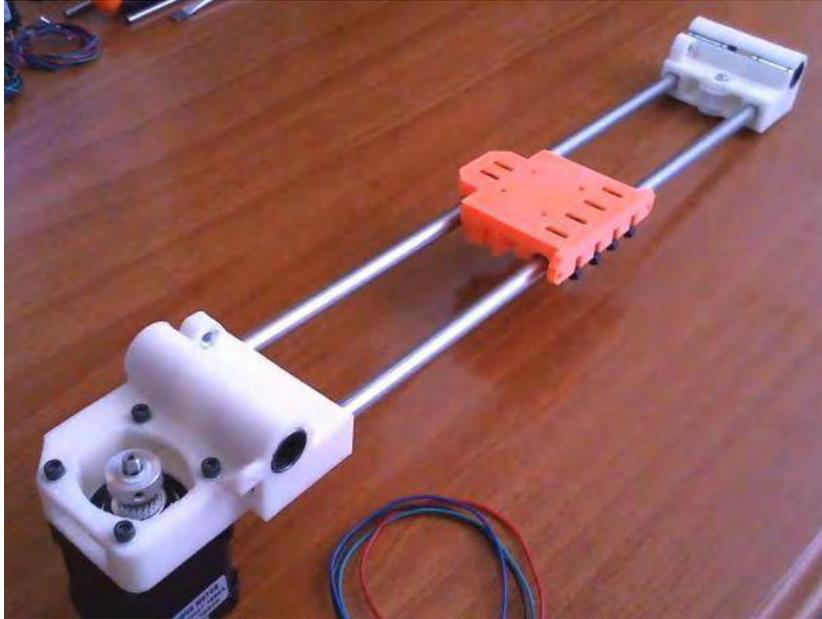


Figura N°36: Carro montado.

3.7. Estructura: Montando el marco

El marco es el último elemento de la estructura. Este elemento será el responsable de dar a la impresora la opción de subir y bajar para imprimir en altura. Los elementos necesarios para poder montar el marco son (Ver Figura N°37):

- Marco construido de metal, metacrilato o madera
- Piezas de plástico
- Varillas lisas de métrica 8 y 320mm de longitud
- Varillas roscadas de métrica 5 y 295mm de longitud
- 2 Motores NEMA 17
- 2 Acopladores

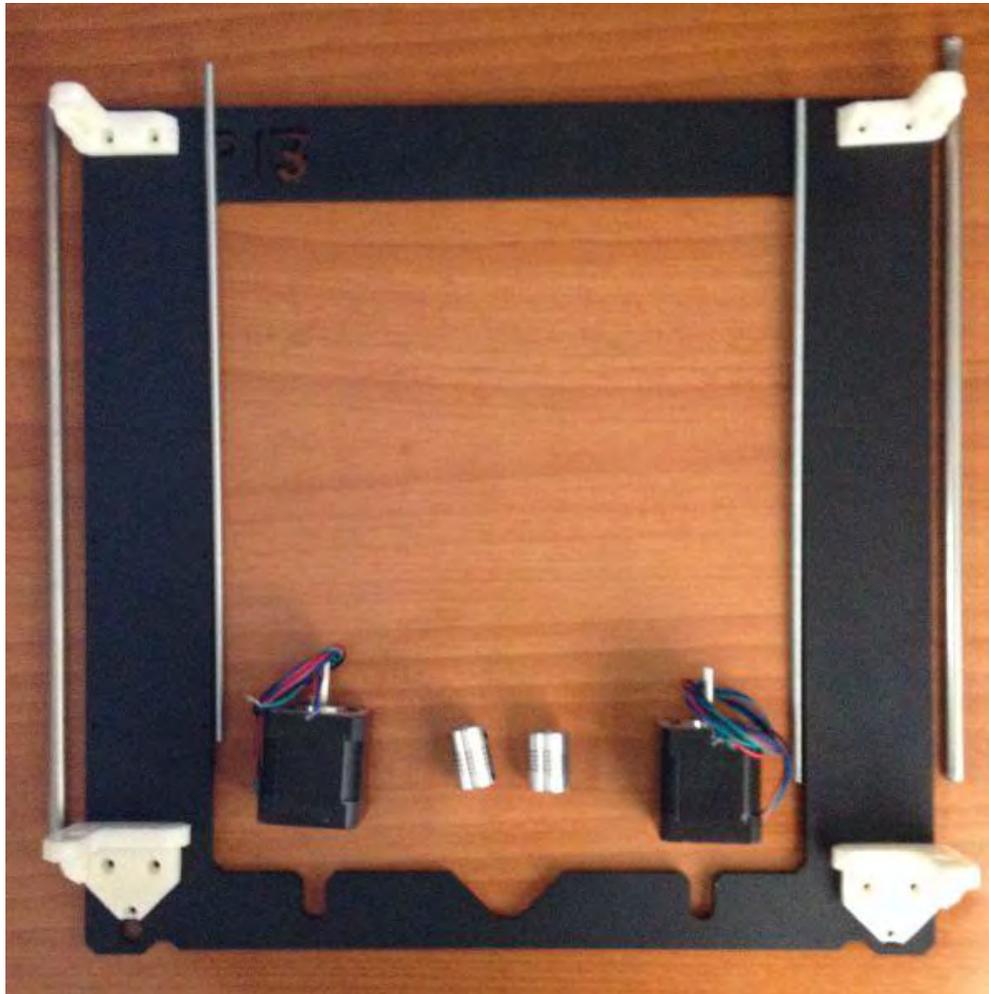


Figura N°37: Elementos necesarios para montar el marco.

El primer paso que se hará es fijar los motores al marco por medio de las piezas de plástico de igual forma a como se ve en la figura (Ver figura N°38 y figura N°39).

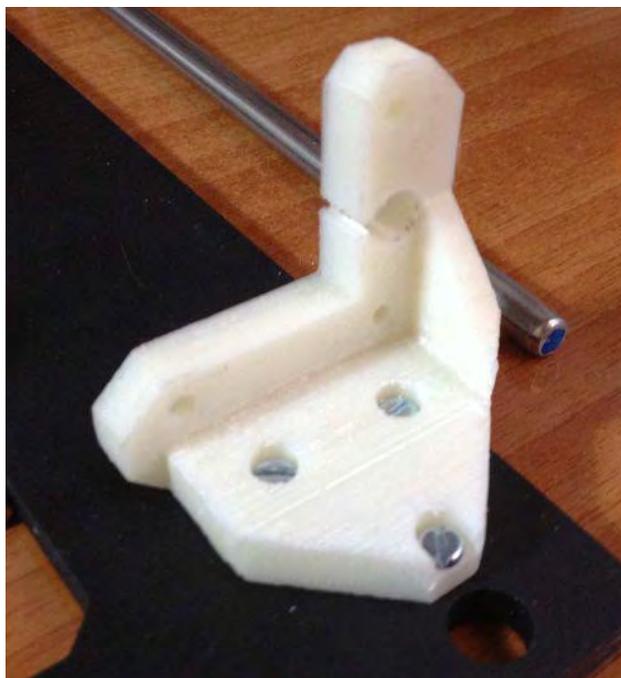


Figura N°38: Pieza de plástico para fijar el motor

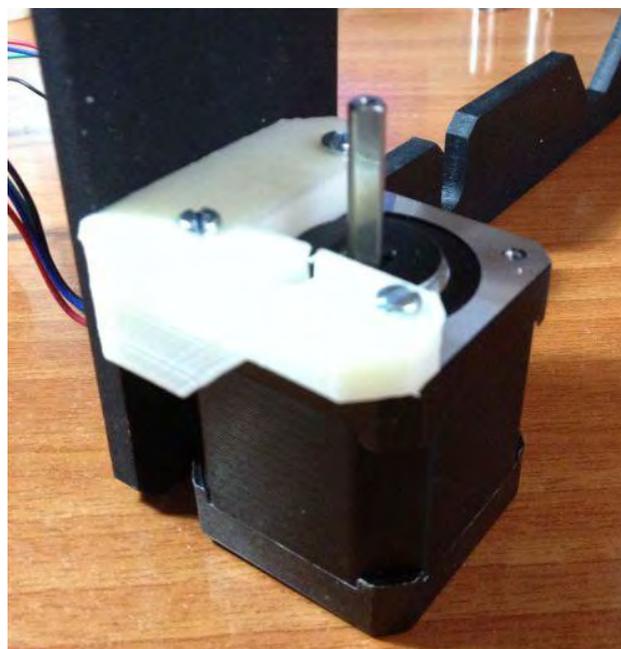


Figura N°39: Motor fijado al marco.

Un punto con lo que se tendrá que tener especial cuidado es en poner la salida de los cables hacia atrás, de este modo se sacara el cable por el agujero del marco. (Ver Figura N°40).

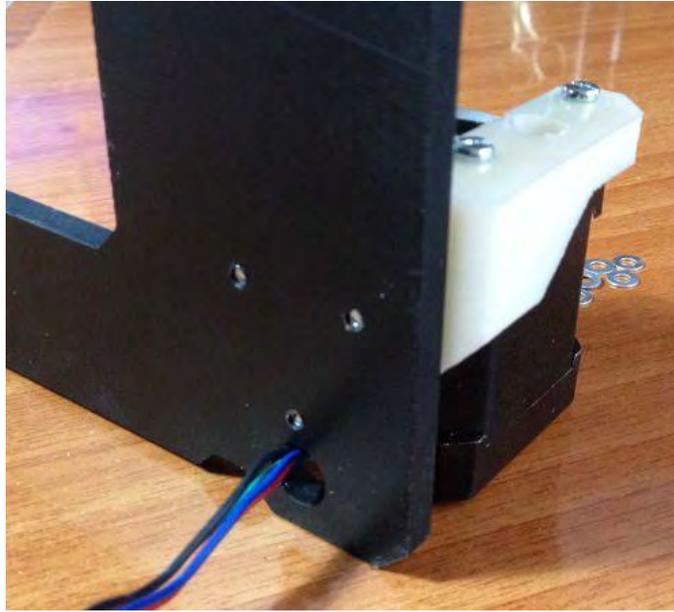


Figura N°40: Salida de cables por detrás del marco

Luego de haber fijado y asegurado la parte inferior donde se encuentran los motores, se “pincha” las varillas lisas en los orificios de la pieza de plástico donde se han fijado los motores, se tendrá especial cuidado en que las varillas queden totalmente verticales. Una vez que se ha realizado esto se conocerá la distancia que debe haber entre las piezas de plástico del carro. Una vez conocido esto se introduce el carro con cuidado por las varillas.

Finalmente se fijan las piezas de plástico de la parte superior del marco, la estructura quedara solida y el carro tendrá total libertad para moverse en dos direcciones, Z y X. (Ver Figura N°41)

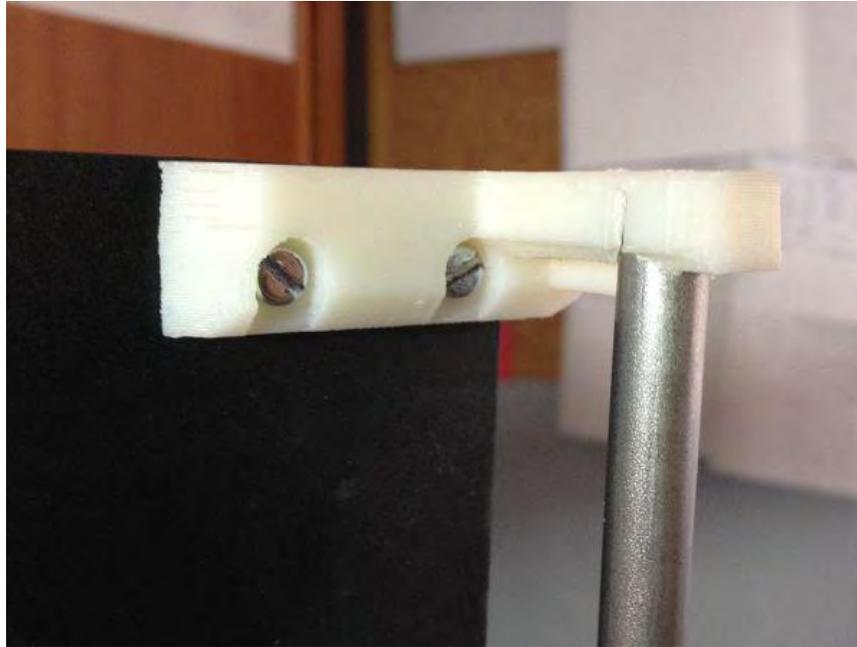


Figura N°41: Pieza de plástico de la parte superior del marco fijada.

Luego se pondrán las varillas roscadas de métrica 5, estas varillas tendrán la función de bloquear al carro impidiendo que suba y baje libremente. Estas varillas, pasaran a través de la tuerca métrica 5 y quedaran unidas, en el acoplado, al motor. (Ver Figura N°42 y Figura N°43)



Figura N°42: Montado de varilla métrica 5 visto desde abajo.

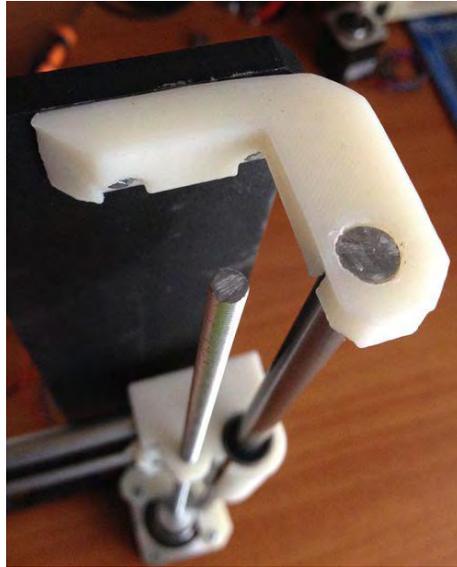


Figura N°43: Montado de varilla métrica 5 visto desde arriba.

Para finalizar el montaje, aprovechando que la separación entre piezas que componen los extremos del carro está en su posición final, se colocará la correa que mueve el soporte del extrusor. Esto se logra sujetando la correa en uno de los dientes del soporte, pasando la correa por las poleas y sujetando la correa en la otra parte del soporte, de manera que al girar el motor, este le transfiera movimiento al soporte. (Ver Figura N°44)

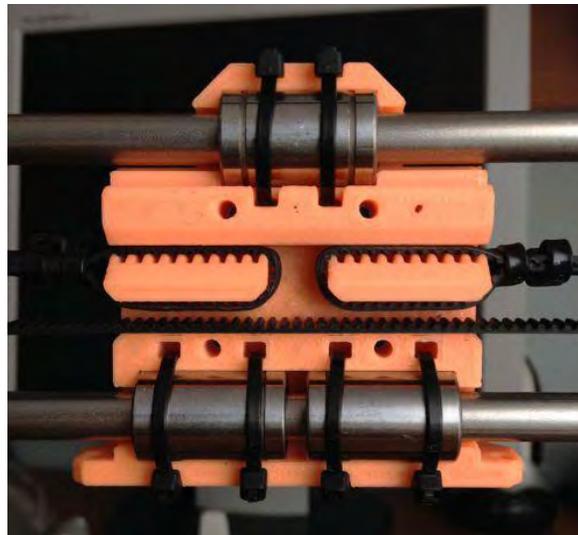


Figura N°44: Colocación de correa para movilizar el extrusor.

El resultado final será el que puede verse en la imagen (Ver Figura N°45):

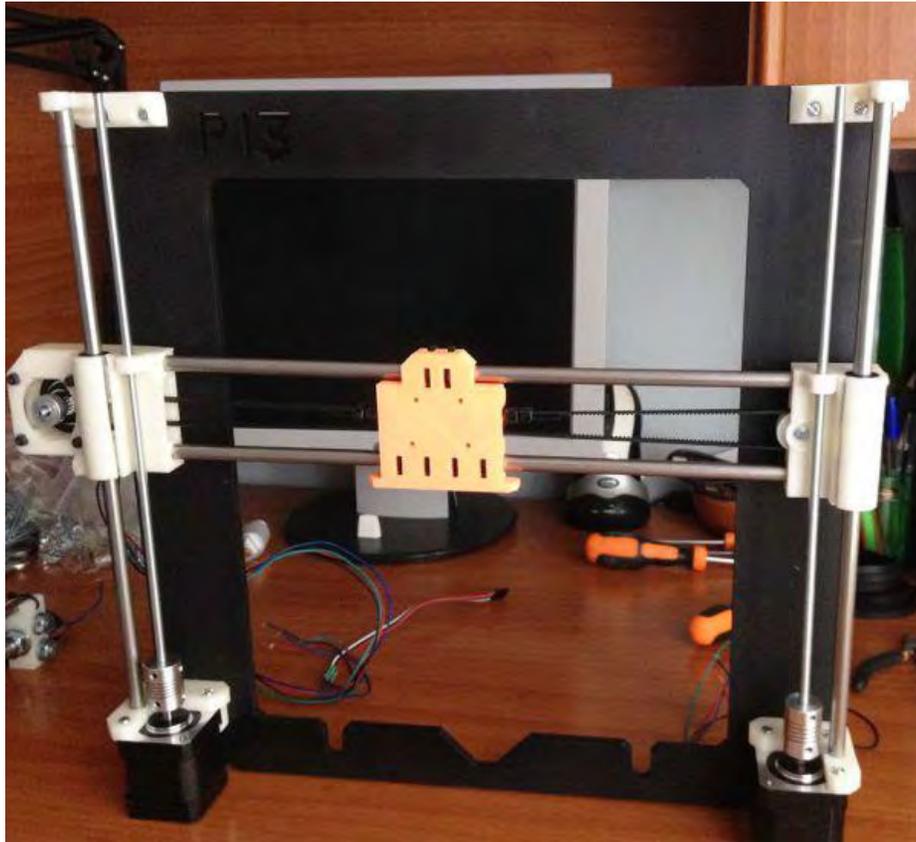


Figura N°45: Montado final del marco.

3.8. Estructura: Uniendo las partes

En este apartado se indicara el final del montaje de la estructura, en este punto no se necesitaran piezas, solo se utilizaran el marco y la base previamente montados.

La unión de estos elementos se hará por medio de las tuercas y arandelas de ala ancha que habían sido colocados en la base. Para ello se introducirán las varillas de métrica 10 de la base en la hendidura que posee el marco y se fijará en esta posición mediante las tuercas. (Ver Figura N°46 y Figura N°47)



Figura N°46: unión de tuercas y arandelas.

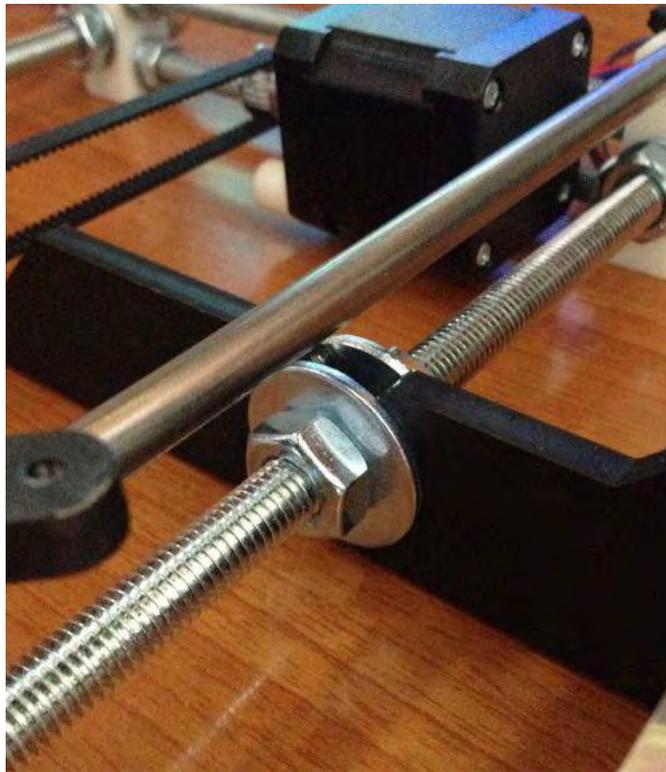


Figura N°47: Introducción de varilla e la base del marco.

Se debe tener en cuenta que aun no conocemos la posición final a la que va a ir la base respecto del marco, esto se determinara más adelante por medio del extrusor, por este motivo la tuerca será apretada de manera provisoria y no definitiva.

Ya se ha montado toda la estructura de la maquina, se procede a alinear el carro de la impresora para que este de manera totalmente horizontal y no haya problemas de impresión. Para alinear puede utilizarse un nivel o simplemente un calibre. (Ver figura N°48).

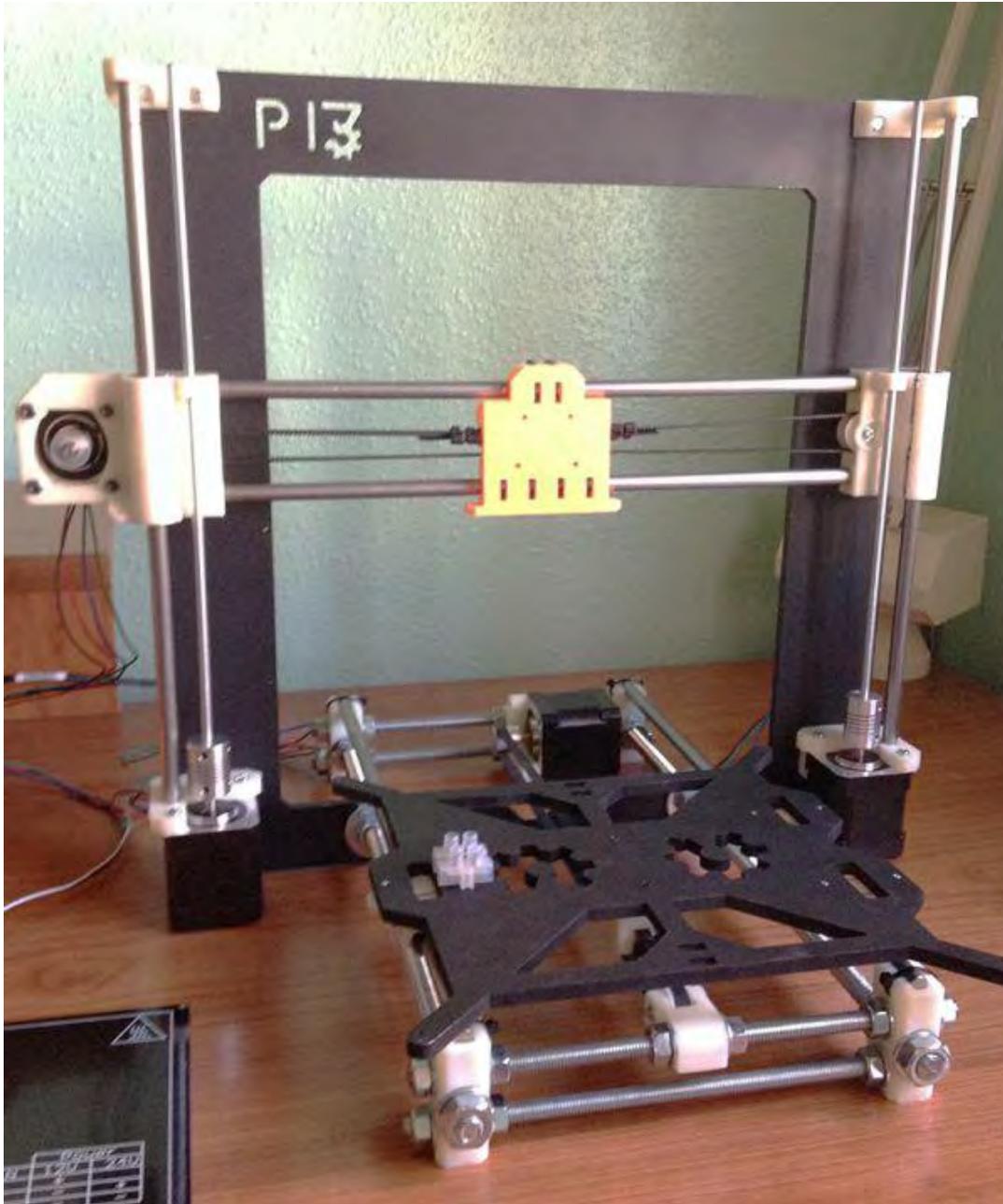


Figura N°48: Estructura totalmente montada.

3.9. El extrusor

En este apartado se explicara el montado del extrusor, una de las partes más delicadas de la impresora ya que es la que puede producir atascos y hacer patinar el filamento. Tener el extrusor bien calibrado y montado va a repercutir significativamente en la calidad de la impresión.

Para montar el extrusor serán necesarias las siguientes piezas (Ver figura N°49):

- Piezas de plástico necesarias, cuerpo del extrusor, engranajes
- 1 Motor NEMA 17
- 1 Tornillo dentado ó “Hobbed Bolt”
- 3 Rodamiento 608zz
- 1 Trozo de varilla lisa de métrica 8 y 20mm de longitud
- Tuerca de métrica 8

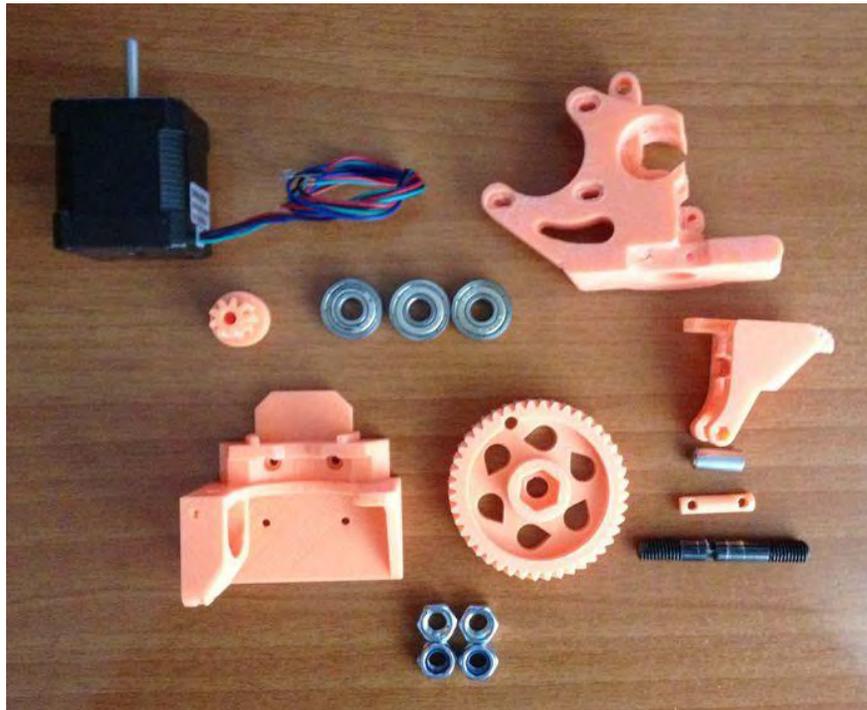


Figura N°49: Piezas necesarias para el montaje del extrusor.

Lo primero que se hará será montar el cuerpo del extrusor, al que se le empotraran 2 rodamientos 608zz sobre los que girara el tornillo del extrusor. También se pondrá sobre este cuerpo la parte que se encargara de realizar la presión sobre el filamento para que quede aprisionada entre el rodamiento y los dientes del propio “Hobbed Bolt”, para ello se

pasara el trozo de varilla lisa por el rodamiento y se empotrara en la pieza, de esta manera quedara como puede verse en la imagen (Ver figura N°50)



Figura N°50: Cuerpo de extrusor con rodamientos y varilla

Luego se preparara el engranaje del motor, para esto se le empotrara al engranaje una tuerca métrica 3 utilizando un soldador. A dicha tuerca se le pasara un tornillo de métrica 3 que se encargara de realizar el apriete sobre el eje del motor. (Ver Figura N°51).



Figura 51: Engranaje con tornillo métrico 3 y tuerca métrica 3 empotrada

Una vez hecho esto, se montara el resto de elementos del extrusor, se fijara el motor tan solo con el tornillo superior, de esta manera el tornillo tendrá la posibilidad de rotar sobre el mismo. Luego de hacer esto se introducirá el engranaje de mayor tamaño en el que ya se ha puesto el tornillo del extrusor (se debe asegurar que los dientes del tornillo estén alineados con el orificio en el que se empujara el filamento). Para alinear todo esto se pondrán las arandelas que sean necesarias hasta que tanto los engranajes como el tornillo con el agujero están perfectamente alineados y pueden moverse sin dificultad. (Ver Figura N°52 y Figura N°53)

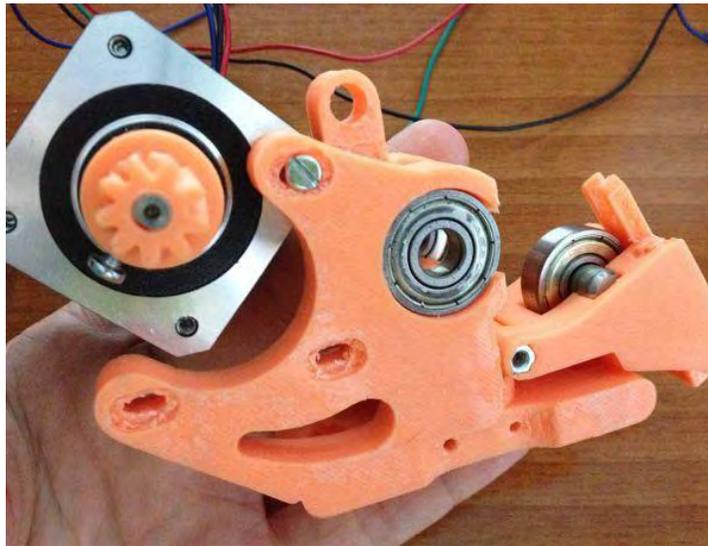


Figura N°52: Motor fijado solo con un tornillo en la parte superior.



Figura N°53: Motor fijado solo con un tornillo en la parte superior con engranaje

Finalmente, para asegurar el montaje, se pueden poner varias tuercas apretadas entre sí o usar tuercas autoblocantes, esto hará que el movimiento no desajuste el extrusor físicamente. (Ver figura N°54)

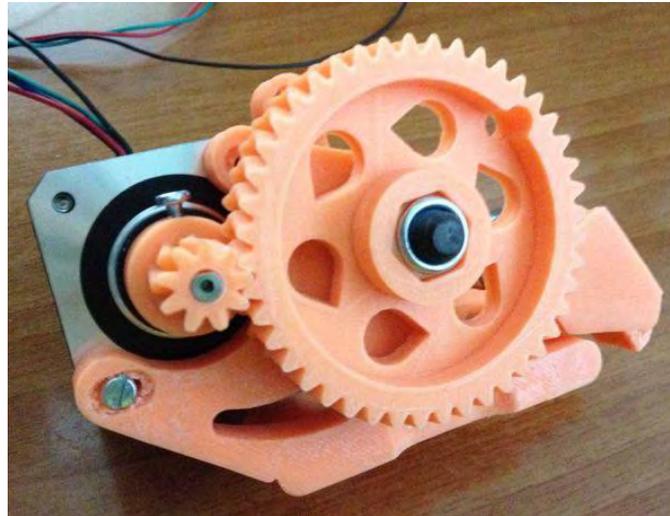


Figura N°54: Extrusor montado.

3.10. Ajuste del extrusor

Una vez que se tiene montado el extrusor se procede a configurarlo. Existen una gran cantidad de variaciones que harán que por cada paso que realiza el motor extraiga más o menos plástico, por este motivo antes de implementar el HotEnd, se configuraran los pasos que debe dar el motor para extruir la cantidad correcta de plástico.

Primero se conectara la electrónica a la maquina, para ello se usara la salida E0, al que será conectado el motor que hemos colocado en el extrusor. El montaje será como el que puede verse en la imagen (Ver Figura N° 55)

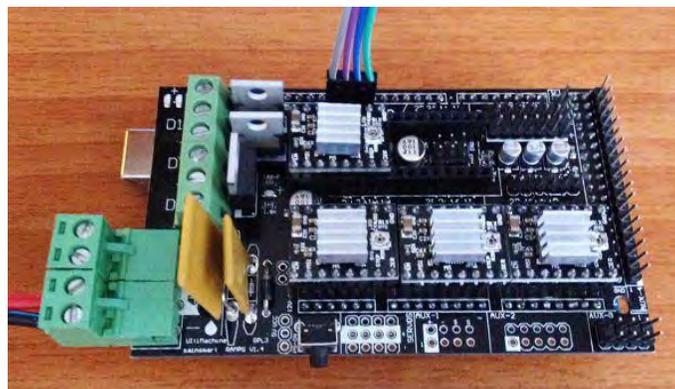


Figura N°55: Conexión de la electrónica al motor

Luego de conectar la electrónica, se probara la extrusión utilizando el Proterface, para esto se hace una marca con un marcador o rotulador al filamento (de esta manera se tiene una referencia para saber cuánto extruye realmente), luego se le da la orden al comando “extruir” para que extruya 100mm. (Ver Figura N°56 y Figura N°57)

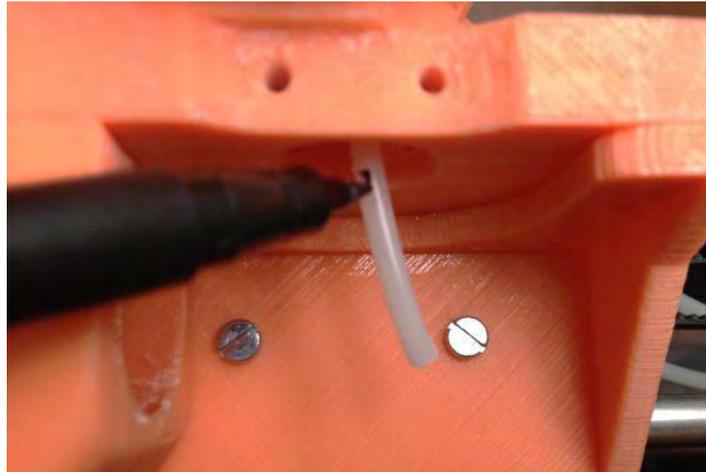


Figura N°56: Marca en el filamento

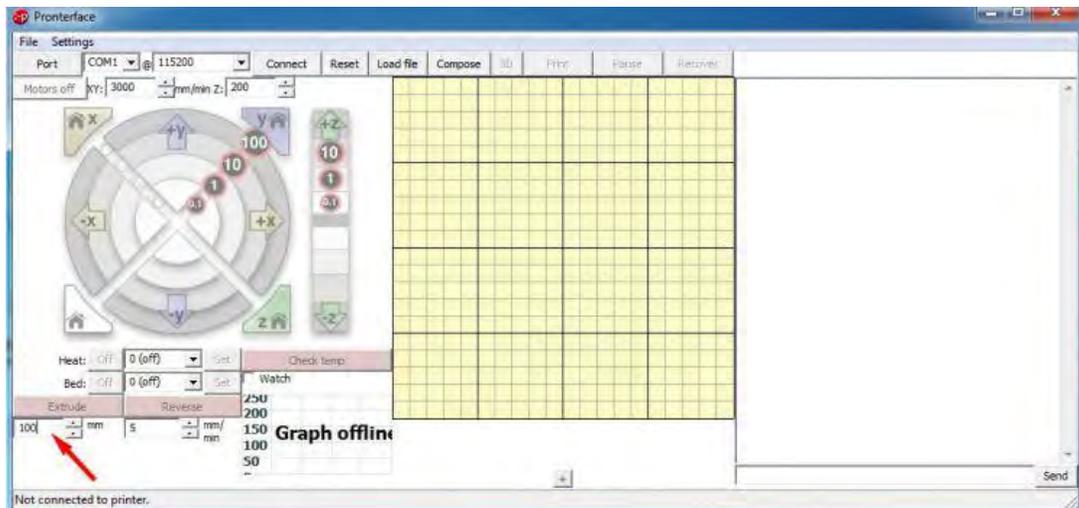


Figura N°57: Orden de extruir dada mediante el Pronterface

Cuando finaliza de extruir se hace una marca y se corta el filamento para poder medir las distancias entre las marcas. Si la distancia de la extrusión es distinta de 100mm se tendrá que ajustar en el firmware los pasos por milímetro que da el motor.(Ver Figura 58)

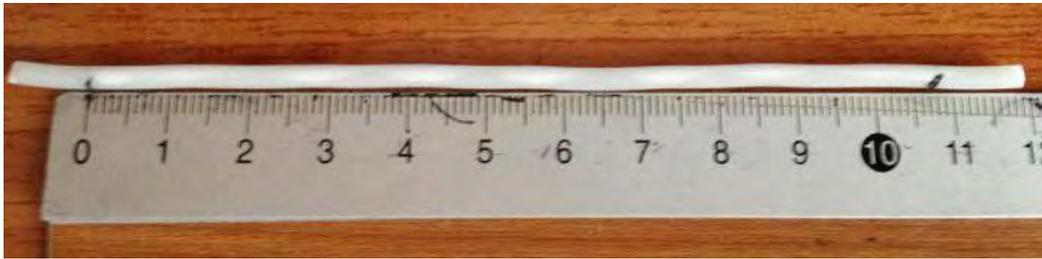


Figura N°58: Medición del filamento

Para esto se utilizara el entorno de programación del Arduino (versión 0022) y se cargara el Sprinter como se había hecho con anterioridad. Se abrirá la pestaña de configuraciones y se buscara el parámetro “axis_steps_per_unit” donde se podrán encontrar 4 parámetros, estos son: eje x, eje y, eje z y extrusor. Este último será el que se modificara. (Ver Figura N°59)

```

// 7 L# 100# Honeywell 001 resistor 125-104L6-001
#define THERMISTORHEATER
#define THERMISTORBED 2

//// Calibration variables
// X, Y, Z, E steps per unit - Metric Prusa Mendel with Wade extruder!
const axis_steps_per_unit[] = {80, 80, 2560, 777.6};
//First axis_steps_per_unit[] = {0, 0, 2560, 900};
// Metric Prusa Mendel with MakerGear geared stepper extruder!
//First axis_steps_per_unit[] = {80, 80, 3200/1.25, 1350};
// MakerGear Hybrid Prusa Mendel!
// Z axis value is for .9 steps; (if you have 1.8 steps for Z, you need to use 2278.7272)
//First axis_steps_per_unit[] = {104.907, 104.907, 4545.4544, 1407};

//// Endstop Settings
#define ENDSTOPPULLUPS // Comment this out (using // at the start of the line) to disable the endstop pullup resistors
// The pullups are needed if you directly connect a mechanical endswitch between the signal and ground pins.
//If your axes are only moving in one direction, make sure the endstops are connected properly.
//If your axes move in one direction ONLY when the endstops are triggered, set INVERT_ENDSTOP_INVERT to true here:
const bool X_ENDSTOP_INVERT = true;
const bool Y_ENDSTOP_INVERT = true;
const bool Z_ENDSTOP_INVERT = true;

// This determines the communication speed of the printer
#define BAUDRATE 115200
  
```

Figura N°59: Configuraciones del Sprinter

El valor que posee el extrusor por defecto es de 777.6 para poner el valor correcto se divide ese valor por la distancia real que se ha extruido (supongamos 107mm) y se la multiplicara por la distancia que se le dio para extruir (100mm), el valor resultante será el valor que se coloque en el parámetro.

Una vez que se ha corregido este valor, se deberá cargar nuevamente el firmware en el Arduino como se había hecho anteriormente.

Para probar que el valor introducido es válido, se realizara una nueva extrusión y se volverá a medir si el valor extruido coincide con el que se desea extruir, si esto sucede se habrá ajustado correctamente. (Ver figura N°60)



Figura N°60: Comparación de medidas

3.11. Montaje de la cama caliente

Planteando como objetivo final un producto que pueda imprimir una gran variedad de plásticos, la cama caliente será un elemento imprescindible. Si cuando se deposita el filamento fundido se hace sobre una superficie fría no tendrá una buena adhesión y terminara despegándose, también puede haber problemas por la gran diferencia entre el HotEnd y la cama.

Solo se podrá imprimir PLA sin utilizar la cama caliente, para el resto de los materiales será necesario

Para realizar este montaje se necesitaran los siguientes elementos (Ver Figura N°61):

- La cama caliente
- 1 Termistor (se recomienda usar uno de 100K)
- 4 Muelles

- 4 Tornillos de métrica 3
- Cable para el sensor de temperatura y cama caliente
- Cinta kapton (se utilizara para fijar el termistor)

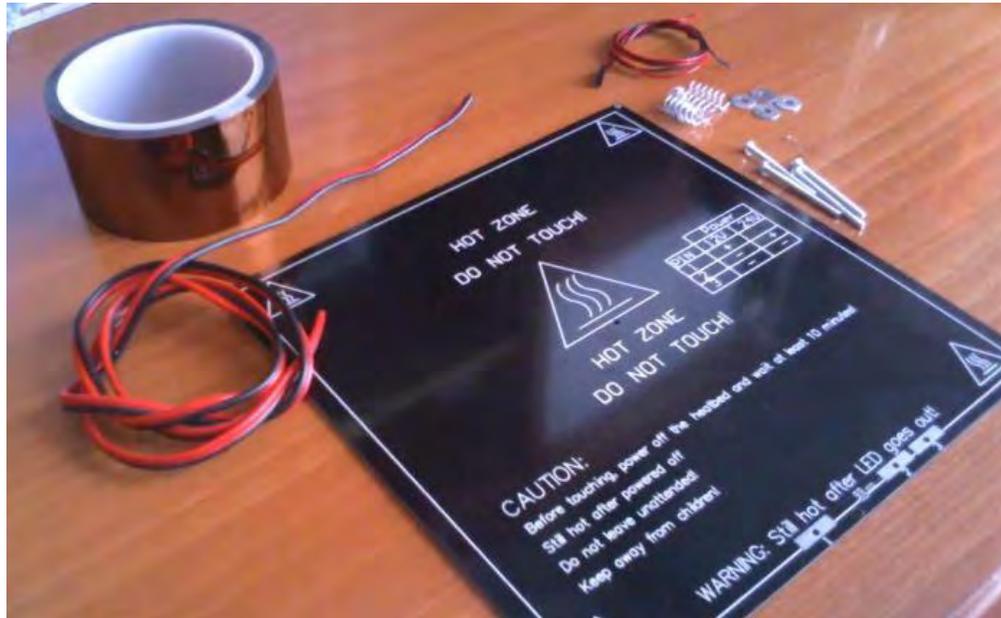


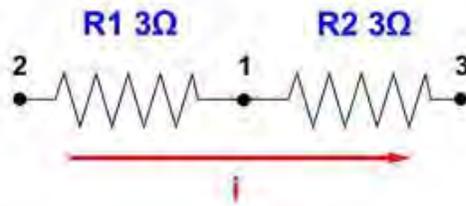
Figura N°61: Elementos necesarios para montar la cama caliente

Existen 2 grandes grupos en el mercado, las que poseen 2 puntos para la conexión de los cables (solo poseen un círculo resistivo) y las que tienen 3 puntos para la conexión de cables (poseen 2 círculos resistivos)

El primer grupo de cama caliente, solo requerirá que se suelden unos cables a sus dos terminales y la cama funcionara perfectamente, el segundo grupo de camas calientes se tendrá que conectar de una manera u otra según la fuente de alimentación que se use (de 12 o 24 V).

En el siguiente grafico se observan los dos tipos de configuración posible, en la primera se alimenta la cama caliente por los terminales 2 y 3, para esto se aplica entre estos dos puntos 24V. En la segunda configuración, se puntean los terminales 2 y 3, de esta manera las dos resistencias quedan en paralelo y dan una resistencia equivalente de 1,5 ohm a la que se le aplica 12 V, esto dará la misma potencia que la configuración anterior (Ver Figura N°62 y Figura N°63)

Configuración para 24v



$$i = 24/6 = 4A$$

$$P = V * I = 24 * 4 = 96w$$

Configuración para 12v



$$i = 12/1.5 = 8 A$$

$$P = V * I = 12 * 8 = 96w$$

Puentear el terminal 2 y 3, quedando una resistencia equivalente de 1.5 Ω

Figura N°62: Tipos de configuraciones para la impresora 3D



Figura N°63: Soldado de los cables en los terminales

Luego de soldar los cables de la cama caliente, se procede a unir el termistor. El termistor se coloca en el agujero central de la cama caliente, de esta manera estará en contacto con el cristal que se pondrá encima de la cama y la temperatura que registre será mas cercana a la superficie de impresión. (Ver Figura N°64)



Figura N°64: termistor y centro de cama caliente

Para que el montaje quede fijado, primero se aislaran los terminales del termistor con cinta kapton (de esta manera no se podrá producir cortocircuito entre ambas patillas), luego se pegara con la misma cinta el montaje directamente en la cama. (Ver Figura N°65, Figura N°66 y Figura N°67)

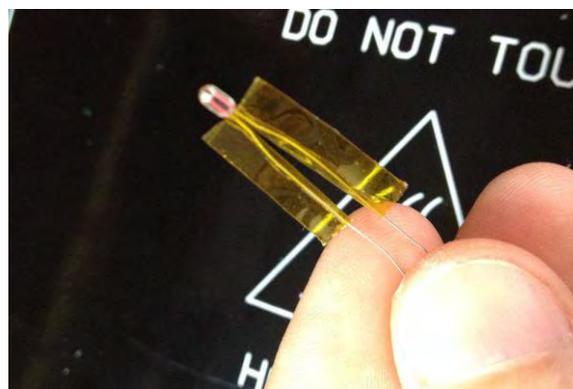


Figura N°65: Terminales del termistor con cinta Kapton



Figura N°66: Pegado del montaje a la cama.



Figura N°67: Termistor en el centro de la cama

Finalmente se pondrá la cama preparada en la base de la impresora, para esto será fijado el cable de alimentación a la ficha de empalme y seguidamente, serán colocados los 4 muelles con los 4 tornillos, quedando el montaje como en la imagen (Ver Figura N°68, Figura N°69 y Figura N°70)



Figura N°68: fijación de cables de alimentación a la ficha de empalme

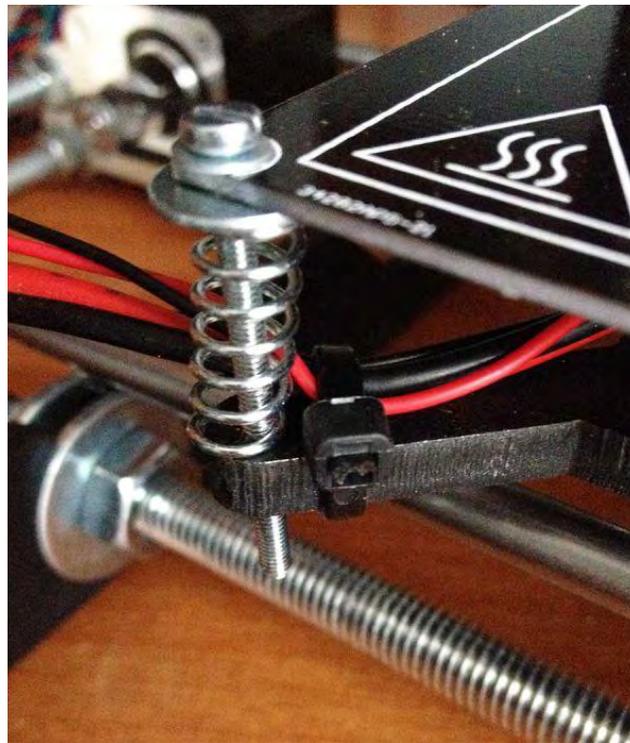


Figura N°69: Muelles colocados mediante tornillos



Figura N°70: Cama caliente montada a la base de la impresora

3.12. Montaje del HotEnd

En este apartado se montara el HotEnd a la impresora 3D. Este elemento es la parte final del extrusor, que se encargara de fundir el filamento y depositarlo sobre la superficie de impresión.

En este montaje se necesitara (ver figura N°71):

- 1 HotEnd
- 1 Resistencia de cartucho
- 1 Termistor de 100 K
- Cable de contacto del termistor
- 2 Tornillo de métrica 3 (para sujetar el HotEnd en el extrusor)

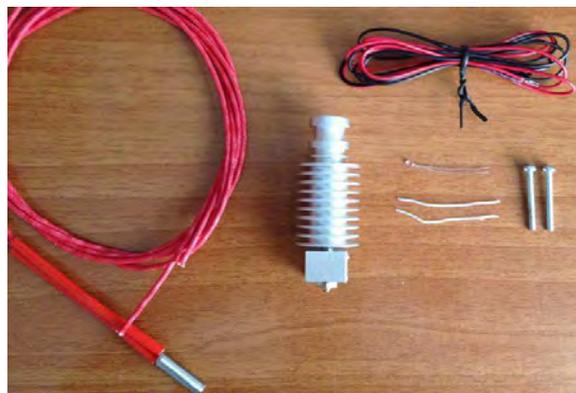


Figura N°71: Elementos necesarios para montar el HotEnd

Para montar este elemento en el extrusor solo se tendrá que poner en el HotEnd tanto la resistencia de cartucho y el termistor, una vez hecho esto solo se tendrá que acoplar en el orificio del extrusor utilizando los tornillos para fijarlo. (Ver Figura N°72, Figura N°73 y Figura N°74).

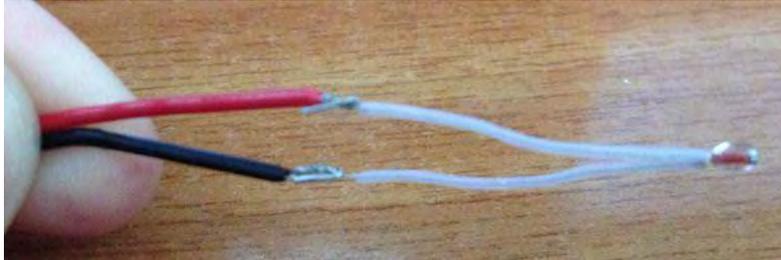


Figura N°72: unión de patas del termistor mediante cable.



Figura N°73: unión de resistencia de cartucho con termistor

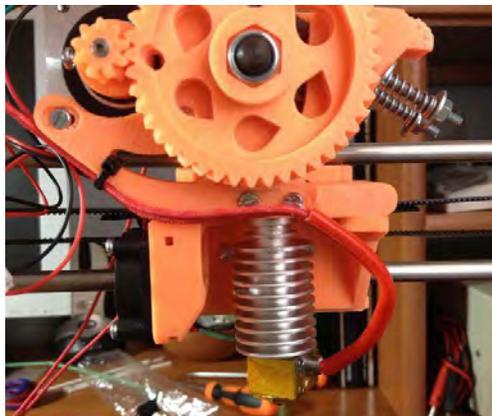


Figura N°74: unión de HotEnd con extrusor.

Luego de esto, se conectara la electrónica para comprobar que calienta adecuadamente. Para lograr esto se conectara la resistencia a la clema de la RAMP's D10, se alimentara la RAMP's por la misma clema por la que se alimentaban los motores. (Ver Figura N°75 y Figura N°76)

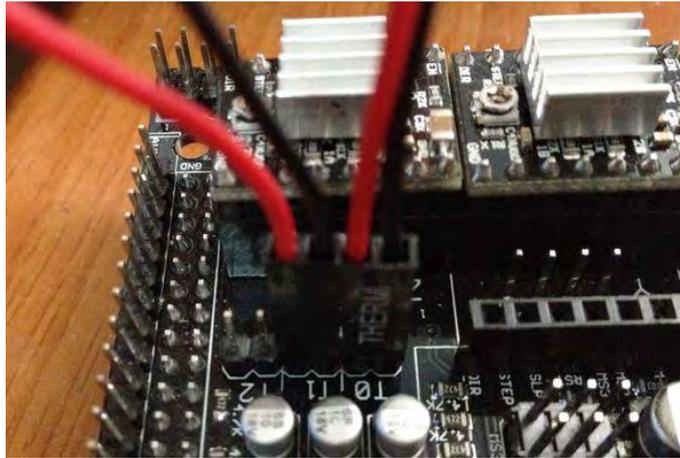


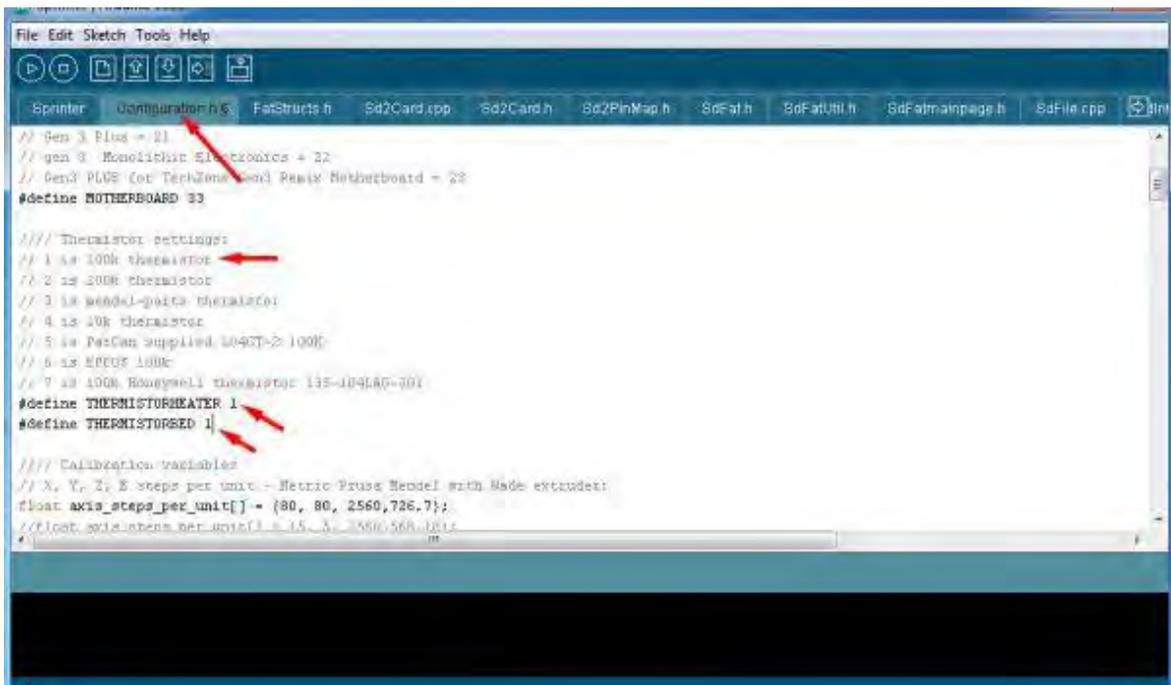
Figura N°75: alimentación de la RAMP's



Figura N°76: conexión de la electrónica para comprobar que el HotEnd caliente

Antes de conectar el Pronterface para comenzar a calentar y comprobar si funciona correctamente, habrá que configurar el firmware, esto es debido a que existen varios tipos de termistores y, dependiendo del que se utiliza, va a leer un valor de temperatura u otro, de esta manera medirá una temperatura errónea si no se encuentra bien configurado.

Para realizar la configuración se abrirá el entorno de Arduino y cargara el Sprinter, en la pestaña de configuración se podrán los parámetros “define THERMISTORHEATER” y “define THERMISTORBED” estos dos parámetros definen que tipo de termistor se tienen tanto en la cama como en el HotEnd. (Ver Figura N°77)



```
File Edit Sketch Tools Help
Sprinter Configurador.h Sd2Card.cpp Sd2Card.h Sd2PinMap.h SdFat.h SdFatUtil.h SdFatMainpage.h SdFile.cpp

// Gen 3 Plus = 21
// Gen 3 Monolithic Electronics = 22
// Gen3 PLUS (or TechZone Gen3 Revo) Motherboard = 23
#define MOTHERBOARD 33

//// Thermistor settings
// 1 is 100k thermistor
// 2 is 200k thermistor
// 3 is mendel-parts thermistor
// 4 is 10k thermistor
// 5 is PatMan supplied 104GT-2 100k
// 6 is MFCOF 100k
// 7 is 100k Honeywell thermistor 135-104LQ-101
#define THERMISTORHEATER 1
#define THERMISTORBED 1

//// Calibration variables
// X, Y, Z: E steps per unit - Metric Prusa Mendel with Made extruder:
float axis_steps_per_unit[] = {80, 80, 2560, 726.7};
//float axis_steps_per_unit[] = {15, 15, 2560, 568.081};
```

Figura N°77: Parámetros del Sprinter relacionados a los termistores

El termistor que se utilizara será de 100K (termistor más común), por tanto se asignara a ambos parámetros el número 1 en la configuración, luego de cambiado esto se cargara el firmware en el Arduino.

Una vez que se a configurado correctamente el firmware, se abrirá el Pronterface para comprobar que detecte la temperatura tanto de la cama como del HotEnd (que serán las temperaturas ambiente). (Ver Figura N°78)

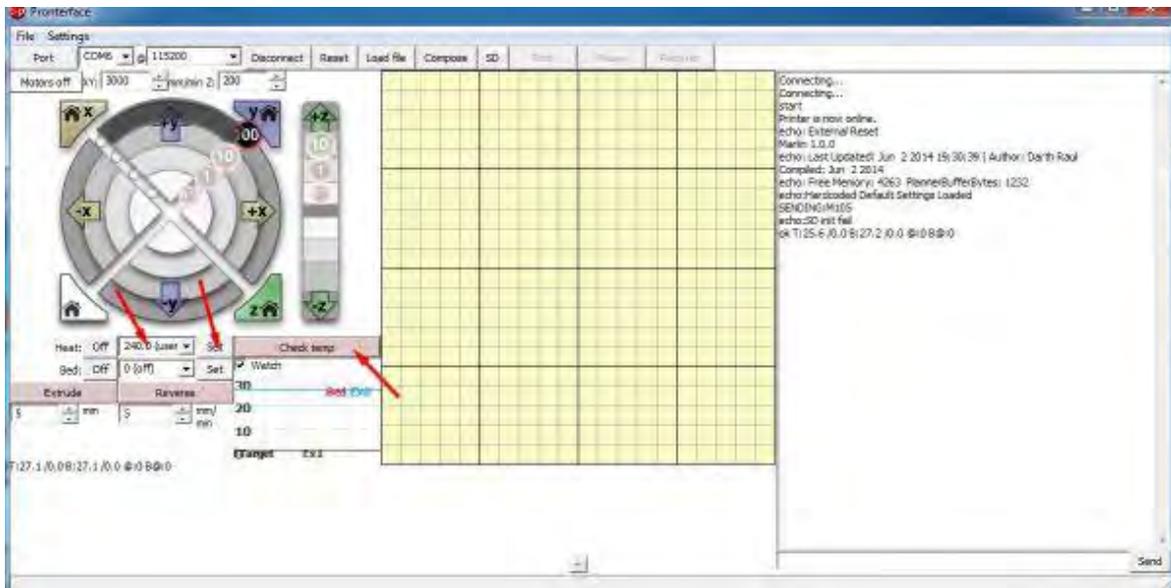


Figura N°78: detección de temperatura del Pronterface

Para comprobar que la resistencia del HotEnd funciona correctamente, se pondrá inicialmente a 200°, esto se hará en la pestaña “Heat” del Pronterface donde se indicara el valor 200 y el botón “Set” de esta manera la temperatura subirá rápidamente. Se podrá fundir un poco de plástico para terminar la prueba.

3.13. Finales de carrera

Este será el último elemento necesario para completar la electrónica de la impresora 3D. Los finales de carrera o “End Stop” se encargaran de determinar el inicio de impresión o el punto 0, 0, 0 en la impresora.

Para realizar el montaje se usaran los siguientes elementos (Ver Figura N°79):

- 3 Finales de carrera
- Soportes para finales de carrera
- Cables de conexión para finales de carrera

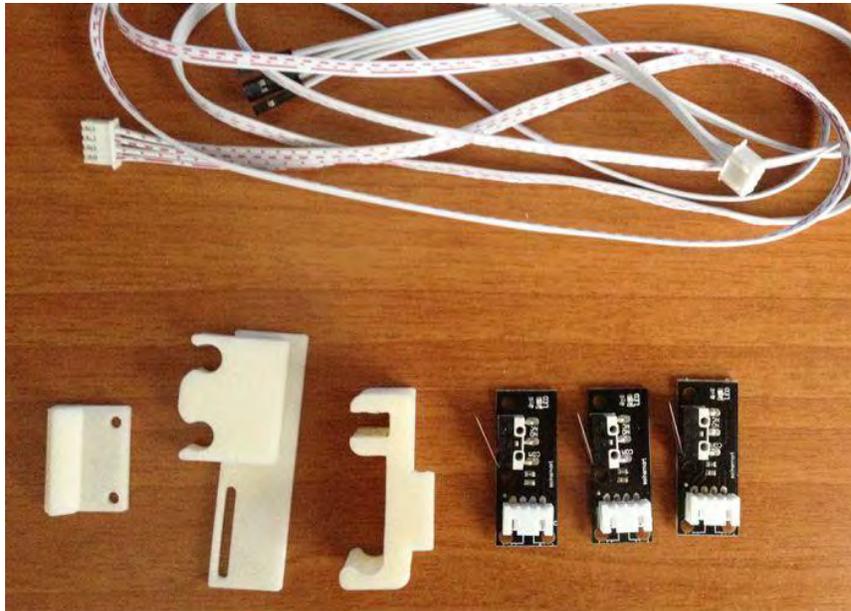


Figura N°79: elementos necesarios para montar los finales de carrera.

Como ya se ha explicado anteriormente existen 2 tipos de finales de carrera, los que forman parte de la placa y los que poseen 3 patillas para contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados. El modelo que se producirá utilizará los el primer tipo. (Ver Figura N°80)

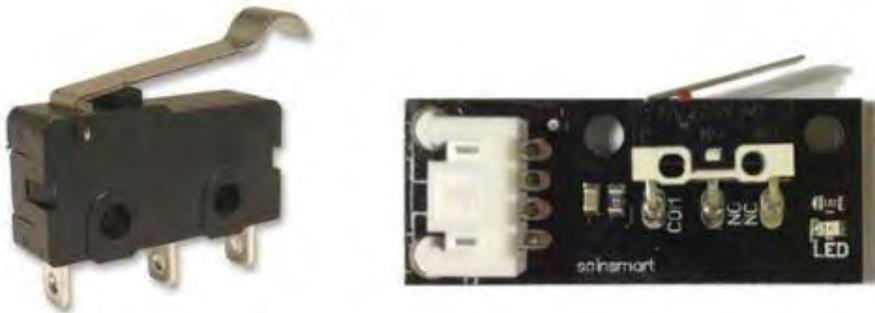


Figura N°80: Tipos de finales de carrera.

La conexiones se realizaran en normalmente abierto, de esta manera el interruptor estará normalmente abierto mientras no se pulse.

Para poder realizar la conexión de los finales de carrera se necesitaran 2 cables que irán directamente conectados a ellos. Los finales de carrera elegidos para este modelo forman una placa que traen 4 pines, sin embargo, los 2 pines centrales son para masa, otro para

final de carrera y el último se utiliza para la alimentación. Los que importaran en este caso serán el de señal y uno de los de GND. (Ver Figura N°81)

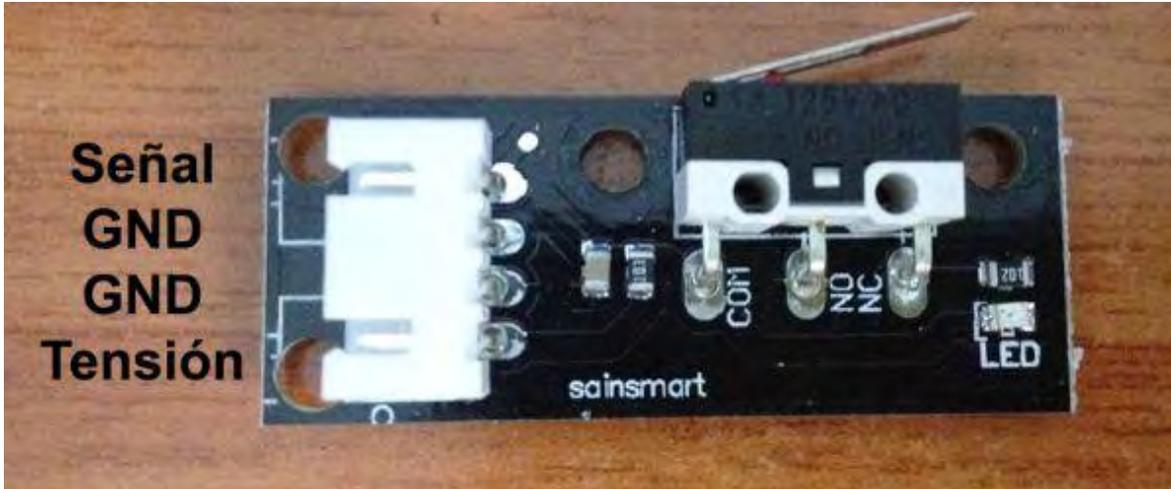


Figura N°81: pines de la placa formada por los finales de carrera

Este montaje solo requerirá colocar los soportes de final de carrera en la impresora y conectarlos a la RAM's. El montaje quedara como puede verse en la imagen. (Ver Figura N°82, Figura N°83 y Figura N°84)

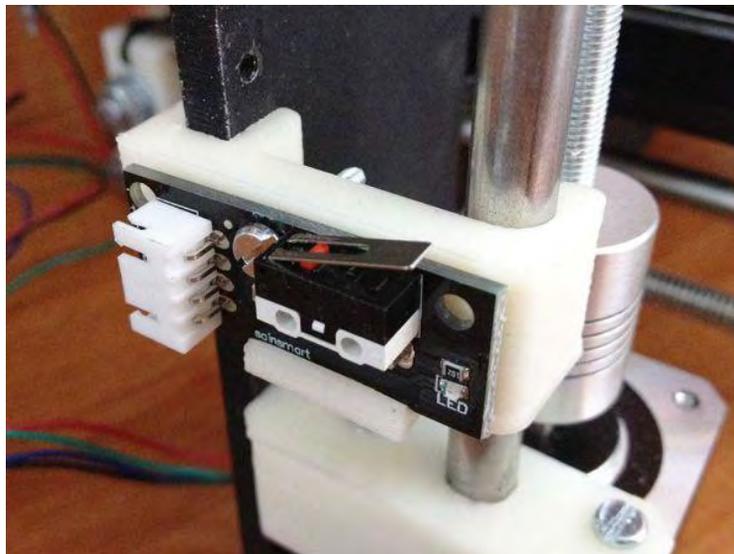


Figura N°82: Primer final de carrera montado

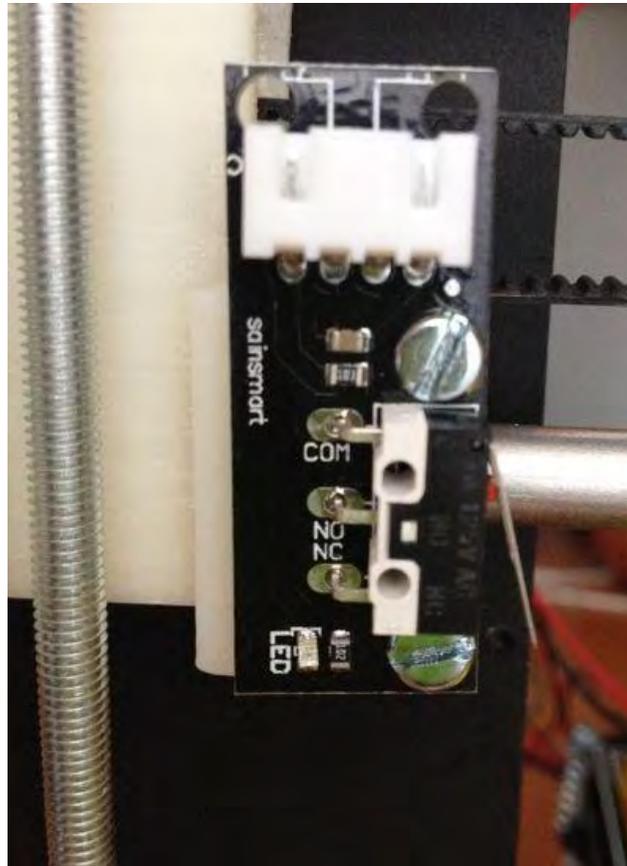


Figura N°83: Segundo final de carrera montado

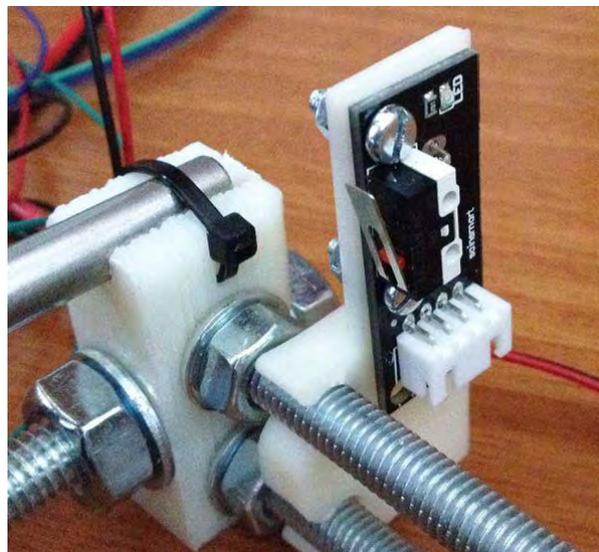


Figura N°84: Tercer final de carrera montado

3.14. Instalación del Firmware final (Marlin)

Una vez que se tengan todos los elementos de la electrónica conectados, se procederá a cargar el firmware final llamado Marlin. Esto no se ha hecho antes debido a que, de haberse hecho, no se podría haber manipulado los motores para ajustar el pololus. Esto sucede debido a que si Marlin no detecta que la temperatura del HotEnd es la adecuada o no detecta el sensor, no permitirá hacer la extrusión.

Para cargar el Marlin se requerirá el entorno de programación de Arduino en una versión actualizada (versión 1.0.5), esta versión puede descargarse en forma gratuita de la página oficial de Arduino.

Luego de poseer el Arduino actualizado y el Marlin, se procederá de la siguiente manera:

Primero se abrirá el entorno del Arduino y se conectara la electrónica, se seleccionara tanto la tarjeta que se está usando (Arduino Mega) como el puerto al que está conectado. (Ver Figura 85)

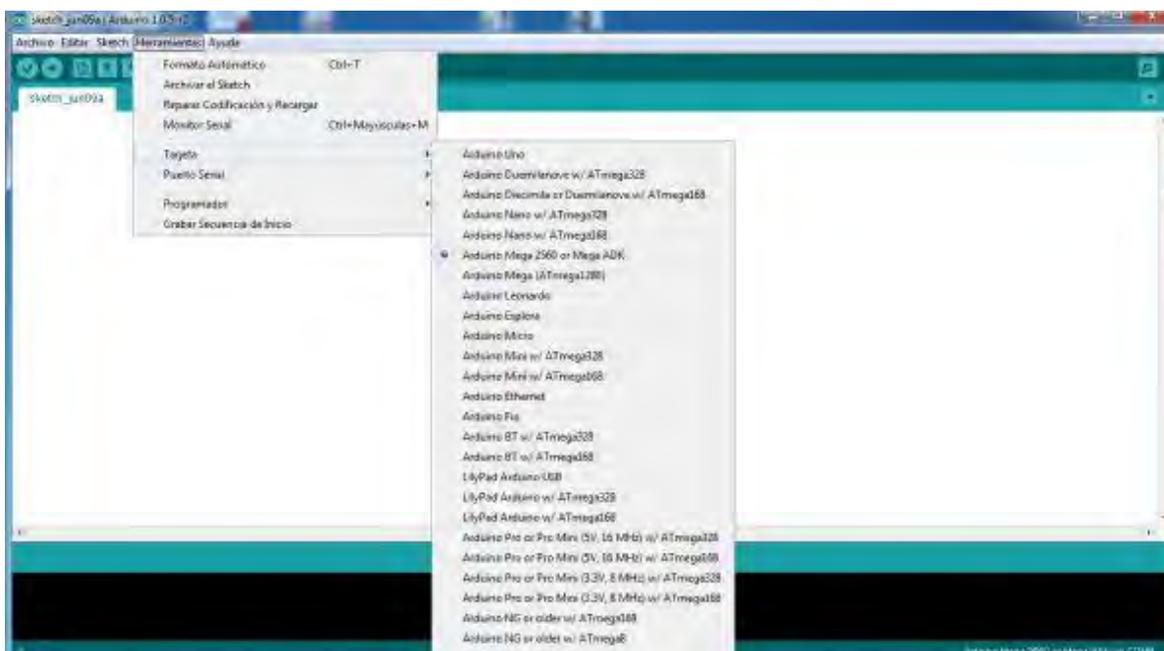


Figura N°85: Selección de la tarjeta y del puerto de conexión.

Una vez que se ha configurado la tarjeta y el puerto, se procederá a abrir el Marlin, para esto en la barra de herramientas en la pestaña Archivos/ abrir se buscara en la carpeta donde

se ha descargado el Marlin un archivo llamado “marlín.ino” una vez abierto aparecerá una nueva ventana. (Ver Figura N°86).

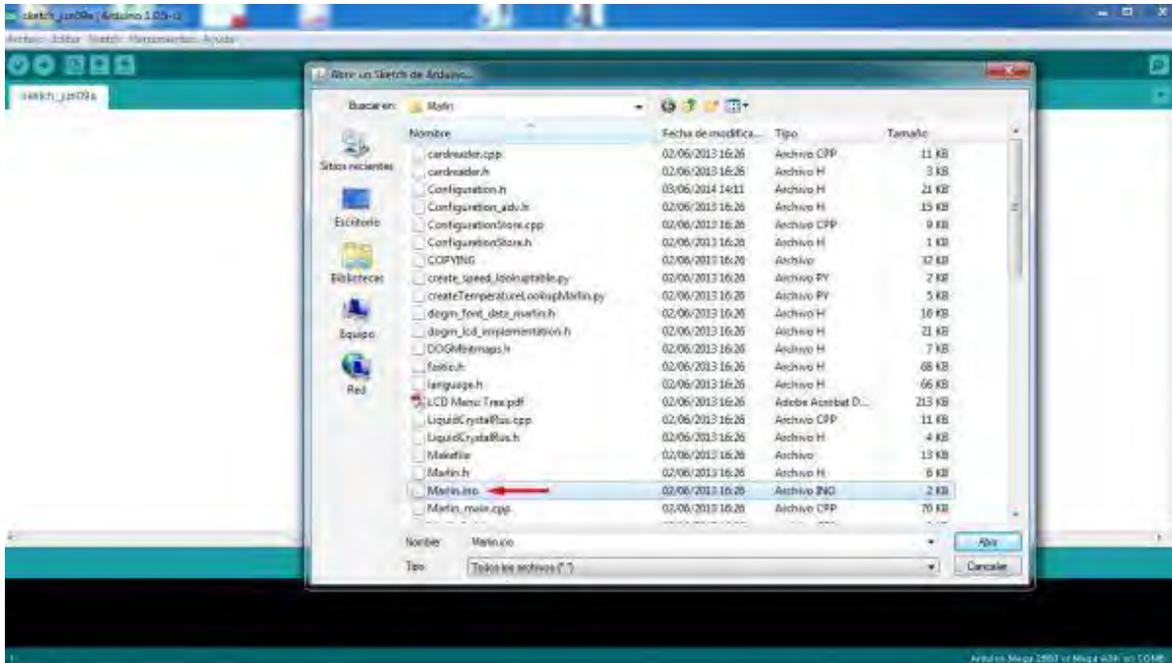


Figura N°86: Selección del archivo “marlín.ino”

De igual manera a como se procedió con el “Sprinter”, en la ventana de configuraciones se encontraran todos los parámetros que deben configurarse

Los primeros parámetros a configurar serán el tipo de placa y el número de extrusores. Como ya se ha dicho, se estará usando una RAMP’s 1.4 por lo que se le tendrá que asignar el numero 33 (numero que indica la lista de tarjetas), en el numero de extrusor se pondrá “1”, ya que solo contamos con un extrusor. (Ver Figura N°87).

Un parámetro importante es el “#define HEATER_MINTEMP”, este parámetro no se alterara y será el responsable de hacer que la impresora mande un mensaje de error cuando se intente calentar tanto el HotEnd como la cama caliente, cuando el sensor registra una temperatura inferior a la indicada en dicho parámetro, de esta manera evitara que se caliente. Esta es la razón por la que el entorno donde este la impresora deberá de estar a una temperatura mayor a este parámetro.

Otro parámetro importante será el que fijara el límite de la temperatura tanto del HotEnd como de la cama caliente. Esto, como ya se dijo, es importante ya que si el HotEnd no es completamente metálico, no podrá superar los 250°C debido a que, a dicha temperatura, se comenzara a fundir las partes plásticas del HotEnd. Por ello se deberá fijar un límite.

Se recomienda en el caso de los no “All Metal” un límite entre 250-260°C y en el caso de los totalmente metálicos un límite de 300° (Ver Figura N°89)

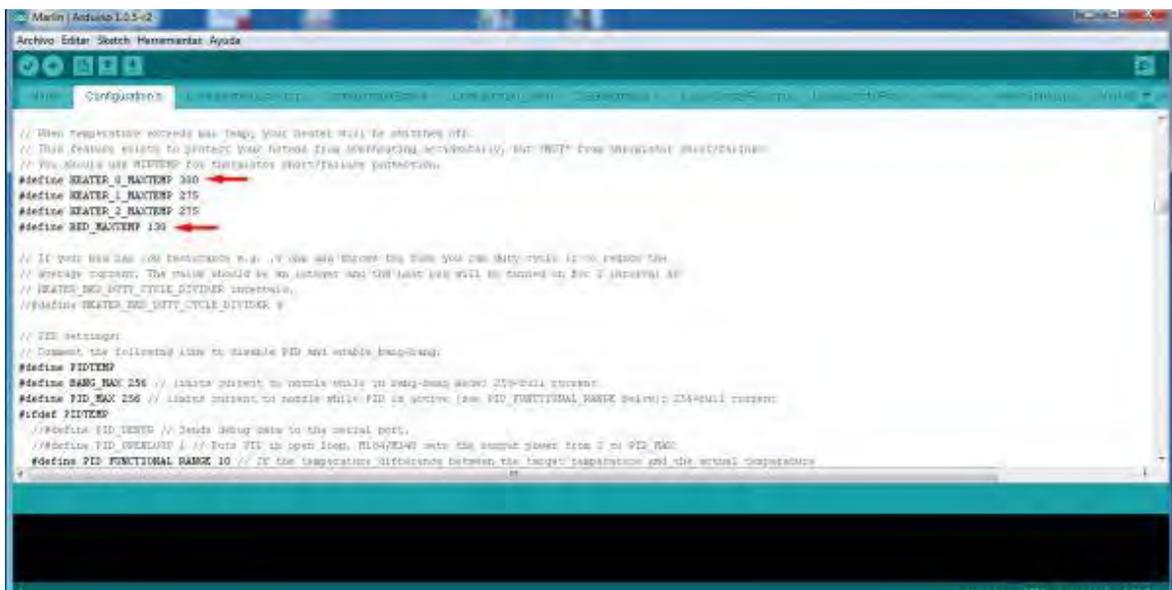


Figura N°89: Configuración de límites de temperatura

Mas bajo se encontraran otros parámetros que definirán la temperatura mínima de extrusión, “#define EXTRUDE_MINTEMP”, este parámetro cumple una función de seguridad impidiendo que la impresora imprima si el HotEnd no está a la temperatura indicada, esto protege al extrusor e impide imprimir en frio. (Ver Figura N°90)


```
Archivo: Editar: Sketch Herramientas Ayuda
Configuración

// The following are needed if you want to use a microstepping driver between the signal and driver pins.
#define X_ENDSTOPS_INVERTING + false // Set to true to invert the logic of the endstops
#define Y_ENDSTOPS_INVERTING + false // Set to true to invert the logic of the endstops
#define Z_ENDSTOPS_INVERTING + false // Set to true to invert the logic of the endstops.
//define VISUALIZE_MAX_STEPDOWN

// The following are used to enable/disable the stepper drivers, with (enabling/disabling) the I
#define X_ENABLE_ON 0
#define Y_ENABLE_ON 0
#define Z_ENABLE_ON 0
#define E_ENABLE_ON 0 // For all extruders

// Disable stepper drivers after a certain amount of time.
#define DISABLE_X true
#define DISABLE_Y true
#define DISABLE_Z true
#define DISABLE_E false // For all extruders

// Invert the stepper direction. Change 'true' to 'false' if the motor on a different stepper does not rotate
#define INVERT_X_DIR false // For stepper set to X axis, for stepper set to Y axis
#define INVERT_Y_DIR false // For stepper set to X axis, for stepper set to Z axis
#define INVERT_Z_DIR true // For stepper set to X axis, for stepper set to Z axis
#define INVERT_X0_DIR false // For stepper set to X axis, for geared stepper set to false
#define INVERT_X1_DIR false // For stepper set to X axis, for geared stepper set to false
#define INVERT_X2_DIR false // For stepper set to X axis, for geared stepper set to false
```

Figura N°91: Configuración de final de carrera y movimientos de ejes.

Los últimos valores que se encontraran y modificaran antes de cargar el firmware, son los que pueden verse en la imagen más abajo, el primero delimita el área de impresión y el segundo configuran los pasos que deberán dar los motores para moverse una unidad. (ver figura N°92)

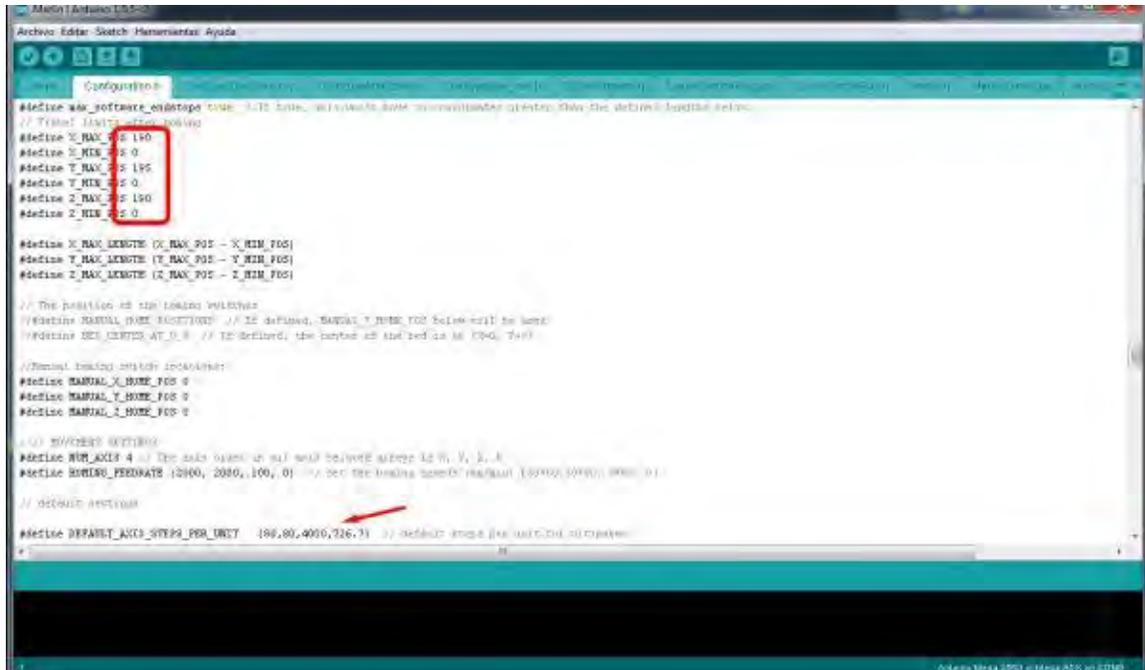


Figura N°92: Configuración de área de impresión y pasos del motor.

Para realizar la configuración del primer valor se medirá el recorrido de los ejes, desde que tocan el final de carrera hasta el otro extremo, por seguridad se le restaran algunos milímetros.

Para configurar los pasos por milímetros de los motores, se hará de forma similar a como se hizo en el extrusor, pudiendo poner el mismo valor.

Para el eje Z, los pasos por milímetro van a depender de los pasos el motor, la resolución que se le indique a los pololus con los “jumpers” y el paso de rosca de la varilla.

La fórmula que se deberá emplear es:

$$\text{Paso por mm} = (\text{Pasos del motor por vuelta} \times \text{micro pasos del pololu}) / (\text{paso varilla})$$

Usando un motor tipo NEMA 17, se tendrán 200 pasos por vuelta, la resolución del pololu o micro pasos del pololu con los 4 “jumpers” será de 16 y los pasos de una varilla de métrica 5 será de 0,8 mm. Esto nos dará:

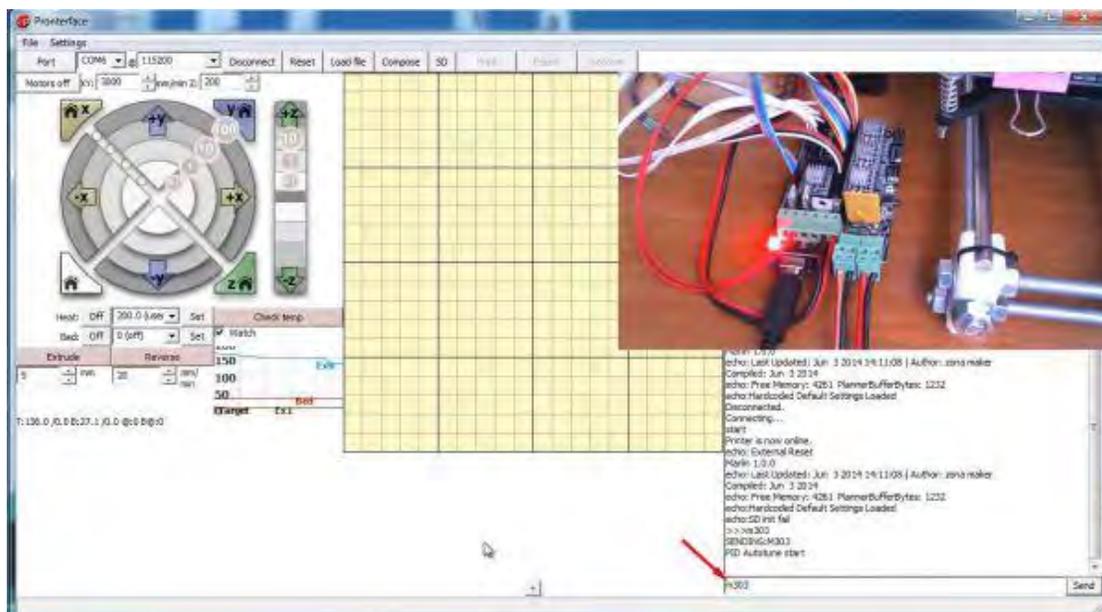
$$\text{Paso por mm} = 200 \times 16 / 0.8 = 4000$$

Ese valor será el que se le pondrá al parámetro, si por el contrario se usara una varilla métrica 8 se pondría 2560.

Para los ejes X e Y, se abrirá el Pronterface y se moverán los ejes 100 mm, luego se medirá la distancia real que se han movido. Se dividirá al valor que aparece en las casillas de los respectivos ejes con el valor medido y se lo multiplicara por el valor que se le ordeno avanzar a los ejes, el resultado será el valor que se le deberá colocar en la configuración de los ejes.

3.15. Configuración del PID

El PID es un controlador programado en el Arduino y que deberá ser configurado para que la regulación de temperatura sea lo más precisa posible, para esto se abrirá el Pronterface y se ejecutara el comando “m303” (para esto se escribirá este comando directamente sobre la consola del pronterface y dándole a ejecutar) (Ver Figura N°93)



FiguraN°93: Ejecución del comando “m303”

Una vez que se ha ejecutado el comando, comenzara a subir la temperatura del HotEnd y el programa comenzara a activar y desactivar de manera automática la alimentación examinando cómo evoluciona la temperatura. De esta manera va a comprobar la inercia térmica del HotEnd y después de esto, el programa dará unos valores (Kp, Ki y Kd) que serán introducidos en el firmware para asegurar que el HotEnd calienta adecuadamente y no posee grande oscilaciones de temperatura. (Ver Figura N°94 y Figura N°95)

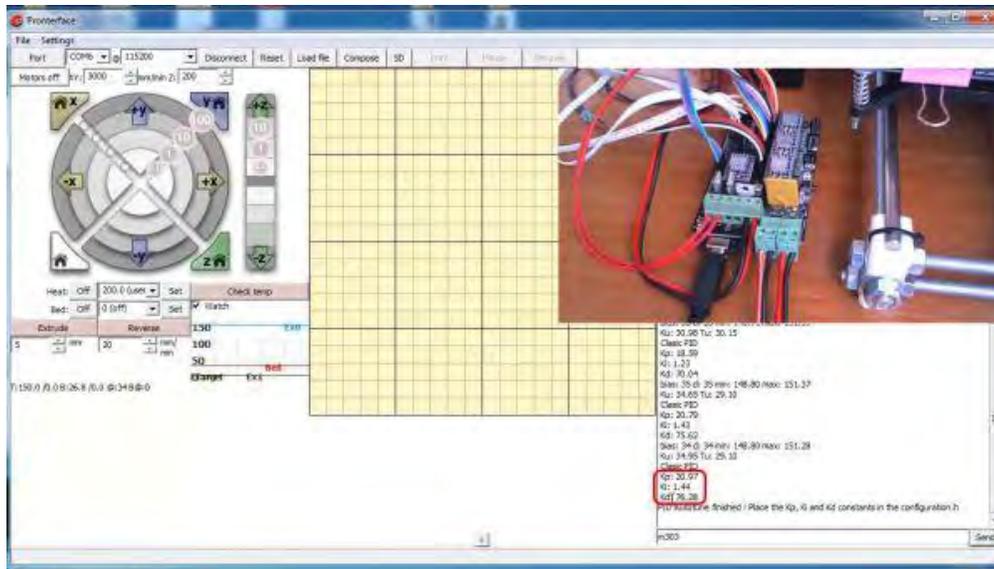


Figura N°94: Valores Kp, Ki y Kd entregados por el programa

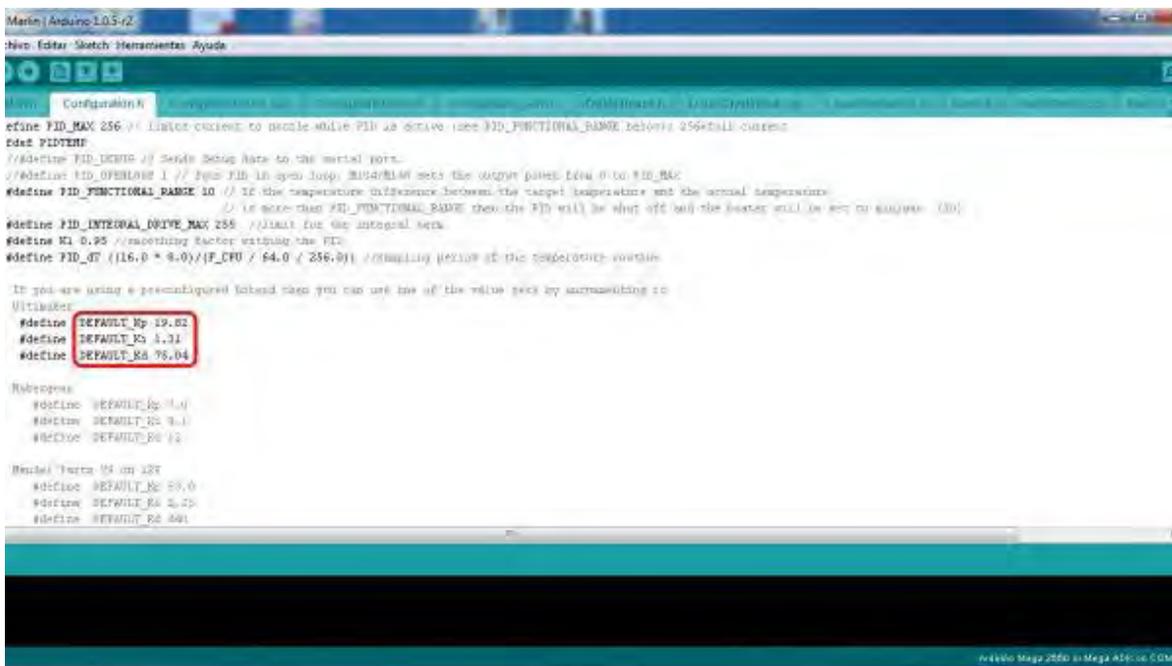


Figura N°95: Introducción de los valores KP, Ki y Kd en el firmware.

3.16. Últimos ajustes e la impresora 3D

Una vez que se tiene la estructura, la electrónica montada, el firmware definitivo está cargado en el Arduino y totalmente configurado, se realizarán unos últimos ajustes antes de realizar la primera impresión.

1. Fijar la electrónica al marco y colocar los cables.

Se deberá fijar al marco de la impresora la electrónica, para esto se podrán usar desde bridas hasta tornillos, se deberá tener especial cuidado que ninguna parte metálica toque la electrónica ya que, si esto ocurre, existe la posibilidad de ocasionar un cortocircuito y dañar el equipo (ver figura N°96 y figura N°97)

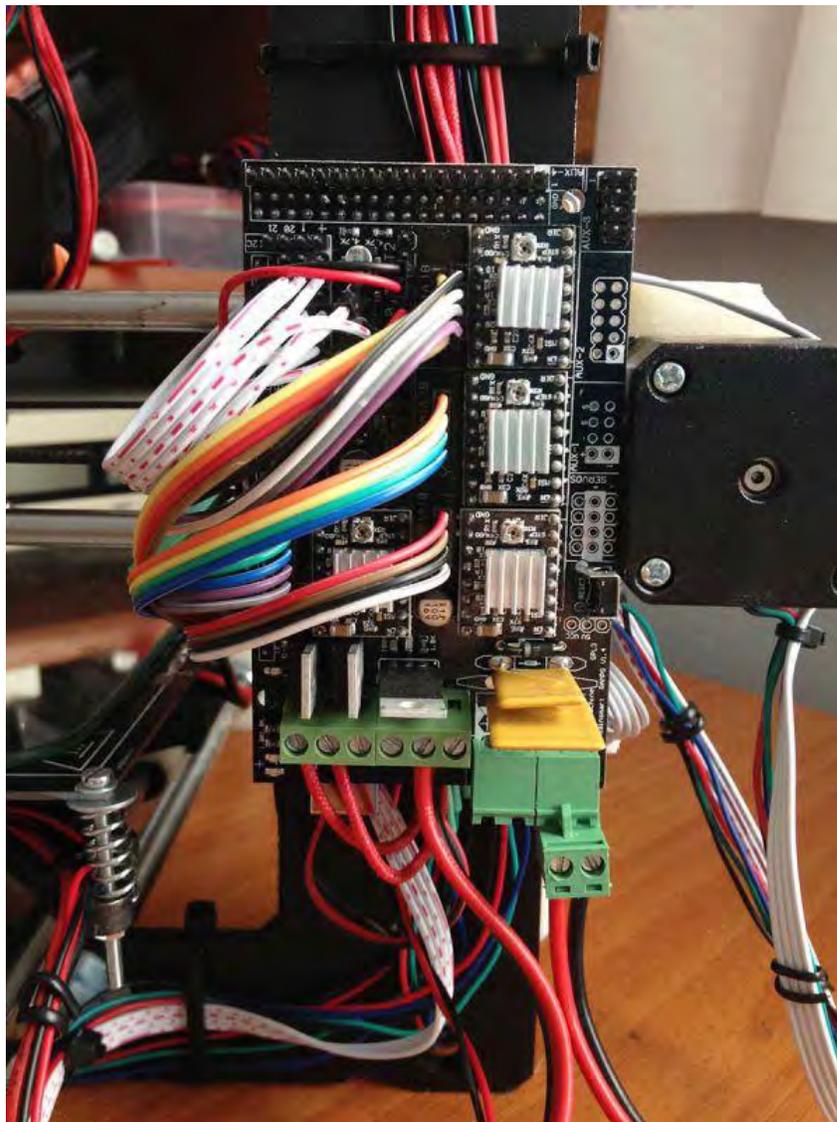


Figura N°96: Electrónica fijada al marco.

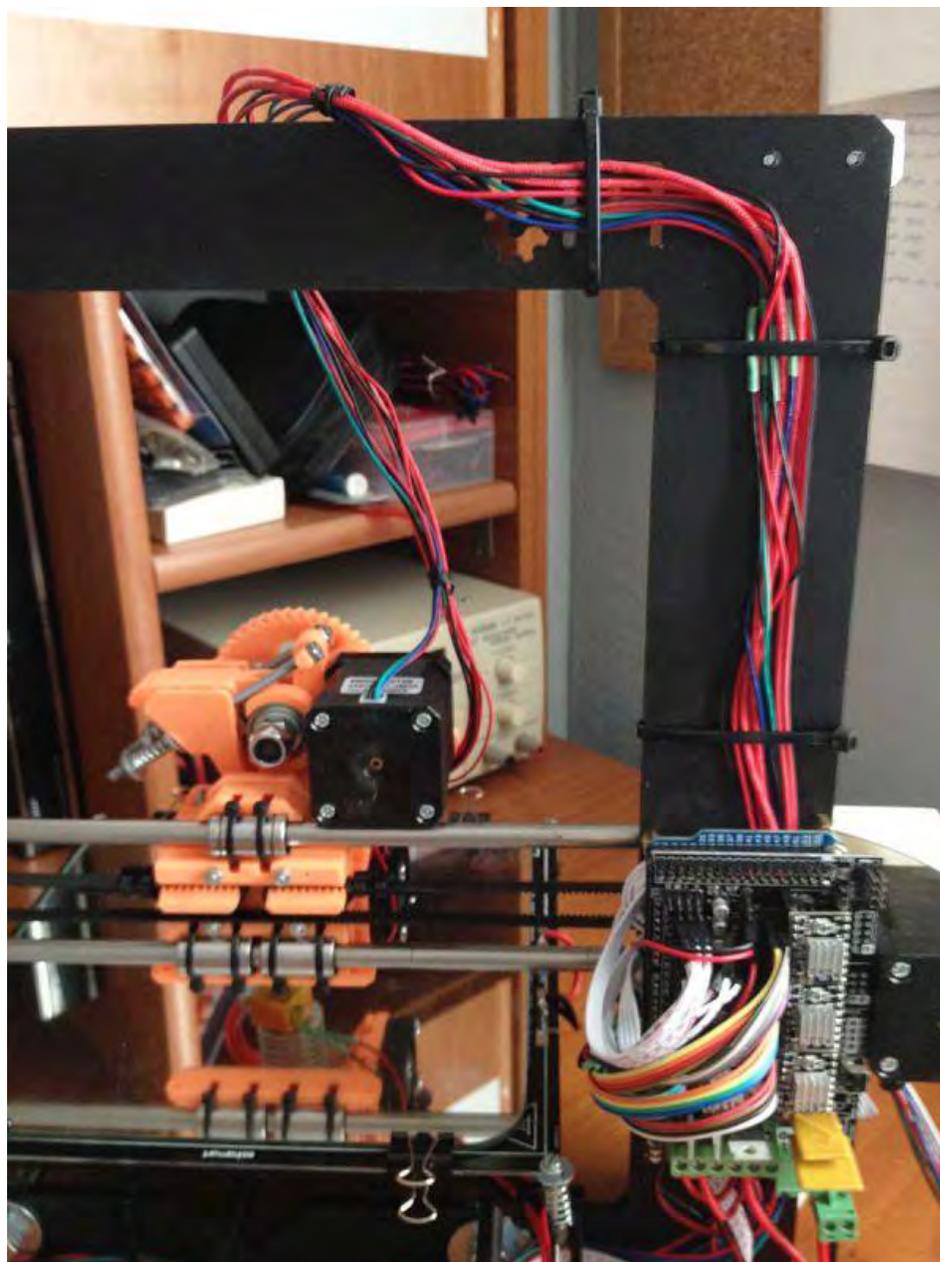


Figura N°97: Las bridas sirven de apoyo y ninguna parte de la electrónica está en contacto con el metal.

Otro punto que se deberá tener en cuenta es que la RAMP's no esté en contacto con el motor del eje X, ya que se ubica muy pegado a este y el carro podría golpear la placa al subir o bajar y romperla, otra posibilidad es que toque el botón de reset y reseteando la impresión.

Los cables se colocaran de manera ordenada por medio de bridas o cinta, asegurándose que los cables que van a la cama y al carro tengan suficiente recorrido para que ambos puedan llegar a los extremos sin tirar de los cables.

2. Ajustar y revisar la mecánica.

Luego de haber finalizado de montar la impresora se comprobara que al mover la cama el HotEnd pueda llegar a los puntos límite de la misma, es decir, que aproveche la totalidad del recorrido en Y. Si esto último no se cumple simplemente se desplazara la cama y fijara con la tuerca que une la base con el marco.

Se lubricaran las partes móviles de la impresora, para esto se utilizara aceite que se aplicara en las varillas lisas y se engrasara la varilla roscada de métrica 5 que sube y baja el eje Z (Ver Figura N°98)

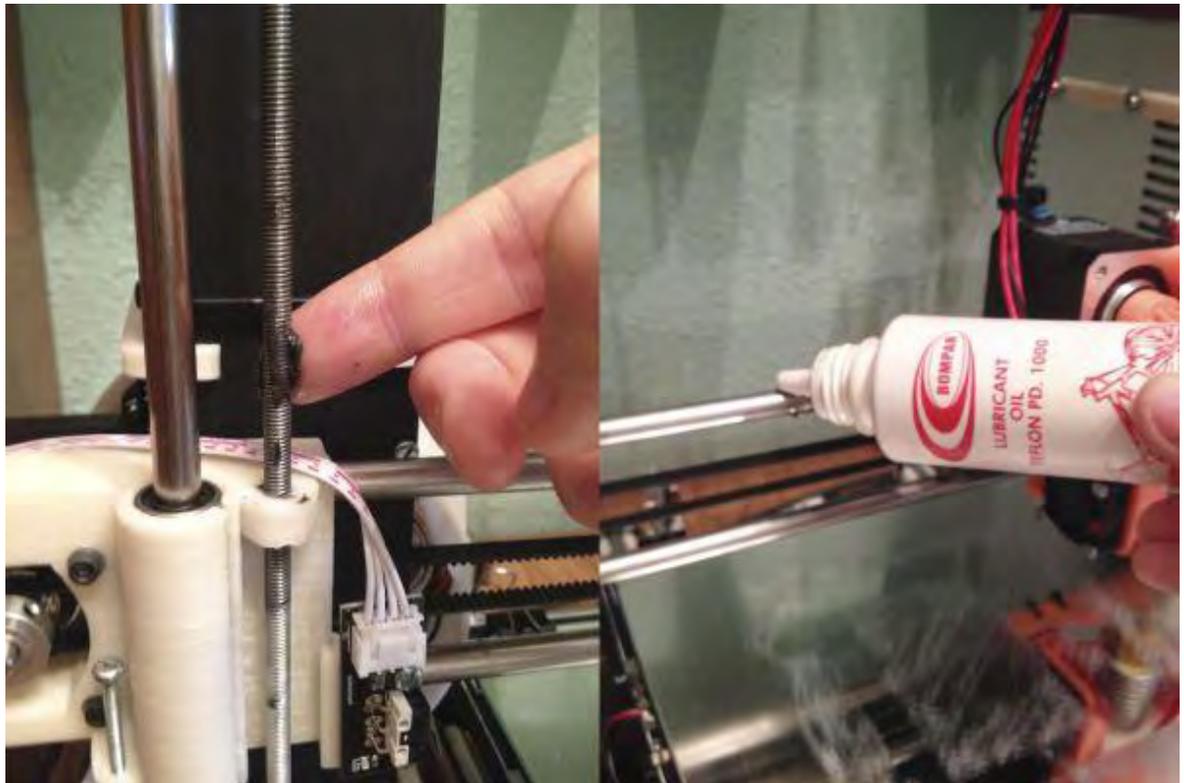


Figura N°98: Lubricación de partes móviles de la impresora

3. Ajuste de la cama caliente

Nivelar la cama caliente será el último ajuste que deberá hacerse para imprimir sin problemas. Esto se hace para que siempre se tenga la misma distancia entre la superficie de impresión y la boquilla del HotEnd

Para esto se moverá el extrusor, de tal forma que la boquilla del HotEnd quede situada justo en el centro de la cama caliente y cuando este en esta posición se hará un “Homing” del eje Z (esto significa ir al punto inicial del eje donde toca el final de carrera).

El “homing” podrá hacerse mediante el Pronterface pulsando los botones de las esquinas (Ver figura N°99)

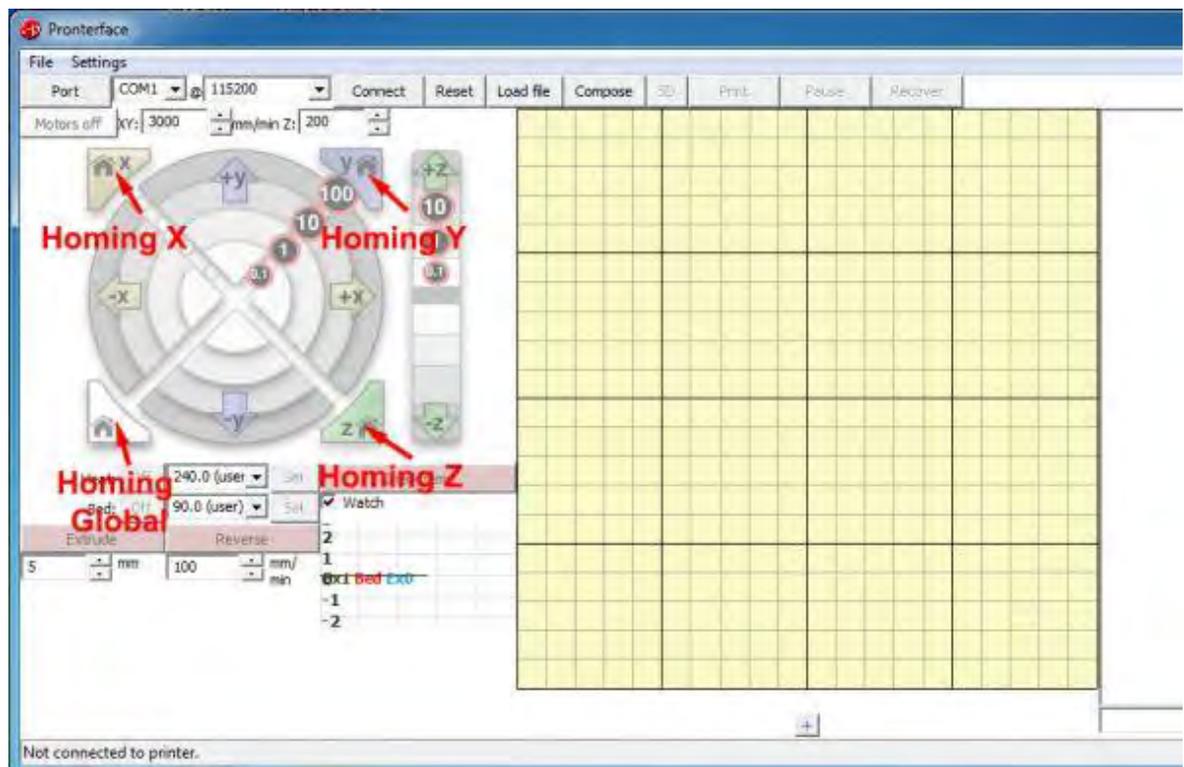


Figura N°99: Botones utilizados para hacer “homing” en el Pronterface

La distancia óptima entre la superficie de impresión y la boquilla del HotEnd se obtendrá cuando entre ambos se pueda introducir una hoja de papel de manera que roce un poco. (Ver Figura N°100)

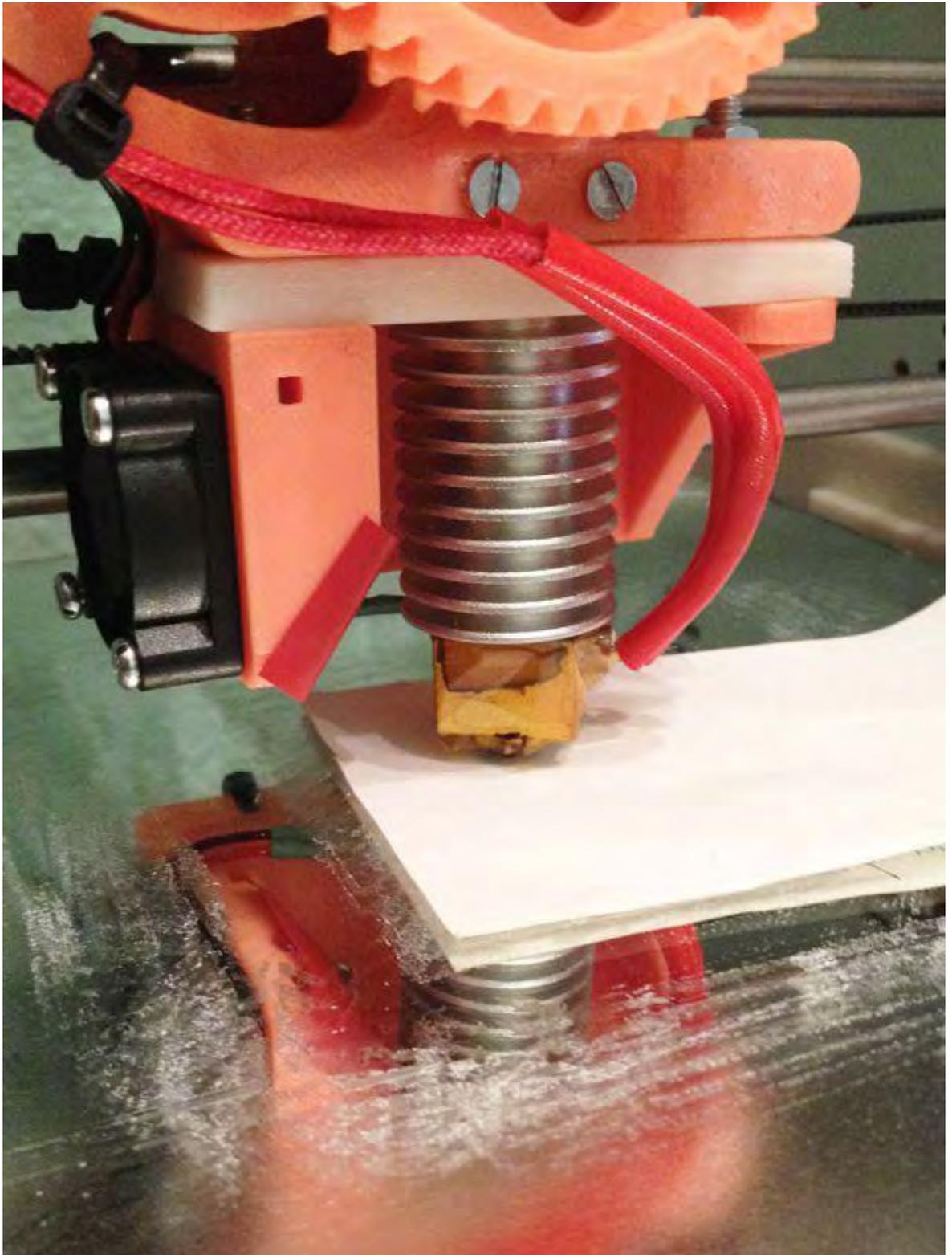


Figura N°100: Distancia optima entre superficie de impresión y boquilla del HotEnd.

Luego de que se ha calibrado la altura del tornillo, se nivelara la cama para que todos los puntos se encuentren a la misma altura, para esto se pondrá el extrusor en una esquina, se hará “homing” del eje Z y se regulara el tornillo que la cama caliente tiene en esa esquina, de esta manera quedara la distancia suficiente para pasar la hoja de papel. Se procederá de igual forma en todo el resto de las esquinas.

Una vez que se termine de calibrar los tornillos de la cama, se fijaran los tornillos en esta posición mediante tuercas por debajo de la cama, de esta forma no se desajustaran tan fácilmente. (Ver Figura N°101)

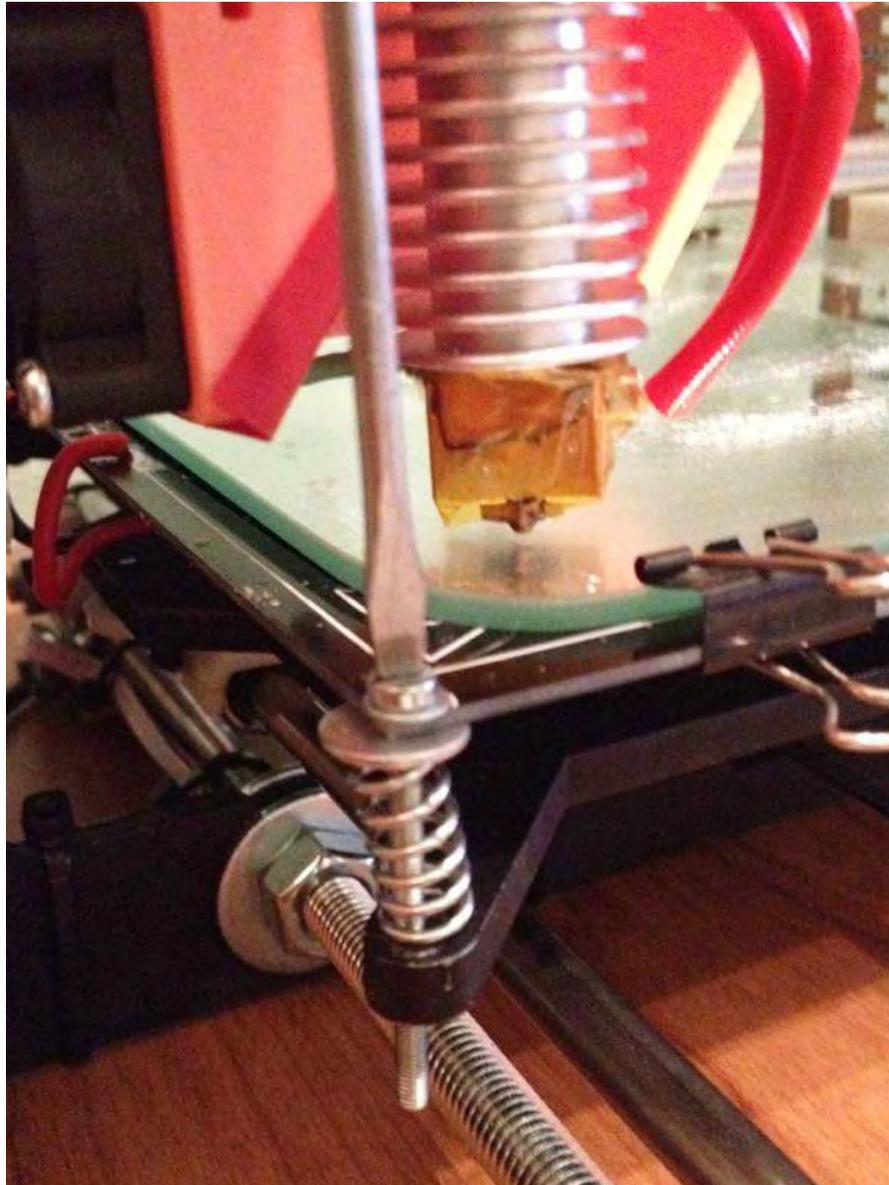


Figura N°101: Nivelación de la cama caliente.

3.17. Primera impresión

Se realizara la primera impresión para corroborar que todo funciona correctamente. Para esto se utilizaran plásticos naturales, es decir plásticos sin color del tipo ABS o PLA, esto se hará para, en caso de tener algún problema, descartar que sea por el filamento.

Para realizar la primera impresión de prueba se hará una figura sencilla como una ficha. Dicha figura puede descargarse e introducirse en la memoria de la impresora (Ver Figura N°102 y Figura N°103)

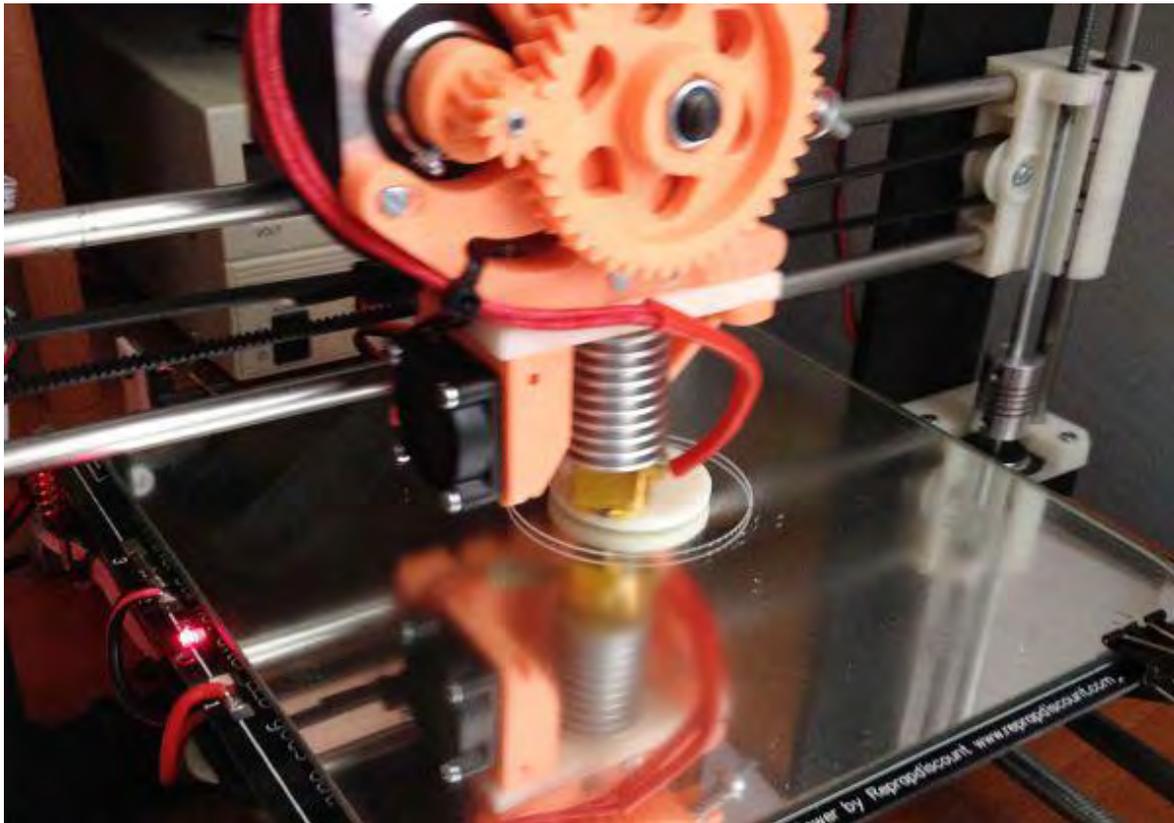


Figura N°102: Impresora realizando la ficha

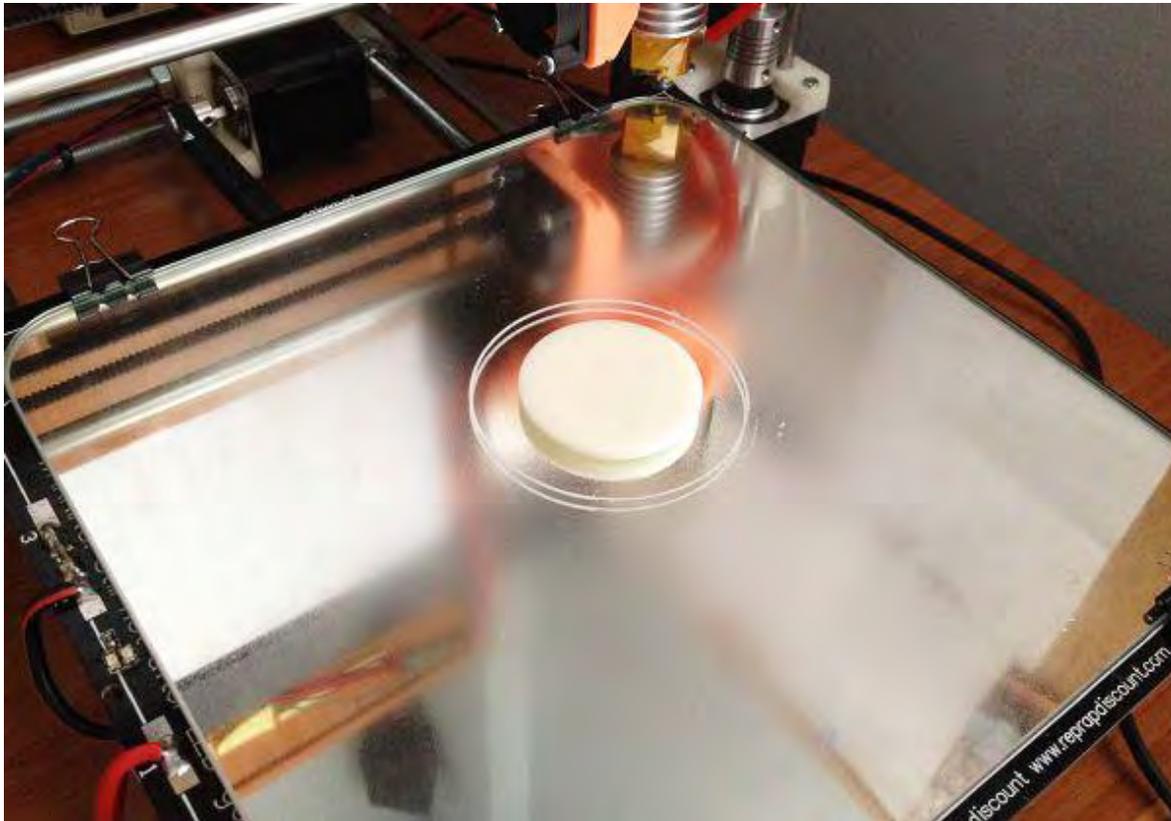


Figura N°103: Impresora con ficha finalizada

Para realizar la impresión pueden utilizarse muchos programas, entre los que destacan el “Cura y “Repetier-Host” utilizando slicer como laminador (tanto el “Cura” como el “Repetier-Host” pueden descargarse en forma gratuita). “Cura” es muy sencillo de utilizar y suele recomendarse para dar los primeros pasos en el mundo de la impresión 3D. “Repetier-Host” con “Slicer” es recomendable para hacer impresiones de calidad y complejas. Finalmente se habrá finalizado la construcción de la impresora (Ver Figura N°104)

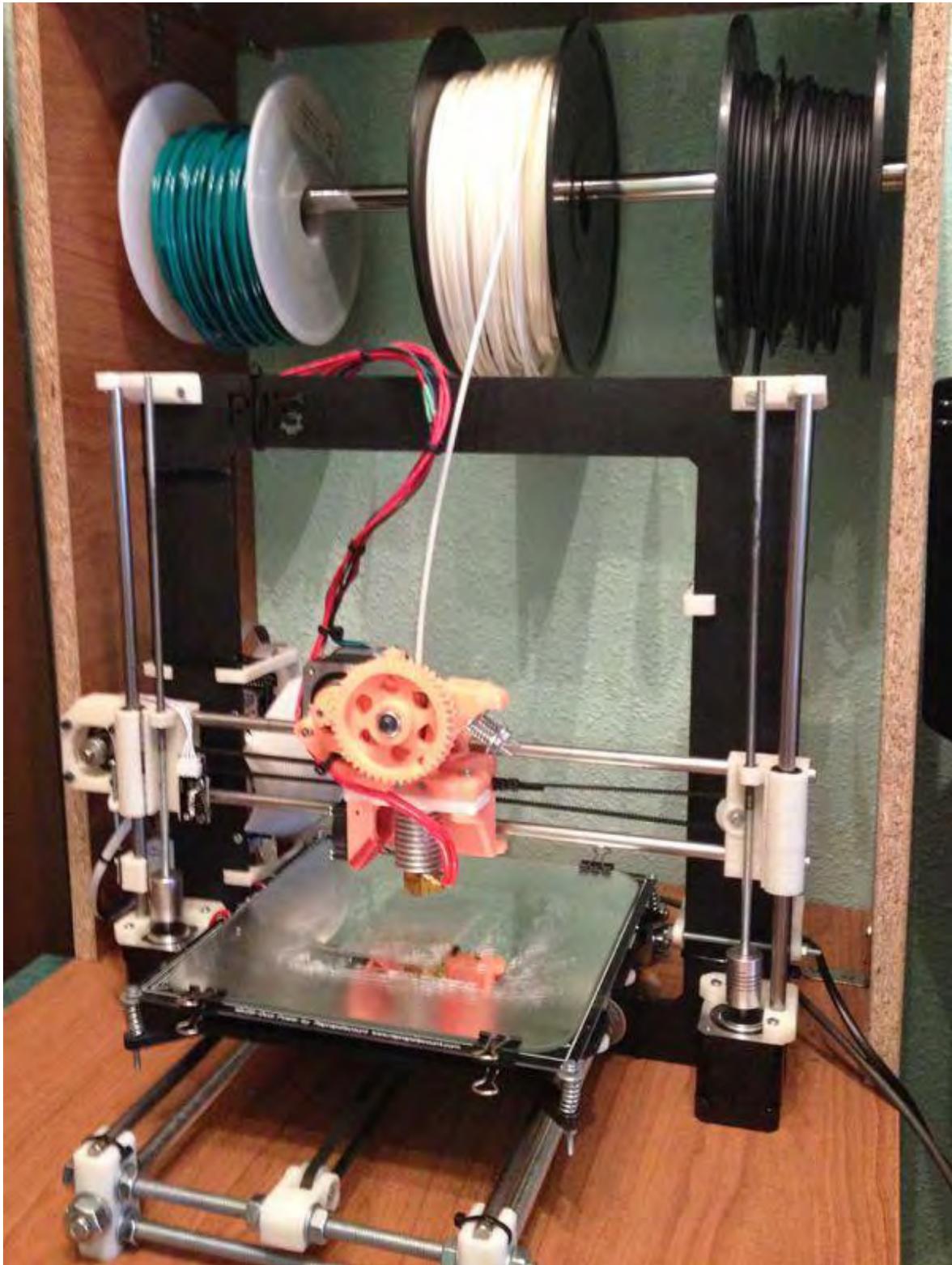


Figura N°104: Impresora 3D finalizada

Una vez que se haya montado la impresora y funcione correctamente se podrán imprimir todas las piezas no metálicas que fueron utilizadas desde <http://www.thingiverse.com>

3.18. Diagrama de flujo del proceso de producción de la impresora

En base a lo expuesto en detalle a lo largo del capítulo puede hacerse un diagrama de flujo que resuma y ordene los pasos que deberá realizar el operario para producir la impresora 3D. Consultando con una empresa de capital que realiza dichas impresoras, el tiempo estimado es de entre 4 a 8 hs el armado y unos 2 días para la calibración dependiendo el modelo. (Ver Figura N°105, Figura N°106, Figura N°107, Figura N°108 y Figura N°109)

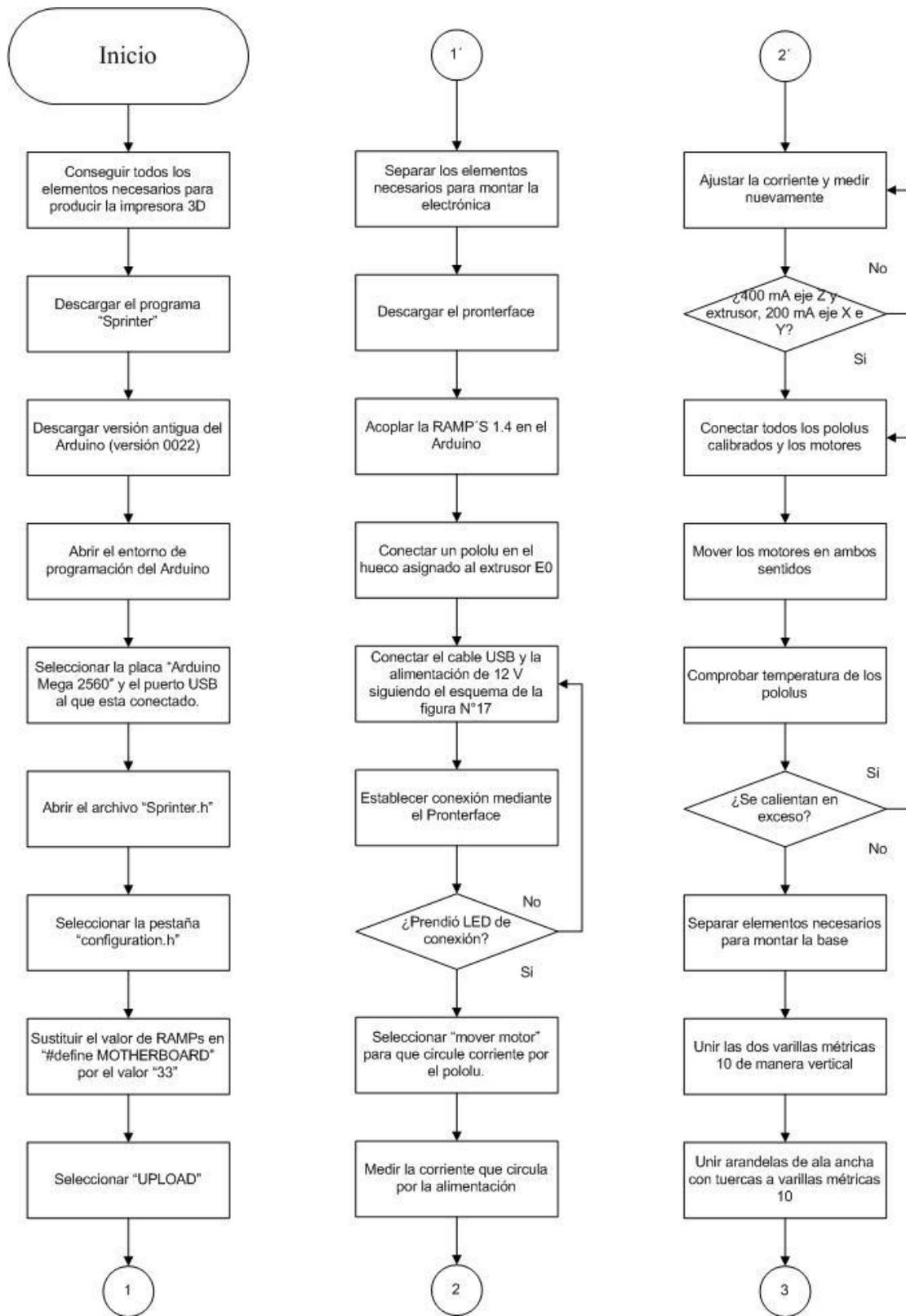


Figura N°105: Diagrama de flujo para la producción de impresora 3D (primera parte).

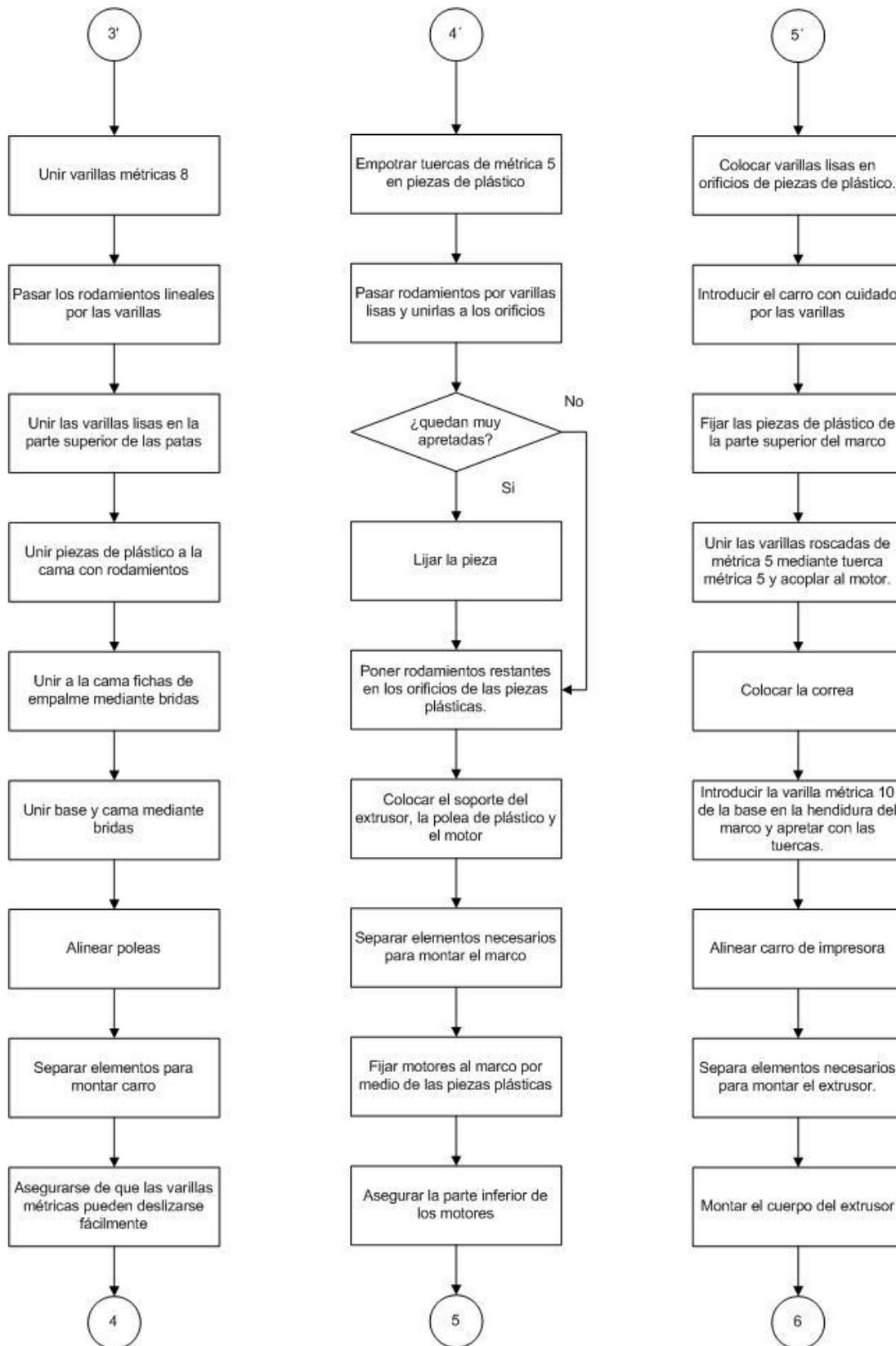


Figura N°106: Diagrama de flujo para la producción de impresora 3D (segunda parte).

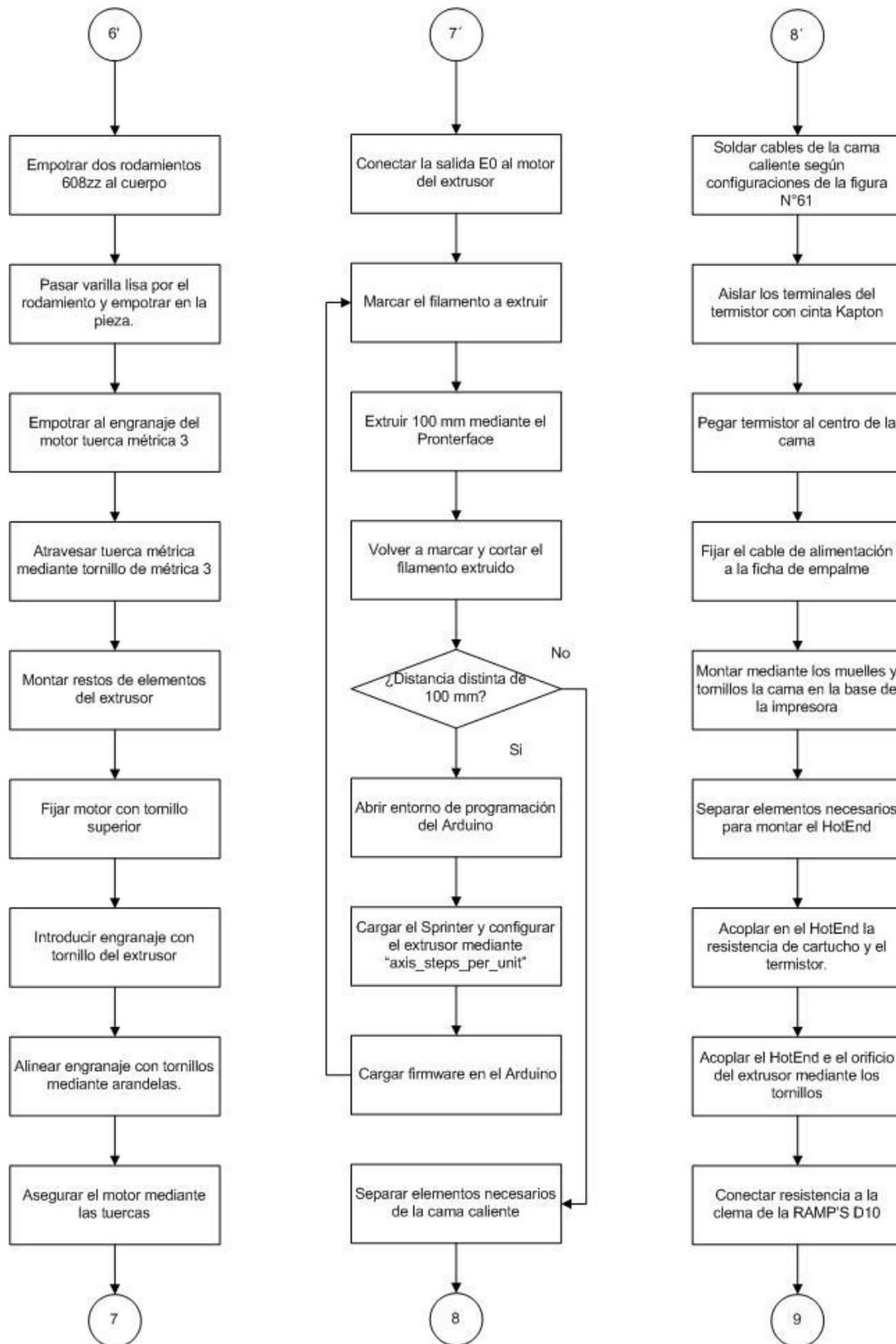


Figura N°107: Diagrama de flujo para la producción de impresora 3D (tercera parte).

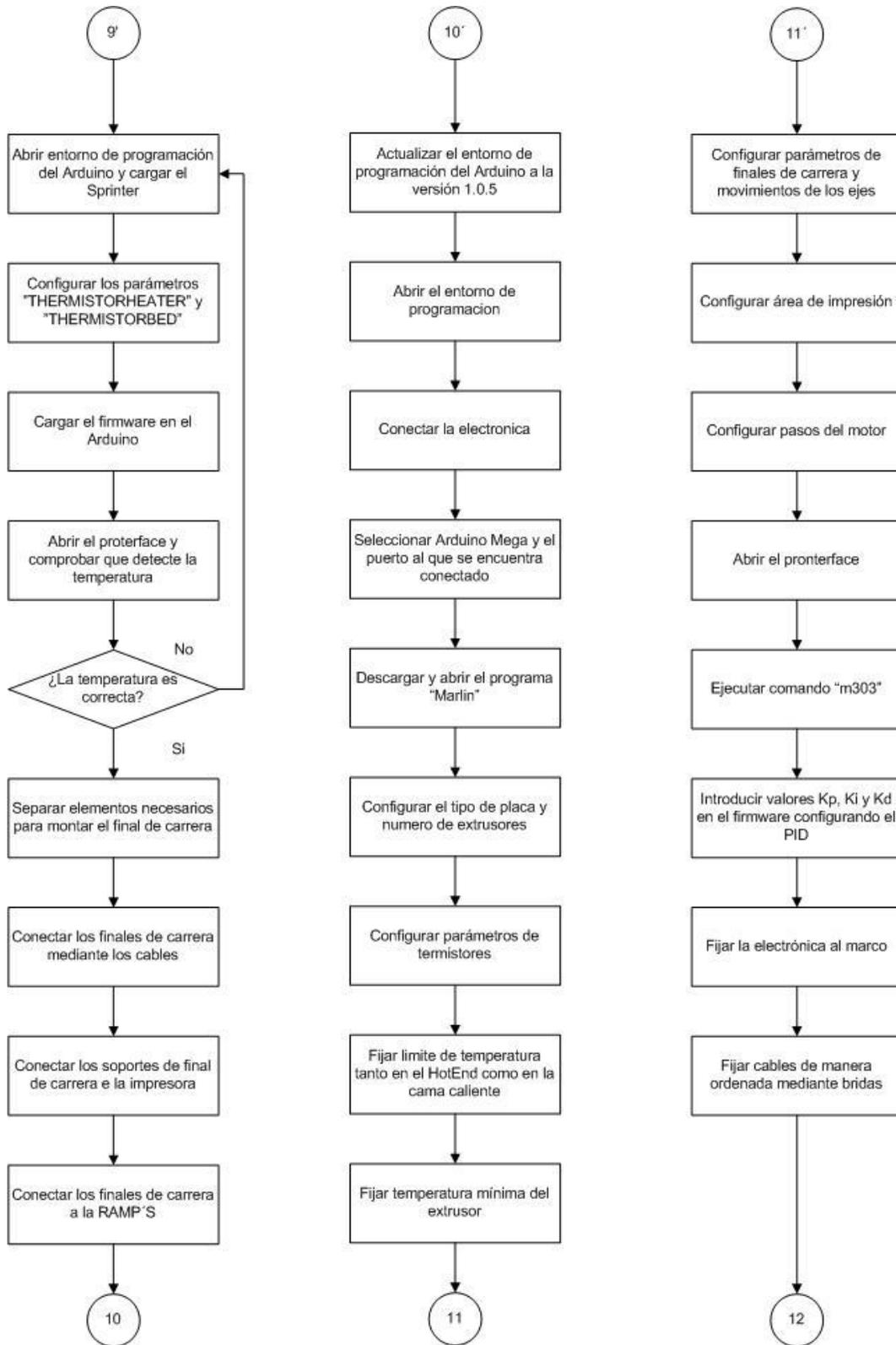


Figura N°108: Diagrama de flujo para la producción de impresora 3D (cuarta parte).

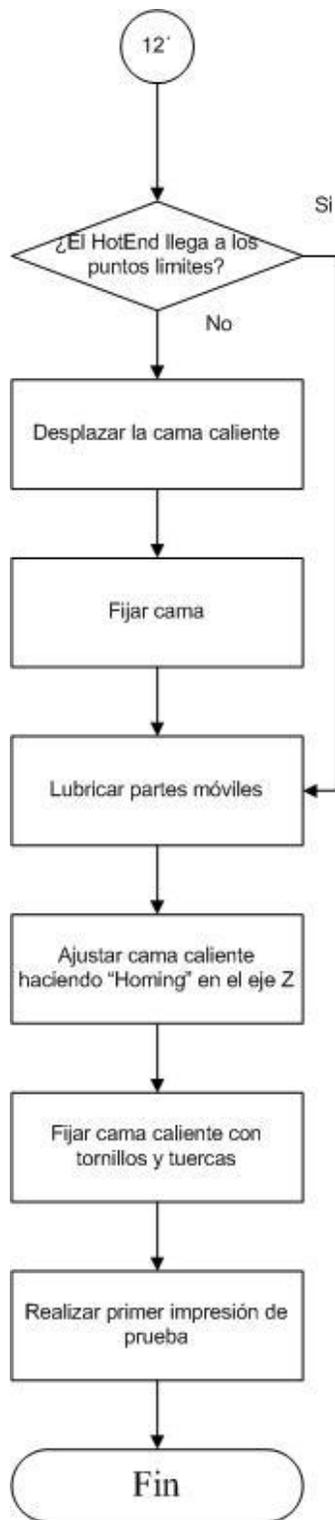


Figura N°109: Diagrama de flujo para la producción de impresora 3D (quinta parte).

Análisis económico y puesta en marcha

4. Estudio económico y puesta en marcha del micro emprendimiento

Ya hemos determinado nuestros potenciales compradores y estimado como variarían en el tiempo, determinado quienes serán nuestros proveedores, precio al que vende la competencia y los pasos necesarios para ensamblar la impresora 3D y hacerla funcional en un tiempo estimativo. En esta última parte teniendo todos los datos recolectados anteriormente se determinará cuál será la inversión necesaria, el TIR, el VAN y el periodo de recupero del proyecto. También se determinará donde será emplazado y se recomendarán todos los elementos necesarios para llevar a cabo el emprendimiento.

4.1. Resumen de los datos recolectados a lo largo del trabajo

La impresora con la que se competirá en precio y prestaciones será la ofrecida por la empresa “insumos 3D” a un valor de \$15.200.

El precio al que se venderá el producto será de \$10.000.

Los compradores serán aproximadamente los siguientes:

Ingenieros: 1027 con aumento anual de 128.

Arquitectos: 1071 con aumento anual de 154.

Diseñadores: 240 con aumento anual de 329.

El tiempo de ensamble es de entre 4 y 8 hs con 2 días para la calibración.

4.2. Ubicación del emprendimiento

Para llevar a cabo el emprendimiento se realizó una lista con las ofertas de alquileres en el radio de la Ciudad de La Plata en donde se evaluaron las distancias hacia las facultades donde se comercializarán las impresoras 3D, precio y ubicación (Ver cuadro N°43). El espacio no es un problema ya que no se requieren grandes dimensiones.

Cuadro N°43: Oferta de alquileres detallada en el radio de la Ciudad de La Plata

Opción	Ubicación	Tipo	precio	dimensiones	Distancia a facultad de ingeniería	Distancia a facultad de arquitectura	Distancia a facultad de bellas artes
1	11 entre 60 y 61	Departamento	\$4800	49 m ²	Aprox 23 cuadras	Aprox 26 cuadras	Aprox 3 cuadras
2	45 entre 6 y 7	Departamento	\$2600	30 m ²	Aprox 7 cuadras	Aprox 10 cuadras	Aprox 17 cuadras
3	70 entre 15 y 16	Departamento	\$3100	34 m ²	Aprox 37 cuadras	Aprox 40 cuadras	Aprox 16 cuadras
4	75 entre 10 y 11	Departamento	\$5500	62 m ²	Aprox 37 cuadras	Aprox 40 cuadras	Aprox 16 cuadras
5	20 entre 70 y 71	Departamento	\$4000	55 m ²	Aprox 42 cuadras	Aprox 45 cuadras	Aprox 21 cuadras
6	15 entre 62 y 63	Departamento	\$3000	37 m ²	Aprox 29 cuadras	Aprox 32 cuadras	Aprox 8 cuadras
7	4 entre 46 y 47	Departamento	\$5200	40 m ²	Aprox 3 cuadras	Aprox 6 cuadras	Aprox 18 cuadras
8	60 entre 2 y 3	Departamento	\$4500	59 m ²	Aprox 14 cuadras	Aprox 17 cuadras	Aprox 6 cuadras
9	21 entre 32 y 33	Departamento	\$3500	40 m ²	Aprox 34 cuadras	Aprox 37 cuadras	Aprox 41 cuadras
10	60 entre 2 y 3	Departamento	\$3700	42 m ²	Aprox 14 cuadras	Aprox 17 cuadras	Aprox 6 cuadras
11	12 entre 35 y 36	Departamento	\$4100	42 m ²	Aprox 22 cuadras	Aprox 25 cuadras	Aprox 29 cuadras
12	12 entre 44 y 45	Departamento	\$3300	35 m ²	Aprox 13 cuadras	Aprox 16 cuadras	Aprox 20 cuadras
13	55 entre 3 y 4	Departamento	\$5900	85 m ²	Aprox 10 cuadras	Aprox 13 cuadras	Aprox 10 cuadras
14	56 y 10	Departamento	\$4500	71 m ²	Aprox 18 cuadras	Aprox 21 cuadras	Aprox 7 cuadras
15	3 entre 23 y 24	Departamento	\$6500	95 m ²	Aprox 25 cuadras	Aprox 28 cuadras	Aprox 42 cuadras
16	50 entre 4 y 5	Departamento	\$6500	90 m ²	Aprox 6 cuadras	Aprox 9 cuadras	Aprox 14 cuadras
17	70 y 7	Departamento	\$2900	45 m ²	Aprox 29 cuadras	Aprox 32 cuadras	Aprox 10 cuadras

Analizando el cuadro precedente la elección óptima estará entre las opciones 8, 10 y 13 ya que presentan las menores distancias entre el lugar de ensamble y las facultades, que serán los puntos de entrega. Se elegirá la opción numero 10 ya que su tamaño es suficiente para ensamblar las impresoras 3D, almacenamiento de material y ofrece el menor costo entre las 3 opciones. Se selecciona el alquiler de un departamento ya que el espacio requerido no es mucho.

4.3. Desarrollo del presupuesto

4.3.1. Coste Variable

Recordando las demandas que arrojaron las encuestas, su correspondiente aumento y que el proyecto tiene un horizonte de 5 años llegamos a la conclusión que la demanda esperada será a lo largo de estos 5 años la que puede verse en al siguiente tabla (Ver Cuadro N°44).

Cuadro N°44: Demanda esperada en los próximos 5 años

Año	Demanda
1	531
2	604
3	687
4	781
5	888

Los costos variables de satisfacer esta demanda se compondrán de 2 elementos: costo de materiales y costo de combustibles para entregar el equipo. El primero, como ya se desarrollo previamente, es de \$8.161 por impresora. El segundo fue evaluado en base al tipo de transporte (que se explicara en detalle más adelante), su consumo, distancias a las universidades y tolerancia de espera (Ver Cuadro N°43 y Cuadro N°6). Todos los costos variables fueron sometidos a una inflación acumulativa de 25% por año a partir del segundo año. Dando por resultados los valores expresados en el siguiente cuadro (Ver Cuadro N°45):

Cuadro N°45: Costeos variables detallados a lo largo de los 5 años.

Año	Costo de materiales	Costo de combustibles	Costo variable total
1	\$8.161	\$54,444105	\$4.337.389
2	\$10.201,25	\$68,0551313	\$6.162.899
3	\$12.751,56	\$85,0689141	\$8.757.581
4	\$15.939,45	\$106,336143	\$12.445.883
5	\$19.924,31	\$132,920178	\$17.689.260

El consumo en litros del modelo elegido es de 11, 5 Litros/100 Km, con un costo actual de \$12,83 por litro. La frecuencia, recorrido aproximado y su gasto final serán los expresados en el siguiente cuadro (Ver Cuadro N°46):

Cuadro N°46: Gasto detallado de combustible para llegar a los puntos de entrega.

	Facultad de ingeniería	Facultad de diseño	Facultad de Arquitectura
Frecuencia de entrega en días	23	33	21
Recorrido en kilómetros	1,4	0,6	1,7
consumo en litros	0,161	0,069	0,1955
total de veces que se realiza la entrega en un año	10	7	11
Gasto total en litros	1,61	0,483	2,1505

Si tomamos estos valores nos da un gasto anual de 4,2435 Litros anuales dando un costo al primer año de \$54,4441.

4.3.2. Coste fijo

El costo fijo se compone de 4 elementos: gastos por operario, gastos por alquiler, gastos de servicios y marketing.

En el caso del gasto por operario, ya se analizó que aproximadamente se tardan 3 días en ensamblar y programar la impresora 3D que se pretende comercializar. Por año se tienen aproximadamente 230 días hábiles de esta manera si cada operario trabaja una jornada completa la cantidad necesaria evoluciona de la siguiente manera (Ver Cuadro N°47):

Cuadro N°47: Cantidad de operarios necesarios a lo largo de los 5 años del proyecto

Año	Operarios
1	7
2	8
3	9
4	11
5	12

Esto representa el número de sueldos que se tendrán que pagar a lo largo del año para cubrir la demanda, dichos sueldos serán de \$9.000 y se aumentaran conforme aumente la inflación anual de la siguiente manera (Ver Cuadro N°48)

Cuadro N°48: Coste de paga de sueldos de los operarios a través de los 5 años del proyecto

Año	Coste
1	\$63.000
2	\$90.000
3	\$126.562,5
4	\$193.359,375
5	\$263.671,875

El gasto por alquiler será de \$3700 mensual y podrá ser alterado cada dos años, por tanto se ajusta en el presupuesto cada 2 años de la siguiente manera (Ver Cuadro N°49)

Cuadro N°49: Coste del alquiler a través de los 5 años del proyecto

Año	Costo de alquiler
1	\$44.400
2	\$44.400
3	\$55.500
4	\$55.500
5	\$69.375

El gasto de servicio de alquiler se debe pagar por el inquilino siendo el pago del agua mensual y el gas y la electricidad bimestral todo sujeto a inflación. De este modo se tendrán los siguientes valores. (Ver Cuadro N°50)

Cuadro N°50: Coste de los servicios de alquiler a través de los 5 años del proyecto

Año	Costo de alquiler
1	\$2.996,52
2	\$3.745,65
3	\$4.682,06
4	\$5.852,57
5	\$7.315,72

Finalmente el gasto de marketing no será muy alto ya que nuestros clientes conocen el producto. Solo se hará propaganda para hacer conocida la empresa en los puntos de venta. Dicho gasto será el siguiente (Ver Cuadro N°51):

Cuadro N°51: Coste del alquiler a través de los 5 años del proyecto

Año	Costo por marketing
1	\$60.000
2	\$75.000
3	\$93.750
4	\$117.187,5
5	\$146.484,37

Teniendo todos estos elementos en cuenta el costo fijo a lo largo de los años será la suma de estos cuatro elementos como puede verse en la siguiente tabla (ver cuadro N°52):

Cuadro N°52: Coste fijo a través de los 5 años del proyecto:

Año	Costo fijo
1	\$170.397
2	\$213.146
3	\$280.495
4	\$371.899
5	\$486.847

4.3.3. Inversión inicial

La inversión inicial esta conformada por los elementos necesarios para ensamblar, programar y distribuir el equipo. Dichos elementos, sus cantidades, costos, amortización y reventa se enlistan en la siguiente tabla (Ver Cuadro N°53):

Cuadro N°53: Inversión inicial del proyecto:

Elemento	Cantidad	Coste unitario	Coste total	Amortización	Reventa	Imagen
Hyundai H1 Full Premium Automatica	1	\$560.000	\$560.000	\$84.000	\$140.000	Ver Figura N°110
Mesa Comedor Laqueada Madera Blanca Moderna 1.00 X 0.70 Cm	3	\$1.380	\$4.140	\$621	\$1.035	Ver Figura N°111
Silla Doble Gota Reforzada.	6	\$216	\$1296	\$194,4	\$324	Ver Figura N°112
Herramientas varias	1	\$1000	\$1000	\$100	\$500	Ver Figura N°113
Notebook Intel Core I3 Ddr3 4gb Led Hd 14.0 O 15.6 Hdmi Wifi	6	\$6000	\$36.000	\$5.400	\$9.000	Ver Figura N°114



Figura N°110: Hyundai H1 Full Premium Automatica



Figura N°111: Mesa Comedor Laqueada Madera Blanca Moderna 1.00 X 0.70 Cm



Figura N°112: Silla Doble Gota Reforzada.



Figura N°113: Herramientas varias



Figura N°114: Notebook Intel Core I3 Ddr3 4gb Led Hd 14.0 O 15.6 Hdmi Wifi

4.3.4. Ingreso por ventas

Ya se analizo la cantidad esperada de ventas mediante las encuestas y se llego a la conclusión de que el precio correcto para las ventas seria de \$10.000. Se acompañara la creciente inflación esperada a lo largo de los años en los que se analiza el proyecto, sin embargo, el aumento del precio será de 18% al segundo año del proyecto, de 19% durante el tercer año y de un 20% los últimos dos años. Esto se hará para no perder competitividad y tratar de evitar alejarse demasiado del sector que ligio como precio máximo el precio inicial. De este modo los ingresos esperados por ventas a lo largo de los años serán los siguientes (Ver Cuadro N°54)

Cuadro N°54: ingresos esperados por ventas del proyecto:

Año	Ingreso por ventas
1	\$5.314.710
2	\$7.128.676
3	\$9.643.741
4	\$13.157.058
5	\$17.952.066

4.3.5. Presupuesto final

Finalmente, teniendo en cuenta todos los resultados expuestos a lo largo del presente apartado podemos hacer el presupuesto final y evaluar el VAN y el TIR del presente trabajo. Cada inversionista escoge la tasa de descuento que considera conveniente ya que la adaptan a sus propios criterios, no obstante, se pueden usar las que son seleccionadas normalmente a modo orientativo.

- Empresas de riesgo muy bajo: 7%
- Empresas de riesgo bajo: 10%
- Empresas de riesgo medio: 12%
- Empresas de alto riesgo: Más del 15%

Dado que nuestro proyecto se basa en una tecnología que está evolucionando favorablemente y en expansión se considera una tasa de descuento del 12% de esta manera el presupuesto final será el que puede verse en la siguiente tabla (Ver Cuadro N°55).

Cuadro N°55: Presupuesto final del proyecto con horizonte de 5 años.

Concepto	Período 0	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
Inversión	-602.436					
cantidad de venta		531	604	687	781	888
Ingr. Ventas		5.314.710	7.128.676	9.643.741	13.157.058	17.952.066
Costos Var.		-4.337.389	-6.162.899	-8.757.581	-12.445.883	-17.689.260
Costos Fijos		-170.397	-213.146	-280.495	-371.899	-486.847
Amortizac.		-174.315	-174.315	-174.315	-174.315	-174.315
FF Neto antes Imp.	-602.436	632.609	578.316	431.349	164.960	-398.357
Impuesto Gan.		-189.783	-173.495	-129.405	-49.488	119.507
Amortizac.		174.315	174.315	174.315	174.315	174.315
reventa						150859
FF Neto despues Imp.	-602.436	617.142	579.137	476.260	289.788	46.325
Tasa de descuento		1,12	1,25	1,40	1,57	1,76
VAN por año	-602.436	551.019	461.684	340.186	184.168	26.287
VAN	960.907					
TIR	85%					

De esta manera se obtuvo un VAN de \$960.907 y una TIR de 85%. Se calcula un periodo de recupero de aproximadamente 1 año y 41 días.

De esta manera finalizando el análisis económico podemos concluir que el proyecto con horizonte de evaluación de 5 años es rentable desde el punto de vista económico.

Conclusiones

5. Conclusiones

A lo largo del presente trabajo se analizó si era factible el ensamble y posterior venta de impresoras 3D en la Ciudad de La Plata teniendo como experiencia previa el éxito y rápida expansión que estas están teniendo en la Buenos Aires.

Mediante el análisis de mercado, proveedores y competencia se determinó que existe un gran interés entre los profesionales por la adquisición de este tipo de tecnología y que la mayoría pagaría aceptaría \$10.000 o más y esperar por lo menos unos 20 días para la entrega, un pequeño sector de personas sin orientación profesional específica también estaría interesada en obtener una impresora 3D pero se tendría que invertir más en publicidad y transporte. Mediante el análisis de proveedores se concluyó que los costos de los materiales rondarían los \$8.161 y mediante el análisis de la competencia se determinó que la impresora más económica y con similares prestaciones a la que se pretende vender es la desarrollada por la empresa 3D insumos a un precio de \$15.200. Con estos 3 datos se determinó que un buen precio de venta que aporte beneficios, sea competitivo e incluya la mayor parte posible de los potenciales compradores sería de \$10.000.

Mediante el desarrollo técnico paso a paso se analizó los pasos necesarios para ensamblar y calibrar correctamente la impresora y el tiempo requerido para poder realizar un trabajo de buena calidad, siendo de entre 4 y 8 horas para ensamble y cerca de 2 días para la programación y calibración. Todos los pasos finalmente se resumieron en los flujogramas al final del análisis (Figura N°105 a Figura N°109)

El análisis económico arroja altos valores del VAN (\$960.907) y TIR (85%) que ponen en manifiesto la buena factibilidad del proyecto. Dos puntos a tomar en cuenta en el futuro podrían ser aumentar el precio más una vez que el producto es mejor conocido ya que el desfase existente entre el aumento de la inflación y el aumento del precio de venta hace que las ganancias sean cada vez más reducidas y, ya que el producto es más conocido, negociar con centros de venta como Garbarino o Frávega para satisfacer la demanda del sector no profesional.

En virtud de lo expuesto a lo largo de todo el trabajo y de las conclusiones alcanzadas en el, creo firmemente que el proyecto es viable, cumple con todos los objetivos propuestos y puede tener un futuro prometedor más allá del horizonte evaluado

Bibliografía

6. Bibliografía:

- https://es.wikipedia.org/wiki/Impresora_3D
- https://es.wikipedia.org/wiki/Impresi%C3%B3n_3D
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitecto>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura>
- http://www.unlp.edu.ar/articulo/2011/11/16/indic_egresados_2013
- <http://www.wikihouse.cc/>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/WikiHouse>
- <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2014/04/26/002088/impresoras-3d-gigantescas-construir-viviendas>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1ador>
- <http://www.fba.unlp.edu.ar/webActual/index.html>
- <http://aacoolhunting.com/2014/09/01/escanear-imprimir-y-vestirse-el-futuro-de-la-moda-es-en-3d/>
- <http://www.imprimalia3d.com/noticias/2014/08/30/002986/una-bicicleta-futurista-impresi-n-3d>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa>
- <http://hipertextual.com/2013/03/urbee-2-automovil-impresion-3d>
- <http://www.motorpasionfuturo.com/coches-hibridos/de-urbee-a-urbee-2-el-primer-prototipo-salido-de-una-impresora-3d-que-cruzara-estados-unidos>
- <https://www.fayerwayer.com/2010/11/urbee-primer-auto-hecho-con-una-impresora-3d-que-funciona-de-verdad/>
- <http://hipertextual.com/2014/10/strati-impresora>
- <http://www.infotechnology.com/negocios/Como-es-Strati-el-primer-auto-impreso-en-3D-20141009-0005.html>
- <http://infoblancosobrenegro.com/noticias/strati-el-primer-auto-fabricado-integramente-por-una-impresora-3d>

Competencia

- <http://www.3dinosmos.com.ar/>
- <http://www.infotechnology.com/internet/Como-es-el-mercado-de-las-impresoras-3D-en-la-Argentina-y-en-el-mundo-20130204-0006.html>
- <http://www.hd-tecnologia.com/>
- <http://computacion.mercadolibre.com.ar/impresoras-accesorios/impresora-3d>
- <http://www.printers3d.com.ar/>
- <http://impresora3dprinter.com/>
- <http://impresora3dprinter.com/impresoras-3d-argentina/>

- <http://www.trimaker.com/>

Proveedores

- <http://www.mercadolibre.com.ar/>
- <http://saber.patagoniatec.com/>

Ensamble

- <http://www.zonamaker.com/impresion-3d/crea-impresora>

Alquiler

- <http://www.zonaprop.com.ar/>

Elementos de inversión

- <http://www.mercadolibre.com.ar/>
- http://carerac.com/ahorrar_combustible/chevrolet/van-1500-2500.html
- http://www.auto-data.net/es/?f=showCar&car_id=13855

Apuntes de cátedra

- Apuntes de Administración Financiera
- Apuntes de Evaluación de proyecto
- Apuntes de Microeconomía
- Apuntes de Estadística
- Apuntes de Comercialización